

БІБЛІОТЕКА «ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА»

СЕРІЯ «СТІЙКИЙ РОЗВИТОК»

Друкується в рамках програми малих екологічних проєктів за фінансової підтримки Британського фонду «Довкілля для Європи» та сприяння Міністерства у справах охорони довкілля, харчових продуктів і сільського господарства Великобританії і Британської Ради

Leonid Melnyk

Basics of Sustainable Development

The textbook for Post Diploma Education



Sumy
University Book
2006

Л.Г. Мельник

ОСНОВИ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ

Навчальний посібник для післядипломної освіти

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для післядипломної освіти



Суми
Університетська книга
2006

УДК 330.34+316.42](075.8)
ББК 65.013я73
М48

Рецензенти:

І.М. Грабинський, д.е.н., професор, завідувач кафедри міжнародних економічних відносин Львівського національного університету ім. І. Франка (м. Львів);

Т.І. Лепейко, д.е.н., професор, завідувач кафедри менеджменту Харківського національного економічного університету (м. Харків);

В.М. Трегобчук, д.е.н., академік УААН, професор, науковий радник директора Інституту економіки та прогнозування НАН України, Київ.

Викладені погляди належать автору цієї праці і не можуть ні за яких обставин вважатися такими, що виражають офіційну точку зору Міністерства у справах охорони довкілля, харчових продуктів і сільського господарства Великобританії та Британської Ради

Гриф надано Міністерством освіти і науки України. Лист № 14/18.2-2139(в) від 27.09.2005

Мельник Л.Г.

М48 Основи стійкого розвитку: Навчальний посібник для післядипломної освіти. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 383 с.

ISBN 978-966-680-258-9

На прикладі процесів і явищ у природі та суспільстві розглядаються закономірності розвитку відкритих стаціонарних систем, а також взаємозв'язки енергетичної та інформаційної характеристик трансформаційних процесів. Формулюються передумови прогресивного розвитку природних і суспільних систем. Аналізуються поняття «стійкий розвиток соціально-економічних систем», базові принципи, методи та інструментарій забезпечення стійкого розвитку суспільних систем.

Посібник призначений для післядипломної підготовки фахівців народного господарства. Може рекомендуватися викладачам і студентам університетів тих спеціальностей, у програмі яких відсутній даний курс. Популярний стиль викладення робить посібник корисним для викладачів шкіл та коледжів, цікавим для позакласної підготовки учнів старших класів та слухачів закладів I і II рівня акредитації.

ББК 65.013я73

ISBN 978-966-680-258-9

© Мельник Л.Г., 2006

© ТОВ «ВТД «Університетська книга», 2006

ЗМІСТ

Вступ	9
-------------	---

Частина I

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ

Розділ 1. Про системи і розвиток	14
Говоримо «розвиток» – розуміємо «система»... ..	15
Що таке система?	16
Розвиток як феномен	18
Дві умови порядку	22
Відкритість системи	25
Про стаціонарність і гомеостаз	26
Розділ 2. Першооснови формування систем	29
Сутнісні начала природи, або Чого навчає вчення про Трійцю	30
Таємниці і таїнства природи	32
Про креативність природи і її динамічну «матрешку»	38
Чи є родичами всі природні сутності, або Чи існують єдині закономірності розвитку	42
Саморозвиток систем у світлі синергетики	44
Природа як об'єкт і суб'єкт розвитку	47
Дві нерозривні реальності природи	48
Біля витоків розвитку природи	50
Парадокс першої частини	52
До чого тут стійкий розвиток, або Кілька висновків до розділу	53
Розділ 3. Закономірності саморозвитку природи	56
Від простого до складного	57
Що природніше – руйнування чи творення?	58
Добро і Зло у фізичних термінах	61
Витоки пам'яті та інформації	63
Передумови емансипації і розвитку природи	66
Інформаційне різноманіття – живильне середовище розвитку	69
Розділ 4. Механізми стійкості систем	71
Зміст і функції системи	72
Механізми зворотного зв'язку	75
Механізм негативного зворотного зв'язку	77
Механізм позитивного зворотного зв'язку	81
Характеристики стійкості системи	82

Розділ 5. Фактори і механізми змінюваності системи	86
Тріада змінюваності	87
Добір та його критерії	89
Два способи трансформації системи	91
Чудодійні властивості біфуркаційних механізмів	95
Що може створювати людина за допомогою біфуркацій	97
Про нелінійність і катастрофи в трансформації систем	99
Цілісна картина взаємодії механізмів розвитку	102
Знову про «місток» між теорією і практикою стійкого розвитку	106
 Розділ 6. Пам'ять системи	111
Навіщо потрібна пам'ять	111
Про пастки «короткої» пам'яті	114
Чому без пам'яті не може бути розвитку	116
Еволюція систем пам'яті	118
 Розділ 7. Енергетичний базис розвитку	123
Енергія як рушійна сила розвитку	124
Чи може енергія розрізнятися за якістю?	125
Чому зв'язана енергія має назву вільної	126
Енергетичний баланс системи	129
Енергетика розвитку систем	131
 Розділ 8. Інформаційна основа розвитку	136
Реальність інформаційної реальності	137
Рівні інформаційної реальності	141
Функції інформаційної реальності	143
 Розділ 9. Інформатика процесів розвитку	145
Імовірнісні витоки свободи природи	146
Зв'язок енергії та ентропії, або Що таке «живлення негативною ентропією»?	150
Зв'язок ентропії та інформації	154
 Розділ 10. Енергоентропійні основи розвитку	156
Ще раз про негативну ентропію	157
Знову про баланс: цього разу – енергоентропійний	158
Порядку без витрат не буває	161
Від чого залежать втрати?	164
Яка різниця між порядком і впорядкованістю системи?	166
Від чого залежить приріст упорядкування систем?	167
Чому динаміка системи є дуже важливим фактором її стану?	170
Чи можна досягати однакового результату меншими витратами?	172
Більшого результату можна домогтися за менших витрат	174
Від чого залежать темпи припливу впорядкування в систему?	176
Чому вода камінь точить	179
Жінки живуть довше чи повільніше?	182

Розділ 11. Чому нове покоління має бути розумнішим за попереднє	184
Ще раз про єдність енергії та інформації	185
Коли енергія виконує роль інформації	187
Чи існує в житті закон: «Добуток сили на розум є сталою величиною»?	190
Про інформативність ресурсів, або Ще одне підтвердження шкідливості крадіжок	192
Про інформаційне контролювання гомеостазу, «багатоспектральний зір» та про те, як Хрущов перехитрив американців	195
Специфіка дії позитивного зворотного зв'язку, або Чому гроші – найдешевший ресурс?	196
Інформаційний погляд на критерій природного добору	199

Частина II

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНО ЗБАЛАНСОВАНОГО УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМ РОЗВИТКОМ

Розділ 12. Поняття про стійкий розвиток	202
Дефініційна основа стійкого розвитку	203
Глибинні основи стійкого розвитку	208
Загрози стійкому розвитку	210
Звідки виникають проблеми	212
Що означає підтримання стійкого розвитку	213
Сфери розв'язання проблем	219
Стійкий розвиток: підсумки і проблеми реалізації	221
Розділ 13. Принципи забезпечення стійкого розвитку	223
П'ять визначальних умов прогресивного розвитку соціально-економічних систем	224
Принципи «екологічної республіки», або Умови координації в просторі	226
Принципи «триєдності часів», або Що передати нащадкам	228
Принципи «вічного колодезя», або Забезпечення екологічної стійкості	232
Принципи екологічних цілей, або Від задоволення потреб – до формування життєблагодатних комплексів	239
Принципи екологічної мотивації, або Хотіти, щоб уміти	242
Моніторинг і показники стійкого розвитку	245
Розділ 14. Овіяні часом ідеї стійкого розвитку	248
Складові “цеглинки” стійкого розвитку	249
Спадщина стародавніх цивілізацій	251
Біля витоків економічної науки	254
Здобутки неокласичної та інституціональної шкіл	257
Фізико-біологічні підходи в економіці	261

Розділ 15. Закономірності екосистемного регулювання	265
Закономірності функціонування організму та взаємодії між організмом і середовищем	266
Закономірності утворення і функціонування екосистем	271
Закономірності зміни екосистем	273
Розділ 16. Системна сутність людини і функції природи	276
Триєдина системна сутність людини	277
Характеристика функцій природи	279
Класифікація природних факторів	283
Класифікація процесів впливу на природу	286
Економічні властивості природних факторів	291
Особливості формування ціни на природні блага	293
Розділ 17. Закономірності взаємодії суспільства і природи	298
Закономірності “людина – природа”	299
Закономірності соціальної екології	301
Закономірності природокористування та охорони середовища життя	302
Урахування принципів екосистемної організації при формуванні соціально-економічних структур	305
Розділ 18. Стратегія і тактика реалізації екологічної політики	313
Поняття стратегії і тактики в екологічній політиці	314
Еволюція екологічної політики	315
Стратегія і тактика впливу на об’єкти і суб’єктів екологізації	324
Інструменти екологізації	330
Стратегії впливу на сфери господарювання	334
Розділ 19. Стійкий розвиток в інформаційному суспільстві	341
Інформація як базовий фактор суспільного виробництва	342
Базові фактори суспільних формацій	344
Загальні риси інформаційної формації	347
Екологічні проблеми інформаційного суспільства	352
Післямова	357
Список літератури	362

ВСТУП

Наприкінці ХХ сторіччя в суспільному житті почало широко вживатися поняття «стійкий розвиток» (*сталий розвиток, устойчивое развитие, sustainable development*). Поштовхом до цього стала Всесвітня конференція ООН з питань навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро в 1992 році. Саме там була прийнята стратегічна концепція розвитку людської спільноти, так званої «Порядок денний на ХХІ століття». З того часу було опубліковано тисячі статей, надруковано сотні звітів, видано десятки книжок. За першою кампанією пропаганди нової концепції активність поступово почала згасати, уповільнилися темпи реалізації основних положень концепції. Про це переконливо свідчили й результати наступного Всесвітнього екологічного саміту в Йоганнесбурзі (2002).

У суспільстві поширюється усвідомлення, що однією з причин, яка перешкоджає впровадженню в наше життя ідей стійкого розвитку, є недостатнє розуміння глибинних основ самого феномену розвитку, його фундаментальних факторів і забезпечувальних механізмів. Парадокс полягає в тому, що людство прагне зрозуміти, що таке *стійкий розвиток*, не усвідомивши, що ж, власне, означає сам *феномен розвитку систем*.

