

Лекція 1 Основні поняття екології. Основні характеристики в системі екології.

Термін екологія вперше вжив у 1866 році німецький вчений Е. Геккель. Він походить від грецьких слів *oikos*, що означає дім, помешкання, місце перебування та *logos* — наука. Так Геккель назвав науку, що вивчає організацію та функціонування надорганізмових систем різних рівнів: видів, популяцій, біоценозів (спільнот), екосистем (біогеоценозів) та біосфери. Спочатку цей термін застосовувався тоді, коли йшлося про вивчення взаємозв'язків між рослинними та живими спільнотами, що входять до складу стійких та організованих систем, котрі склалися в процесі еволюції органічного світу та навколишнього середовища. Сучасна екологія інтенсивно вивчає також взаємодію людини та біосфери, суспільного виробництва з навколишнім середовищем та інші проблеми.

Екологія є складовою частиною біології. Американський еколог Юджин Одум дав найбільш коротке і найменш спеціальне визначення екології — це біологія навколишнього середовища.

Загальна екологія займається дослідженням усіх типів екосистем. Екологія рослин досліджує зв'язки рослинних організмів із середовищем. Екологія тварин досліджує динаміку та організацію тваринного світу.

Важливу роль у диференціації екологічної науки мав III Ботанічний конгрес, який відбувся у 1910 році в Брюсселі. На ньому було вирішено поділити екологію рослин на екологію особин (аутекологію) та екологію угруповань (синекологію). Цей поділ поширився також на екологію тварин та загальну екологію.

Крім того, існує екологія людини, тварин, рослин та екологія мікроорганізмів. З 70-х років XX століття складається соціальна екологія, що вивчає особливості взаємодії суспільства та оточуючого середовища і його охорони.

Дуже широким є спектр підрозділів екології. До нього входять спеціалізовані екологічні науки, які розрізняються за об'єктом та предметом дослідження. Біоекологія — частина біології, що вивчає відносини організмів (особин, популяцій, іоценозів тощо) між собою та з навколишнім середовищем. До складу біоекології включається екологія особин (аутекологія), популяцій (популяційна екологія, демекологія) та спільнот (синекологія).

Аутекологія вивчає взаємозв'язки представників виду з оточуючим середовищем. Вона, головним чином, вивчає межі стійкості виду і його взаємодію з різними екологічними факторами: теплом, світлом, вологою, родючістю та ін., а також досліджує вплив середовища на морфологію, фізіологію і поведінку організмів, розкриває загальні закономірності дії факторів середовища на живі організми.

Синекологія аналізує стосунки між особинами, що належать до різних видів даного угруповання організмів, а також між ними і довкіллям.

У тридцяті роки сформувалася популяційна екологія — *демекологія*, яка вивчає структуру виду: біологічну, статеву, вікову, етіологічну, описує коливання чисельності різних видів і встановлює їхні причини. У підсумку можна сказати, що **екологія** — це:

— дисципліна, що вивчає загальні закони функціонування екосистем різного ієрархічного рівня;

— комплексна наука, що досліджує середовище існування живих істот (включаючи людину);

— галузь знань, що розглядає певну сукупність та явищ з точки зору суб'єкта або об'єкта (живого або за участю живого), котрий є центральним у цій сукупності;

— дослідження становища людини як виду та суспільства у екосфері планети, її зв'язків з екологічними системами та засобів впливу на них;

— об'єднуючий елемент всієї розумової діяльності людини на планеті, що сприяє пошукам і прийняттю раціональних рішень в процесі господарської діяльності людини і при оцінці її досягнень та успіхів у суспільному житті;

— наука про способи обмеження споживання ресурсів біосфери для задоволення потреб господарської діяльності людини або, іншими словами, наука про обмежувальні прогнози в господарській діяльності людини на Землі.

Сучасна кризова ситуація вимагає екологізації всіх форм людської діяльності, врахування законів та вимог екології.

Таким чином, екологія як біологічна наука вивчає організацію життя рослин та тварин, взаємодію живих організмів з оточенням, умовами існування, способом життя.

У наш час спостерігається бурхлива екологізація різних технічних дисциплін, під котрою слід розуміти процес неухильного та послідовного впровадження технологічних, управлінських та інших рішень, які дозволяють підвищувати ефективність використання природних ресурсів поряд з поліпшенням або хоча б зі збереженням якості природного середовища (або життєвого середовища взагалі) на локальному, регіональному та глобальному рівнях. Існує і поняття екологізації технологій виробництва, сутність котрого полягає у вжитті заходів щодо попередження негативного впливу виробничих процесів на природне середовище. Екологізація технологій досягається шляхом розроблення сучасних технологій з мінімумом шкідливих речовин на виході. Останнім часом в усьому світі започатковують найрізноманітніші напрямки екологічних досліджень з метою забезпечення фахівців необхідною екологічною інформацією з усіх сфер людської діяльності. Нині сформувався близько ста напрямів екологічних досліджень, які можна об'єднати за принципами галузевої належності, взаємозв'язків, взаємопідпорядкованості, пріоритетності, теоретичного та практичного значення (рис. 1.1).

У зв'язку з цим екологія розпалася на ряд наукових галузей та дисциплін, котрі значно відійшли від початкового визначення екології як науки про відносини живих організмів з оточуючим середовищем. Але в основі всіх сучасних напрямків екології лежать фундаментальні ідеї біоекології.

Екологію за розмірами об'єктів вивчення поділяють на географічну або ландшафтну, об'єктами вивчення котрої є великі геосистеми, географічні процеси, та на глобальну екологію — вчення про біосферу Землі.

Стосовно предметів вивчення екологія поділяється на екологію мікроорганізмів, грибів, рослин, тварин, людини, сільськогосподарську, прикладну, інженерну та загальну екологію — теоретичну й узагальнюючу дисципліну. Структура сучасної

Комплексна наука про довкілля – екологія це наука про тактику й стратегію збереження та стабільного розвитку життя на Землі. Вона має узагальнювати всю екологічну інформацію, що надходить з різних підрозділів і на підставі аналізу і моделювання сприяти тому, щоб приймалися науково і логічно обґрунтовані рішення щодо розвитку цивілізації з метою збереження здатності біосфери до самовідновлення.

Завданням науки екології є:

1. Визначення з позиції системного підходу загального стану сучасної біосфери планети, причини його формування та особливості розвитку під впливом природних та антропогенних факторів.
2. Прогноз динаміки стану біосфери у часі і просторі.
3. Розроблення шляхів гармонізації взаємовідносин людського суспільства і природи, збереження здатності біосфери до самовідновлювання та саморегулювання.

Основними є два напрями, за якими здійснюються дослідження, це – теоретична і практична екологія.

Теоретична екологія – найбільш розвинений, «найстарший за віком» розділ екології. Саме ця наука виникла як один з розділів біології, що вивчала взаємодію живих організмів між собою, закономірність їх життєдіяльності в природному середовищі існування.

Розділені і окремо вивчають проблеми впливу середовища на мікроорганізми, рослини і тварин.

Екологія людини вивчає проблемами впливу на людину і її здоров'я стану довкілля. Людині як живому організму, як біологічному виду притаманний обмін речовин з навколишнім середовищем, який є основною умовою існування будь-якої живої істоти. Проте винесено її окремо через те, що окрім законів природи, які впливають на розвиток людської спільноти, важливим чинником є закони розвитку суспільства.

Практична екологія – розділ екології, який розвивається в трьох основних напрямках: геоекологічні науки, техноекологічні науки, соціоекологічні науки, які спрямовані на розвиток наукових положень про охорону та раціональне використання природних ресурсів.

Геоекологічні науки вивчають зміни, які відбуваються чи відбувалися колись в атмосфері, гідросфері чи літосфері. Вивчають їх склад, вплив на їх стан природних явищ, наслідки людської діяльності.

Так, завдяки вивченню складу атмосфери за повітряними бульбашками, які знаходили у вічній мерзлоті, встановлено як змінювався вміст деяких шкідливих

речовин залежно за роками. Прослідковано які зміни відбулися у атмосфері за час існування життя на планеті та яким чином змінює склад атмосферного повітря виробнича діяльність людської спільноти. Зокрема встановлено, що до 1990 р. не існувало і не накопичувалось в атмосферному повітрі хлорфторвуглеводневих сполук (фреонів). Це синтезовані сполуки, які входять до складу “парникових газів”.

Дослідження, що проводять у цьому напрямку мають важливе значення. Вони забезпечують сучасну екологію важливою для здійснення екологічного прогнозу ретропрогносною базою.

Техноекологічні науки – поділяють на різні галузі промислової діяльності людського суспільства. Спрямовано дослідження на визначення техногенних факторів забруднення довкілля цими галузями. З’ясовують причини утворення і шляхи усунення негативних чинників, які виникають внаслідок багатогранної діяльності людської спільноти. Основна увага буде приділена такій її галузі як транспорт.

Вивчати вплив транспорту на довкілля треба з позицій системного підходу, тобто треба визначити характер і масштаби впливу транспорту на довкілля (встановити основні забруднювачі і джерела забруднення); визначити напрями зменшення техногенного тиску на довкілля усіма об’єктами транспортної системи та розробити шляхи їх реалізації.

Дуже важливим є останній розділ, який виник нещодавно. **Соціоекологічні науки** – це науки про взаємини суспільства і природи.

Значення цього підрозділу важко переоцінити, тому розглянемо його дещо детальніше. Основна спрямованість – вирішення проблеми перебудови людської моралі і свідомості, переоцінки критеріїв буття. Тому що, врятувати довкілля можна лише докорінно змінивши свідомість усіх людей як на професійному так і на побутовому рівні.

Складовими цього підрозділу є:

Екологічна освіта. Звісно, має відбуватися покращення екологічної культури суспільства і професійної підготовки спеціалістів завдяки комплексній освіті та вихованню в галузі охорони довкілля. За час існування науки екології накопичена велика кількість знань, оволодіння якими допоможе фахівцям різних галузей, зокрема транспорту, приймати зважені рішення, притаманні їх спеціальності але з урахуванням впливу, який вони можуть чинити на середовище, в якому ми живемо.

Екологічне право має розвиватися як дійовий засіб досягнення збалансованості подальшого розвитку цивілізації і гармонізації взаємовідносин людства і природи. Воно має вирішувати проблеми оздоровлення та облагородження довкілля з метою покращити здоров’я, умови праці та побутові умови життя людей.

Екологічна етика. Йдеться про те, що не все може зрегламентувати законами і нормативними заборонами, необхідно напрацьовувати моральні засади, спрямовані на те, що вчинки, і з боку держави і з боку особи, які завдають шкоди природі є аморальними.

Наприклад:

– не можна, якщо державою прийнято рішення про зменшення споживання етилованого бензину в країні, самочинно додавати до бензину отруйний тетраетилсвинець і т.ін.

Екологічний менеджмент і маркетинг – визначають необхідність екологічно чистої продукції, закупають нові технології і екологічно чисті компоненти, здійснюють організацію продажу продукції і збування відходів, у такий спосіб, щоб не завдавати шкоди довкіллю.

Проблеми народонаселення і забезпечення продовольством – вирішують **екологія і демографія**.

Урбоекологія – визначає шляхи поліпшення екологічного стану сучасних міст. Сюди входить, і не останнім пунктом, вирішення проблеми забруднення атмосфери міст автотранспортом.

Останнього часу вчені виявили нове явище, що отримало назву «смуток нових міст» – це підвищена психологічна захворюваність жителів нових міських районів, де умови життя, здавалось би кращі, більш комфортні. Але багатоповерховість будинків, їх одноманітність і непривабливість, відокремленість людей, їх віддаленість від природи спричиняють негативний стан: пригніченість, дратливість, агресивність. .

Спостереження за зміною стану природного середовища, яке відбувається за природних причин, тривають вже досить давно. Суттєві зміни біосфери відбуваються впродовж тривалого часу. На відміну від них зміни під впливом діяльності людини можуть відбуватися досить швидко. Для відслідковування і контролю за ними організовано спеціальні спостереження.

Екологічний моніторинг – це система спостережень, що надає можливість виділити зміни стану біосфери під впливом діяльності людини.

На підставі результатів отриманих наукою екологією за усіма вищеназваними розділами і підрозділами формують *економіку природокористування та національна та міжнародну політики* стосовно охорони довкілля.

Економіка природокористування – розділ економіки, який вивчає питання економічної оцінки природних ресурсів і також оцінки збитків, заподіяних забрудненням середовища. Висвітлюють дві групи пов'язаних між собою проблем:

1. Як найбільш економічно ефективно використовувати необхідні у виробництві і споживанні ресурси (на сьогодні лише 2% добутої породи промисловість переробляє в корисну продукцію, решта 98% – іде у відходи).
2. Які мають бути економічно доцільні методи зменшення чи усунення забруднення довкілля.

Національна (або державна) екополітика – соціально-економічна політика, яка ґрунтується на розумінні вигравів і недоліків, які пов'язані з екологічним станом країни. Враховує перспективи розвитку господарства держави і зміну чисельності населення, а також наявність в її межах природних ресурсів.

Міжнародна екополітика – передбачає проведення міжнародних правових, політичних і зовнішньоекономічних акцій з урахуванням екологічних обмежень в соціально-економічному розвитку, запасів природних ресурсів, які є у світі, і їх розподіл між країнами.

У складі екосистеми прийнято виділяти три неживих і три живих компонента.

Неживі компоненти екосистеми:

- *неорганічні речовини* (азот, вуглекислий газ, вода та ін), що включаються в природні кругообіги;
- *органічні сполуки* (білки, вуглеводи тощо);
- *кліматичний режим* (температура, світло, вологість і інші фізичні фактори).

