

6.4. Екологічні закони

Наукове обґрунтування шляху до сталого розвитку в вирішальній мірі залежить від спроможності людей враховувати в своїй діяльності закони природи. Відомо багато законів, які визначають хід фізичних, хімічних чи біологічних процесів. Щодо існування загальних законів природи, згідно з якими відбуваються глобальні і локальні комплексні процеси в біосфері і якими описується поведінка біосфери, загально визнаної думки немає. В літературі з цього приводу трапляються діаметрально протилежні думки – від категоричного заперечення існування таких законів до опису біля сотні екологічних законів.

Грецький філософ Демокрит (460-370 рр. до н.е.) вважав, що “ніщо не відбувається випадково, все відбувається з якоїсь причини і

необхідності”. Аристотель (384-322 рр. до н.е.) вказував на наявність у природі якоїсь спрямованості у майбутнє, бо хаотичний рух матерії перетворюється в спрямовану еволюцію від простого до складного. Китайський філософ Чжан Цзай (1020-1078) притримувався думки, що рух у природі має не хаотичний характер, а визначається законами, які не залежать від волі людей.

У більш пізні часи Ш. Монтеск'є (1689-1755 рр., Франція) розвивав ідею загальної закономірності, якій підпорядковані явища природи і людства. М.В. Ломоносов (1711-1765 рр.) намагався досягти “загальну згоду причин” – єдність законів природи. Такого ж погляду дотримувалися Т. Грабовський (1813-1855), М. Чернишевський (1828-1889), М. Серно-Солов'євич (1834-1866). А їхній сучасник – англійський філософ Г. Спенсер (1820-1903) – твердив про “непізнанність”, а саме – про неспроможність науки проникнути в сутність речей і виявляти закономірності.

Видатний натураліст і мислитель Ж.Б. Ламарк (1744-1829 рр.) писав: “Природа – це слово, яке так часто використовується в тому розумінні, що мова йде про особливе творіння, – повинна уявлятися як сукупність предметів, що охоплюють: 1) всі існуючі фізичні тіла; 2) загальні і часткові закони, які керують змінами стану цих тіл; 3) рух цих тіл, який існує в різних формах і з якого витікає дивний порядок речей, який ця сукупність предметів перед нами розкриває”.

На рубежі XIX і XX століть Е. Геккель спробував на базі теорії еволюції дати загальні пояснення природних і соціальних явищ. А Роберт Бойль у ті часи заперечував наявність законів, вважаючи, що подія відбувається не завдяки їм, а лише внаслідок попередніх подій.

Великий реорганізатор природознавства А. Ейнштейн показав глибокий взаємозв'язок між простором, часом і рухом матерії.

Представники “брюссельської школи”, організованої Нобелівським лауреатом І.Р. Пригожиним, дотримуються думки, що “універсальні закони” діють лише в локальних областях реальності. Випадковість і необхідність виступають не як протилежності – в долі системи випадковість і необхідність відіграють важливу роль, доповнюючи одна одну. Випадковість має значення в самій крапці біфуркації чи в її околицях, а в детермінованих процесах між біфуркаціями – необхідність.

Велику увагу закономірностям приділяв видатний еколог

сучасності М. Мойсеев. Він впевнений у наявності загальних законів для процесів, що відбуваються в косній матерії, в живій речовині, в людському суспільстві. Зокрема, це залежність сучасного та майбутнього від минулого; невизначеність світу; наявність біфуркаційних механізмів, які кардинально перебудовують еволюційний процес з непередбаченими наслідками; безперервний ріст різноманіття можливих форм організації і її складності, незважаючи на існування і протилежних тенденцій; принципи добору існують як об'єктивно, так і суб'єктивно у вигляді свободи вибору.

У масовій пресі широкого розповсюдження отримали “екологічні закони Б. Коммонера”: все пов'язане з усім; все мусить кудись діватись; природа “знає” краще; ніщо не минається даремно (за все треба платити).