Проблематику стійкого розвитку часто пов'язують лише з вирішенням екологічних завдань. Між тим це надзвичайно складний і багатогранний комплекс проблем забезпечення ефективного функціонування в межах планети біосферно-антропогенної єдності, що належить до класу відкритих стаціонарних систем. Розв'язуватися ці проблеми мають повсякденно і повсюдно – кожної миті, у кожному куточку, де є людська цивілізація, кожним її представником. Успіх на цьому шляху можливий, тільки якщо людство зможе опанувати системне екологізоване мислення, побудоване на усвідомленні єдиних закономірностей розвитку систем, із яких складається світобудова.

Поняття *стійкого розвитку* привертає увагу ще з однієї причини. Уперше предметом дослідження вчених і громадськості є не об'єкт чи явище суспільства або природи і навіть не їх стан,

а процес змін під назвою «розвиток». Навряд чи можна вважати випадковим час постановки такої мети. З переходом до інформаційного суспільства людство стрімко втягується в зону *турбулентності*. Це пов'язане як зі зміною соціально-економічної формації, так і зі специфікою розвитку в інформаційному суспільстві, що передбачає швидку зміну станів суспільної системи та її складових.

Наука давно з'ясувала, що соціально-економічні системи періодично можуть переживати стан якісних стрибків, коли система докорінно перебудовує свою структуру і хід процесів зміни маси. На означення подібних явищ у різних сферах знань використовується багато споріднених термінів: революція, криза, біфуркація, катастрофа, перебудова, трансформація та ін. Для макроекономічної системи це означає зміну характеру базових продуктивних сил і виробничих відносин, для підприємства – зміну номенклатури продукції, що випускається, для фізичної системи – якісне перетворення ходу фізико-хімічних процесів і т.д.

Подібний перебіг економічних процесів потребує принципово нових якостей від людей, що беруть участь у виробництві та здійснюють управління ним. Насамперед необхідні глибокі знання *методології розвитку* систем і управління трансформаційними процесами.

Розвиток будь-якої системи (а розвиватися здатні тільки *відкриті стаціонарні* системи) здійснюється за допомогою механізмів зворотного зв'язку двох типів – негативних і позитивних.

Завдяки механізмам *негативного зворотного зв'язку* відбувається підтримання існуючого *гомеостазу* (стійкої рівноваги) системи, що забезпечує сталий *метаболізм*, тобто матеріально-енергетично-інформаційний обмін системи із зовнішнім середовищем. Без нього система існувати не може. Для економічних суб'єктів показником сформованого *гомеостазу* є характер і структура торгово-фінансового балансу, а характер метаболізму відбивається в товарно-грошових потоках, якими підприємство або територія обмінюються з іншими економічними суб'єктами.

За допомогою механізмів *позитивного зворотного зв'язку* здійснюється перебудова гомеостазу системи і характеру обмінних процесів (метаболізму).

При ефективному функціонуванні системи в ній починає накопичуватися вільна енергія і створюються передумови для прогресивного перетворення – ускладнення і підвищення рівня гомеостазу. При зменшенні обсягу вільної енергії система змушена знижувати рівень гомеостазу і спрощувати структуру.

Не можна сказати, що соціальні науки не приділяли уваги трансформаційному феномену. Зокрема, проводилися серйозні економічні дослідження, присвячені інноваційному та інвестиційному процесам. Однак *біфуркаційні трансформації* залишалися хоч і важливою, але все ж таки допоміжною сферою економічної діяльності, що здійснювалася на тлі основних виробничих процесів, пов'язаних з випуском і реалізацією продукції. У цілому це цілком виправдано. Навіть в індустріальну епоху, яка різко прискорила темпи зміни базових *гомеостазів* (станів динамічної рівноваги) економічної системи, технологічні цикли в передових країнах складали не менш ніж 3–5 років. Саме вони визначали періодичність докорінних трансформацій структур національних економік і радикальних змін базової номенклатури промислових підприємств. У решті країн світу це відбувалося ще більш повільно.

Донедавна основним завданням людства було підтримання гомеостазу економічних систем і використання відповідного інструментарію механізмів *негативного зворотного зв'язку*. Інформаційна епоха змінює характер процесів розвитку економічних систем. Трансформаційні процеси зміни гомеостазу стають практично безперервними, що докорінно змінює і завдання людини як учасника та основного координатора виробничої системи. На перший план виходить вміння приймати рішення в практично безперервному трансформаційному процесі, уміло використовуючи інструментарій механізмів *позитивного зворотного зв'язку*.

Сьогодні ми практично є свідками зміни основного *предмета* дослідження соціальних наук, які змушені переходити від вивчення *стану* систем до дослідження процесу *змін* стану. Те, що до ХХ століття було справою істориків, а у ХХ столітті – завданням окремих соціологів та економістів, у наші дні стає рутинною повсякденною турботою всього людства. Жити в епоху змін, управляти змінами, конструювати трансформації так, як інженер конструює деталі машини, – усе це можливе лише за умови досконалого володіння *предметом*, який одночасно є *умовою* (своєрідним «середовищем») *життєдіяльності*, *об'єктом управління* і *метою конструювання*. Назва йому – *феномен розвитку*.

Даний посібник підготовлено на основі базового підручника, що був розроблений міжнародним колективом авторів (Основи стійкого розвитку: Навчальний посібник / За заг. ред. Л.Г. Мельника. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2005. – 654 с.) і виданий за фінансової підтримки Британської Ради в Україні.

Основне призначення зазначеного підручника разом з двома іншими навчальними матеріалами до цього курсу (практикум та навчальний посібник з перепідготовки фахівців) – створити навчально-методичну базу для впровадження в університетську програму принципово нового і надзвичайно актуального в сучасних умовах курсу «Основи стійкого розвитку». Цей курс, до речі, уже протягом чотирьох років викладається в Сумському державному університеті.

Пропонований навчальний посібник покликаний допомогти ліквідувати брак знань, навичок, світогляду тим, хто свого часу, закінчивши ВНЗ, не мав можливості отримати їх через відсутність відповідного курсу в навчальній програмі.

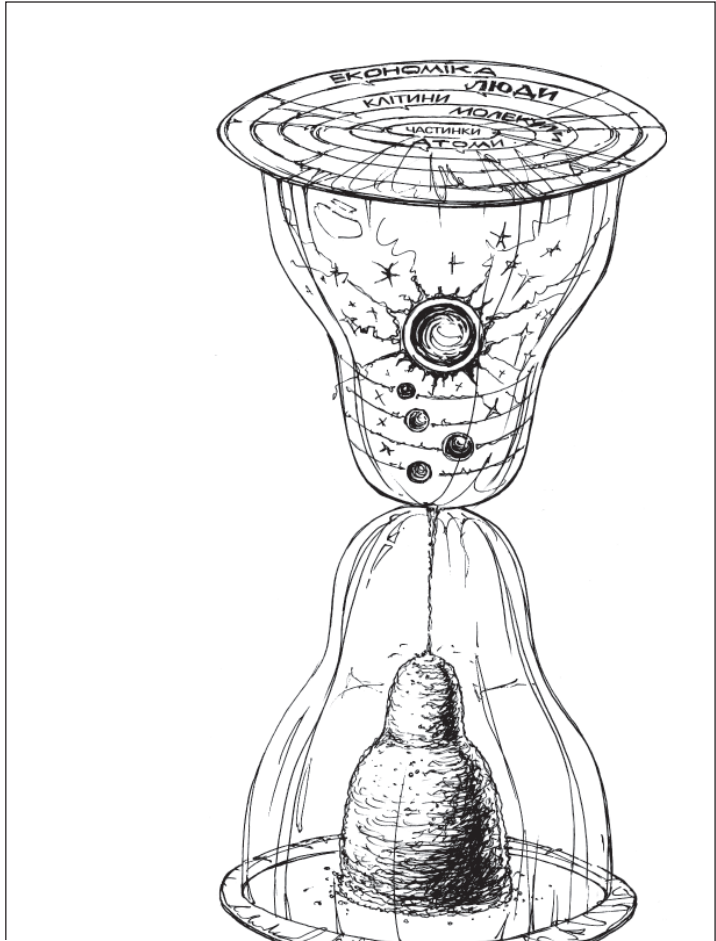
Автор сподівається, що завдяки популярному викладенню матеріалу та використанню ілюстрацій посібник буде корисним учителям шкіл і коледжів, а також зацікавить учнів старших класів і закладів I і II рівня акредитації. Думки автора поділяє його колега і «за сумісництвом» карикатурист Михайло Волов, який за ідеями автора виконав малюнки до книги.

Автор глибоко вдячний своїм науковим учителям Олегу Федоровичу Балацькому та Володимирі Миколайовичу Лексину за підтримку, яку він відчуває постійно; схиляє голову перед пам'яттю видатних учених Полікарпа Петровича Бобровського, Костянтина Георгійовича Гофмана та Миколи Федоровича Реймера, спілкування з якими, дароване долею, сприяло формуванню наукового світогляду автора; висловлює подяку рецензентам за цінні поради і зауваження; дякує колегам за сприяння в підготовці рукопису книги до друку.

Частина I

**ФУНДАМЕНТАЛЬНІ
ОСНОВИ
РОЗВИТКУ
СИСТЕМ**





Розділ 1

Про системи і розвиток



Говоримо «розвиток» – розуміємо «система»...

Уявимо собі, що шкільний учитель замість звичного *«Світ складається з молекул і атомів»* раптом вимовить загадкову фразу: *«Світ побудований із відкритих стаціонарних систем»*... Проте загадковою вона може здаватися лише на погляд сучасних школярів. Можна бути впевненим, що майбутні їхні ровесники будуть добре обізнані з такою термінологією.

Те, що рано чи пізно майбутнім школярам доведеться засвоювати нову термінологію, не викликає сумніву. Хоча б тому, що без неї неможливо пояснити зміст феномену розвитку. Проблема його стійкості перетворилася на життєво важливе завдання, яке доведеться вирішувати тим, хто сьогодні сидить за партою.

Поняття «розвиток» і «система» так само нерозривні, як «біографія» та «ім'я». Власне, історія розвитку будь-якої системи і є її біографією.