Живі компоненти екосистеми:

- *продуценти* - автотрофные організми, головним чином зелені рослини, що створюють їжу з простих неорганічних речовин;
- *макроконсументы* - гетеротрофные організми, головним чином тварини, які поїдають інші організми;
- *микроконсументы, або редуценти*, - гетеротрофные організми, переважно бактерії і гриби, які руйнують складні з'єднання мертвої протоплазми, поглинають деякі продукти розкладання і вивільняють неорганічні поживні речовини, придатні для використання продуцентами, а також органічні речовини, здатні служити джерелами енергії, інгібіторами або стимуляторами для інших біотичних компонентів екосистеми".

Основними властивостями екосистем є їх здатність:

- а) здійснювати кругообіг речовин у середовищі проживання;
- б) здійснювати саморегулювання;
- в) виробляти біологічну продукцію.

Інтенсивність метаболізму в екосистемі і його відносна стабільність визначаються значною мірою потоком сонячної енергії і переміщенням хімічних речовин.

В залежності від характеру живлення в екосистемі будується піраміда харчування, що складається з декількох трофічних (від грец. *trophe* - харчування) рівнів. Нижчий рівень займають автотрофные (самостійно харчуються) організми, для яких характерні фіксація світлової енергії і використання простих неорганічних сполук для синтезу складних органічних речовин. До цього рівня відносяться, насамперед, рослини. На більш високому

рівні розташовуються гетеротрофные (що харчуються іншими) організми, що використовують в їжу біомасу рослин і для яких характерні утилізація, перебудова і розкладання складних речовин. Найвищий рівень займають гетеротрофи другого порядку, що харчуються гетеротрофами першого порядку, тобто тваринами.

Екосистеми здатні до саморегулювання: вони протистоять змінам, у тому числі викликається зовнішніми впливами, прагнучи зберігати стан рівноваги.

Кожна наземна екосистема включає абіотичний компонент - біотоп (ділянка з однаковими ландшафтними, кліматичними, ґрунтовими умовами) і біотичний компонент - *співтовариство*, або *біоценоз* (сукупність всіх живих організмів, що населяють даний біотоп). Біотоп є загальним місцем для життя для всіх членів співтовариства.

Місцеперебування - це середовище життя біоценозу, порівняно однорідна, просторово обмежена сукупність абіотичних і біотичних факторів середовища. "Місцепроживання" є приватним випадком іншого, більш загального поняття, що є однією з ключових категорій екології - поняття "середовище проживання".

Середовище проживання - це та частина природи, яка оточує організми і спільності організмів і з якої вони безпосередньо взаємодіють.

Поняття "середовище" в його екологічному значенні (середовище проживання, навколишнє середовище) було введено ще в середині XIX ст. російським ученим К. Ф. Рулье, який обґрунтував причинну залежність еволюції живих форм від впливу зовнішнього середовища". Середовище існування конкретних організмів і популяцій разом з неживими компонентами (повітря, вода, мінеральні речовини та ін) складають інші популяції і організми.

Організми відчувають з боку середовища різноманітні дії так званих екологічних факторів. *Екологічний фактор* - це будь-який елемент або умова середовища, що надає вплив на живі організми, на які вони реагують пристосувальними реакціями. Фактори зазвичай поділяють на три великі групи - біотичні, абіотичні і антропогенні фактори середовища.

Абіотичні екологічні фактори - фактори неорганічної природи (світло, температура, вологість, тиск, фізичні поля (гравітаційне, електромагнітне), іонізуюча і проникаюча радіація тощо).

Абіотичні фактори поділяють наступним чином:

- непрямі - більш або менш зовнішні але відношенню до екосистемі: наприклад, географічна широта і віддаленість від океану, розташування екосистемі в рельєфі, характеристики геологічних порід, рівня ґрунтових вод та ін;

- прямі - внутрішні: повітряний, водний, температурно-радіаційний режими, режим мінерального живлення, фактори господарської діяльності людини тощо

Непрямі фактори діють на компоненти екосистем опосередковано - через прямі фактори.

Біотичні екологічні фактори - це прямі чи опосередковані впливу на організм з боку інших, що населяють середовище її проживання, організмів (тварин, рослин,

мікроорганізмів). Сукупність біотичних факторів поділяють на комплекс власне біотичних факторів (безпосередня взаємодія компонентів біоценозу - конкуренція, хижацтво, паразитизм тощо) і біоценогенних факторів, породжених процесами життєдіяльності організмів.

Антропогенні екологічні фактори - це впливи, що надаються людьми і людським суспільством безпосередньо на інші організми або призводять до зміни середовища їх проживання. Всі антропогенні фактори можуть бути підрозділені на непрямі і прямі. Непрямі впливу здійснюється шляхом зміни клімату, фізичного стану і хімізму атмосфери і водойм, будови поверхні землі, ґрунтів, рослинності і тваринного населення. Прямий вплив спрямований безпосередньо на живі організми.

Серед екологічних факторів виділяють ресурси та умови. Ресурси навколишнього середовища організми використовують, споживають. До ресурсів відносять їжу, воду, притулку, зручні місця для розмноження і т. п. Умови - це фактори, до яких організми змушені пристосовуватися, але вплинути на них зазвичай не можуть. Один і той же фактор середовища може бути ресурсом для одних і умовою для інших видів. Наприклад, світло - життєво необхідний енергетичний ресурс для рослин, а для зором володіють тварин - умова зорової орієнтації. Вода для багатьох організмів може бути і умовою життя, і ресурсом.

Екологічні фактори впливають на живі організми різні дії, тобто можуть впливати як подразники, що викликають пристосувальні зміни фізіологічних і біохімічних функцій; як обмежувачі, що зумовлюють неможливість існування в даних умовах; як модифікатори, що викликають морфологічні і анатомічні зміни організмів; як сигнали, що свідчать про зміни інших факторів середовища.

Будь-яка жива істота живе в складному, мінливому світі, постійно пристосовуючись до нього і регулюючи свою життєдіяльність у відповідності з його змінами.

Процес пристосування організму (спільноти, екосистеми) до дії конкретного екологічного чинника або комплексу чинників називають адаптацією. Іноді термін "адаптація" використовується для позначення досягнутого в результаті пристосування стану адаптованості, а також вироблюваних організмом приватних пристосувань (пристосувальних реакцій). Здатність до адаптації - одна з основних властивостей життя взагалі, так як забезпечує саму можливість її існування, можливість організмів виживати та розмножуватися. Основою процесу адаптації виступають зміни у структурі і функціях організмів, що підвищує їх шанси на виживання. Адаптація проявляється на різних рівнях: від біохімії кліток та поведінки окремих організмів до будови і функціонування спільнот і екологічних систем.

Основні механізми адаптації на рівні організму:

1) біохімічні - проявляються у внутрішньоклітинних процесах, як, наприклад, зміна функції ферментів або зміна їх кількості; 2) фізіологічні - наприклад, посилення потовиділення при підвищенні температури у ряду видів; 3) морсько-анатомічні особливості будови і форми тіла, пов'язані із способом життя; 4) поведінкові - наприклад, пошук тваринами сприятливих місць існування, створення пир, гнізд тощо; 5) онтогенетичні - прискорення або уповільнення індивідуального розвитку, сприяють виживанню при зміні умов.

Розрізняють адаптацію фенотипічну і генотипічну. Перша полягає в прижиттєвої вироблення пристосувань до умов існування. Генотипічна адаптація виникає, закріплюється і розвивається в ході еволюції видів.

Для позначення спрямованості адаптації використовують терміни деадаптація (поступова втрата адаптивних властивостей і, як наслідок, зниження пристосованості) та реадаптація (процес, зворотний деадаптації). Характер (якість) результату процесу адаптації позначають термінами адаптованість (пристосованість до дії екологічних факторів) і дезадаптація (розлад пристосування організму до мінливих умов існування).

Типові, характерні для організмів, що належать до одного виду, способи пристосування до мінливих умов існування в екологічній літературі часто позначаються як адаптивні стратегії. Різні представники рослинного і тваринного світу (в тому числі і людина) широко використовують реактивні адаптивні стратегії до змін умов існування, що виражаються переважно в морфофізіологічних перетвореннях (модифікаціях) в організмі, спрямованих на збереження постійності його внутрішнього середовища. Корисні модифікації, що сприяють виживанню організму, можуть закріплюватися в геномі і передаватися наступним поколінням, забезпечуючи виживання виду.

Активні пристосувальні стратегії можуть виражатися в уникненні дії тих чи інших екологічних факторів, цілеспрямованому управлінні їх впливом, наприклад, обмеження інтенсивності і спрямованості їх дії, аж до усунення причин і джерел дії факторів (наприклад: розбір завалу на шляху до місця водопою, фізичне знищення конкурента). Інструментальну основу реалізації активних адаптивних стратегій складають комплекси поведінкових пристосувальних реакцій організмів і спільнот.

Члени спільноти так тісно взаємодіють із середовищем перебування, що біоценоз часто важко розглядати окремо від біотопу. Співтовариство і біотоп функціонують спільно, утворюючи екологічну систему (біогеоценоз).

Біоценози складаються з представників багатьох видів рослин, тварин і мікроорганізмів. Практично кожен вид в біоценозі представлений багатьма особинами різної статі і віку. Вони утворюють популяцію або частина популяції даного виду в екосистемі. В екологічному сенсі співтовариство (біоценоз) включає в себе всі популяції, які займають дану ділянку.

Запозичений з демографії термін "популяція" вперше ввів у вживання в рамках досліджень в галузі генетики Ст. Л. Йогансен (1903). В сучасній екології "популяцією" (від лат. *populus* - народ) називають групу організмів, що належать до одного виду, що займає певну область, яка називається ареалом. Можна виділити кілька основних сутнісних рис популяції:

- спільність еволюційної долі;
- здатність до невизначено довгого (в еволюційному масштабі часу) існування;
- наявність займаної території (ареалу);
- формування генетичної системи, що характеризується вільним схрещуванням особин усередині популяції (панмиксія), значно ізольованою від інших популяцій;
- адаптивне реагування на зовнішні впливи як цілого;

- наявність специфічного екологічного гіперпростору - екологічної ніші.

Термін "екологічна ніша" був введений в обіг в 1910 р. Джонсоном, який запропонував позначати ним сукупність умов, необхідних для існування популяцій. Екологічна ніша визначає положення виду в ланцюгах живлення на займаній території.

Популяція, як і будь-яка складна система, що характеризується динамікою, структурою і системними (груповими) властивостями-характеристиками, такими як:

о щільність популяції - кількість особин або біомаса популяції в розрахунку на одиницю площі або об'єму;

о народжуваність - зростання числа нових особин популяції за рахунок розмноження, середнє число нащадків (на сотню, тисячу або інше число розмножуються особин), що з'являються в одиницю часу; при цьому розрізняють:

- максимальну (абсолютну або фізіологічну) народжуваність - освіта теоретично максимально можливої кількості нових особин в ідеальних умовах;

- екологічну (реалізовану) народжуваність - народжуваність при фактичних або специфічних умовах середовища;

- питому народжуваність - народжуваність, віднесена до загального числа особин популяції в початковий момент часу;

о смертність - середнє число особин популяції, померлих або загиблих (на сотню, тисячу або інше число особин всієї популяції або її частини) в одиницю часу; розрізняють мінімальну, екологічну і питому смертність;

о віковий склад популяції - співвідношення у складі популяції особин різного вікового стану, що визначає її здатність до розмноження як в даний момент, так і в прогнозованому майбутньому;

о виталитет (від лат. *vitalis* - життєвий) - показник життєвого стану особини, що забезпечує реалізацію генетично обумовленої програми зростання і розвитку;

о статеву структуру популяції - співвідношення статей у популяції;

о стійкість - один з основних системних параметрів, здатність популяції протистояти возмущаючим факторів середовища з метою свого збереження; розрізняють наступні види стійкості популяцій:

- надійність - збереження популяції за рахунок змінності її особин;

- стійкість за Ляпуновим - відсутність різких коливань чисельності;

- відносну стабільність або стійкість, по Лагранжу - відносна сталість чисельності популяції;

- пружність, або стійкість, за Холлінгу - збереження внутрішніх взаємозв'язків популяції при обуренні її стану за рахунок зміни біомаси, вікової структури, динаміки чисельності;

- живучість, або стійкість, за Флейшману - здатність активно протистояти шкідливим впливам середовища;

- ієрархічну стійкість по Свирежеву - збереження структури популяції за рахунок стабілізуючого дії всього співтовариства або екосистеми;

о мінімальна життєздатна популяція - мінімальний розмір популяції, здатної зберігати своє існування в мінливих умовах середовища.

Основу виникнення та існування біоценозів представляють відносини організмів, їх зв'язки, в які вони вступають, населяючи один і той же біотоп. Міжвидові відносини згідно з пропозицією Ст. Н. Беклемішева (1951) поділяють на чотири типи:

о трофічні зв'язки - виникають, коли один вид харчується іншим (або живими особами, або їх останками і продуктами життєдіяльності);

о топічні зв'язки (від грец. *topos* - місце) - характеризують будь, фізична або хімічна зміна умов існування одного виду в результаті життєдіяльності іншого; полягають у створенні одним видом середовища для іншого, у формуванні субстрату, у впливі на рух води, повітря, у зміні температури, насиченні середовища продуктами виділення тощо;

о форические зв'язку (від грец. *phora* - носіння, несення) - реалізуються через участь одного виду в поширенні іншого;

о фабрические зв'язку (від лат. *fabricatio* - виготовлення) - мають місце, коли один вид використовує для будівництва своїх споруд продукти виділення або останки або навіть живих особин іншого виду.

Як вказують Т. А. Акімова і Ст. Ст. Хаскін, приналежність до різних трофічних рівнів і топічні відмінності між членами однієї екосистеми визначають варіанти міжвидових біотичних взаємовідносин між організмами, які можуть бути представлені у вигляді впливів на чисельність взаємодіючих популяцій (табл. 1.1).

Акімова і Хаскін відзначають, що багато з відносин, відображених у табл. 1.1, властиві не тільки межвидовим, але і внутрішньовидовим взаємодій. Проявляються вони в тій або іншій формі і в людському суспільстві.