Тут вірно відтворено “дух” екології, що важливо у процесі екологічного виховання, але мало дає для науки і практики.

Відомий еколог Н. Реймерс пропонує екологічні закони розподілити на закони для великих систем (10 законів), і закони аутоекології та популяційної екології, куди увійшли закони класичної біології. В широко розповсюдженому підручнику популярних українських авторів (Г. Білявський, М. Падун, Р. Фурдуй) розглядається більше двадцяти законів екології.

Узагальнюючи відмічені й інші дані з урахуванням сфери дії екології як науки розглянемо як основні такі екологічні закони:

Закон Геї: Планета Земля – це динамічна гіперскладна саморегульована система, усі складові якої постійно взаємозалежно змінюються в бік вдосконалення.

Раніше було розглянуто, як протягом майже п'яти мільярдів років змінювалась нежива (косна) природа планети і як ці зміни впливають на еволюцію біосфери. І як, навпаки, біосфера впливає на стан атмосфери, гідросфери, літосфери. Вказані зміни відбуваються настільки повільно, що помітні лише в історичному (геологічному) часі. За людський вік ці зміни неістотні, і нам уявляється, що ми живемо на остаточно сформованій планеті.

Дивним і поки що непооясненим явищем є саморегулювання цього еволюційного процесу. Це саморегулювання проявляється багатьма явищами. Наприклад, розвиток гідросфери постійно йшов у напрямку створення умов, найбільш сприятливих для життя. Це відбувалося за

найактивнішої участі самої живої речовини.

Енергетичне саморегулювання відбувається завдяки фотосинтезу, який всупереч всім природним і штучним процесам використання високопотенційної енергії з переведенням її в низкопотенційну виробляє складні, багаті високопотенційною енергією органічні речовини.

Автори “Гея-гіпотези” англійський хімік Д. Лавлок і американський біолог Л. Маргуліс вважають, що підтримання постійного (оптимального з точки зору безпеки життя) рівня кисню в атмосфері є наслідком кібернетичної взаємодії між живим (анаеробна мікрофлора, яка виробляє метан) та косним (окислення метану впливає на кількість кисню в атмосфері).

В.Г. Горшков запропонував концепцію біологічної регуляції навколишнього середовища, основою якої є наступне. З моменту виникнення біота не лише адаптувалася до навколишнього середовища, але і потужно впливала на нього. Під дією біоти формувалося регульоване навколишнє середовище з одночасним розвитком відповідного регулюючого механізму самої біоти. Тому сучасна біота має відповідну внутрішню структуру, яка характеризується розподілом загальної біомаси, потоками енергії і біогенів по групах організмів. Властивості цих характеристик В.Г. Горшков назвав законами надійності (сталості) біосфери. Однією з умов надійності є біологічне різноманіття.

Закон довілля: Усе тісно пов’язане, і зміни в одному впливають на інше (тобто “все пов’язано з усім”). Всяка дія, всякий процес, які відбуваються у певному місці і в певний час, змінюючи стан локальної системи, викликають ланцюг реакцій системи як через внутрішні, так і через зовнішні зв’язки. “Автор” дії спостерігає реакцію локальної системи лише через внутрішні зв’язки. Він може і не здогадуватись, що його дія через зовнішні зв’язки перейшла в системи вищого рівня і викликала там відповідні реакції – непередбачені за часом, місцем і силою.

Невелике коливання ґрунту від вибуху чи землетрусу може зруйнувати в іншому місці гору чи споруду внаслідок резонансу у разі співпадання частот коливань.

Коли інженери разом з хіміками для підвищення економічності

двигуна внутрішнього згоряння почали додавати в бензин антидетонаційну присадку на свинцевій основі, вони не знали, що через багато десятків років людство буде шукати засобів захистити себе від шкідливого впливу свинцю, який сьогодні присутній скрізь – у воді, рослинах, тваринах, ґрунті.