Ведучи мову про розвиток, ми однозначно маємо на увазі систему. Адже розвиватися може тільки щось, здатне до розвитку. Таку здатність можуть мати тільки відкриті стаціонарні системи. Справедливо й інше: говорячи про природну систему, ми вже передбачаємо її розвиток. Тому що природні системи не можуть не розвиватися. Адже розвиток є їх невід'ємною властивістю. Адже розвиток – це рух, а природа не може існувати без руху жодної миті. Джерело цього руху є найбільшою таємницею природи і головним секретом розвитку систем.

Що ж таке «відкрита стаціонарна система»? Відповісти на це питання і просто, і надзвичайно складно. Просто тому, що все, що нас оточує (ті самі молекули і атоми), належить до класу відкритих стаціонарних систем. Складно тому, що природа їх лежить за межами можливостей пізнання людського розуму (у чому ми ще матимемо змогу переконатися).

Відкриті стаціонарні системи – три слова і єдина тріада нерозривних понять, кожне з яких невіддільне від двох інших.

У цій тріаді приховані таємниці світобудови, що дарують нам нескінченне різноманіття природних форм і явищ. Три слова, кожне з яких саме несе в собі глибинні таємниці природи. Ці таємниці можна пізнавати без кінця, і разом з тим вони незбагненні. Незбагненні тому, що неможливо досягнути нескінченності, а світ нескінченний у своєму різноманітті. Пізнанні – тому що нескінченним може бути і сам процес пізнання природою самої себе. Адже людина – теж частина природи, обмежена як матеріальне тіло і нескінченна як інформаційна сутність. Однією з її місій і є пізнання розвитку природи, що в кінцевому рахунку означає дослідження відкритих стаціонарних систем. Почнемо з останнього слова.

Що таке система?

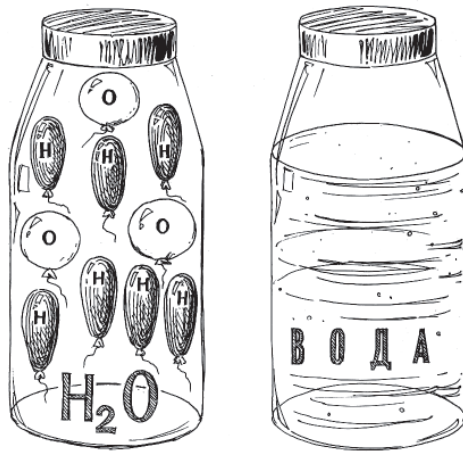
Система – це сукупність окремих частин, об'єднаних у ціле, що породжує якусь нову якість, якої не мали частини, з яких складається система. Інакше кажучи, система може мати властивості, які відсутні у її частин. Це означає, що систему в цілому не можна зрозуміти, препаруючи її або вивчаючи лише властивості її окремих компонентів.

Дійсно

- Вода має дивні властивості, яких не мають ані водень, ані кисень, що утворюють воду.
- Можливо, автомобіль і зможе пересуватися без якихось своїх частин або вузлів, однак жодна його деталь або вузол не зможуть виконати функцію автомобіля в цілому.
- Усі види ссавців мають стандартний набір органів, але неповторно різняться своїми формами і функціями. Це означає, що подібні компоненти можуть утворювати зовсім різні системи.
- Навіть близнюки, які майже не відрізняються фізично, можуть мати зовсім різні особистісні якості.

Тепер зрозуміло, чому древні філософи дали визначення системи як *цілого, що більше суми його частин*. Ще простіше визначили систему сучасні економісти: $2 + 2 = 5$. Але яким чином виникає в системі приріст якості? Інакше кажучи, як виникає ця містична відмінність між *цілим* і *сумою частин системи*?

Система – це ціле, що більше суми його частин.



Усі матеріальні системи в дійсності мають подвійну природу: вони настільки ж *інформаційні*, наскільки і *матеріальні*. Адже саме інформаційна програма взаємодії в просторі й часі матеріальних частин поєднує їх у систему. Отже, саме інформаційна сутність надає системі неповторного вигляду і фактично робить систему системою, формуючи її зі стандартних матеріальних блоків.

Але якщо кількість *матеріального* (суми складових компонентів) при утворенні системи не змінюється, а якість єдиного цілого зростає, отже, цей приріст відбувається внаслідок збільшення в системі обсягу *інформації*. Це вона може перетворити одну і ту саму кількість атомів вуглецю на блискучий алмаз (природний еталон твердості) або в абсолютно чорний графіт (одну з найбільш м'яких речовин). Це завдяки інформації купа будівельних матеріалів набуває нової якості, перетворюючись на багатофункціональний будинок, а з безформеної біомаси яйця раптом з'являється живе чудо природи – курча.

Між двома останніми прикладами є істотна відмінність. Будинок – приклад системи, створеної працею людини. Вона не здатна саморозвиватися. Інша річ – курча, яке вилупилося з яйця. Це природна система, що виникла в ході еволюції природи. Вона сама – продукт саморозвитку природи, і в ній закладена здатність до подальшого саморозвитку. У цьому реалізується божественний дар природи до самовдосконалення. Усе, що є у світі, включаючи нас самих, – результат саморозвитку природних систем.

Розвиток природи відбувається через розвиток систем, з яких вона складається. У свою чергу, розвиток будь-якої системи – це насамперед зміна її стану.

Стан системи визначається сукупністю значень характерних для даної системи величин, які називаються параметрами стану.

Наприклад, стан механічної системи в кожний момент характеризується значеннями координат і імпульсів усіх матеріальних точок, що утворюють цю систему. Стан електромагнітного поля характеризується значеннями напруженості електричного і магнітного полів в усіх точках поля в кожний момент часу.

Стан організму характеризується насамперед параметрами обмінних процесів, за допомогою яких організм обмінюється із зовнішнім середовищем речовиною, енергією та інформацією. Ці процеси, у свою чергу, пов'язані з внутрішніми параметрами самого організму: температурою, кров'яним тиском, швидкістю процесів тощо.

Стан екосистеми визначається її структурою, кількісним складом кожної екологічної ніші, трофічними (харчовими) зв'язками, енергобалансом тощо.

Стан економічної системи визначається обсягом товарно-грошових потоків, що проходять через систему, балансом її доходів-витрат та ін.

Процес розвитку системи нерозривно пов'язаний з її зміною. У ході зміни системи відбувається зміна її станів. Тобто можна сказати, що змінюються ті параметри, які визначають стан системи.

Розвиток як феномен

Невблаганно й об'єктивно неминуче розкручується спіраль розвитку матерії у Всесвіті і на нашій маленькій планеті. Причому в масштабах планети ми спостерігаємо прискорення темпів цього розвитку. Ледей уловимий спочатку рух, майже топтання на місці, поступово набирає темп. Усе більш швидкими і крутими ставали витки цього процесу. Давайте замислимось, від чого залежить стабільність і швидкість процесу розвитку.

Відповідно до енциклопедичного визначення, *розвиток* – необоротна, спрямована, закономірна зміна матеріальних (організм, екосистема, підприємство) та ідеальних (мова, культура, релігія) об'єктів. Тільки одночасна наявність трьох зазначених властивостей виділяє процеси розвитку серед інших змін (Філософський, 1983).

Розвиток – це необоротна, спрямована, закономірна зміна.

Дійсно, *необоротність* уберігає систему від циклічного повторення (тобто сталості). *Спрямованість* забезпечує можливість накопичення змін і виникнення нової якості:

- від спадної до висхідної;
- від старої до нової;
- від простої до складної;
- від нижчої до вищої;
- від випадкової до необхідної.

За відсутності *закономірності* відсутній і розвиток, а є тільки хаос – незв'язаний, безпричинний і нескінченний набір випадків.

Необоротність – властивість процесів довільно протікати в певному напрямку без можливості природного повернення у вихідний стан. Система, у якій відбулися необоротні процеси, не може повернутися у вихідний стан без того, щоб у навколишньому середовищі не залишилося якихось змін.

Примітка

Найбільш яскравим прикладом необоротних процесів є видавлювання пасти з тюбика. До цього ж класу явищ належать: падіння води з водоспаду, остигання плити, намагнічування заліза і т.ін. Повернути у вихідний стан зазначені системи можна, лише *приклавши* додатково енергію. Інакше кажучи, у зворотному напрямку зазначені процеси *довільно* протікати не можуть. Виконання ж додаткової роботи неминуче пов'язане зі змінами в зовнішньому середовищі. Усі необоротні процеси нерівноважні, а отже, несиметричні в часі (тобто минуле і майбутнє несиметричні стосовно сьогодення).

Спрямованість передбачає здатність системи змінюватися в одних напрямках більшою мірою, ніж в інших.

Може здатися, що *необоротність* і *спрямованість* – близькі за змістом поняття. Але це не так. Необоротність і спрямованість мають різні функції. *Необоротність* убезпечує систему від довільного «скочужання» в попередній стан, *спрямованість* надає змінам певного вектору.

Необоротність разом зі *спрямованістю* можуть значною мірою прискорити розвиток системи. При цьому необоротність буде закріплювати зміни, що відбуваються, не надаючи можливості системі повернутися в попередній стан. (Так альпініст, просуваючись до вершини і закріплюючись, щоразу страшує себе від скочужання вниз.) *Спрямованість* надає змінам найбільш ефективного характеру: попереджає безцільні хитання з боку в бік.

Закономірність – властивість системи відповідати певним законам (Ожегов, 1981). У свою чергу, закон – це необхідний,

істотний, постійно повторюваний взаємозв'язок явищ реального світу, що визначає етапи і форми процесу розвитку явищ природи, суспільства і духовної культури (Соціологічний, 1998).

Закономірність забезпечує змінам відповідність причинно-наслідковим зв'язкам, коли за тих самих обставин зміни системи відбуватимуться цілком певним чином. Коли з одних і тих самих причин за тих самих умов (що істотно!) завжди впливатиме той самий наслідок. Як такий наслідок може розглядатися стан системи. Однаковий ланцюг змін при однаковому вихідному стані повинен приводити до однакового кінцевого стану.

Саме ці три властивості: *необоротність*, *спрямованість* і *закономірність* – можуть надати змінам системи характер *розвитку*. Зазначені властивості є формальними необхідними ознаками феномену розвитку. Але навіть їх наявність не дає достатніх причин кваліфікувати той чи інший процес як розвиток. Значною мірою глибина цього явища, у тому числі сутність його суттєвих ознак, розкривається нашим суб'єктивним сприйняттям даного поняття.

Сам термін «розвиток» уже несе певне значення не навантаження, свідомо чи несвідомо закладене в нього носіями мови.