За словами Ю. Одума, "найбільша і найбільш близька до ідеалу в сенсі "самозабезпечення" біологічна система, яку ми знаємо, - це біосфера, або екосфера; вона включає всі живі організми Землі у взаємодії з фізичним середовищем Землі як єдине ціле, щоб підтримувати цю систему в стані стійкої рівноваги, отримуючи потік енергії від Сонця, її джерела, і переизлучая цю енергію в космічний простір".

Таблиця 1.1

Класифікація міжвидових відносин в залежності від впливу чисельності одного виду на чисельність іншого (але Т. А. Акімової і Ст. Ст. Хаскіну)

Вплив першого виду на другий	Вплив другого виду на перший	Тип взаємодії	Характеристика взаємодії, приклади
------------------------------	------------------------------	---------------	------------------------------------

Про	Про	Нейтралізм	Відсутність взаємовпливів
-	Про	Аменсализм (антибиоз)	Одностороннє пригнічення (гриби - продуценти антибіотиків і бактерії; фітонциди і маразмины рослин; ціанобактерії та зелені водорості)
+	Про	Комменсализм	Одностороннє сприяння (лев і грифи-падальщики; акула і риби-прилипали; "квартиранти" нір гризунів)
-	-	Конкуренція	Взаємне обмеження (вівці і кролики; песець і полярна сова; різні види лісових гризунів)
+	-	Ресурс експлуататор	Одностороння експлуатація (рослини і тварини-фитофаги; хижаки і їхні жертви; тварина-господар і глист-паразит)
+	+	Мутуалізм (симбіоз)	Взаємне сприяння (лишайник - симбіоз гриба і водорості; микронаселение складних шлунків у жуйних тварин)

Примітка. (O) - відсутність впливу; (-) - пригнічення; (+) - сприяння.

Термін "біосфера" для позначення "плівки життя" на поверхні Землі вперше запропонував австрійський геолог Е. Зюсс. У своїй книзі "Біосфера" (1926 р.) російська, радянський вчений в. І. Вернадський не тільки значно розширив і конкретизував зміст даного поняття, але і показав, наскільки воно важливе для розуміння сутності фактично всіх відбуваються на поверхні Землі явищ.

Незважаючи на те що в працях Вернадського немає чітко сформульованого поняття біосфери, якого б вчений дотримувався як єдиного, весь хід його міркувань дозволяє визначити біосферу як цілісну геологічну оболонку Землі, населену життям і якісно перетворену нею в напрямку формування та підвищення життєпригодних властивостей.

Ідея про біосферу виникла на основі усвідомлення глобальної функції організмів на нашій планеті. Нове поняття знадобилося для того, щоб відобразити в теорії якісно нове стан земної поверхні, обумовлене діяльністю живої речовини. В. І. Вернадський показав, що живі організми є функцією біосфери і найтіснішим образом матеріально й енергетично з нею зв'язані, є величезною геологічною силою, її визначальною.

В результаті обмінних процесів змінюються не лише самі організми, але і навколишнє їх абиотическая середовище. Гірські породи, повітря, вся поверхня суші під впливом організмів набувають нові властивості, стають біогенними. Це означає, що змінюється хімічний склад компонентів неживої природи, стає іншою динаміка протікають в них фізичних і хімічних процесів, з'являються нові закономірності взаємодії і розвитку тіл неживої природи, що, в свою чергу, зумовлює нові зміни усієї сукупності населяють її організмів.

Численні дослідження показали, що більшість матеріалів поверхні нашої планети - фосфатів, карбонатів, кременистих і інших порід - органогенны за своєю природою, тобто у їх формуванні або безпосередньо, або побічно брали участь організми.

Ще більш помітно вплив різних форм життя на стан атмосфери. Сучасний склад атмосфери створений і підтримується в основному життєдіяльністю організмів, а від складу атмосфери залежить взаємодія земної поверхні з космічними факторами. Незліченна кількість організмів населяє водну сферу і ґрунт планети, насичуючи їх продуктами своєї життєдіяльності, концентруючи у складі своїх тіл речовини, розсіяні в середовищі, і якісно змінюючи таким чином склад і властивості цих оболонок.

У світлі вчення про біосферу стає можливим зрозуміти не тільки динаміку речовинно-енергетичних процесів на земній поверхні, але і виділити у всій складній сукупності її явищ і факторів визначальний фактор. Їм, як вважав в. І. Вернадський, є жива речовина планети, тобто вся сукупність організмів, що населяють Землю.

Вся біосфера являє собою систему взаємопов'язаних обмінними процесами біогеоценозів, які є дуже важливими ланками реалізації біологічного кругообігу речовини і енергії в його взаємодії з геологічним кругообігом. В біогеоценозах забезпечується циклічність обмінних процесів, їх замкнутість. Однак ця циклічність відносна, так як в неживої природі йде безперервний процес вдосконалення видів в ході боротьби за існування.

Всі компоненти біосфери постають як закономірно виникли і необхідним чином пов'язані один з одним обмінними процесами. Кожен компонент відіграє важливу і незамінну для даного стану роль у підтримці цілісного та впорядкованого характеру біосфери як системи. Скільки-небудь істотна зміна будь-якого з компонентів рано чи пізно позначається на інших і зумовлює відповідне їх зміна. За рахунок цього забезпечується саморегуляція біосфери і закономірний характер її змін у часі.

Структура екології постійно ускладнюється, поповнюючись найновішими науковими напрямками. Умовно всю екологію можна поділити на дві великі сфери:

- загальну (теоретичну, фундаментальну);
- прикладну (практичну).

До загальної екології належать:

- **біоекологія** (в біологічні науки її прийнято називати “загальною екологією”);
- **геоекологія** (географічна екологія: екологія довкіль – атмосфери, океану і т.п.; екологія природних зон (тундри, степу і т.п.), регіонів (високогір'я, крайньої півночі та інших географічних об'єктів);

– **теоретична екологія** – метаекологія (ця наука знаходиться у стадії становлення; по суті вона поки ще є конгломерат фундаментальних досліджень інших наук – географії, біології та ін.);

– **інформаційна екологія** (зовсім нова наука; визначити напрямки її майбутнього розвитку, крім геосистемного, поки що важко).

До прикладної (практичної) екології належать:

а) **екологія людини:**

– **медична екологія** (біологічні аспекти людини – медичні, психічні, географічні та ін.);

– **соціоекологія** (екологія соціальних груп; екологічна демографія; екологія поселень, у тому числі: урбоекологія; рекреаційна екологія та ін.);

б) **екологія господарства (природокористування):**

– **техноекологія:** екологічні аспекти галузей господарства, використання природних ресурсів і т.п.;

– **охорона природи** (навколишнього середовища, довкілля): досліджує ті самі аспекти, як і природокористування, але природокористування методологічно побудовано на дослідженні в напрямку від господарства до природи, а охорона довкілля навпаки – від

природи до господарства. Часто природокористування і охорону природи розглядають разом, як одну науку. Окремий напрямок охорони природи – *заповідна справа*;

– *економіка природокористування та екологічний менеджмент*: економічні методи регулювання природокористування і охорони природи;

– *екологічний аудит*: контроль і екологічна оцінка діяльності підприємств, вдосконалення регулювання впливу на довкілля та його інвестиційної привабливості;

– *екологічний маркетинг*: управлінська діяльність у складі загального менеджменту підприємств, спрямована на вивчення та використання ринку екологічної продукції та послуг;

– *екологічне право*: юридичні (законодавчі) аспекти природокористування;

– *екологічна стандартизація*;

– *управління природокористуванням і охороною довкілля*: адміністративні методи природокористування; організація системи управління у сфері охорони довкілля; організація моніторингу, екологічної експертизи; організація екологічних аспектів діяльності окремих підприємств та організацій і т.п.;

– *екологічний моніторинг*: спостереження і оцінка стану навколишнього середовища;

– *екологічне прогнозування*: розробка прогнозів і програм розвитку регіонів, галузей та інших об'єктів, з точки зору, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище;

– *екологічна експертиза*: запобігання негативного впливу нововведень.

в) *радіаційна екологія*: вивчає наслідки радіаційного забруднення й можливі наслідки експлуатації об'єктів, які використовують ядерну енергію і радіоактивні речовини;

г) *екологія Космосу*: нова наука, яка досліджує забруднення найближчого космічного простору Землі, розробляє методи спостереження за станом довкілля в планетарному масштабі та інші.

Окрему позицію займають нові науки “*екологія культури*” і “*філософська екологія*”, які тільки починають розвиватися і якими вони будуть поки ще важко визначити. Але ясно, що вони вивчають культурологічні і філософські аспекти існування системи “суспільство-природа”.

Безумовно, що існує багато інших класифікацій структури екологічної науки.

Екологія – наука, яка знаходиться на стику (перехресті) багатьох наукових напрямків. Вона тісно пов'язана з іншими науками. Правильніше було б сказати, що вона є конгломератом, а не системою, окремих наукових напрямків. Тобто, часто зв'язки між екологічним аспектом дослідження (напрямок екології) і базовою наукою (з якої він виник) тісніше, ніж між окремими галузями екологічної науки. Так, наприклад, біоекологія тісніше пов'язана з біологією, ніж, наприклад, з економікою природокористування.

Але в цілому екологія співпрацює з блоками:

– *природничих наук* (біологія, географія, геологія, фізика, хімія, математика та ін.);

– *суспільних наук* (соціологія, економіка, управління та ін.);

– *гуманітарних наук* (філософія, історія, культура, психологія, етика і т.п.).

В житті суспільства екологія тільки почала визначати своє місце. У західному суспільстві (розвинені країни), де рівень розвитку цивілізації у цілому вищий, ніж в відсталіх країнах, її роль набагато сильніша. Усі її напрями, практичне використання, екологічна культура населення розвинені краще. Держава приділяє більшу увагу щодо вирішення екологічних проблем; на їх розв'язання виділяються значні кошти. У вирішенні будь-яких соціально-економічних питань екологічним аспектам приділяється першочергова увага. Екологічний рух населення характеризується значним рівнем розвитку.

У відсталих країнах, або країнах з перехідною економікою розвитку екології як науки, вирішенню екологічних проблем приділяється значно менша увага. Неможливість виділення великих коштів стримує екологізацію діяльності суспільства. Домінує першочерговість вирішення найгостріших економічних і соціальних питань. Екологія, у широкому розумінні цього поняття, в цілому розвивається більш формально, ніж фактично, тобто частіше всього – за остаточним принципом. Слабо розвинене “екологічне мислення”, у тому числі, й на державному рівні.

Поняття про “загальну екологію” (біоекологію)

Біоекологія вивчає відношення організмів та їх системних сукупностей (окремих істот, популяцій, біоценозів і т.п.) і навколишнього середовища. Вона складається з:

– *екології особистостей* (окремих живих організмів, істот одного біологічного виду), або *аутекологія*;

– *екології популяцій* (сукупностей істот одного виду з спільним генофондом), або *популяційна екологія, демекологія*;

– *екологія угруповань* (сукупностей взаємозв’язаних і взаємозалежних видів у межах певного життєвого простору), або *екологія біоценозів (біогеоценозів), синекологія*.

Сукупність живих організмів різних видів прийнято називати *біотою*, а середовище їх існування *біотопом*. Разом це створює *біогеоценоз* (сукупність організмів різних видів на певній території з її специфічними географічними умовами, які пов’язані між собою тісними зв’язками і залежать один від одного), або *екосистему*. Екосистеми можуть бути різними за розмірами – від макромолекули (з її середовищем проживання) до *біосфери* (екосистеми планетарного масштабу). Таким чином, загальну екологію визначають також як науку про біогеоценози (*біоценологію*), або вчення про екосистеми, у тому числі, біосферу (*біосферологію*).

У вивченні екосистем найважливішим є дослідження взаємозв’язків між елементами біосистеми і чинниками навколишнього середовища. Тому значна увага приділяється визначенню *біотичних факторів* (тобто впливу на живі організми інших живих істот) і *абіотичних факторів* (тобто впливу на живі організми та їх сукупності елементів неживої природи – географічних чинників: температурного режиму, вологості, якості ґрунтів і т.п.). Виділяють також *антропогенні (або техногенні) фактори* (вплив на живі організми господарської та іншої діяльності людей).

Найбільше теоретичне і методологічне значення для розвитку екології мало вчення про *біосферу*, головним дослідником якої вважають В. Вернадського. Сучасне поняття про біосферу, включає в себе такі аспекти (за М. Реймерсом):

– нижня частина атмосфери, уся гідросфера і верхня частина літосфери Землі, яка населена живими організмами – “область існування живої речовини” (В. Вернадський);

– активна оболонка землі, в якій сукупність діяльності живих організмів виявляється як геохімічний фактор планетарного масштабу;

– найбільша (глобальна) екосистема Землі – область системної взаємодії живої і неживої речовини на планеті;

– складна ієрархія екосистем.

В.І.Вернадський (1863-1945 рр.) за своєю освітою (закінчив природниче відділення фізико-математичного факультету Петербурзького університету) і науковими інтересами починав свої дослідження у сфері географії, геології, геохімії. Це дозволило йому виявити основний ланцюжок взаємозв’язку і взаємодії між елементами живої і неживої природи – *кругообіг речовин і енергії*, який є основою існування екосистем будь якого рангу (від мікро - до макрорівня). Це було головним кроком у пізнішому визначенні поняття біосфери. Одного цього було б достатньо для того, щоб ім’я В. Вернадського стало відомим всьому світові. Вернадський В. також вперше визначив людину з її господарською діяльністю, як геологічну силу планетарного розміру, тобто він показав що

антропогенний вплив на природу не менш сильний, ніж глобальні природні процеси. Це підтверджують й сучасні данні, що наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1. 1

Співвідношення між окремими компонентами повітря природного і промислового походження (тон на рік)*

Компоненти	Походження	
	Природне	Індустріальне
Озон	$2 \cdot 10^9$	Незначне
Двоокис вуглецю	$7 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^{10}$
Окис вуглецю	–	$2 \cdot 10^8$
Сірчаний газ	$1,42 \cdot 10^8$	$7,3 \cdot 10^7$
Сполуки азоту	$1,4 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^7$
Завислі речовини	$(770-2200) \cdot 10^6$	$(960-2615) \cdot 10^6$

* Топчиев А.Г. Геоэкология. – Одесса: Астропринт, 1996. – С.138.

