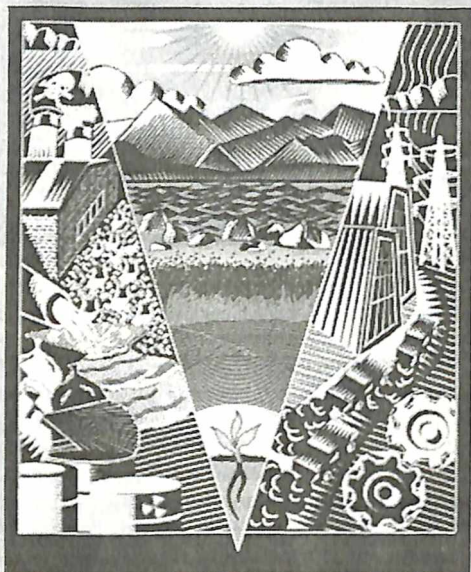


# КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАКОНІВ ЕКОЛОГІЇ



**В.М. Бровдій,**  
доктор біологічних наук,  
професор, академік УЕАН

Нежива й жива природа характеризується великою різноманітністю. Проте, незважаючи на якісну різноманітність природи – речовин та процесів, які з ними пов'язані, – Всесвіт один. Поняття «Всесвіт» і «Природа» збігаються і розглядаються нами як синоніми, тобто як одна надто складна ієрархічна надсистема. Можна стверджувати, що поза природою нічого не існує. Складові частини цієї системи мають історію свого розвитку, в процесі якого в межах планети Земля відбувся перехід від неорганічної до органічної матерії у вигляді мікроорганізмів, рослинного, тваринного світу і нарешті людини. Цей розвиток обумовлений загальною закономірностями розвитку природи. Вони є предметами дослідження багатьох наук, включаючи й екологію. Найголовніші серед них: закон переходу кількості в якість, закон взаємного проникнення протилежностей, закон подвійного заперечення. За цими законами нижча форма розвитку переходить у вищу шляхом кількісних змін – діалектичного стрибка. З діалектичних та системних позицій будь-яка кількісна зміна природних систем виступає як зміна в них матерії або енергії, а також інформації. Поява нової якості, по суті, означає появу нової системи в межах старої з новими закономірностями, мірою якої є вже інша кількісна визначеність. При цьому глибина якісних змін у системі може бути різною. Вона може поліпшити чи погіршити функціонування системи в межах її структури і функціонального призначення, а може навіть змінити її суть. А це вже є стрибок до нової якості, стрибком від однієї міри до іншої. У філософському розумінні це означає єдність відтворення і знищення, буття і небуття, затвердження і заперечення. І справді, зміна суті системи означає зміну її функціонального призначення, тобто небуття і заперечення старої і одночасно буття чи затвердження нової системи. Як бачимо, перехід від однієї системи до іншої є

взаємодією кількісних і якісних змін, які проходять через ряд проміжних фаз. З боку кількісних змін цей перехід виступає в часі як щось поступове, а з боку якісних – як стрибок.

Вищезазначені закони діалектики є загальними законами природи, в тому числі і законами становлення і розвитку екологічних систем.

До загальних законів екології належать також основи термодинаміки, закони фізики та хімії, які пояснюють енергетичний потенціал живої речовини, структури Всесвіту, сонячних та планетних систем. Без розуміння цих законів неможливо розглянути складні взаємодії живої





речовини в екологічних системах, їх взаємозв'язок і взаємодію з навколишнім середовищем.

Закони екології, до якої б функціональної групи вони не належали, тісно пов'язані між собою і одночасно із загальними законами природи. Всі вони так чи інакше пояснюють феномен існування і розвитку такої біофізичної реальності, як біосфера – найдинамічнішої, здатної до змін оболонки Землі.

Вона змушує все живе з великою силою репродукуватися і змінювати поверхню Землі з такою силою, яка еквівалентна енергії сонячного випромінювання, що падає на Землю. Лише одна тополя викидає стільки здатного до існування матеріалу, що при можливості його реалізації всі інші види живого через кілька років були б витіснені з поверхні Землі.