Закон константності (збереження): Ніщо не зникає, а лише міняє вигляд (“все мусить кудись діватись”). “З нічого навіть волею богів нічого не створиться” (Лукрецій).

Широко відомі фізичні закони збереження енергії та маси є окремими випадками закону константності.

Найбільш яскравими проявами закону є природні кругообіги енергії, речовини та хімічних елементів. Це доказ єдності матеріального світу, зв’язків між живою і косною речовиною.

Закон константності широко використовується в людській практиці у вигляді методів розрахунку матеріального та енергетичного балансів.

Енергія є характеристикою інтенсивності руху і взаємодії всіх форм матерії. Вона буває механічною (кінетична, потенційна), хімічною, тепловою, електричною тощо.

Для біологічного об’єкта чи технічної споруди закон константності запишеться так:

$$E = \Delta U + A,$$

де E – кількість енергії, отриманої зовні чи виробленої в собі внаслідок реакцій; ΔU – зміна внутрішньої енергії об’єкта (споруди); A – робота, яку виконано об’єктом (спорудою).

Закон екстремуму (оптимальності, оптимуму): Ніяка система, чи чинник системи, не може перевищувати або бути меншою за критичні величини.

Очевидним є раціональне співвідношення форми і розмірів біологічної особини з її масою, які склалися внаслідок багатоміліардної еволюції в певних умовах довкілля. Всяке значне відхилення якогось показника в бік перевищення чи зменшення від нормального внаслідок якихось причин (мутація, селекція) смертельне.

Такий же результат спостерігається в разі порушення оптимальної кількості в популяції.

Фатальним для живого є відхилення від певних діапазонів таких чинників, як температура, тиск та інше.

Не смертельним, але сильно впливовим на ефективність системи управління є порушення оптимальної кількості підлеглих у керівника чи кількості підрозділів.

Економічно збитковим і екологічно небезпечним виявилось спорудження гігантських штучних технічних систем – гідроенергетичних комплексів, централізованих систем енергозабезпечення та інше.

Закон Вернадського: Міграція хімічних елементів на Землі здійснюється головним чином під впливом живої речовини.

Незважаючи на постійну міграцію хімічних елементів внаслідок природного руху гідросфери, літосфери і атмосфери, які переміщують велетенські маси речовин, головною рушійною силою є живе. Якщо річки вносять за рік у моря та океани $2 \cdot 10^{10}$ тонн твердої речовини, то біомаса, яка переміщується сама і постійно поновлюється, складає 10^{25} тонн.

Вплив живої речовини на міграцію хімічних елементів не обмежується кругообігом біомаси. Часто рослини і тварини змінюють процеси руйнування поверхні літосфери (вивітрювання, ерозія, розлив та інше).

Закон екологічної піраміди: Повне використання чи перетворення речовини, енергії або інформації в системі без втрат неможливо.

Цей закон широко відомий у біологів як правило трофічної (харчової) піраміди, а в інженерів – як другий закон термодинаміки.

Для підтримки життя потрібні енергія та поживна речовина. Їх першоджерелом є Сонце, енергія якого дозволяє продуцентам (рослинам та найпростішим) з вуглекислого газу та води будувати біомолекули власного тіла (білки, жири, вуглеводи, нуклеїнові кислоти) за рівнянням (7).

Для утворення одного молю глюкози, а це 180 г, необхідно 264 г вуглекислого газу, 108 г води і $6,7 \cdot 10^4$ калорії енергії. Так утворюється перший шабель (рівень) піраміди – її фундамент, представлений автотрофними організмами (рослинами) – продуцентами.

Другий рівень трофічної піраміди займають рослиноїдні гетеротрофні організми – тварини (консументи-1), третій – хижаки (консументи-2) і так далі, аж до редуцентів (мікроорганізмів), які перетворюють органічну речовину в мінеральну, замикаючи кругообіг.