Подібний науковий підхід показав, що локальні процеси можуть мати глобальне значення, і тим самим – неможливість вирішення екологічних проблем у межах одного регіону, країни, або групи сусідніх країн. Цей революційний внесок в екологічну науку став основою сучасної глобальної екологічної концепції розвитку людства. Він також дозволив виокремити нову сферу (оболонку) земної кулі, яку прийнято називати **антропосферою**, або **техносферою** і яка за своїми розмірами більша ніж біосфера (охоплює нижчі шари літосфери і ближній космос, які не входять в склад біосфери). Під техносферою розуміють усю сукупність об'єктів людської діяльності і змінені (антропогенні) ландшафти (природні комплекси).

Найважливішим результатом наукової діяльності В. Вернадського стало вчення про “**ноосферу**” – сферу людської діяльності, що охоплює географічну оболонку, біосферу і техносферу. Але суттєво значення ноосфери, за В. Вернадським, є ще більш глибоким. Він вважав “ноосферу” як нову гармонійну сферу взаємодії людини і природи. Тобто, подібним підходом він визначив сучасне і майбутнє завдання людства: необхідність переходу від техносфери (в якій антропогенний вплив має більш негативні, ніж позитивні наслідки) до ноосфери (в якій взаємовідносини між діяльністю людини і природними процесами стають більш ефективними, раціональними). Наукові розробки В. Вернадського є фундаментальними положеннями сучасної екологічної науки.

Прикладна екологічна наука у порівнянні з загальною екологією (біоекологією) ще не досягнула такої стадії розвитку, для якій характерна строга (структуризована і логічно побудована) система знань. По суті більшість прикладних екологічних наук знаходиться у стадії формування і є скупченням окремих наукових категорій і концепцій, що слабо пов'язані між собою. Особливо це характерно для найновіших екологічних наук, наприклад, соціоекології, економіки природокористування та інших. Але їх розвиток дозволяє знаходити більш-менш ефективні методи вирішення окремих конкретних проблем і завдань. Часто пошук шляхів вирішення має емпіричний характер, тобто здійснюється методом спроб і помилок, що в свою чергу призводить до зростання економічних витрат суспільства. Таким чином, головним напрямком розвитку сучасних прикладних аспектів екології є пошук більш надійних економічно ефективних, науково обґрунтованих методів вирішення конкретних завдань раціонального природокористування, охорони природи і забезпеченні екологічної безпеки.

Лекція 2. Основні закони та принципи екології. Вчення Вернадського про біосферу.

Сучасному фахівцю, у якій би галузі він не працював, потрібно знати закони, правила та принципи екології.

Американський еколог Б. Коммонер дуже вдало сформулював найважливіші закономірності й екологічні особливості природи у вигляді таких екологічних аксіом:

1. все пов'язано з усім;
2. все має кудись діватися;
3. ніщо не дається даром;
4. природа знає краще.

Перша аксіома («все пов'язано з усім») підтверджує всезагальність зв'язків, об'єктів і явищ у природі та в людському суспільстві. Важливі наслідки цих взаємозв'язків:

1. дія закону великих чисел (сукупна дія великої кількості випадкових чинників призводить, за деяких загальних умов, до результату, майже незалежного від випадку, тобто такого, що має системний характер);
2. дія принципу Ле Шательє (при зовнішньому впливі, що виводить систему з рівноваги, ця рівновага зміщується в напрямку зменшення ефекту зовнішнього впливу; у біологічних системах цей принцип реалізується у вигляді здатності екосистем до авторегуляції);
3. розвиток ланцюгових реакцій у разі виникнення окремих локальних змін у системі; ці реакції відбуваються в бік нейтралізації збурення, що виникло, або формування нових взаємозв'язків;
4. будь-які зміни в системі «природа» прямо чи опосередковано впливають на людину (від індивіда до суспільства).

Друга аксіома («все має кудись діватися») свідчить про закони збереження у природі. На відміну від людської діяльності, у природі не буває сміття. У біосфері завжди спостерігається кількісний баланс швидкостей синтезу живої речовини та її розкладання, що свідчить про високий ступінь замкненості кругообігу речовини в біосфері. Діяльність же людини спричинила накопичення у природі дедалі більшої кількості чужорідних синтетичних сполук. Ці сполуки стійкі, часто мають сильну токсичну дію, накопичуються у величезних обсягах; все це становить дедалі більшу загрозу для середовища.

Третя аксіома («ніщо не дається даром» або «за будь-які втручання та збитки природі треба платити», або «природа за все віддячить») свідчить про те, яку ціну сплачує людство за науково-технічний прогрес. В економіці природи, як і в економіці людини, не існує безплатних ресурсів. Все, що було взято людиною у природи, мусить бути їй повернуто, компенсовано. Невиконання цього закону неминуче призводить до екологічної кризи.

Четверта аксіома («природа знає краще») свідчить про незрівнянні перемоги природних конструкцій над людськими. Все, створене природою, пройшло надзвичайно жорсткий конкурс на місце в біосфері протягом тисяч і мільйонів років природного добору й адаптацій. При цьому головним критерієм добору була вписаність у глобальний біотичний кругообіг, підвищення його ефективності, заповнення всіх екологічних ніш, виключення «мертвих зон» із мережі природних взаємозв'язків.

Основні закони екології наведені в табл. 1.1.

Таблиця

1.1

Основні закони екології

Закон	Сутність
Закон мінімуму	Біотичний потенціал (життєздатність, продуктивність організму, популяції, виду) лімітується тим з екологічних факторів середовища, що перебуває в мінімумі, хоча інші

	умови сприятливі
Закон максимізації енергії та інформації в еволюції	Найкращі можливості самозбереження має та система, що найбільшою мірою сприяє надходженню, виробленню й ефективному використанню енергії та інформації
Закон необоротності еволюції	Еволюція незворотна; організм (популяція, вид) не може повернутися до попереднього стану
Закон оптимальності	Будь-яка система з найбільшою ефективністю функціонує в певних, характерних для неї просторово-часових межах
Закон розвитку системи за рахунок довкілля	Будь-яка система може розвиватися лише за рахунок матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища; абсолютно ізольований саморозвиток неможливий
Закон толерантності	Фактори середовища, що мають у конкретних умовах несприятливе (як надмірне, так і недостатнє) значення, обмежують можливості існування виду в даних умовах, всупереч і незважаючи на оптимальний збіг інших факторів
Закон константності живої речовини в біосфері	Кількість живої речовини (біомаса всіх організмів) біосфери для конкретного екологічного періоду є сталою
Закон біогенної міграції атомів	Міграція хімічних елементів у біосфері та інших геосферах здійснюється або за безпосередньої участі живої речовини, або ж відбувається в середовищі, геохімічні особливості якого обумовлені живою речовиною як сучасною, так і тією, що функціонувала на Землі в минулі геологічні епохи
Закон максимуму	Для біосфери кількісні зміни екологічних умов не можуть збільшити біологічну продуктивність екосистеми чи господарчу продуктивність агроекосистеми більше за речовинно-енергетичні ліміти, що визначаються еволюційними властивостями біологічних об'єктів та їх співтовариств
Закон послідовності проходження фаз розвитку	Для природної екосистеми фази розвитку можуть проходити лише в еволюційно закріпленому порядку, звичайно, від простого до складного
Закон фізико-хімічної єдності живої речовини	Вся жива речовина Землі має фізико-хімічну єдиність. Шкідливе для однієї частини живої речовини не може бути нейтральним для іншої. Будь-які фізико-хімічні агенти, смертельні для одних організмів, шкодять іншим
Закон обмеженості ресурсів	Згідно із законом константності кількості живої речовини на планеті, збільшення чисельності й маси одних організмів у глобальному масштабі може відбуватися лише за рахунок зменшення кількості й маси інших організмів. Саме суперечливість між швидкостями розмноження багатьох організмів та обмеженістю

	ресурсів живлення є своєрідним регулятором, що запобігає «біологічному вибуху» космічного масштабу. Маса продуктів для живлення всіх форм життя на Землі (зокрема, для людини) обмежена й вичерпна, тому виживання цивілізації можливе лише за умов реалізації обґрунтованих і жорстко контрольованих самообмежень
--	--

В останні десятиріччя сформувався певні закони та правила, що ґрунтуються на теоретичних основах охорони природи й тісно взаємозв'язані із законами та принципами екології (табл. 1.2).

Таблиця

1.2

Природоохоронні закони, принципи та правила

Назва	Зміст
Закон «шагреневої шкіри»	Глобальний початковий природно-ресурсний потенціал безперервно виснажується у процесі розвитку людства, що потребує від нього науково-технічного вдосконалення природокористування
Закон неусуненості відходів і (або) побічних впливів виробництва	У будь-якому господарстві відходи, що утворюються, цілком усунути (ліквідувати) неможливо, вони можуть бути лише переведені з однієї фізико-хімічної форми в іншу або переміщені у просторі
Закони охорони природи П. Ерліха	В охороні природи можливі лише успішна оборона або відступ. Наступ неможливий, бо вид чи екосистема, що знищені, не можуть бути відновлені ніколи. Зростання населення й охорона природи принципово суперечать одне одному. Зростання економічної системи й охорона природи також принципово суперечать одне одному. Брати до уваги під час прийняття рішень щодо використання Землі лише найближчі цілі. Негайне благо <i>Homo sapiens</i> є смертельно небезпечним не лише для людей, а й для біосфери загалом. Охорона природи має бути не тільки заклик (який мало хто чує), а й пріоритетом державної та міжнародної політики
Правило економіко-екологічного прийняття (Стайкос, 1970 р.)	Проблеми довкілля сприймаються в чотири етапи: 1) ні розмови, ні дії; 2) розмови, але бездіяльність; 3) розмови й початок діяльності; 4) припинення розмов, рішучі природоохоронні дії
Принцип віддаленості події	Явища, віддалені від нас у часі та просторі, психологічно здаються менш істотними, не надто важливими
Принцип збалансованого природокористування	Розвиток і розміщення об'єктів матеріального виробництва на певній території мають здійснюватися відповідно до її екологічної витривалості до техногенних навантажень

Методологічною засадою сучасної екології є системний підхід як особливий напрям досліджень, орієнтований на вивчення специфічних характеристик складних об'єктів із різноманітністю зв'язків між їх елементами. *Системний підхід* – спосіб теоретичного та практичного дослідження, при якому кожний

об'єкт розглядається як система. Підхід – це сукупність методологічних принципів і положень, що дають можливість розглядати систему як єдине ціле з узгодженням функціонування всіх її елементів. На основі системного підходу передбачається вивчення кожного елемента системи в його зв'язку та взаємодії з іншими елементами, що дає можливість спостерігати зміни в системі внаслідок змін окремих її ланок. Тобто під час системного підходу дослідник може вивчати у структурі системи не окремі її елементи, які утворюють цілісність цієї системи, а взаємовідносини та зв'язки різних елементів системи в цілому. Системний підхід є конкретизацією вимоги діалектики про розгляд кожного предмета в його взаємовідносинах і взаємозв'язках з іншими предметами. Системний підхід можна розглядати як певний етап у розвитку методів пізнання. Найбільш широке застосування системний підхід знаходить під час дослідження складних об'єктів, які постійно розвиваються, багаторівневих, ієрархічних, систем, що самоорганізуються.

Поняття про систему є категорією філософською. Сучасна філософія вкладає в це поняття дуже широкий зміст. З погляду філософії *система* (від грец. *systema* – складене з частин, поєднання) – це множина елементів, які перебувають у відношеннях і зв'язках між собою, завдяки чому утворюється певна цілісність, єдність.

Поняття про систему ґрунтується на трьох основних положеннях:

1. система утворюється сукупністю (множиною) елементів, що мають зв'язки між собою;
2. ця сукупність утворює єдине ціле, тобто видалення одного з елементів сукупності порушить властивість цілісності;
3. утворене сукупністю елементів єдине ціле має певну мету або призначення, властиве всій сукупності елементів, а не якійсь їх комбінації.

Будь-яка система функціонує в середовищі, що її оточує. У реальній дійсності немає абсолютно ізольованих або відокремлених систем. Середовище завжди впливає на внутрішній стан системи. Цей вплив відбувається за допомогою певних факторів. Вплив факторів зовнішнього середовища на систему характеризують *вхідними* (екзогенними) величинами, а елементи системи, на які здійснюється вплив, називають *входами* системи. У свою чергу, система не може бути нейтральною до зовнішнього середовища. Її вплив на зовнішнє середовище характеризується значенням *вихідних* (ендогенних) величин.