По-перше, термін «розвиток» передбачає *впорядкованість*. Хоча розвиток не завжди пов'язаний лише з прогресивними змінами (іноді – у чому ми переконаємося далі – він може йти і регресивним шляхом до згасання), проте цей процес сприймається як своєрідний антипод деструкції, тобто руйнування. Так, процес може «розвиватися» за несприятливим сценарієм, що, зрештою, може привести до краху системи, однак, як правило, при цьому передбачається впорядкований, а не хаотичний, деструктивний процес.

По-друге, поняття розвитку значною мірою передбачає певну можливість *стохастичності* (тобто випадковості) і невизначеності, яка не знімається. Це зумовлюється головним чином тією обставиною, що зміни, які спричинюють розвиток, являють собою піонерні процеси. Вони відбуваються в середовищі, стан якого не відомий заздалегідь і залежить від взаємодії значної кількості випадкових факторів.

По-третє, розвиток передбачає зміни системи внаслідок її *внутрішньої діяльності*. Як правило, дієслово «розвивати(ся)» вживається з часткою -ся.

Таким чином, процеси розвитку систем передбачають, у першу чергу, активну роль внутрішніх механізмів *самоорганізації* систем.

З урахуванням вищенаведених уточнень визначення розвитку можна сформулювати таким чином: *розвиток* – необоротна, спрямована, закономірна зміна системи на основі реалізації внутрішньо властивих їй механізмів самоорганізації.

Існує відмінність між поняттями «самоорганізація» і «саморозвиток систем».

Самоорганізація – це процес упорядкування внутрішньої структури і потоків через систему речовини, енергії та інформації, який забезпечується механізмами регуляції самої системи (механізми зворотного зв'язку).

Саморозвиток – внутрішньо необхідна довільна зміна (трансформація) системи, обумовлена її суперечностями.

Як бачимо з даних визначень, між процесами самоорганізації і саморозвитку існує суперечність. Самоорганізація спрямована



на впорядкування системи, що обумовлює досягнення цілком певної *стійкості* (стабільності) системи, у той час як саморозвиток однозначно передбачає її *зміну*. Це протиріччя, проте, має діалектичний, взаємообумовлений характер, адже саморозвитку (а отже, і змін) не може бути без самоорганізації. Саме остання забезпечує стан стійкості, при якому система здатна акумулювати енергію, необхідну для подальших її трансформацій.

Таким чином, феномену розвитку властива деяка суперечливість. З одного боку, розвиток передбачає здатність системи зберігати стійкість і протидіяти змінам – без цього не можуть бути забезпечені незворотність і спрямованість. З іншого боку, розвиток нерозривно пов'язаний зі здатністю системи до трансформацій, адже розвиток – це насамперед зміни. Про те, як природа вирішила це суперечливе завдання, – далі.

Дві умови порядку

Якби недосвідчену в теоретичних премудростях людину попросили дати відповідь на питання, що таке розвиток системи, вона б, напевно, відповіла щось на зразок: «Це підвищення порядку в системі». Підвищення впорядкованості – це справді основний зміст процесів розвитку системи.

Порядок, цілком імовірно, може бути визначений як *наявність умов для стійких* (тобто таких, що тривають відносно великий період часу) *спрямованих змін*. Подібними змінами можуть бути: механічний рух, фізичні чи хімічні трансформації, економічні процеси тощо. Для нас, наприклад, еталоном упорядкованого руху є робота годинника. Намагаючись підкреслити порядок у роботі якихось служб, ми говоримо: точно, як годинник. Точно за розкладом можуть ходити потяги, працювати пошта, виплачувати зарплату бухгалтерія і т.д. Але порядок пов'язаний не тільки з фактичними змінами, але й з потенційно можливими.

Примітка

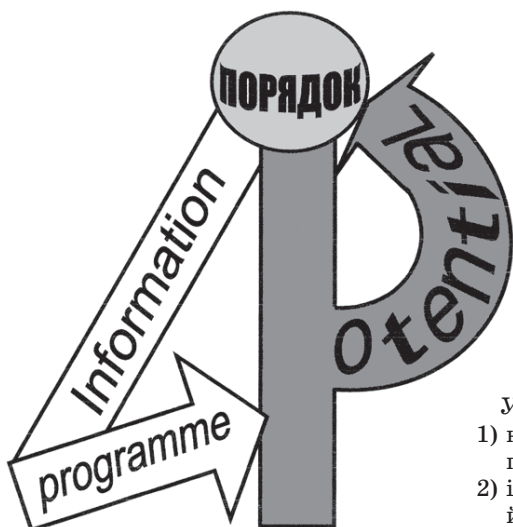
Тут доречно, можливо, більш докладно прокоментувати умови саме потенційно можливих змін.

Ми не постійно (тобто безупинно) користуємося електроенергією чи послугами електронної пошти, Інтернету. Однак постійно існує можливість їх використовувати. Цю можливість (порядок) створюють організовані певним чином спеціальні мережі та їх особливі фізичні (електромагнітні) властивості.



Ми не безперервно купуємо щось у магазині і навряд чи безупинно користуємося послугами сервісу, зв'язку. Але за необхідності ми можемо піти в магазин і придбати необхідний нам предмет. Працівники сервісу готові виконати наше замовлення, як тільки ми до них звернемося. А телефонна станція цілодобово готова з'єднати нас із потрібним абонентом. Упевненість у безвідмовній роботі цих служб існує там, де чітко діють товарно-грошові відносини. Саме вони створюють *порядок* економічної системи. Це означає, що існують, як мінімум, дві умови – організаційна структура пропозиції та економічний потенціал (платоспроможність) попиту. Останнє передбачає потребу (інтерес) і платоспроможність покупця (клієнта).

Для того щоб у певному місці простору виник *порядок*, необхідні дві умови. По-перше, необхідна наявність тут енергетичного *потенціалу*, здатного викликати до життя певні зміни (рух). По-друге, ця частина простору має бути певним чином інформаційно *організована*, щоб надати змінам, що виникають, стійкого спрямованого характеру.



- Умови впорядкованості:*
- 1) наявність енергетичного потенціалу;
 - 2) інформаційна програма його реалізації

Дві обов'язкові умови порядку:

- наявність енергетичного потенціалу;
 - інформаційна програма його реалізації.
-

Потенціал (від лат. *potentia* – сила) – це наявність у певного об'єкта (точки, системи) фізико-хімічних властивостей (рівня висоти, тиску, температурних характеристик, електромагнітної зарядженості та ін.), що створюють можливість виконати роботу. Оскільки будь-який об'єкт має той чи інший енергетичний потенціал, найчастіше найбільш істотним моментом є різниця потенціалів між об'єктами (суміжними точками, системою і зовнішнім середовищем, окремими частинами системного цілого). Тому будь-яка нерівномірність, а точніше, нерівноважність є рушійною силою змін.

Інформаційна упорядкованість – це стійка, організована в просторі і часі спрямованість матеріально-енергетичних потоків, що забезпечують функціонування (життєдіяльність) системи.

Упорядкованість системи в просторі забезпечується її структурою. Під **структурою** (від лат. *structura* – будова, розташування, порядок) звичайно розуміють розташування в просторі окремих частин системи і сукупність стійких зв'язків між ними.

Упорядкованість у часі забезпечується внутрішньо властивим системі своєрідним «таймером», що керує послідовністю перебігу процесів.

Відповідно, *хаосом* (безладдям) логічно назвати стан, протилежний порядку, тобто відсутність умов для стійких спрямованих змін.

Отже, причинами хаосу (безладдя) є:

- а) відсутність інформаційної впорядкованості реалізації енергетичних потенціалів;
- б) відсутність самих потенціалів.

Примітка

Як відомо, абсолютного спокою в матеріальній природі не існує. Частки завжди коливаються навколо своєї осі. Зате у фізиці існує поняття «абсолютний хаос». Він настає при рівномірному розподілі елементарних частинок, що мають однакові потенціали. У цьому разі випадкові хаотичні коливання і зіткнення частинок не можуть спричинити хоч якийсь спрямований рух. За іронією долі «абсолютний хаос» називають також «рівноважним порядком». Подібну «безжиттєву впорядкованість» можна порівняти хіба що із «залізною дисципліною» на цвинтарі, де ніхто нікому не заважає.

На жаль, зазвичай наша свідомість із працею пов'язує хаос, а зі спокоєм – порядок... Навіть у тих випадках, коли це «вічний спокій», що означає «рівноважний порядок». Можливо, це відбувається тому, що в нашому бурхливому житті ми звикли пов'язувати хаос, скоріше, з безмежними швидкостями і рухами. Хаос – це пробки й аварії на дорогах, це бійки на стадіонах, це безсистемний шум в аудиторіях. І це теж справедливо, адже всі ці явища – перший крок до абсолютного хаосу, який означає вічний спокій, початок шляху, що веде до безглуздої втрати енергії суспільством, зростання його ентропії.

«Рівноважний порядок» і «упорядкований рух». Які близькі за звучанням ці поняття і наскільки полярні за змістом! Перше символізує шлях деградації, друге – дорогу розвитку і прогресу.

За мільярди років еволюції на Землі природа змогла виробити універсальні механізми забезпечення порядку в системах.

Відкритість системи

Для забезпечення свого розвитку будь-яка система має «вирішити» дві принципові проблеми. По-перше, вона повинна десь отримувати енергію. По-друге, вона має бути певним чином внутрішньо структурованою (організованою). Ця організація має поряд з іншими забезпечити здатність накопичувати, закріплювати і перетворювати енергію. Усе це потрібно, у кінцевому рахунку, для здійснення тих самих незворотних, спрямованих і закономірних змін.

Шлях вирішення першої проблеми очевидний. Система має бути *відкритою*, тобто мати обмін із зовнішнім середовищем. Тільки за такої умови система може забезпечити приплив енергії. **Відкритість** системи – це її здатність здійснювати обмін (метаболізм) із зовнішнім середовищем.

Метаболізм (від грец. *metabole* – зміна, перетворення) – це обмін речовиною, енергією та інформацією системи з зовнішнім середовищем, а також окремих частин системи між собою. Завдяки метаболізму система вилучає із зовнішнього середовища енергію чи енергонасичені речовини і скидає туди відходи своєї діяльності (у тому числі енергію та енергетично збіднені речовини). Крім того, завдяки тому самому метаболізму, але вже всередині системи (обмін між субсистемними утвореннями) відбувається перетворення речовини і трансформація одних видів енергії в інші.