Земля не переповнена біомасою тому, що енергія живого різнонаправлена. Отже, при вивченні законів екології необхідно насамперед розглянути **енергетичні закони**. Це перша ланка законів, без якої неможливо зрозуміти інші, включаючи й закони соціальної екології. Серед цих законів мають першорядне значення закони термодинаміки. Нагадаємо стисло їх зміст.

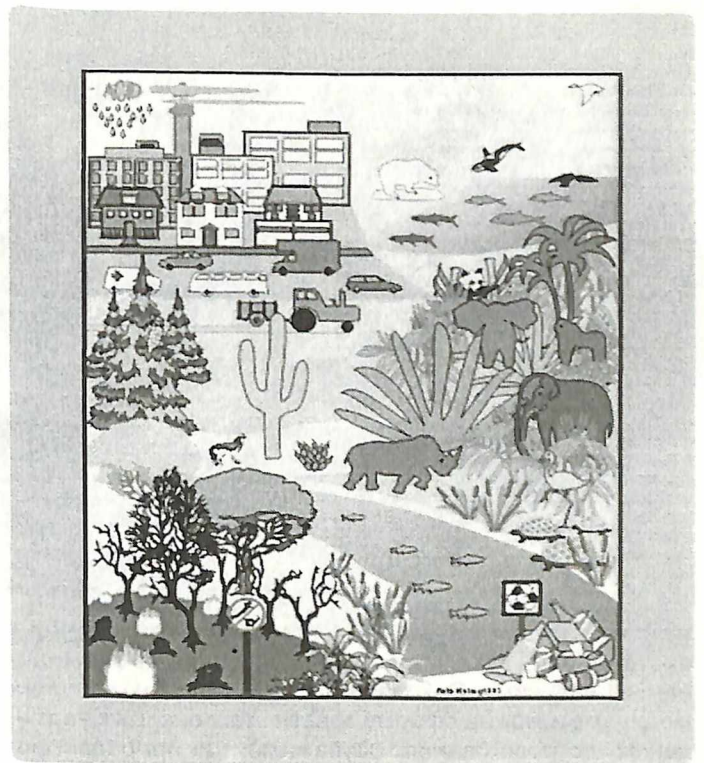
**Перший закон** (нульове начало) тісно пов'язаний з поняттям температури фізичних тіл. Температура – одне з найглибших і фундаментальних понять термодинаміки – є певною деталізацією конкретнішого поняття «ступеню нагрятості», або, за нашим визначенням, «енергетичного потенціалу».

**Другий закон** (перше начало) формулюється просто – «енергія зберігається». Поняття «енергія» абстрактне за своєю суттю. Під енергією ми розуміємо здатність її носія виконувати роботу, оскільки саме за рахунок роботи він може зменшувати, або збільшувати свій енергетичний потенціал. Змінюється енергетичний потенціал і за рахунок теплоти. При цьому робота і теплота самі по собі не є предметами чи видами енергії, а лише різними способами її передачі. Нагріти тіло, тобто підвищити його температуру, можливо лише за рахунок певної роботи, або шляхом приєднання його до більш гарячого тіла, використовуючи при цьому різницю в температурах.

**Третій закон термодинаміки** (друге начало) встановлює наявність у природі фундаментальної асиметрії, тобто спрямованості в один бік всіх довільних процесів, які відбуваються в ній. Про цю асиметрію свідчить все, що оточує нас: гарячі тіла з часом охолоджуються, але холодні самі по собі не стають гарячими; камінь, який вирвався з вершини гори, вже ніколи не зможе сам потрапити на вершину.

Таким чином, якщо перше начало постулює закон збереження енергії в замкнутих системах, то друге начало термодинаміки показує, що довільний розподіл енергії здійснюється в одному напрямку: від вищого потенціалу до нижчого.