Всі існуючі системи підпорядковуються певним принципам, до яких належать:

1. *Принцип цілісності*, який полягає в тому, що не можна звести властивості системи до суми властивостей її складових елементів, а із властивостей останніх не випливають властивості системи. Властивості й відношення кожного елемента системи залежать від його місця та функцій у системі.
2. *Принцип структурності*, який означає, що будь-яку систему можна охарактеризувати на основі існуючих зв'язків і відношень між її елементами, тобто на основі її структури. Поведінка системи обумовлюється поведінкою її окремих елементів і властивостями її структури.
3. *Принцип взаємозалежності системи й середовища*, який полягає в тому, що система формує та проявляє свої властивості у процесі взаємодії із середовищем, у якому система функціонує та у взаємовідносинах із яким відображає свою цілісність.
4. *Принцип ієрархічності*, який полягає в тому, що будь-яка система може бути елементом системи більш високого порядку, у той час як її елементи можуть бути системами більш нижчого порядку.
5. *Принцип множинності опису системи*, який означає, що через принципову складність кожної системи її адекватне пізнання потребує побудови значної кількості різних моделей, кожна з яких описує чи відображає лише певний аспект системи. Великим і складним системам притаманні властивості цілісності й емерджентності. *Цілісність системи* означає, що всі її частини сприяють досягненню спільної мети й

формуванню найкращих результатів відповідно до певного критерію (сукупності критеріїв) ефективності. Отже, система повинна розглядатись тільки як єдине ціле. *Емерджентність* (від англ. *emergence* – поява нового) полягає в тому, що великі та складні системи мають властивості, не притаманні жодному з елементів, що формують цю систему. З розвитком великої і складної системи взаємозв'язок елементів підсилюється, і на певному етапі емерджентність досягає такого рівня, за якого цілісні характеристики системи можна спостерігати за властивостями окремих елементів. Одним із перших, ще в середині XIX ст., ідеї системного підходу в екології сформулював Юстус Лібіх. Він, зокрема, підкреслював, що між усіма явищами в мінеральному, рослинному та тваринному царствах існує закономірний зв'язок, завдяки якому жодне явище не існує окремо, а завжди пов'язане з одним чи кількома іншими явищами. Ю. Лібіх стверджував, що всі явища пов'язані одне з одним без початку й кінця, а послідовна зміна одних явищ іншими подібна до руху хвиль. Системний підхід до вивчення екосистеми полягає, по-перше, у визначенні її складових частин і взаємодіючих із нею об'єктів довкілля; по-друге, – у визначенні структури екосистеми, тобто сукупності внутрішніх зв'язків і відносин, а також зв'язків між екосистемою і зовнішнім середовищем. По-третє, необхідно знайти закон функціонування екосистеми, що визначає характер змін компонентів екосистеми та зв'язків між ними під дією зовнішніх об'єктів. Для вирішення цих трьох завдань у сучасній екології використовують три основні групи методів:

1. польові спостереження;
2. польові й лабораторні експериментальні дослідження;
3. моделювання (реальне і математичне).

Як правило, в екології найбільш ефективним є комплексне використання натурних спостережень, вимірювань і досліджень, експериментальних лабораторних і польових досліджень, екологічного картування та математичного моделювання. У сучасних екологічних дослідженнях широко використовують методи інших наук: хімії, фізики, геології, біології, математики. До таких належать: – методи реєстрації та оцінки якості довкілля, насамперед, різні типи екологічного моніторингу, зокрема, геоекологічний, біомоніторинг і біоіндикація, дистанційний аерокосмічний моніторинг; – методи кількісного обліку організмів і методи оцінки біомаси та продуктивності рослин і тварин; – вивчення особливостей впливу різних екологічних чинників на життєдіяльність організмів (як складні та тривалі спостереження у природі, так і експерименти в лабораторних умовах – токсикологічні, біохімічні, біофізичні, фізіологічні та ін.); – методи вивчення взаємозв'язків між організмами в багатовидових угрупованнях; – методи математичного моделювання екологічних явищ і процесів, а також імітаційне моделювання екосистем; моделювання від локальних до регіональних і глобальних екологічних процесів і ситуацій; – створення геоінформаційних систем і технологій для розв'язання екологічних питань різних масштабів і в різних сферах діяльності; – комплексний еколого-економічний аналіз стану різних об'єктів, територій, галузей виробництва; – технологічні методи екологізації різних виробництв з метою зменшення їх негативного впливу на довкілля; – медико-екологічні методи вивчення впливу різних чинників на здоров'я людей; – методи екологічного контролю стану довкілля: екологічна експертиза, екологічний аудит, екологічна паспортизація. Серед перелічених методів сучасної екології в навчальній літературі також використовують методи біоіндикації.

Біоіндикація (лат. *indicato* – вказувати, виявляти) – метод оцінки абіотичних і біотичних чинників середовища за допомогою біологічних систем. Організми або їх угруповання, життєві функції яких тісно корелюють із певними чинниками середовища й можуть використовуватися для їх оцінки, називаються *біоіндикаторами*. Ними можуть бути рослини, тварини, мікроорганізми, гриби.

Форми біоіндикаторів:

1. *неспецифічна* – якщо різні чинники зумовлюють однакову реакцію;
2. *специфічна* – зміна, пов'язана лише з одним чинником;
3. *чутлива* біологічний об'єкт реагує значним відхиленням життєвих проявів від норм;
4. *аккумулятивна* – біоіндикатор накопичує дію чинника, але тривалий час її не виявляє;
5. *пряма* – чинник діє безпосередньо на біологічний об'єкт;
6. *непряма* – біоіндикація виявляється лише після зміни стану під впливом інших елементів, на які безпосередньо діє даний чинник;
7. *рання* – коли реакція організму помітна за низьких доз і короткочасної дії чинника і відбувається в місці впливу чинника на елементарні молекулярні або біологічні процеси.

Існує кілька типів чутливості біоіндикаторів відповідно до часу розвитку біоіндикаційних процесів:

1. біоіндикатор діє через деякий час, упродовж якого він не реагує на вплив (одноразова реакція), і одразу втрачає чутливість;
2. реакція миттєва, але триває певний час, а потім зникає;
3. біоіндикатор реагує з моменту появи зовнішнього впливу з однаковою інтенсивністю тривалий час;
4. після швидкої та сильної реакції відбувається її поступове згасання;
5. при появі стресора починається реакція, яка посилюється, досягаючи максимуму, а потім згасає;
6. реакція має синусоїдний характер і багаторазово повторюється.

Для біоіндикації можна використати організми з типами чутливості 1, 2, 5. Біоіндикатори використовують під час здійснення двох типів моніторингу: *пасивний моніторинг* – дослідження видимих і непомітних пошкоджень чи відхилень від норми (ознак стресового впливу в організмів, які вільно живуть у природі); *активний моніторинг* – виявлення впливу біотичних та абіотичних чинників на тест-організми, які перебувають у стандартизованих умовах на досліджуваній території.

Термінологічний

СЛОВНИК

Агроєкологія – комплексна наукова дисципліна, об'єкт вивчення якої агроєкологія планети, а предмет – взаємозв'язки людини з довкіллям у процесі сільськогосподарського виробництва, а також вплив сільськогосподарського господарства на природні комплекси.

Біоіндикація (лат.: *indicato* – вказувати, виявляти) – метод оцінки абіотичних і біотичних чинників середовища за допомогою біологічних систем.

Біосфера – нижня частина атмосфери, вся гідросфера та верхня частина літосфери Землі, що населені живими організмами.

Геоекологія – вивчає специфіку взаємовідносин організмів і середовища їх існування в різних географічних зонах, на суші та в океані, в тундрі, тайзі та тропіках, у горах і пустелях тощо; дає екологічну характеристику різних географічних регіонів, областей, районів, ландшафтів; розглядає екологічні наслідки ендо- та екзогенних геологічних процесів, видобутку корисних копалин; займається екологічним картографуванням.

Екологія – наука, що вивчає відносини між живим організмом і тим природним середовищем, де він перебуває. Термін «екологія» (від грец. *oikos* – дім, помешкання й

logos – наука) ввів німецький біолог і натураліст Ернст Геккель (E. Haeckel).
Екологізація – процес неухильного й послідовного впровадження систем технологічних, управлінських та інших рішень, що дають змогу підвищувати ефективність використання природних ресурсів з одночасним збереженням або поліпшенням природного середовища (або взагалі життя) на локальному, регіональному та глобальному рівнях.
Екосистема – сукупність живих організмів, що проживають на певній території, та умови їх існування. Це сукупність біоценозу і біотону, поєднання в єдине функціональне ціле.
Метаболізм (грец. *metabole* – зміна) – обмін речовин, сукупність процесів, біохімічних перетворень речовини й енергії в живих організмах.
Моніторинг активний – виявлення впливу біотичних та абіотичних чинників на тест-організми, які перебувають у стандартизованих умовах на досліджуваній території.
Моніторинг пасивний – дослідження видимих і непомітних пошкоджень чи відхилень від норм – ознак стресового впливу в організмів, що вільно живуть у природі.
Ноосфера – згідно із вченням В. І. Вернадського, біосфера, що прийде в процесі розумової діяльності людини у вищу стадію свого розвитку – ноосферу, тобто у сферу розуму.
Системний підхід – спосіб теоретичного та практичного дослідження, при якому кожний об'єкт розглядається як система.
Соціальна екологія – розділ сучасної екології, що вивчає роль людини в довкіллі не як біологічного виду, а як соціальної істоти, а також способи оптимізації взаємовідносин людського суспільства з природою. Тісно пов'язана з етнографією і соціологією.
Техноекологія – найбільший за обсягом блок прикладних екологічних напрямів (і, відповідно, дисциплін), пов'язаних з такими сферами людської діяльності, як енергетика, промисловість, транспорт, військова справа, сільське господарство, космос.

В. І. Вернадський та його вчення про біосферу і ноосферу

Навколишнє середовище — це необхідний для буття людства простір, що піддається впливу суспільства, яке у ньому живе. Його (середовище) частково дає природа і почасти створює сама людина.

Область існування живих організмів на Землі називають біосферою (сферою життя). Вчені по-різному трактують це поняття в залежності від того, на що спрямований акцент при вивченні екологічних проблем. Але основним, мабуть, є вчення В. І. Вернадського про розуміння сутності навколишнього середовища. Вперше цей термін вжив австрійський геолог Е. Зюсс у 1875 р., але поширився він після видання в 1926 р. праці нашого видатного вченого В. Вернадського «Біосфера». Він був у числі перших, хто сприймав Землю як єдиний живий організм, в якому зовсім різні, на перший погляд, процеси у трьох зовнішніх сферах землі — літосфері, гідросфері й атмосфері — тісно пов'язані між собою.

В. І. Вернадський народився 12 березня 1863 року у Петербурзі в сім'ї українського економіста, професора Івана Вернадського. Він навчався в Петербурзькому університеті, коли там викладали великі вчені В. В. Докучаєв, Д. І. Менделєєв, М. П. Вагнер та інші. Вернадський багато зробив для відродження України, її культури і науки. Зокрема, він був організатором і першим президентом Всеукраїнської академії наук, Національної книгозбірні України, Комісії по вивченню продуктивних сил України тощо. Всесвітню славу вченому принесли створені ним вчення про біосферу та ноосферу.

Відповідно до його визначення середовище, що оточує сучасну людину, можна умовно розділити на природну — біосферу і штучну — ноосферу, тобто знову створену (або

перетворену) людиною (господарське освоєння території, підприємства, населені пункти і т.д.).

Біосфера, на думку вченого, складається із семи взаємопов'язаних речовин: живого, біогенного, косного, біокосного, радіоактивного, космічного, розсіяних атомів. Скрізь в її межах зустрічаються або сама жива речовина, або сліди її біохімічної діяльності. Атмосфера, вода, нафта, вугілля, вапняки, глини та їх похідні створені живою речовиною планети. Існуючі верхні шари земної кори в інших геологічних епохах були перероблені живими організмами. Найпростішою структурою сучасної активної частини біосфери є біогеоценоз.

В. І. Вернадський одним із перших усвідомив величезний перетворюючий вплив живих організмів на всі три зовнішні оболонки Землі в планетарному масштабі, тісну взаємодію і взаємозалежність усіх форм життя. Це дало йому поштовх до створення всеохопної теорії біосфери, тобто тієї частини зовнішніх оболонок нашої планети, які безпосередньо пов'язані з існуванням життя на Землі.

В 20-х рр. минулого століття в працях Вернадського було розроблено уявлення про біосферу як глобальну єдину систему Землі, де весь основний хід геохімічних та енергетичних перетворень визначається життям. Раніше більшість процесів, що міняли в ході геологічного часу вид нашої планети, розглядалися як чисто фізичні, хімічні або фізико-хімічні явища. Вернадський вперше створив вчення про геологічну роль живих організмів, показав, що діяльність живих істот є головним фактором перетворення земної кори. У 1934 році В. І. Вернадський дав визначення біосфери: «Біосфера являє собою оболонку життя — область існування живої речовини»[1]. Вернадський довів, що живі організми відіграють дуже важливу роль у геологічних процесах, які формують обличчя Землі. Хімічний склад сучасної атмосфери та гідросфери зумовлений життєдіяльністю організмів. Велике значення мають організми також для формування літосфери — більшість порід, і не лише осадових, а й таких, як граніти, так чи інакше пов'язані своїм походженням з біосферою. «Якби на Землі не було життя, — писав учений, — обличчя її було б таким же незмінним і хімічно інертним, як нерухоме обличчя Місяця, як інертні уламки небесних світил»[2]. Його ідеї в повній мірі були оцінені лише в другій половині ХХ століття, з виникненням концепції екосистем.

Всю сукупність організмів на планеті Вернадський назвав живою речовиною, яка характеризується сумарною масою, хімічним складом та енергією. Про роль живих організмів на Землі Вернадський писав: «Можна без перебільшення стверджувати, що хімічний стан зовнішньої кори нашої планети, біосфери, повністю знаходиться під впливом життя, визначається живими організмами, безсумнівно, що енергія, яка надає біосфері її звичайний вигляд, має космічне походження. Вона виходить із Сонця в формі променя енергії. Але безпосередньо живі організми, сукупність життя перетворюють цю космічну променеву енергію в земну, хімічну і створюють нескінченне різноманіття нашого світу. Це живі організми, які своїм диханням, своїм живленням, своїм метаболізмом, своєю смертю і своїм розкладом, постійним використанням своєї речовини, а головне, тривалою сотні мільйонів років, безперервною зміною поколінь, своїм народженням, розмноженням породжують одне із величезних планетних явищ, яке не існує ніде, крім біосфери».

На думку вченого, неминучий єдино правильний підхід до біосфери як до цілісної глобальної екологічної системи, яка володіє певною структурою та стійкістю, властивими їй особливостями формування та розвитку. Таке поняття біосфери особливо важливе

тепер, коли техногенний вплив людини на природу досягнув небувалих масштабів та може викликати планетарні зміни в середовищі існування людини.