На кожному рівні піраміди живлення поглинута їжа, тобто

речовина й енергія, засвоюється не повністю, а згідно з рівнянням:

$$Z + P = ZB + D + B,$$

де P – поглинута їжа; Z – збільшення маси (енергії) консумента; D – витрати енергії на “дихання”, тобто на підтримку процесів у клітинах та органах; B – виділення невикористаної їжі у вигляді екскрементів.

Відношення $Z/P = \eta$ називають коефіцієнтом викорис-

Таблиця 6.2

Екологічна піраміда

Кількість	Рівень піраміди		
	Перший – трава	Другий – теля	Третій – людина
Енергії (мільйонів Дж)	62 000	5 000	35
Речовини (кг)	2 800	1 000	50
Коефіцієнт η (%)	по енергії	8,06	0,70
	по речовині	35,7	5,0

У цілому по біосфері вважається, що екосистеми суші стабільні за такого співвідношення використання рослинної продукції: 0,90 – бактерії, гриби; біля 0,10 – хробаки, молюски, членистоногі; біля 0,01 – хребетні тварини.

Штучні людські творіння (машини, механізми, апарати), як правило, мають кращу енергетичну ефективність, ніж природні; їх ККД = 30..95%. Але в штучних системах, які характеризуються великою кількістю щаблів піраміди, коефіцієнт використання природного ресурсу (КВПР) теж буде невеликим.

Закон різноманіття й конкуренції: Найбільш відомим законом біології є положення вчення Ч. Дарвіна. Іще в стародавні часи грецькі філософи вказували на наявність у живій природі таких явищ, як відбір (Емпідокл) і боротьба за існування (Лукрецій). Ч. Дарвіну вдалося узагальнити матеріали багатоговікових спостережень великої кількості вчених і науково обґрунтувати теорію еволюції органічного світу. Відповідно до вчення Дарвіна основними факторами еволюції є спадкова мінливість, боротьба за існування і природний добір.

Сучасні форми рослин і тварин беруть початок від первісних простих організмів, які поступово зазнавали змін, що передавалися із покоління в

покоління. У боротьбі за існування в природних умовах виживають найбільш пристосовані. Природним добром зберігаються будь-які життєво важливі ознаки, які діють на користь організму і виду, в результаті чого утворюються нові форми і види. Обов'язковою умовою добору внаслідок конкурентної боротьби є наявність різноманіття видів і організмів.

Значення конкуренції для розвитку аналізувалося і в соціальних науках. Визначаючи вирішальну роль техніки в розвитку людства, К. Маркс писав: "...на місце старих машин, інструментів, апаратів повинні приходити нові – більш ефективні і порівняно з розмірами своєї роботи більш дешеві". Змагання між собою різних форм власності, методів управління підприємствами, державами, соціальними утвореннями тощо, політичних програм і інших людських інститутів забезпечують еволюцію *Homo Sapiens*.

В узагальненому вигляді закон різноманіття й конкуренції викладено так: прогрес (вдосконалення) можливий лише внаслідок змагання різних форм організації; у конкуренції перемагає та система, яка найбільше накопичує та найефективніше використовує речовину, енергію та інформацію.

Закон ефективності використання: У конкуренції перемагає та система, яка найбільше накопичує та найефективніше використовує матерію, енергію і інформацію.

Закон настільки очевидний як для природних, так і штучних систем, що не потребує пояснень. Можна лише звернути увагу на те, що, як виходить з попередніх законів, зменшення кількості рівнів піраміди та підвищення ККД є ефективними засобами підвищення конкурентоздатності системи.

Закон еволюційно-біфуркаційного розвитку: Еволюційний процес розвитку системи обмежено критичними параметрами, які відповідають стану біфуркації (невизначеності); подальший процес розвитку непередбачений.

М.М. Мойсєєв, посилаючись на Лоренца (США), описав явище "дивного аттрактора" – коли подальший розвиток якогось процесу практично перестає визначатися минулим станом, коли невеличке відхилення від наявного може мати які завгодно значні наслідки.