Таким чином, відкритість системи та її метаболізм формують енергетичний базис процесів розвитку.

Про стаціонарність і гомеостаз

Значний час *енергетична функція* вважалася єдиною функцією обміну. Мало хто замислювався про мету існування самої системи і про глибинний зміст процесів її розвитку.

Сьогодні всі розуміють наївність такого погляду. Кількісне збільшення кожного з параметрів системи не завжди означає поліпшення її якісного стану. Це давно зрозуміли ті, хто ціною неймовірних зусиль сьогодні бореться (часто безуспішно) за те, щоб позбутися зайвих кілограмів своєї ваги.

Проблему інформаційної впорядкованості системи природа вирішила на основі явища *стаціонарності*.

Як бачимо, у світогляді людей відбувається еволюція погляду на співвідношення кількості і якості в системі.

Одним із перших на цю проблему звернув увагу нобелівський лауреат Е. Шредінгер, коли у своїй лекції в 1944 році раптом заявив, що біологічні істоти живляться «негативною ентропією». Інакше кажучи, вони вилучають із зовнішнього середовища порядок і експортують туди безладдя, що утворилося в їхньому організмі. По правді кажучи, навіть сьогодні це звучить, як мінімум, незвично, хоча й змушує замислитись...

У чому ж головна особливість погляду вченого? А в тому, що нарівні з матеріальними компонентами процесів обміну (тобто з речовиною та енергією) він запропонував враховувати також

інформацію. Адже саме інформаційна характеристика системи є мірою її впорядкованості.

Стаціонарним станом у фізиці називають стан системи, при якому деякі істотні для характеристики системи величини не змінюються з плином часу. Для розглянутих систем, що самоорганізуються, такою істотною характеристикою є *рівень гомеостазу*. Тільки при ньому система може існувати, залишаючись тим, чим вона є.

Приклад

Лише при температурі тіла в межах 36,6 °С людина може існувати як біологічний організм. Відхилення температури тіла на кілька градусів у той чи інший бік є фатальним для відкритої стаціонарної системи за назвою «людина». Хоча межі цих припустимих змін у кожного організму можуть бути власними.

Стаціонарний стан також називається динамічною рівновагою, чи квазірівноважним станом.

У стаціонарній же системі всі компоненти знаходяться в стані стійкої *нерівноваги* відносно один одного. Що ж тоді в системі урівноважене? Урівноважені сили впливу на кожний компонент системи (напр., підведення і відведення тепла, підвищення і падіння тиску тощо). Рівновага – але динамічна. Тому стаціонарний стан називають також *стійкою нерівноважністю*.

Стан стаціонарності системам вдається забезпечити завдяки підтриманню *гомеостазу*.

Гомеостаз (від грец. *homoios* – подібний, однаковий і *statis* – нерухомість, стан) – динамічна відносна сталість складу і властивостей системи.

Гомеостаз необхідний системі з двох причин. По-перше, окремі складові ланки системи (її підсистеми) можуть функціонувати лише у відносно вузькому інтервалі своїх параметрів. По-друге (що безпосередньо пов'язане з першою причиною), для такого функціонування потрібне підтримання у відносно вузьких інтервалах різниці потенціалів як між системою і зовнішнім середовищем, так і між окремими частинами системи.

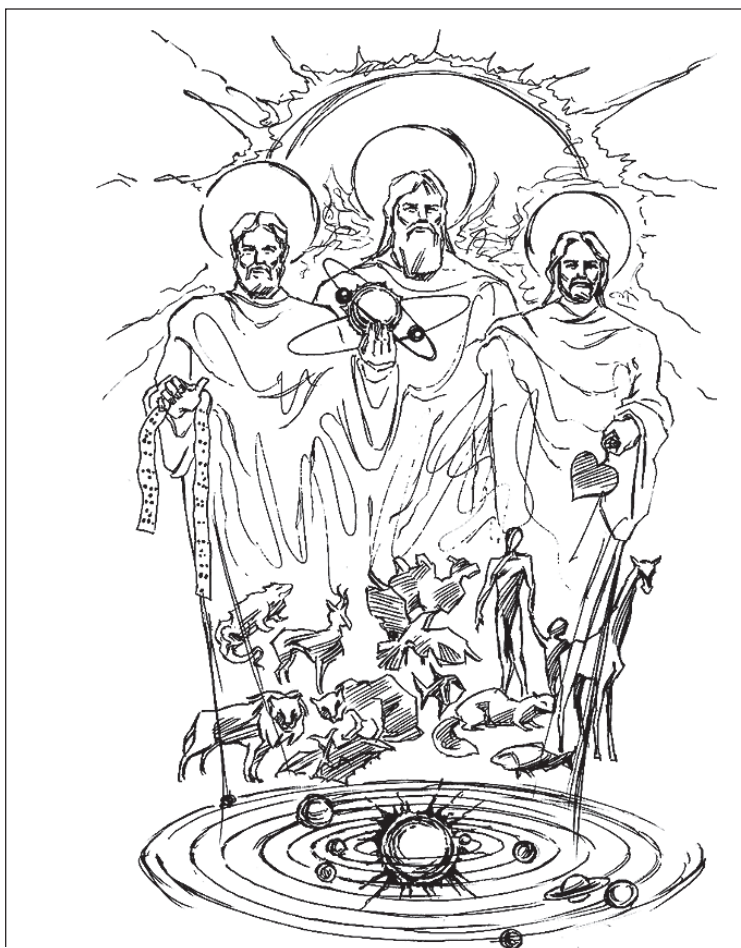
Фактично властивість стаціонарності є тим, що робить кожен природну систему системою, надає їй вигляду неповторності та самотності. Кожний біологічний вид має сталість відмітних ознак, що відрізняють його від інших видів, у тому числі: середні вага і ріст, склад крові та інших рідин, температура тіла тощо. Варіації цих параметрів відрізняють окремі особини всередині виду.

Гомеостаз є феноменальним винаходом і витвором природи. Саме завдяки гомеостазу вдається забезпечити передумови незворотності та спрямованості перебігу фізико-хімічних процесів. Роль стаціонарності та гомеостазу в процесах існування і розвитку систем стає добре зрозумілою на прикладі живих організмів.

*Власне, гомеостаз – це те, що робить будь-яке *ціле, складене з частин* (а саме такий первісний зміст терміна «система»), *системою, що самоорганізується.**

*Стаціонарність означає виконання триєдиної функції: створити *різницю потенціалів* між системою і зовнішнім середовищем; постійно *утримувати її* протягом певного часу; зберігати при цьому *незмінний рівень потенціалів.**

Виникнення на Землі живих організмів, які досконало опанували техніку управління гомеостазом, стало колосальним поштовхом у розвитку природи планети, який різко прискорив темпи еволюційних процесів.



Розділ 2

Першооснови формування систем



Сутнісні начала природи, або Чого навчає вчення про Трійцю

Навряд чи можна судити з повною мірою достовірності про глибинний зміст процесів, які відбуваються в природі. Особливо про первинні причини, що приводять ці процеси в дію. Таємниці природи завжди залишаються розгаданими не до кінця. Наші знання ніколи не бувають абсолютно повними і завершеними. Ми можемо лише в міру свого пізнання судити про ті результати, що являє світові природа. Саме ці продукти: від елементарних частинок і величезних галактик до людини і суспільних об'єднань – і є кінцеві на даний момент творіння природи, які, утім, ніколи не бувають закінченими. Тому що процеси творення, у яких природа реалізує свою креативну функцію, ніколи не закінчуються.

Формування предметів і явищ природи відбувається в єдності її сутнісних начал. *Сутнісні начала природи* – це вихідні основи формування всіх предметів і явищ.

Ми можемо лише робити припущення щодо глибинного змісту сутнісних начал. Цілком імовірно, що його принципово неможливо збагнути, адже сутнісні начала – це те, що лежить в основі всіх процесів і явищ природи. Вони є своєрідною вихідною «субстанцією» всіх без винятку природних творінь – як об'єктивних, так і суб'єктивних. Ці творіння охоплюють саму матерію, пов'язані з нею простір і час, а також матеріально-інформаційні форми розвитку природи. Останні можуть виступати і як об'єктивні (види речовинної природи), і як суб'єктивні (наприклад, людська особистість) сутності.

Сутнісні начала є першопричиною виникнення світобудови і рушійною силою процесів розвитку природи. Отже, сутнісні начала мали існувати до виникнення (творіння) згаданих об'єктів світобудови і, цілком імовірно, повинні залишатися після

можливого припинення існування матеріального світу (якщо таке настане). Як бачимо, сутнісні начала повинні мати риси, властиві так званим трансцендентним силам. Найважливішими з подібних характеристик, на наш погляд, є дві.

По-перше, джерела сутнісних начал перебувають поза сформованих ними явищ і предметів природи, тобто є зовнішніми стосовно них. При цьому самі сутнісні начала формують глибинний зміст будь-яких явищ і предметів світобудови.

По-друге, сутнісні начала в принципі не можуть бути до кінця осягнені людиною. Людина за своєю природою не може повною мірою збагнути явище, яке її сформувало, і, отже, є феноменом більш високого рівня. У цьому сенсі дане явище може вважатися умовно безкінечним порівняно з обмеженою природою людини.

Цілком імовірно, що людство мало накопичити певний досвід дослідження сутнісних начал. Логічно припустити, що велика частина цього досвіду сконцентрована в релігійних ученнях, які головну увагу приділяли саме трансцендентним явищам. Тому видається доцільним уважно підійти до релігійної спадщини не тільки з погляду вивчення теологічних постулатів чи етичних принципів, але також на предмет дослідження відомостей загальнонаукового характеру. У першу чергу йдеться про природу і зміст сутнісних начал. Це важливо ще й тому, що протягом тривалого періоду розвитку людства релігія виконувала функції як власне теологічного, так і наукового інститутів.

Відповідно до християнського вчення *Трійця* виражає характерний зміст Бога. Бог представлений єдністю трьох Божественних Іпостасей (Сутностей): Бога-Отця, Бога-Сина і Бога-Духа Святого. Дозволимо собі припустити, що взаємодія Іпостасей Трійці відбиває природу діалектики сутнісних начал у процесах розвитку. Або інакше: природа сутнісних начал є аналогом (діючою моделлю) реалізації єдності Божественних Іпостасей Трійці.

Переходячи до характеристики сутнісних начал природи, візьмемо на себе сміливість припустити, що як такі начала виступають *енергетична потенція, інформаційне начало і синергетичний феномен*, що означає здатність розрізнених частин природи довільно поєднуватися в структури з *колективною поведінкою*.