У межах біосфери практично кожний елемент проходить через ланцюг живих організмів, включається в систему біогеохімічних перетворень. Так, весь кисень планети — продукт фотосинтезу — поновлюється через кожні 2000 років, а всі вуглекислоти — через 300 років. Однак жива речовина відрізняється від неживої надзвичайно високою активністю, зокрема, дуже швидким кругообігом речовин. Вся жива речовина біосфери оновлюється в середньому за вісім років. Біомаса Світового океану відновлюється за 33 дні, його фітомаса — щодня, фітомаса суші — приблизно за 14 років через більшу тривалість життя наземних рослин.

Біохімічна функція біосфери розглядається Вернадським як загальний прояв життя на Землі. Жоден окремо взятий вид організмів не може виконати цю роль. Для забезпечення всього різноманіття форм біогенної міграції хімічних елементів необхідним був розвиток певного комплексу організмів. Звідси виникає проблема еволюції біосфери як єдиного цілого в процесі історико-геологічного розвитку нашої планети.

Слід врахувати, що життєдіяльність тварин, рослин і мікроорганізмів супроводжується безперервним обміном речовин між організмами та середовищем, внаслідок чого всі хімічні елементи земної кори, атмосфери й гідросфери багаторазово входили до складу тих чи інших організмів. Підраховано, що вся вода планети проходить цикл розщеплення в рослинних клітинах і відновлення в рослинних і тваринних організмах, тобто оновлюється біосферою приблизно за 2 млн років.

Узагальнюючи результати досліджень у галузі геології, палеонтології, біології та інших природничих наук, В.Вернадський дійшов висновку, що біосфера — це «стійка динамічна система, рівновага, що встановилася в основних своїх рисах ... з археозою й незмінно діє протягом 1,5—2 мільярдів років». Він довів, що стійкість біосфери за цей час виявляється в сталості її загальної маси (близько 10¹⁹ т), маси живої речовини (10¹⁵ т), енергії, зв'язаної з живою речовиною (10¹⁸ ккал), і середнього хімічного складу всього живого. Сійкість біосфери Вернадський пов'язував з тією обставиною, що «функції життя в біосфері — біогеохімічні функції — незмінні протягом геологічного часу». Всі функції живих організмів у біосфері (утворення газів, окисні й відновні процеси, концентрація хімічних елементів тощо) не можуть виконуватися організмами якогось одного виду, а лише їх комплексом. Звідси випливає надзвичайно важливе положення, розроблене Вернадським: біосфера Землі сформувалася з самого початку як складна система, з великою кількістю видів організмів, кожен з яких виконував свою роль у загальній системі. Без цього біосфера взагалі не могла б існувати, тобто стійкість її існування була відразу започаткована її складністю.

Вернадському належить відкриття такого основного закону біосфери: «Кількість живої речовини є планетною константою з часів архейської ери, тобто за весь геологічний час». Протягом цього періоду живий світ морфологічно змінився невпізнанно, але такі зміни помітно не вплинули ні на кількість живої речовини, ні на її середній валовий склад. Справа тут у тому, як вважає Вернадський, що «в складі організованості біосфери відбувались в межах живої речовини лише перегрупування хімічних елементів, а не докорінні зміни їх складу й кількості»[3].

Таким чином, сучасна біосфера є результатом довгого історичного розвитку всього органічного світу в його взаємодії з неживою природою. В процесі цього розвитку в біосфері виникла складна сітка взаємопов'язаних процесів та явищ. Завдяки взаємодії

абіотичних та біотичних факторів біосфера перебуває в постійному русі та розвитку. Вона пройшла значну еволюцію з часу появи людини, тобто за останні 2—3 млн років. Проте якщо спочатку за своїм впливом на природу людина могла розглядатися лише як один із другорядних факторів, в міру розвитку цивілізації та росту її технічної оснащеності її роль стала порівняльною з дією великих геологічних процесів. Ця обставина заставляє якнайсерйозніше ставитися до можливих віддалених наслідків як виробничої, так і природоохоронної діяльності людини.

Вернадський особливо виділяє перетворювальний вплив на Землю однієї з форм життя — людини — через її розумну діяльність і передбачає швидке зростання глибини і масштабів цього впливу. В результаті техногенної діяльності людини біосфера Землі докорінно перетворюється та стає, за визначенням Вернадського, ноосферою — «сферою розуму», вона охопить все більшу частину Землі — від глибоких її надр до найвищих шарів атмосфери.

Термін «ноосфера» (з грецьк. — сфера розуму) запровадив видатний французький філософ і природознавець П. Тейяр де Шарден[4]. Наповнив його змістом і розвинув Вернадський. Зміст його концепції такий: впливати на природу, змінювати біосферу слід особливо раціонально, думаючи не про сьогоднішні вигоди, а про майбутні наслідки. Обов'язковою умовою діяльності людини, за Вернадським, як і раніше, має залишатися сприятливий стан біосфери, адже людина, як і інші живі істоти Землі, пристосована лише до тих природних умов, до тих сполучень природних агентів, у яких вона виникла й живе. В іншому середовищі, якісно відмінному від цього, люди жити не можуть. Біосфера, що сформувалася еволюційно як складова частина космічної організації матерії і з якою нерозривно пов'язана людина, має бути збережена на благо людей. Саме в цьому полягає сенс ноосфери — не стихійне руйнівне втручання в природу, а науково обґрунтоване збереження на Землі умов для життя і щастя людей.

1944 року вийшла праця В. І. Вернадського «Деякі слова про ноосферу», у якій він у концентрованому вигляді виклав своє бачення еволюційно-історичного процесу, перспектив майбуття людства як космічного феномену. Стверджується, що під впливом розвитку науки і пізнання біосфера має стати ноосферою, тобто цариною розуму, де панують закони мудрості й гармонії.

В. І. Вернадський вважав, що ноосфера — це такий стан біосфери, в якому мають виявитися розум і спрямована ним праця людини як нова, небувала на планеті, геологічна сила. Він визначив кілька загальних умов, які необхідні для створення ноосфери:

людство має стати єдиним в економічному та інформаційному відношеннях;

ноосфера — явище всепланетне, тому людство повинне прийти до цілковитої рівності рас, народів незалежно від кольору шкіри й інших відмінностей;

ноосфера не може бути створена до припинення війн між народами.

Очевидно, що ноосфера в просторі значною мірою перекривається біосферою, але не тотожна їй. Темпи розвитку ноосфери незрівнянно вищі від темпів змін біосфери.

Але життя на Землі безпосередньо залежить також від низки космічних факторів, найголовнішим (але далеко не єдиним) з яких завжди вважалось випромінювання сонця. Усвідомлення перетворюючого впливу життя на одне з космічних тіл — планету Земля і безпосередній зв'язок земного життя з космічними факторами дозволили Вернадському

висловити свою всесвітньо відому тезу: життя на Землі — явище космічне. На його думку, зародки життя заносяться з космосу на всі планети, які виникають у Всесвіті, а далі, за сприятливих умов, різні форми життя можуть еволюціонувати, урізноманітнюватись і вдосконалюватися залежно від конкретних умов даної планети, посилаючи в свою чергу зародки життя у космос на усі інші планети Всесвіту.

Таку цілісну й завершену систему уявлень про «космізм життя» В. І. Вернадський сформулював у своїх творах вперше в історії людства, хоча зародки теорії біосфери і усвідомлення взаємозв'язку багатьох процесів у зовнішніх оболонках Землі були вже в роботах попередників.

Лекція 3. Методи дослідження в екології

Розподіл екології на загальну (вивчення основних принципів організації і функціонування біологічних систем) і приватну (вивчення конкретних груп живих організмів) відображає не стільки проблематику екології як науки, скільки відмінності в характері і методах досліджень.

В даний час основними методами екології є:

- Польові спостереження, що дозволяють отримати конкретні відомості про стан окремих видів і популяцій, їх ролі в існуванні певної екологічної системи; залежність від діяльності певних груп організмів, антропогенного впливу; дані про зміну чисельності популяцій і т.д. ;

- Експерименти в природних умовах, що дозволяють моделювати ту чи іншу ситуацію, наслідки її розвитку для конкретної спільноти організмів, біоценозу або біогеоценозу;

- Математичне моделювання процесів і ситуацій, що зустрічаються в популяціях і біоценозах, за допомогою обчислювальної техніки. Математичне моделювання дозволяє зробити кількісну оцінку досліджуваних процесів і явищ. Воно дає можливість з великою часткою вірогідності, використовуючи накопичені дані, прогнозувати можливий розвиток тих чи інших процесів і ситуацій в екологічних системах. Однак, використовуючи математичні прийоми, еколог повинен пам'ятати, що в зв'язку з наявністю у складних екологічних систем великого числа ступенів свободи, а також параметрів, що залежать від часу, до цих систем не можуть застосовуватися класичні, жорстко детерміновані алгоритми управління і прогнозування. Іншими словами, математичні розрахунки в екології використовуються при вирішенні практичних питань, але не можуть і не повинні передбачати конкретні зокрема.

Однак залучення кількісних методів в екологічні дослідження є потребою часу. Серед них найбільш перспективними є методи моделювання процесів і ситуацій, що відбуваються в популяціях і біоценозах.

Надорганізменну системи, які вивчає екологія, - популяції, біоценози, біогеоценози, екосистеми - надзвичайно складні. У них спостерігається величезна кількість взаємозв'язків, міцність і сталість яких безперервно змінюються. Одні і ті ж зовнішні впливи можуть привести до різних, іноді прямо протилежних результатів, в залежності від того, в якому стані перебувала система в момент впливу.

Передбачати відповідні реакції системи на дію конкретних чинників можна лише через складний аналіз існуючих в кількісних вимірах взаємин і закономірностей. Тому в екологічній практиці широкого поширення набув метод математичного моделювання як засіб вивчення і прогнозування природних процесів.

Однією з перших моделей була модель Вольтерра-Лотки. У будь-якому біоценозі відбувається взаємодія між усіма його елементами: особини одного виду взаємодіють з особинами свого та інших видів. Ці взаємодії можуть бути мирними, а можуть мати зв'язок типу "хижак - жертва". Помічено, що чисельність хижих риб коливається в зворотній пропорції щодо чисельності дрібних рибок, службовців їм їжею. Аналіз цих коливань дозволив математику Віто Вольтерра (1860-1940) вивести рівняння, що формалізують ці коливання. Однак якби в біоценозі було тільки два цих види (що є дуже

великим спрощенням), то динаміка чисельності кожного з цих видів сильно відрізнялася б від картини їх незалежного існування.

Крім ситуацій "хижак - жертва", "конкуренція - співіснування" може моделюватися ситуація "симбіоз". Модель симбіозу відображає кооперацію окремих видів в боротьбі за існування, коли один вид допомагає або протегує іншому (кооперація бджіл, кооперація дерев). Математичні моделі, побудовані для дослідження стійкості такої системи, показують, що при досить великих початкових значеннях чисельності завжди буде відбуватися експоненціальне зростання популяцій, що в певних випадках відповідає дійсності.

Біосфера сформувалася в ході еволюційних перетворень, без участі людини. Якісно новий етап у розвитку біосфери розпочався з появою людини в кінці третинного періоду кайнозойської ери. Діяльність людини досить довго не відрізнялася від діяльності інших живих істот. Добування вогню виділив людини з ряду інших тварин. Людина зумів розселитися не тільки в райони холодного клімату, пережити заledenіння і захиститися від хижаків, а й навчився знищувати органічні залишки, втручаючись в круговорот речовин в біосфері. Зараз відбувається інтенсивна перебудова природи в результаті людської діяльності. Перед людством реально маячить загроза голоду, самоотруєння, руйнування біологічної основи спадковості. Для запобігання загрози потрібно знати її причини. З цією метою і будувалися глобальні екологічні моделі.

Першою моделлю прогнозування витрати ресурсів була модель Т. Мальтуса (1798), який виходив з геометричного зростання чисельності населення і арифметичного зростання засобів існування. Такий підхід був спрощеним і глибоко помилковим.

Дж. Форрестер (1970) запропонував динамічну модель, що враховує зміни населення, капітальних вкладень, природних ресурсів, забруднення середовища, виробництво продуктів харчування. Прийняті в моделі взаємозв'язку досить складні. Наприклад, зростання чисельності населення поставлений в залежність від його щільності, забезпеченості харчуванням, рівня забруднення навколишнього середовища, наявності ресурсів, матеріального добробуту. Смертність пов'язана з рівнем життя, харчуванням; забруднення середовища пов'язано з обсягом фондів і т.д. Багатофакторна модель Форрестера дозволяє розглядати системи в залежності від коливання багатьох чинників. Одним з результатів дослідження Форрестера були графіки витрат природних ресурсів при стабілізації чисельності населення, виробничих фондів і якості життя.

Група Л-Медоуза (1972) побудувала динамічну модель на базі п'яти основних показників: прискорюється індустріалізація, зростання чисельності населення, збільшення числа людей, що недоїдають, виснаження ресурсів, погіршення навколишнього середовища. У модель закладено великий набір приватних зв'язків, в три рази більший, ніж у моделі Форрестера. Прогноз за моделлю Медоуза за різними варіантами показав, що внаслідок вичерпання природних ресурсів і зростаючого забруднення навколишнього середовища в середині XXI ст. відбудеться світова катастрофа. Єдиним варіантом для її виключення може бути стабілізація чисельності населення та обсягу промислового виробництва, стимулювання капіталом розвитку сільськогосподарського виробництва.

Модель М. Месаровича і Е. Пестеля (1974) відрізняється розмірністю і детальністю зв'язків. У ній міститься більше 100 тисяч рівнянь, що описують світову систему як сукупність регіональних систем. Автори виділили найбільші країни (Японія, Росія, Китай, В'єтнам та ін.) і регіони (Північна Америка, Західна Європа, Північна Африка та ін.), 10 груп населення, 5 категорій машин, 2 різновиди сільськогосподарського виробництва, 19

різновидів промислового капіталу , 5 видів капіталу в енергетиці. На базі цієї моделі автори розглянули різні сценарії розвитку світової системи.