Гілка згинається і повертається до попереднього стану під

впливом різних сил до якоїсь межі. Якщо сила перейде цю межу – гілка зламається, але де і як – передбачити неможливо.

Аналізуючи розвиток біосфери, деякі вчені стверджують, що нові організми виникають не внаслідок еволюційного добору, а в результаті одномоментних скачкоподібних змін. Велике значення в цьому процесі відіграє таке явище, як мутація.

Напружений суспільний стан державі вдається компенсувати різними заходами до певної межі. При переході межі відбувається бунт (революція, контрреволюція), наслідки якого передбачити неможливо: хто прийде до влади і якою буде держава – невідомо.

Кожен новий напрямок НТП, врешті-решт, вичерпує свої можливості і змінюється іншим. Наприклад, в енергетиці парова машина, незважаючи на значне покращення показників за вікову історію існування, в середині ХХ ст. була замінена турбінами та ДВЗ. Зараз вдосконалення йде шляхом створення комбінованих установок.

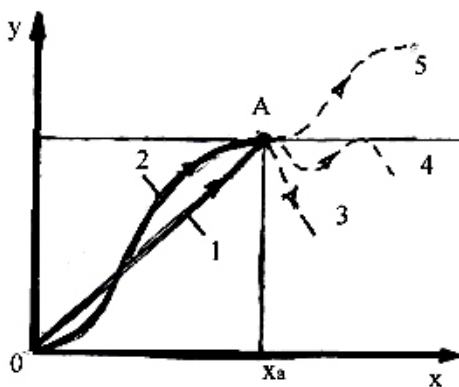


Рис. 6.3. Еволюційно-біфуркаційні закономірності

Еволюційні залежності $y = f(x)$ в діапазоні $0 - X_a$ в природному і штучному середовищі мають різноманітний характер. Для прикладу на рис 6.3 розглянуто два варіанти: 1 – прямолінійна залежність, що характерна для фізичних і хімічних процесів (збільшення напруги внаслідок зростання сили, вплив швидкості руху води на стік води тощо), та 2 – логістичне рівняння, згідно з яким збільшується чисельність особин популяції чи виду, ефективність науково-

технічних рішень тощо. При перевищенні критичного значення X_a закономірність різко змінюється і процес може піти будь-яким шляхом. Зокрема, для біологічних угрупувань чисельність особин може різко зменшитися (лінія 3), прийняти регульовано коливальний характер (крива 4), повторити логістичну фазу на більш високому рівні (лінія 5). Останнє можливе у разі отримання популяцією додаткових властивостей чи заміни її більш пристосованою до умов популяцією.

Закон емерджентності: Властивості цілого (системи) неможливо звести до суми властивостей його частин. У більш великих одиницях (систем) виникають нові (емерджентні) властивості, яких не було на попередньому рівні в підсистемі. Ціле характеризується сукупними й емерджентними властивостями. Наприклад, зграя вовків має, окрім таких властивостей вовка, як швидкість, витривалість, сила тощо, додаткову здібність колективного полювання, котра проявляється в оточенні жертви чи загоні її в підготовлену пастку.

Дія цього закону значною мірою проявляється в штучних технічних системах, де кількість емерджентних властивостей, як правило, перевищує кількість сукупних властивостей. Наприклад, для автомобіля до сукупних відносяться маса та вартість (ціна). Більшість властивостей автомобіля – швидкість, економічність, вантажопідйомність, надійність тощо – є емерджентними.

Контрольні запитання і завдання

1. Проаналізувати історію твердження про наявність загальних законів.
2. Чи є єдина думка про наявність екологічних законів у сучасних вчених?
3. Перелічити закономірності, запропоновані М.М. Мойсеєвим.
4. Перелічити закони Б. Коммонера.
5. Перелічити екологічні закони, які запропоновані вище як основні.
6. Навести приклади дії кожного з основних екологічних законів у природі і людській діяльності.