Таємниці і таїнства природи

Енергетична потенція. Дозволимо собі припустити, що аналогом *Бога-Отця* в явищах природи є вихідна потенція до руху, що споконвічно присутня в природі. Походження цієї потенції і є *першим і первинним таїнством* природи. Первинним тому, що це є першопричиною виникнення сутнісного світу. Цілком імовірно, що вихідне джерело, або рушійна сила, даної потенції незбагненна в принципі, і в цьому розумінні обґрунтовано може бути названа божеством не тільки в релігійному, але (умовно) і в науковому плані.

Примітка

Ідеалісти як першопричину руху називають Бога. Матеріалісти ж просто констатують факт іманентності руху, що властивий усім формам буття. Фактично і ті, і інші визнають те саме. Відмінність полягає лише в тому, що в першому випадку Бог визнається абсолютно, а в другому – умовно, як непізнана (а можливо, і в принципі непізнанна) першопричина, що лежить поза явищами матеріального світу. Фактично в даному випадку виникає необхідність визнання трансцендентної сили.

Інформаційна основа. Інформаційний феномен є ще одним началом природи і, імовірно, може розглядатися як аналог Бога-Сина (Біблійного Слова, Логосу) у явищах природи. Як уже зазначалося, в основі формування (виникнення, творіння) усіх предметів і явищ природи лежить *рух*. Природні сутності – від елементарних частинок до найскладніших біологічних організмів – розрізняються *інформаційними програмами* реалізації цього руху.

Саме вони складають основу предметів і явищ природи. Сама *інформація* народжується з різної здатності природних сутностей реалізувати енергетичну потенцію природи. У цьому розумінні інформація начебто вторинна. Вона народжується з першопричини – руху. Однак здатність до змін стає інформацією, лише будучи закріплена пам'яттю. Пам'ять, імовірно, і є *другим таїнством* природи. *Пам'ять*, а саме здатність природи фіксувати (закріплювати) і стійко відтворювати свої стани (здатність до руху), є такою ж фундаментальною властивістю природи, як і рух. Без пам'яті було б неможливе виникнення не тільки життя або вищих тварин, але й таких сутностей, як частинки, атоми, молекули, тобто енергії і речовини.

Сучасна наука, проникнувши в глибини матерії, виявляє, проте, неспроможною відповісти на питання, *хто* або *що* дозволяє природі *пам'ятати* і безпомилково *відтворювати*

близько 50 різних фізичних сталих величин. Найбільш відомі з них: швидкість світла, елементарний заряд, маса спокою електрона, маса спокою протона, класичний радіус електрона, стала Планка, число Авогадро, електрична стала, газова стала, стала Больцмана, гравітаційна стала, нормальне прискорення та інші... А ще: розміри (радіуси, обсяги) і маси атомів різних хімічних елементів; розміри (діаметри) і маси молекул різних речовин; властивості різних речовин (наприклад, густина, температура плавлення і кипіння, теплопровідність, електропровідність), тобто все те, що уможливорює існування, зміну і розвиток матерії.

Примітка

Для ідеалістів інформаційна основа – це Божественний задум (Біблійне Слово, Логос), що передував процесам творення, народжуючись від Бога-Отця.

Матеріалісти ж не можуть не визнати факт незбагненого явища, яке змушені адресувати знову ж до трансцендентного феномену. Таким феноменом варто визнати наявність (а точніше, виникнення) пам'яті в природних структур (систем), що народжуються.

Інформація як носій характерних (розпізнавальних) ознак предметів і явищ природи народжується з їх різної потенції до руху (енергетичної потенції). Повторимося, що ця потенція може стати інформацією тільки в тому випадку, якщо буде закріплена пам'яттю. Саме пам'ять перетворює випадковий імпульс руху в постійно повторюваний системою енергетичний потенціал або сукупність енергетичних потенціалів, властивих предмету або явищу. Фактично *пам'ять* – це те, що створює різні предмети і явища природи (природні сутності з одного й того самого «будівельного матеріалу») – *потенції до руху*.

У людині завдяки такому виду пам'яті, як мозок, інформаційна сутність розвинулася до виникнення віртуальної форми її прояву. Мова йде про людську особистість, яка здатна, по-перше, до формування інформаційних образів у відносному відриві від об'єктивної реальності; а по-друге, до пізнання природи, включаючи свою власну природу.

Примітка

Науковий світ і сьогодні дивується таким загадкам природи, як генетичний код і мозок. Ці творіння природи дійсно заслуговують на подив і захоплення. Дотепер розгадані лише деякі суто технологічні аспекти функціонування цих систем пам'яті. Залишається загадкою, як і чому вони виникли? Що є рушійною силою закріплення і, головне, відтворення інформації?

Але хіба не менш дивним є наявність пам'яті в природних сутностях добіологічного рівня?! Що дозволяє частинкам, атомам, молекулам, хімічним сполукам пам'ятати і безпомилково відтворювати свої властивості: заряд, масу, орбіти частинок, склад ядер, хімічні і фізичні характеристики (температури плавлення і кипіння, електро- і теплопроводності, форми кристалів і багато іншого)?

Таїнством є те, що для виникнення зазначених природних сутностей пам'ять повинна була виникнути... раніше від них або існувати в природі постійно, поступово реалізуючись у її творіннях.

Синергетичний феномен. Явище самоорганізації складних систем було відкрите лише в другій половині ХХ століття. Це явище є предметом нової науки – синергетики, яка спирається також на подібність математичних моделей, що описують процеси самоорганізації в системах різної природи. Один з основоположників синергетики Хакен визначив її як науку «про *колективну поведінку* підсистем, що утворюють систему». Кооперативність, узгодженість, синергетизм, а також нелінійність, складність, відкритість є основою процесів самоорганізації. Основою реалізації синергетичного феномену складають процеси самоорганізації *відкритих стаціонарних систем*.

Відкриття явищ самоорганізації в неживій природі (нагадаємо, що поштовхом до цього послужила реакція Білоусова – Жаботинського) надає можливість по-новому поглянути на процеси розвитку природи.

Синергетичний феномен, який визначає здатність окремих розрізнених частин природи (підсистем) поєднуватися в системи «з колективною поведінкою», цілком імовірно, може розглядатися як аналог Святого Духа. Існування зазначеного феномену є *третім таїнством* природи.

Загадкою тут є те, чому і яким чином розрізнені, у тому числі неживі, частини простору раптом починають поводитися узгоджено. Останнє означає такий вид поведінки, який можна було б пояснити, якби зазначені підсистеми, по-перше, були живими організмами (з пам'яттю і здатністю реагувати на зовнішній вплив); а по-друге, між частинами існував би постійний комунікативний (тобто інформаційний) зв'язок. Саме цей синергетичний феномен у сполученні з енергетичною потенцією та інформаційним началом є основою самоорганізації і саморозвитку систем і головним інструментом творчої (креативної) активності природи.

Примітка

Як зазначає енциклопедичний словник «Християнство», «Бог – це *абсолютно вільна особистість*». Це також «*бескінечна сила (самопричина і причина усього), досконалий розум і безмежна любов*» (Християнство, т. 3, 1995). Можна припустити, що властивість *безкінечної сили* є аналогією енергетичної потенції, властивість *досконалого розуму* характеризує інформаційне начало, а властивість *безмежної любові* відповідає синергетичному феномену природи (коли розрізнені частини простору перетворюються на систему «з колективною поведінкою»).

Феномен *синергії* є одним із найменш вивчених у науці. Тут ми зупинимось більш докладно на явищах, що склали в основу вивчення зазначеної науки.

Синергія походить від грец. *synergeia* – «спільна дія», отже, синергетизм – це взаємодія різних потенцій або видів енергій у цілісній дії.

Феномен *синергії*, або *синергетизму*, має кілька моментів. Насамперед йдеться про явища, що виникають від спільної дії кількох різних факторів, у той час як кожний фактор окремо до подібного явища не приводить.

Примітка

Не випадково в медицині, де розглянуте поняття з'явилося одним із перших, *синергізм* означає варіант реакції організму на комбінований вплив двох або кількох лікарських речовин, який характеризується тим, що сукупна дія препаратів сильніша за вплив кожного окремого компонента.

Роботи Г. Хакена дали можливість поглибити зміст *синергії*. За визначенням вченого, це не тільки спільна дія кількох факторів, що приводить до якісно нового результату, але «*кооперативна*» *взаємодія* між елементами системи, за якої вони виявляють ознаки *колективної поведінки*. У результаті цього сукупність окремих елементів перетворюється в єдину цілісну систему.

Щоб явище синергетизму відбулося, необхідна наявність в елементів системи цілої низки важливих властивостей:

- 1) *здатності реагувати* на зміни зовнішнього середовища;
- 2) *когерентності* (погодженості) окремих елементів системи, що полягає в синхронності процесів змін стану різних елементів системи, яка виявляється в просторі в короткострокові періоди часу;
- 3) *кoeволюції*, що передбачає збіг у різних елементів системи трансформаційних циклів розвитку, який виявляється в довгострокові періоди часу;

- 4) *взаємодоповнюваності*, що означає зв'язки між елементами системи, побудовані на здатності елементів по-різному змінювати властивості матеріально-енергетично-інформаційних потоків;
- 5) *взаємозалежності*, що означає такі взаємозв'язки між елементами системи, за яких зміна стану одних елементів викликає зміни в інших елементах;
- 6) *взаємовигідності*, яка передбачає, що спільне функціонування елементів поліпшує їх стан більшою мірою, ніж їх роздільне функціонування.

Синергетизм є надзвичайно складним явищем. Його не можна звести до якогось одного виду взаємодії між елементами. Кожний з них відіграє певну роль у формуванні взаємозалежного і взаємообумовленого інструментарію, яким природа забезпечує реалізацію синергії. Цей інструментарій представлений різними явищами природи. Джерела більшості з них покриває завіса таємниці, цілком імовірно, вони є такими ж фундаментальними і незбагненими таїнствами природи, як рух і саме явище синергетизму. Можливо, унаслідок незбагненності вихідних явищ незбагненим є і результуючий феномен синергетизму.

Ризикнемо припустити, що основними механізмами здійснення феномену синергетизму в природі є інтеграція і диференціація.