У Пенсільванському університеті була створена система спільного функціонування національних моделей. Її математична частина складається з 20 з гаком тисяч рівнянь.

Групою експертів ООН під керівництвом В. Леонтєва в кінці 1970-х рр. була розроблена міжрегіональна модель міжгалузевого балансу світової економіки.

У нашій країні в кінці 1970-х рр. під керівництвом Н. П. Моїсеєва була розроблена математична модель біосфери "Гея". Вона складалася з двох взаємопов'язаних систем. Перша описувала процеси, що відбуваються в атмосфері і океані. Друга - кругообіг речовин в природі. В основу математичної моделі були покладені такі локальні моделі, як випаровування з поверхні океану і конденсація води в атмосфері, поглинання вуглекислоти морською водою, перенос енергії атмосферою, реакції фотосинтезу, відмирання рослин, розподіл біомаси на поверхні Землі і ін. На базі моделі "Гея" був виконаний розрахунок різних сценаріїв зміни клімату на планеті під впливом ядерного вибуху, виверження вулкана, створення великого локального паливно-енергетичного комплексу, зміни гірського ландшафту.

У першій половині 1980-х рр. вчені різних країн створювали глобальні математичні моделі з метою прогнозування наслідків ядерної війни. Найбільш великими були модель американського астронома К. Сагана та модель "Гея". Значною мірою саме ці дослідження стимулювали політичні рішення держав по скороченню ядерних озброєнь.

У побудові математичних моделей складних процесів можна виділити наступні етапи:

- Ретельне вивчення тих реальних явищ, які потрібно змодельовати, виявлення головних компонентів

і встановлення законів, що визначають характер взаємодії між ними;

- Формулювання основних питань, відповіді на які повинна дати модель;

- Розробка математичної теорії, яка описує процеси, що вивчаються з необхідною детальністю. На її основі будується модель у вигляді системи абстрактних взаємодій. Встановлені закони повинні бути одягнені в точну математичну форму. Конкретні моделі можуть бути представлені системою аналітичних рівнянь або у вигляді логічної системи машинної програми;

- Перевірка моделі шляхом розрахунку на її основі і звірення результатів з дійсністю. При цьому перевіряється правильність сформульованої гіпотези. При значному розходженні модель відкидають або вдосконалюють. При узгодженості результатів модель використовують для прогнозу, вводячи в неї різні вихідні параметри.

Розрахункові методи допомагають побачити те, що важко або неможливо перевірити в експерименті, дозволяють прогнозувати процеси і ситуації, що розвиваються в природі протягом великих проміжків часу.

В даний час математичне моделювання широко використовується в екологічних дослідженнях і прогнозах. Математичними моделями описують і перевіряють різні варіанти динаміки чисельності популяцій, продукційні процеси в екосистемах, умови

стабілізації спільнот, хід відновлення систем при різних типах порушень. Будуються математичні моделі з регулювання промислових зусиль, моделі промислових популяцій, моделі трофічних зв'язків щодо вирішення проблеми боротьби з шкідниками. Моделі експлуатації лісового господарства, стратегічні моделі використання сировини, математичні моделі вибору способу виробництва, модель оптимізації плати за воду і багато інших.

Назріла необхідність створення глобальних математичних моделей, в які входили б підсистеми взаємодії між атмосферою і водою, атмосферою і поверхнею ґрунту, процеси в кожному з елементів навколишнього середовища, взаємодія верхнього шару атмосфери з космосом, механізми саморегулювання в природі, вплив діяльності людини на навколишнє середовище.

При значному обсязі можливостей подібна модель повинна бути досить детальна для різних регіонів нашої планети. За допомогою такої моделі можна оцінити великі інженерні рішення, діяльність міст, варіанти створення гідросистем, розміщення заводів і т.д.

Лекція 4. Види екологічних криз. Нормування, як важний елемент регулювання природного середовища на всіх рівнях.

Класифікація екологічних криз

В сучасній літературі екологічні кризи розподіляють за такими критеріями:

- Ø за причиненням;
- Ø за об'єктною визначеністю;
- Ø за ієрархічним статусом;
- Ø за здійснюваним ефектом.

За першим означеним критерієм - за причиненням - можна говорити про екологічні кризи природного походження і антропогенного походження. Перші - природні екологічні кризи являють собою ті зміни в екологічних системах, що є наслідком природніх біологічних процесів, самоорганізації систем, таких стосунків систем як конкуренція тощо. Вони також можуть бути наслідком стихійних явищ.

Екологічні кризи антропогенного походження є результатом впливу людської діяльності на природу. Загалом кажучи, це наслідок цивілізаційного прогресу.

Другий спосіб типізації екологічних криз - коли вони виділяються за об'єктною визначеністю. Тобто, кваліфікується на підставі виявлення саме того об'єкту, на який впливає дана криза. Наприклад, це ті біологічні види, що зникають в результаті екологічної кризи. В умовах глобальної екологічної кризи таким видом стала людина.

Третій підхід до визначення типів екологічних криз - це їх розподіл відповідно до того, екологічні системи якого рівня організації живого - від простих і до глобальної екосистеми - біосфери - охоплені кризовими явищами. Системи більш високого ієрархічного статусу більшою мірою або навіть суттєво впливають на все живе, включно і на людину.

Четверта можливість кваліфікування і розподілу екологічних криз - за ефектом їхньої дії на екологічні системи, на людину. За цією ознакою екологічні кризи проявляють себе як :

- 1 - локальні
- 2 - регіональні
- 3- планетарні

Зв'язок між ієрархічним статусом екологічної кризи і спричиненим ефектом не є абсолютно жорстким. Деякі локальні екологічні кризи можуть негативним чином вплинути на світове суспільство. Яскравим прикладом такого впливу може бути виникнення нового штаму вірусу, наприклад, грипу, що призводить до величезних епідемій і навіть пандемій.

Природні екологічні кризи

Екологічні кризи природного походження викликаються як абіотичними факторами, так і біогенними.

Однією з найвідоміших методологічних концепцій природознавства, виходячи з якою пояснюється виникнення природніх екологічних криз, є концепція катастрофізму. Відповідно до неї, в історії Землі, в історії живого було декілька глобальних катастроф, які і спричинили відповідні екологічні кризи. Засновник концепції катастрофізму -

великий французький натураліст, еволюціоніст Ж.Кюв'є. В своїй праці "Роздуми про перевероти на поверхні земної кулі" (1821) він застосував принцип катастрофізму до пояснення еволюційних процесів.

Історія Землі свідчить про те, що час від часу відбувалися зміни катастрофічного характеру, внаслідок чого суттєво змінювався видовий склад рослинного та тваринного світу. Палеонтологам відомі такі періоди в історії планети, коли вимирали види, що існували протягом десятків мільйонів років, а також періоди досить швидкого розвитку окремих систематичних груп. Наприклад, на початку палеозою спостерігалось різке зменшення кількості безхребетних організмів. В той же час досить активно почали розвиватися панцирні хребетні. Наприкінці цього періоду історії Землі вимерли великі земноводні та більшість папоротників. У середині крейдяного періоду швидко розвиваються покритонасінні рослини, а наприкінці цього періоду - вимерли динозаври, але почали швидко розвиватися ссавці. Отже, всі ці події нагадували катастрофи і мали суттєвий вплив на подальшу історію Землі в цілому і біосфери зокрема.

Природні екологічні кризи і катастрофи можуть спричинятися як особливостями в розвитку самої нашої планети, так і космічним середовищем. В останньому випадку екологічні кризи можуть бути викликані впливом на екосистеми метеоритних вибухів, астероїдами, ударами комет тощо. Потрібно зауважити, що природні екологічні кризи, які викликані виверженням вулканів, землетрусами спричиняють велику шкоду і для людини.

На початку і в середині ХХ ст. погляди катастрофізму відродилися у вигляді неокатастрофізму.

Однією з дуже оригінальних гіпотез, що намагалася пояснити масові вимирання рослинних і тваринних форм у минулі геологічні часи є припущення, що певна зірка - гіпотетичні зірка Немезида, невідомий досі супутник Сонця - здійснила збиваючий вплив на живе. На жаль, практичні астрономічні спостереження не дозволили відкрити цю зірку. Отже, гіпотеза не підтвердилася.

Це, однак, не знімає саму проблему екзопланетного спричинення екологічних криз. Хоча більшість фахівців доволі скептично ставляться взагалі до спроб пояснити природні екологічні кризи космічними факторами. Вони справедливо зауважують, що не існує бездоганих доказів зв'язку космічних ударів і масових вимирань. І, крім того, немає підстави вести мову про строгу циклічність масових вимирань видів рослин і тварин.

Екологічні кризи можуть спричинятися і факторами органічного походження, тобто - біогенними. Внутрішні біогенні чинники екологічних криз проявляють себе як різка зміна норми реакції організму, генетичні мутації тощо.

Зовнішні біогенні чинники природних екологічних криз виявляються в певних взаєминах біологічних систем.

Найбільш прийнятним теоретичним поясненням такого роду екологічних криз є модель, що базується на теорії Ч.Дарвіна. Відповідно до неї, менш досконалі, історично давніші форми внаслідок конкуренції з молодими, досконалішими, новітніми біологічними системами поступаються їм через конкурентну боротьбу.

У сучасній науці для пояснення зовнішніх причин природних екологічних криз пропонуються методологічні орієнтації градуалізму і пунктуалізму.

Розвиток сучасної генетики дозволив більш глибоким чином пояснити утворення нових форм, проблему еволюції живого. Так, вивчаючи тонкі механізми функціонування генотипу вчені довели, що один і той самий генотип може реалізувати різні частини своєї програми еволюційного розвитку. Так, у стабільному довіллі генетична програма фенотипічно відтворюється без змін. Зрозуміло, що можливими є фенотипічні зміни, що не виходять за межі норми реакції виду на дане середовище. Під час збурень довілля взаємини біологічної системи і довілля порушуються, тому звична норма реакції вже не може забезпечити виду виживання. Саме тому спрацьовують інші, "додаткові" пласти генетичної інформації.

Антропогенні екологічні кризи

За визначенням антропогенні екологічні кризи - це такі не урівноважені стани екосистем, які спричинено діяльністю людини. В сучасній біосфері саме антропологічні кризи є переважаючими. Це обумовлено принаймні 2-ма суттєвими обставинами. По-перше, потужним впливом сучасної людини на біосферу. Недарма В.Вернадський назвав людство найпотужнішою геологічною силою. Так, зараз на Землі під загрозою зникнення знаходяться близько 20-25 тис. видів рослин. Якщо казати про Україну, то її чудові природні умови сприяли величезній різноманітності флори. Тут зростає близько 5 тис. видів диких рослин та близько 1 тис. культурних. Але негативний техногенний тиск на біосферу спричиняє знищення багатьох унікальних видів рослин. Саме тому вже в 1982 р. в Україні було прийнято Закон про Червону книгу, до якої занесено вже більше 800 видів рослин та тварин, що зникають і потребують збереження. За даними екологів, щоденно в світі гине в середньому декілька видів рослин і тварин і темп цього процесу збільшується, по-друге, антропогенні екологічні кризи мають своїм наслідком багато негативних ефектів у житті самої людини. Тобто, вони діють за правилом бумерангу.

Отже, негативна дія антропогенних екологічних криз обертається на саму людину, тобто на суб'єкта негативного впливу на екосистеми.

Глобальні катастрофи в історії людства

В історії Землі екологічні кризи неодноразово були наслідком виникнення різних природних ситуацій, раптових істотних змін умов існування, різких змін фізичних, хімічних чи біологічних факторів, як окремих, так і разом узятих, що спричиняло погіршення стану або загибель окремих живих істот, популяцій і навіть цілих екосистем. Такі надзвичайні кризові екологічні ситуації називаються катастрофами. Залежно від причин виникнення катастрофи бувають природні й антропогенні, а залежно від розмірів заподіяної шкоди й кількості негативних наслідків, тобто від масштабів скоєного лиха, — локальні, регіональні чи глобальні.

Раніше переважали природні катастрофи. За нашого часу кількість таких катастроф практично не змінилась, однак внаслідок людської діяльності зросла їхня потужність, що дедалі істотніше позначається на стані екосистем, окремих ландшафтів, регіонів, континентів і біосфери в цілому.

Наслідками найбільших катастроф були регіональні або глобальні кліматичні зміни, загибель багатьох живих істот, зміни розвитку різних видів, популяцій і родів, мутації організмів.

Різкі кліматичні зміни, а також катастрофічні зміни геофізичних полів Землі можуть бути наслідком таких грізних космічних явищ, як спалахи наднових зірок: деякі зірки, що зовні майже не відрізняються від інших, раптово спалахують і починають випромінювати світла в мільйони разів більше, ніж до спалаху. .

Учені встановили, що вибухи наднових зірок у нашій Галактиці відбуваються один раз на 100 років, а в околицях Сонячної системи — один раз на 750 чи навіть на 200 млн. років. Отже, за час існування на Землі біосфери подібне катастрофічне явище могло вплинути на неї принаймні кілька разів. У результаті таких спалахів різко підвищувався радіаційний фон на Землі на багато сотень і навіть тисячі років. Це не могло не мати серйозних біологічних, особливо генетичних наслідків для екосистем планети й, можливо, було причиною вимирання багатьох вищих живих організмів, тобто екологічних катастроф.

Великий вплив на біосферу Землі справляють також збурення геофізичних полів унаслідок періодичних вибухів на Сонці, спалахів у його хромосфері, які є причиною появи на Землі полярних сьйв, магнітних бур.

З давніх часів до наших днів на Землі періодично відбуваються грандіозні катастрофи, спричинені падінням космічних тіл. Учені виявили на поверхні Землі багато слідів таких катастроф у вигляді велетенських метеоритних кратерів — лійкоподібних заглиблень діаметром у десятки й навіть сотні кілометрів.