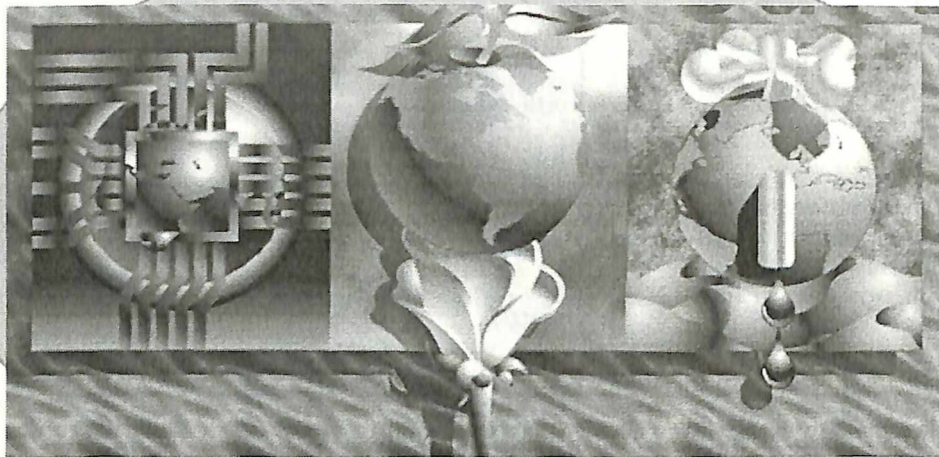
Внутрішня асиметрія (односпрямованість процесів), яка притаманна природі, знайшла своє певне відображення в історії технічного розвитку людської цивілізації. Протягом тисячоліть перетворення накопиченої енергії, або роботи в теплоту було звичайним процесом. Але широке опанування зворотним процесом – керуванням перетворенням теплоти в роботу по-справжньому почалося тільки з початком промислової революції, коли



людиною була створена парова машина. При створенні такої машини по суті перед наукою постали завдання засвоїти такий аспект асиметрії, як виділення упорядкованого руху із неупорядкованого, оскільки тільки в характері руху лежить відмінність роботи від теплоти. Звернемо увагу читача на специфіку асиметрії: природа не вимагає «даніни» при перетворенні роботи в теплоту; і, навпаки, – теплота ніколи цілком не перетворюється в роботу. Тому друге начало термодинаміки можна сформулювати так: неможливо цілком перетворити теплоту в роботу.

Якщо поняття «енергія» ми визначили, то **ентропія** – складніше поняття. Воно притаманне лише замкненим системам (ізолюваним від зовнішнього впливу). Системи подібного типу в термодинаміці називають Всесвітом. Якщо, наприклад, в замкнену систему помістити два тіла з різними енергетичними потенціалами – холодний і гарячий шматок металу, то відповідно другому началу термодинаміки, теплота буде переходити від гарячого шматка металу до холодного до тих пір, поки їх температура не зрівняється. Показник ентропії буде максимальним при тепловій рівновазі. Ось тому природні процеси супроводжуються зростанням ентропії. Якщо ж робота упорядковує рух у системі, то теплота, навпаки, вносить у неї безладдя.

При цьому температура виступає як міра неупорядкованого руху частинок, або, конкретніше, – як відношення кількості збуджених атомів речовини до кількості незбуджених. І чим вище це співвідношення, тим вища температура. Підкреслимо при цьому відмінність температури від енергії. Так, океани на Землі, незважаючи на низьку температуру води, є зберігачами величезної кількості енергії, оскільки енергія системи залежить від її величини, а температура від співвідношення збудже-



поглинається тим чи іншим організмом, переходить у роботу, тобто зменшує ентропію Всесвіту, хоча організм за це «виплачує» природі «контрибуцію» у вигляді розсіяної теплової енергії. Отже, світ все таки хоча й повільно, але незворотно йде до хаосу, або іншими словами, до дисипації енергії.

Дисипативні структури в хімії є результатом таких перетворень, коли одна речовина змінюється на іншу, а потім знову відновлюється. Живі істоти, популяції, які енергетично залежать одне від одного, теж певні дисипативні структури. Вони можуть існувати за рахунок безпосередньої енергії Сонця, неорганічної та органічної речовин середовища (наприклад, популяції

них та незбуджених атомів. Іншими словами, енергія – екстенсивна, а температура – інтенсивна термодинамічні величини. Виходячи з цього, друге начало термодинаміки можна сформулювати і так: енергія має тенденцію до розсіювання. Зауважимо, що природні процеси – це процеси, що супроводжуються розсіюванням, дисипацією енергії.