Діалектика природи завжди передбачає єдність двох процесів – поєднання і поділу. Адже поєднувати можна лише те, що є роздільним. Власне, у цьому і полягає процес творення: розділяючи поєднувати і поєднуючи розділяти. Тому що розділяючи ми одержуємо нову відмінність (різноманіття) і формуємо полюси, що створюють потенцію руху до об'єднання, а поєднуючи, ми отримуємо нову якість, що відрізняється від того, що було раніше, від того, що існує навколо. Це означає, що нова якість розділяє те, що було колись.

Відтворювальний феномен природи. Цілісну творчу здатність природи, тобто її здатність до саморозвитку і формування нових сутностей, очевидно, можна розглядати як *четверте сутнісне начало природи*. Це феномен *інтегральної взаємодії* трьох названих сутнісних начал. Кожне з них, дійсно, відіграє начебто самостійну роль, і разом з тим вони невід'ємні один від одного.

Сутнісні начала Трійці в природі реалізуються через взаємодію *енергії, інформації, синергії*.

Хіба ми не говоримо як про самостійні явища про енергетичну потенцію (здатність до руху, властиву будь-яким формам матерії), інформацію (зокрема, продукт генетичного коду або такої інформаційний феномен, як особистість людини) і, нарешті, про синергетичний феномен, що перетворює окремі частини простору в єдину систему, яка самовідтворюється і саморозвивається?

У той же час потенція до руху може бути реалізована лише відносно того, що може рухатися. Будь-який природний об'єкт, будь-яка сутність природи – це насамперед інформаційна програма, а інформація – це наслідок розходження (різниці) енергетичних потенціалів (здатності до руху). Нарешті, творча здатність природи на основі синергетичного феномену формується у взаємодії перших двох начал.

Діючи подібним чином, тріада зазначених явищ утворює четвертий феномен, який у кінцевому рахунку формує будь-яку природну сутність (кожний конкретний електрон, атом, молекулу або біологічну істоту), утворюючи її внутрішній зміст. Адже щоб ці творіння природи існували на світі, вони повинні в кожній точці свого простору щомоментно відтворювати свої відмітні (розпізнавальні) ознаки. Саме це творче самовідтворення протидіє силам ентропії, тобто процесам саморуйнування природних творінь, які відбуваються одночасно із самовідтворенням у тих же просторово-часових параметрах.

Примітка

Доречно ще раз нагадати, що білки печінки і сироватка крові людини наполовину оновлюються кожні 10 діб, а окремі ферменти печінки – кожні 2–4 години (Биологический, 1989). Деяко перебільшуючи, можна сказати, що на роботу людина йде з однією печінкою, а повертається з іншою – оновленою.

Цей феномен самовідтворення, що перебуває в кожній природній сутності і формує її креативну (тобто творчу основу), цілком імовірно, можна вважати *четвертим таїнством* природи.

Четверте таїнство природи – самовідтворювальний феномен кожної природної сутності.

Ніхто не знає, звідки в кожному творінні природи береться і як побудований той механізм, який щомоментно, знову і знову заводить пружину процесів самовідновного творення даної

природної сутності. Але саме цей механізм, інтегруючи тріаду фундаментальних начал природи (енергії, інформації, синергії), у кожному творінні природи формує його неповторний вигляд.

Природа креативності світобудови, яка відкривається сьогодні людині, змушує по-новому побачити зміст *відкритих стаціонарних систем*. Поняття, яке позначається цими трьома словами, являє собою своєрідний аналог Трійці. Тому що *відкритість* системи символізує енергетичне начало, *стаціонарність* – інформаційне, *системність* – синергію природи... А всі разом – креативний феномен, ще одне диво і таїнство природи, неповторне і самобутнє.

Будь-яка *відкрита стаціонарна система* – своєрідний аналог Трійці.

У традиційній японській релігії *синто* сім мільйонів богів. Кожна тварина, кожне дерево, кожна травинка – бог. З позиції монотеїстичних релігій можна сказати інакше: Бог перебуває в кожному творінні природи. Християни ж скажуть, що неповторний вигляд кожного свого творіння Бог створює силою Божественної Трійці: її енергією, розумом і любов'ю.

З чого створений світ, якого до цього не існувало? – З нічого! А точніше, із сутнісних начал природи.

Саме так, за Біблією, Бог створив Всесвіт. За влучним виразом В. Шкоди (Шкода, 2001), «з нічого – означає із себе». Нова якість створюється із взаємодії трьох фундаментальних сутнісних начал: *руху, інформації (пам'яті)* і здатності до *синергії* (об'єднання).

Про креативність природи і її динамічну «матрьошку»

Під *креативністю* природи розуміють її *здатність до творення*. У свою чергу, *творенням* можна вважати *процеси, спрямовані на збільшення порядку (упорядкованості) у певному об'ємі простору і часу*. Природа реалізує функцію креативності через процеси *самоорганізації* і *саморозвитку* відкритих стаціонарних систем.

Доречно звернути увагу на одну надзвичайно важливу особливість: Природа, або Творець, створюючи свої сутності, фактично *відтворює самовідтворення*. Що це означає? Процес створення Творцем світу або окремих природних сутностей принци-

пово не відрізняється від роботи скульптора, який ліпить, наприклад, із глини фігури людей, тварин або рослин.

Принципова відмінність – у тому, що по закінченні роботи скульптора процес творення закінчується. Далі плоди його роботи можуть тільки руйнуватися під впливом сил природи. З появою на світ *природних сутностей* (а це завжди закономірний акт об'єктивних процесів еволюції природи) процес творення даної сутності лише починається. Адже кожна природна сутність має відтворювати себе заново в кожній її частці й у кожний момент часу її існування. Навіть переривання цього існування означає початок нового відтворювального процесу іншої природної сутності, яка приходить на зміну тій, що залишає буття. Одна частка трансформується в іншу, одна речовина перетворюється в іншу, на зміну одному біологічному виду приходить його наступник.

Примітка

Мабуть, з дуже великим наближенням процес створення Творцем природних сутностей можна порівняти з роботою жонглера, який, розкручуючи на паличках одну за одною тарілки, ставить їх, коли вони круяться, на різні предмети або на себе. Певний час усі розкручені тарілки перебуватимуть у відносно рівноважному обертанні, імпульс якому був наданий ззовні творцем даного номера.

Процеси творення природи є не чим іншим, як *творінням* самих *процесів творення*, що відбуваються багаторазово і багаторівнево за принципом «матрьошки» (прототип англومовного аналога «матрьошки» – цибулина). Створюючи свої творіння, природа «турбується» про те, щоб вони нескінченно довго самі відтворювали своє існування. (Обмеження накладаються лише умовами зовнішнього середовища, у яких можуть існувати дані сутності.) Подібне самовідтворення може відбуватися лише за однієї умови: якщо, породжені в результаті взаємодії трьох природних сутнісних начал, ці створіння самі будуть реалізовувати модель Сутнісної Трійці. Тому створені Трійцею творіння природи самі несуть її риси: *енергетичну потенцію, інформаційне начало і синергетичний феномен* системної взаємодії окремих частин, – будучи своєрідною подобою Трійці.

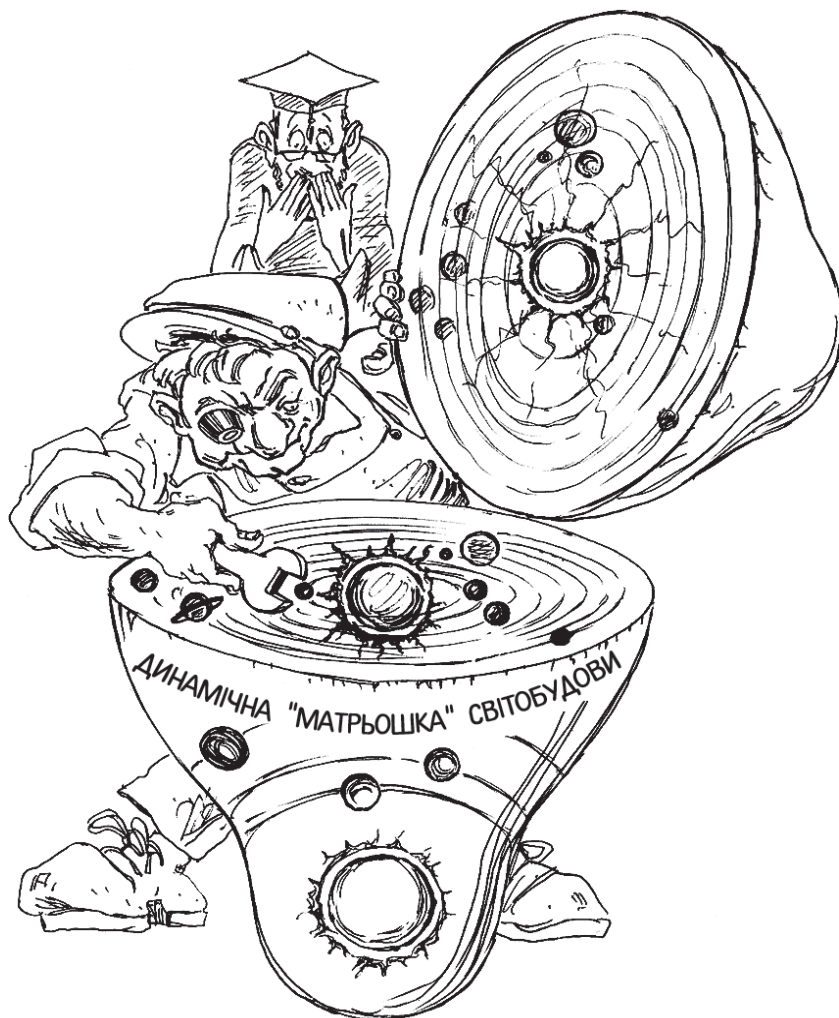
Динамічна «матрьошка» природи. У процесі взаємодії і взаємообумовленості трьох сутнісних начал формуються *природні сутності*.

Природні сутності – це побудовані за типом відкритих стаціонарних систем матеріально-інформаційні утворення, які

несуть у собі закріплені пам'яттю стійко повторювані ознаки даного типу систем, що дозволяють відтворювати їх багаторазово в просторі і часі.

Природними сутностями можна назвати (рис. 2.1):

- елементарні частинки з нульовою масою, які несуть у собі властивості енергії;
- елементарні частинки з ненульовою масою, які несуть у собі властивості речовини;



- атоми і молекули, які несуть у собі властивості хімічних елементів і сполук;
- біологічні види і екосистеми, що забезпечують властивості живої речовини на Землі;
- людські індивідууми;
- створювані працею й інтелектом людини матеріальні системи та економічні утворення, що формують людське співтовариство.