Учені вважають, що більшість космічних тіл падала у Світовий океан, і це також призводило до значних катастроф.

Такі катастрофічні події природного характеру, як землетруси, виверження вулканів, тайфуни та інші, мають локальний характер і вплинути на еволюцію біосфери в цілому не можуть. Урагани утворюються над теплими водами Світового океану, в його тропічній зоні, й найбільшої шкоди завдають країнам басейну Карибського моря, Бангладеш, Індонезії, Філіппінам.

У наш час завдяки супутникам з'явилася можливість попереджати про наближення ураганів і пом'якшувати їхню дію. Але перед падінням космічних тіл — людина безсила. Практично ми не захищені й від таких грізних явищ природи, як землетруси та виверження вулканів. Передбачити точний час їх виникнення за допомогою сучасних науково-технічних засобів поки що не вдається. Ці явища супроводжуються виділенням колосальної кількості енергії.

В Україні до сейсмічно небезпечних районів належать гірський Крим і Карпати. Як свідчать геологічні дані, протягом останніх 20 млн. років тут неодноразово відбувалися землетруси й виверження вулканів. Останніми десятиліттями також траплялися землетруси силою до 6—9 балів. Центральні райони України — сейсмічно спокійні, хоч інколи й сюди від Карпат або гір Вранча (Румунія) докочуються хвилі землетрусів, сила яких не перевищує 3—4 балів.

У ХХ ст., як і нині, виникнення більшості надзвичайних екологічних ситуацій — катастроф — пов'язане з людською діяльністю й, на жаль, вони дедалі частішають. Умовно їх поділяють на катастрофи хімічного, фізичного, інженерно-геологічного, мілітаристичного та комплексного характеру.

Зросла кількість катастроф, пов'язаних із розвитком нафтовидобувної, нафтопереробної промисловості та атомної енергетики.

Не можна не нагадати й про тяжкі екологічні наслідки, пов'язані з випробуванням ядерної зброї та похованнями радіоактивних відходів. Випробування атомних боезарядів на Новій Землі, в Казахстані, в пустелі Гобі, в штаті Аризона, на Тихоокеанських островах Муруроа, Бікіні, Еніветок, поховання залишків відпрацьованих атомних реакторів в Охотському морі — все це не лише спричинило значне підвищення загального радіоактивного фону на планеті, в атмосфері та водах

Світового океану, а й також призвело до масових отруень риби, тюленів, захворювань та загибелі людей і тварин у цих районах.

Потенційну загрозу виникнення надзвичайних екологічних ситуацій становлять усі великі нафто- й газосховища, трубопроводи, склади всіляких хімічних речовин, особливо — отруйних (пестициди, кислоти, аміак тощо). Людство вже відчуло на собі наслідки аварій на таких об'єктах.

Будь-які широкомасштабні втручання в природні екосистеми також мають катастрофічні наслідки. Наприклад, унаслідок будівництва на великих річках гребель і водосховищ відбувається ось що:

- змінюється тепловий режим;
- змінюється характер випадання опадів, розчинення солей, їх відкладення, біохімічних та інженерно-геологічних процесів;
- різко змінюються умови взаємозв'язку річкових і підземних вод у даному басейні, рівневий режим, фізичні й хімічні властивості поверхневих і зв'язаних з ними підземних вод;
- гинуть заплави — найцінніші природні об'єкти.

Живі ресурси планети вичерпуються зі швидкістю, що перевищує швидкість їх відновлення. Нині на Землі немає жодного біогеоценозу, якого б так чи інакше не зачепила діяльність людини.

Велике гідрологічне будівництво в будь-якому річковому басейні — це практично екологічна катастрофа для нього.

Те саме можна сказати й про широкомасштабні іригаційні роботи, які призводять до деградації болотних екосистем, загибелі малих річок, зміни шляхів міграції перелітних птахів, зміни режимів та обсягів підземних вод, засолення ґрунтів.

Сучасна екологічна ситуація в Україні

Вітчизняна традиція оцінювання екологічного стану, екологічної ситуації пов'язана з оцінюванням біосфери. Саме стан біосфери як глобальної системи, частиною якої є людина, в умовах техногенної цивілізації розглядається як кризовий. Тобто, такий, коли динамічна рівновага біосферних процесів знаходиться під загрозою.

В певному розумінні оцінки екологічного стану в Україні сьогодні подібні оцінкам Римського клубу в 60-ті роки ХХ ст. Тобто, вони дуже песимістичні. Але для такого спрямування оцінок є вагомі підстави.

По-перше, лише в останні роки в зв'язку з лібералізацією суспільного життя з'явилася можливість на повний голос обговорювати екологічний стан в Україні.

По-друге, наслідки Чорнобильської трагедії є серйозною підставою для втрати екологічного оптимізму.

Безперечно, сучасний екологічний стан - наслідок існування України в межах СРСР. Так, за оцінками експертів, внаслідок панування в СРСР планової, командно-адміністративної системи, економіка розвивалась не беручи до уваги екологічні наслідки. В результаті економіка України є однією з екологічно найбрудніших з усіх країн бувшого СРСР. Вона перенасичена хімічними, металургійними, гірничорудними виробництвами із застарілими технологіями. Екологічну небезпеку створюють також значні обсяги відвалів пустої породи, золи, шлаків, шкідливі викиди у воду і атмосферу. На території України накопичено більш ніж 17 млрд. тон промислових

відходів. Їх обсяг щорічно зростає на 1 млрд. т. Це наслідок дуже щільного розміщення промислових підприємств.

У системі міжнародної співпраці Україна зазвичай робить дві основні помилки. Перша з них полягає у відсутності механізму міждержавної співпраці та реагування на спільні проблеми. Друга – в тому, що проблемам виключно управлінського характеру надається політичне забарвлення.

Україна належить до числа індустріально-аграрних країн. Частка важкої промисловості складала до недавнього часу 60 % валового внутрішнього продукту країни, що істотно вище, ніж в західноєвропейських країнах, де цей показник складає приблизно 35 %. Саме підприємства важкої промисловості формують основне техногенне навантаження на навколишнє природне середовище. Значна частина промислових підприємств (понад 80 %) розташована в містах та селищах міського типу. Тут проживає біля 70 % населення країни. В Україні налічується 436 міст та 925 селищ міського типу. За статистикою до 90 % газоподібних, рідких та твердих відходів утворюються в містах та біля 10 % — у сільській місцевості.

Для багатьох міст України характерна складна екологічна обстановка, обумовлена наявністю і концентрацією підприємств чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, хімії та нафтохімії, гірничодобувної промисловості, цементних заводів. Такі міста є безперечними лідерами щодо забруднення повітря. Серед них: Донецьк, що складає разом з розташованими поряд з ним Авдіївкою, Горлівкою, Єнакієвим, Макіївкою та іншими містами Донецьку промислову агломерацію, а також Дніпродзержинськ, Дніпропетровськ, Запоріжжя, Константиївка, Кривий Ріг, Маріуполь.

У великих містах з інтенсивними транспортними потоками вміст у повітрі канцерогенних речовин типу бензопірена в 2—3 рази, а в центрах чорної металургії приблизно в 12 раз вищий, ніж в невеликих містах або сільській місцевості.

Другою не менш небезпечною екологічною проблемою міст є стан каналізаційного господарства та очистка стічних вод.

Практично в усіх містах України каналізаційні системи потребують заміни або капітального ремонту. Часті прориви каналізаційних колекторів є постійними джерелами небезпечного забруднення міського середовища, а іноді приводять до спалаху інфекційних захворювань. Приклад — м. Суходольськ, де через протікання каналізаційних стоків у водопровід у 2003 р. захворіли на гепатит понад 900 чоловік.

За даними Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, в переважній більшості міст України споруди з очистки загальноміських стічних вод перевантажені. Виняток становлять, можливо, лише Київ та Харків. У багатьох містах існуючі потужності очисних споруд в декілька разів нижчі, ніж потрібно. Приблизно половина міських стічних вод скидаються у водні об'єкти недостатньо очищеними, із них біля 15 % — взагалі без очищення. Без усякої очистки скидається до 70 % промислових стічних вод.

Серед найбільш забруднених ділянок річок слід відмітити р. Сіверський Донець на ділянці Лисичансько-Рубежанського промрайону, р. Інгулець в районі Кривого Рогу, р. Дніпро в районах Дніпродзержинська, Дніпропетровська і Запоріжжя, а також в нижній течії в районі Херсона, р. Кальміус та її притоку Кальчик, що впадають в Чорне море.

Високий рівень забруднення Азовського моря спостерігається в районі Маріуполя. Акваторія Чорного моря також сильно забруднена в районах Севастополь-Балаклава, Южне-Одеса-Іллічівськ.

Однією із складних екологічних проблем для більшості міст України є захоронення виробничих та побутових відходів, причому складність проблеми пропорційна чисельності населення та промислового потенціалу міста. В металургії та теплоенергетиці для складування відходів використовується до 40 % території підприємства. Ландшафти, обумовлені наявністю кар'єрів, розрізів та інших місць добування корисних копалин, а також місць складування промислових та побутових відходів у вигляді відвалів, звалищ, формують зони техногенного спустошення, площа яких до кінця ХХ століття склала біля 8 % від загальної території України.

Забруднення ґрунтів в містах пов'язане головним чином з викидами автотранспорту та промислових підприємств. Забруднювальні речовини осідають або вимиваються атмосферними осадками із повітряного басейну в радіусі до 5 км від стаціонарного джерела викиду. Основними джерелами забруднення ґрунтового покриву стали теплові електростанції, підприємства кольорової та чорної металургії.

Підтримання і відтворення, раціональні зміни екологічної рівноваги природних систем

Сутність категорії «рівновага». Категорія «рівновага» є однією з найважливіших у науці. Можна говорити про рівновагу в живій і неживій природі. Природні системи, що належать до відкритих систем, обмінюються енергією, речовиною, інформацією з навколишнім середовищем. Природна рівновага існує між організмами і середовищем їх існування. Велика сума рівноваг підтримує загальну рівновагу в природі. Рівновага в живій природі завжди є динамічною і являє собою рух навколо точки стійкості.

- Принцип рівноваги. Згідно з принципом рівноваги, будь-яка природна система схильна розвиватися в напрямку стійкого стану. Нові системи зазвичай піддані різким коливанням і менш здатні протистояти зовнішнім впливам порівняно із зрілими системами, компоненти яких мали можливість пристосуватися один до одного. Природна рівновага означає, що екосистема зберігає свій стабільний стан і деякі параметри незмінними, незважаючи на наявні впливи. Регулювання системи може бути фізичним і біологічним. Коливання чисельності відбувається під впливом зовнішніх (кліматичних) і внутрішніх чинників. Чинники, вплив яких безпосередньо залежить від щільності популяції, запобігають перенаселенню і сприяють встановленню стійкої рівноваги.

Змінюючи екосистеми, людина порушує регіональну рівновагу в природі, екосистеми стають нестійкими, нездатними до саморегуляції та самопідтримання і перестають забезпечувати людям нормальний газообмін, очистку води, колообіги поживних речовин. Під впливом зовнішніх змін система переходить від одного стану стійкої рівноваги до іншого. Таке явище називають стійким розвитком.

Розвиток суспільства шляхом досягнення поставленої перед ним мети можливий лише за тих умов, коли глобальна система «людина - природне середовище» буде існувати, а це передбачає підтримання динамічної рівноваги між суспільством і природою. Екологічна рівновага - рівновага життя, яке підтримує стан низької ентропії (ступінь відхилення від стану рівноваги), а нерівновага - смерті при максимумі ентропії. Рівновага - невід'ємний елемент функціонування природи, який людина має враховувати як об'єктивний закон і значення якого людина має усвідомлювати. Принцип рівноваги діє в природі, йому підпорядковується функціонування людського організму, система «людина - природне середовище». Однак рівновага - це тільки необхідний момент розвитку.

Відомий американський вчений Ю. Одум вказує на існування ряду рівнів або ступенів екологічної рівноваги. Урівноважений стан, в якому перебуватиме суспільство з природним середовищем, слід вважати станом штучної рівноваги.

Без сумніву, людина не відмовляється від перетворювальної діяльності, від створення синтетичних матеріалів з новими, невідомими в природі властивостями. В процесі своєї діяльності людина порушує природну рівновагу, однак взамін цього має формувати штучні цикли в природі, наприклад, створювати невідомі в природі способи розкладу синтетичних речовин. Концепція «штучної рівноваги», будучи складовою загальної концепції екологічної рівноваги, дає змогу «примирити» еволюцію суспільства зі збереженням природного середовища і активність перетворювальної діяльності з підпорядкованістю її об'єктивним законам.

М.Ф. Реймерс сформулював таке правило соціально-екологічної рівноваги: «Суспільство розвивається доти й оскільки, доки й остільки зберігається рівновага між його тиском на середовище і відновленням цього середовища - натурально-природним і штучним». Це правило встановлює співвідношення рівноваги і розвитку.

Аргументи і факти

Синергетика (наука, що вивчає процеси самоорганізації, виникнення, підтримки, стійкості та розпаду структур) виявила такі відмінності врівноваженої системи від нерівноваженої:

- система реагує на зовнішні умови;
- поведінка є випадковою і не залежить від початкових умов, але залежить від передісторії;
- притік енергії створює в системі порядок, і тому зменшується її ентропія;
- система поводить себе як єдине ціле і так, ніби вона є осередком далекосяжних сил.

ВИСНОВКИ

Під впливом зовнішніх змін система переходить від одного стану стійкої рівноваги до іншого. Цей перехід називають стійким розвитком.

Стан рівноваги, в якому перебуває суспільство з природним середовищем, називають станом штучної рівноваги.

Поняття штучної рівноваги не дає приводу думати про наявність одного ідеального стану системи «людина - природне середовище», до якого потрібно наближатись.