Поняття розсіювання, або дисипація енергії, є основою механізму змін на мікроскопічному рівні, тобто в світі атомів. Це розсіювання веде Всесвіт до теплової рівноваги, тобто по суті до теплового хаосу.

Найпростішою формою дисипації є фізичне охолодження, яке можна пояснити на основі спонтанних зіткнень між атомами речовини.

Хімічні реакції теж можна вважати певною складнішою формою охолодження. Якщо фізичне охолодження – розсіювання енергії в результаті випадкового зіткнення атомів і квантів, то хімічні реакції – розсіювання енергії в результаті зміни атомами своїх сусідів.

Сюди слід зарахувати і хімічні реакції, які відбуваються в природі. Наприклад, ржавіння, або, іншими словами, згорання заліза – найпоширеніша форма хімічної реакції в природі.

Щоб детальніше це розглянути, варто звернути увагу на особливості хімічних перетворень. Хімічна реакція – це результат взаємодії між атомами, яка виражається у виникненні певної структури молекул і дозволяє відрізнити один тип молекули від іншого. Хоча причина існування хімічних зв'язків між атомами полягає в тому, що при їх формуванні енергія молекули стає меншою, ніж сума енергії атомів, з яких вона утворена. Лише в цьому разі зв'язок між атомами буде стійким, і молекула може існувати. Отже, речовина, яка виникла в результаті хімічних реакцій, володіє меншою кількістю енергії, ніж її складові початкові елементи. Збиткова енергія у вигляді теплової розсіюється, тобто безповоротно втрачається. Це явище до певної міри нагадує зкочування каменя з гори, а хімічні реакції можна назвати процесом дисипації енергії.

Аналогічним способом ми можемо характеризувати і всі біологічні реакції. Щоправда, тут частина енергії, яка

живляється на деревних і трав'янистих рослинах).

Виникнення і розвиток саморегулюючої ієрархії живої речовини на Землі – це яскравий приклад надзвичайно складної дисипативної структури, основною властивістю якої є тимчасова упорядкованість, яка існує завдяки потоку енергії Сонця. При цьому організми-продуценти шляхом фотосинтезу накопичують сонячну енергію у вигляді білків, жирів та вуглеводів, а організми-консументи, використовуючи надзвичайно складні механізми біосинтезу, перерозподіляють її між собою. Третя група організмів – редуценти, що перебувають на вершині саморегулюючої ієрархії, – поглинають залишкову енергію Сонця із біомаси організмів, які загинули в процесі її перетворення на неорганічну речовину.

Для виникнення, розвитку і підтримки життя на Землі, як надзвичайно складної дисипативної структури, необхідні безперервний потік енергії Сонця, речовина Землі та певні умови, без яких самозародження та існування життя були б неможливими.

На жаль, такі умови існують тільки на Землі – одній із дев'яти планет Сонця. Отже, Сонце є батьком життя, а Земля – його матір'ю. Продукт розсіювання енергії – жива речовина – сама по собі уповільнює процеси зростання ентропії, тобто володіє негентропійними властивостями, або протидіє швидкому розсіюванню енергії. З наведених вище прикладів ми спостерігаємо тісний взаємозв'язок між законами екології і термодинаміки. Серед них домінуючими є енергетичні закони.

Важливим екологічним законом, за аналогією з другим началом термодинаміки є **закон односпрямованості потоку енергії в екосистемах**: енергія накопичена продуцентами, частково розсіюється, частково разом з біомасою незворотно передається консументам першого, другого і т. д. порядку, а лише потім редуцентам, з певним послабленням енергетичного потоку на кожному із трофічних рівнів. У зворотному потоці (від редуцентів до продуцентів) по суті первісно накопиченої енергії залишається не більше 0,25%, що свідчить про відсутність у природі колообігу енергії. Деталізація цього закону, який є наслідком дії другого за-

кону термодинаміки, знаходить своє повне відображення в законі піраміди енергій (Р. Ліндемана) – з одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший (співвідношення біомаси між продуцентами, консументами та редуцентами) переходить в середньому не більше 10% енергії.

Як наслідок дії другого закону термодинаміки, в екосистемах діє **закон розвитку природної системи за рахунок навколишнього середовища**. Цей закон є одним із основних енергетичних законів екології. Теоретична і практична цінність цього закону полягає в ряді положень, які є вимогами цього закону: *абсолютно безвідходне виробництво неможливе* (воно рівноцінне реалізації ідеї вічного двигуна).

До енергетичних законів слід зарахувати і **закон максимуму біогенної енергії**. У процесі еволюції мають перевагу ті види, які більше споживають біогенної біохімічної енергії. За змістом близький до цього закону **закон максимізації енергії**.

Друга ланка екологічних законів – це системоутворюючі, які обумовлюють становлення і розвиток екосистем.

Загальним системним екологічним законом є **природно-історичний**, який відображає внутрішній сталий зв'язок явищ у природі і обумовлює їх існування та розвиток. Цей закон тісно пов'язаний із **законом спрямованості еволюції**, що пояснює закономірність змін форм живого, їх направленість та проходження в часі. Обидва закони конкретизують **загальний закон переходу кількісних змін в якісні**, відрізняють процеси розвитку екосистем від інших.

До системних законів належить і **закон внутрішньої динамічної рівноваги**, який є одним з найважливіших у природокористуванні і пояснює умови існування старих та виникнення нових систем. Не менш важливим є **закон нерівномірного розвитку систем**, або **закон рівночасності розвитку підсистем у великих системах**, який пояснює різний еволюційний рівень розвитку видів живого. Закон послідовності проходження фаз розвитку показує направленість розвитку природної системи в екологічно обумовленому порядку і одночасно забороняє «випадання» проміжних фаз розвитку. **Закон періодичного циклу** (Вальтерра) пояснює регуляційні процеси в середині системи. **Закон рівнозначності умов життя** тісно пов'язаний з **законом оптимальності**, або **законом повноти складових системи**. Він обумовлює стабільність у функціонуванні екологічних систем.

**Закон рівнозначності умов життя** та **закон системогенетичний** пов'язують **системоутворюючі закони** з такими біологічними законами екології, як **закон толерантності** та **закон генетичної різноманітності**. У свою чергу **закон фізико-хімічної єдності живої речовини** тісно пов'язаний із **системним законом єдності всього живого та різноманітності видів**.

Якщо людина буде безконтрольно пристосовувати середовище для своїх потреб, то може завдати величезної шкоди іншим живим організмам відповідно до **закону відповідності умов середовища генетичній визначеності організму**. Ця шкода через деякий час може стати екологічним бумерангом і повернеться до людини. Відповідно до **правила прискореного роз-**



**витку**, швидка зміна середовища може також порушити відповідність рівня розвитку продуктивних сил людського суспільства природно-ресурсному потенціалу, що в свою чергу призведе до необхідності тимчасово уповільнити або зупинити їх розвиток.

Взаємозв'язок законів різної функціональної природи можна продовжити. Адже цей взаємозв'язок обумовлений дією загальних законів природи.

А між тим, закони екології, як і явища та об'єкти природи, вимагають свого упорядкування за певними ознаками. На наш погляд, всі екологічні закони необхідно класифікувати за функціональними ознаками, а саме, виділити енергетичні закони (I група), системоутворюючі (II група), біофізіологічні (III група), геобіохімічні (IV група), геофізичні (V група) і нарешті соціально-економічні (VI група). Спроба класифікації законів екології за цими ознаками наведена в таблиці, в якій стрілками позначені їх взаємозв'язки, місце і роль у процесі еволюції живої речовини.

Знання законів екології дозволяє людині раціонально використовувати природні ресурси, змінювати середовище на свою користь і одночасно зберігати кількісну та якісну різноманітність живого.

---

*Від редакції. На жаль, за браком місця, ми не змогли подати схему автора, у якій представлені взаємозв'язки законів екології. Її буде опубліковано у наступному номері журналу.*