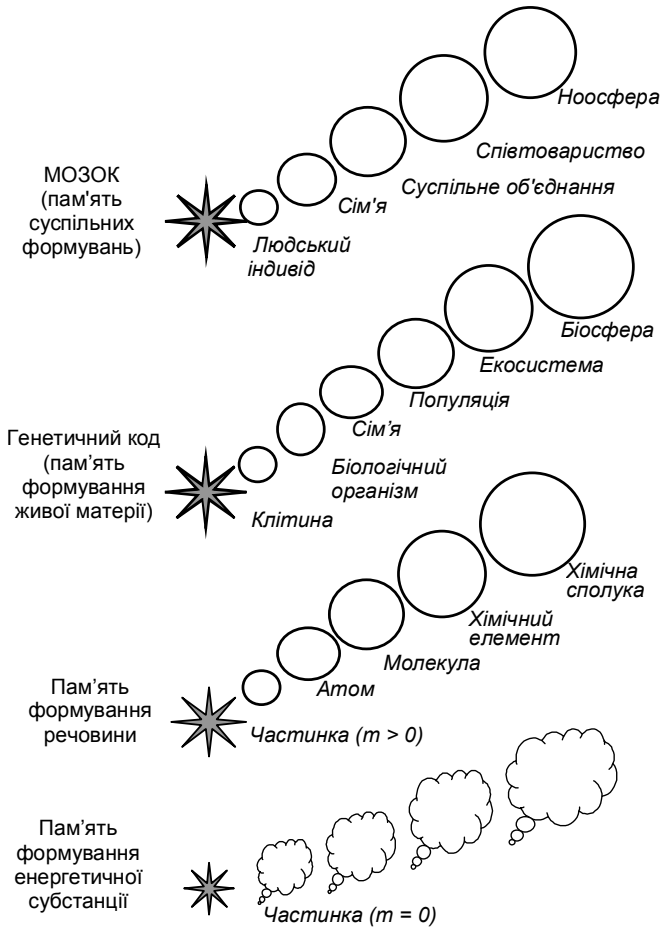


Рис. 2.1. Гіпотетична схема формування сутностей природи

Безумовно, набагато простіше назвати відмітні риси зазначених сутностей. На перший погляд, усі вони різняться і за формою, і за змістом. Більш того, саме питання про подібність, наприклад, атома і людини або молекули і фірми може викликати подив. Однак подібностей у зазначених сутностях набагато більше, ніж може здатися на перший погляд.

По-перше, усі вони належать до одного й того самого класу структур, будучи *відкритими стаціонарними системами*. По-друге, їх існування являє собою систему «вкладених» один в один підпорядкованих циклічних процесів різного рівня, побудованих за принципом «динамічної матрьошки». На думку О. Гавриша, така «матрьошка» відрізняється від свого дерев'яного прототипу тим, що «кожний цикл вищого порядку містить у собі цілу мережу циклів нижчого порядку. Найважливішою рисою такої організації є те, що підлеглі цикли обов'язково відповідають вищому «керівному» циклові так, що являють собою відображення його структури» (Гавриш, 2002). Це, наприклад, означає, що цілі, які стоять перед фірмою, обумовлюють діяльність працюючих у ній людей. Волі останніх підкорюються процеси, що відбуваються в атомах і молекулах, з яких складаються клітини організмів людей. Відповідно, процеси, що відбуваються в атомах і молекулах, можуть реалізовуватися не інакше, як унаслідок руху на рівні *елементарних частинок* і т.д.

Чи є родичами всі природні сутності, або Чи існують єдині закономірності розвитку

Уже сама належність усіх зазначених сутностей до класу відкритих стаціонарних систем обумовлює єдині закономірності їх існування і трансформації. Усі вони можуть існувати, лише підтримуючи *гомеостаз*, що досягається здійсненням *метаболізму*, тобто обміну із зовнішнім середовищем і всередині самих систем. А процеси, що забезпечують динамічну стійкість (стан гомеостазу) і трансформації систем, досягаються двома *видами механізмів зворотного зв'язку* – відповідно негативним і позитивним, а також двома видами *трансформаційних механізмів* – адаптаційним і біфуркаційним. При цьому, безумовно, кожна із згаданих сутностей має свої специфічні форми реалізації всіх зазначених закономірностей.

Як було показано в попередніх підрозділах, будь-яка відкрита стаціонарна система є одночасно і матеріально-інформаційною, і інформаційно-матеріальною сутністю.

Як *матеріально-інформаційна сутність* вона існує для обслуговування матеріальної основи системи. На це спрямовані матеріально-енергетичні обміни системи із середовищем і між окремими частинами системи. На це спрямований також інформаційний контроль за потоками матеріальних субстанцій у просторі й часі.

Як *інформаційно-матеріальна сутність* система існує для реалізації інформаційних функцій системи, тобто діяльності її інформаційної основи. Інформаційні функції передбачають інформаційний контакт (своєрідне «спілкування») між окремими частинами системи. Саме такі контакти забезпечуються потоками матеріальних субстанцій, що виникають у процесі метаболізму.

Таким чином, можна сказати, що інформаційна основа обслуговує матеріальну, а матеріальна – інформаційну. Надзвичайно проблематично говорити про первинність чи пріоритетність матеріальної або інформаційної основ. (Це те саме, що сперечатися про первинність або пріоритетність енергії та інформації.) Разом з тим, очевидно, можна говорити про певну зміну співвідношення між матеріальною та інформаційною основами в ході еволюції природи.

Примітка

На думку І.Р. Алексеєнка і Л.В. Кейсевича, з появою на історичній арені еволюції природи людини виникають підстави говорити про значне збільшення ролі інформаційного компонента в існуванні природних сутностей. Зокрема, на відміну від інших тварин людина більшою мірою почала обслуговувати своє інформаційне начало (емоції), основу якого складають процеси діяльності мозку. У той час як в інших тварин діяльність мозку головним чином підпорядкована обслуговуванню матеріального тіла (Алексеєнко и др., 1997).

У світлі розглянутого в попередніх підрозділах специфічні ознаками природних сутностей можна вважати:

- особливості гомеостазу;
- форми метаболізму;
- механізми зворотного зв'язку;
- еволюційні механізми, що забезпечують фактори трансформації систем: мінливість, спадковість, добір.

Подоби

Наприклад, і електрон, і біологічний організм, і підприємство здатні підтримувати тільки їм властиві форми гомеостазу, тобто відносну сталість своїх ключових параметрів. У електрона це заряд, маса, характеристики орбіти тощо. У біологічного організму – температура тіла, кров'яний тиск, склад

крові та інших рідин в організмі. У підприємства – обсяг і номенклатура продукції, що випускається, її технічні характеристики.

У свою чергу, зазначені властивості не могли б бути забезпечені без механізмів зворотного зв'язку, за допомогою яких і електрон, і організм, і підприємство реагують на зміну зовнішнього середовища.

Усі ці ознаки можуть бути забезпечені лише за умови існування певного типу пам'яті систем. Зокрема, уся жива речовина на Землі сформувалася на основі єдиного типу пам'яті – генетичного коду. Формування суспільних систем відбувалося за участю вже принципово нового типу пам'яті – людського мозку. Візьмемо на себе сміливість припустити наявність ще двох різних систем пам'яті при формуванні спочатку енергетичної, а потім речовинної субстанцій природи (див. рис. 2.1). Створюючи зазначені сутності, природа реалізує свою креативну функцію.

Саморозвиток систем у світлі синергетики

Синергетика про саморозвиток систем. Властивість стаціонарності систем на основі їх здатності підтримувати гомеостаз нерозривно пов'язана з живою речовиною. Але чи варто пов'язувати стаціонарність лише з живою речовиною? У тому розумінні, чи тільки з неї вона починається і чи на ній закінчується?

Відкриття синергетики останніх десятиліть зробили поставлене вище питання риторичним. Виявляється, навіть нежива природа вже має потенцію до самоорганізації і стійкого підтримання гомеостазу, що ще недавно вважалося ледь не вододілом між живою і неживою природою. Навіть сама назва науки «синергетика» звучить мало не викликом і матеріалістичним детерміністам (один наслідок – з однієї причини), які вважають основною причиною зародження життя випадковий збіг обставин (фізико-хімічних умов), і ідеалістичним креалістам, що припускають цілеспрямоване створення (одноразовий акт – «креацію») конкретних біологічних видів Творцем.

Синергетика – галузь наукових досліджень, метою яких є виявлення загальних закономірностей в процесах утворення, стійкості і руйнування упорядкованих часових і просторових структур у складних нерівноважних системах різної природи (фізичних, хімічних, біологічних, екологічних та ін.)

Сторінки історії

Найбільш знаменною подією, що фактично стала поштовхом до розвитку синергетики, є відкриття так званого «хімічного годинника». Посилання на цей факт є неодмінним атрибутом усіх серйозних публікацій із синергетики. Історію відкриття «хімічного годинника» ми відтворюємо за книгою В.М. Ягодінського (Ягодінский, 1985).

В один із весняних днів 1951 р. до редакції солідного хімічного журналу в Москві надійшла стаття «Періодично діюча реакція та її механізм». На редакції робота була сприйнята осудливо. Ще б пак! Адже в ній пропонувалося щось на зразок хімічного аналога вічного двигуна: при змішуванні певних реагентів виникає реакція, яка самопідтримується, протікає дуже довго, що зовні виявляється періодичною зміною кольору розчину. І, хоча автор пропонував продемонструвати реакцію в будь-який момент, опоненти не прийняли цього очевидного факту з тієї простої причини, що він суперечив загальноприйнятій тоді думці про необоротність хімічних процесів.

Автор статті Б.П. Білоусов займався створенням антидотів, що захищають організм від отруйних речовин. Тому він вважав отриману ним дивну реакцію одним із побічних виходів досліджень і не хотів втрачати час на подальші спроби опублікування її результатів.

У той час була опублікована тільки одна робота, в якій узагальнювалися дані Білоусова. У збірнику референтів з радіаційної медицини Інституту біофізики за 1958 р. з'явилось невелике повідомлення, що описує принцип реакції та її можливий механізм.

Тепер на цю коротку (і єдину!) замітку у відомчому збірнику, що вийшов мізерним тиражем, посилаються автори академічних журналів з хімії і біології.

Удосконаленням реакції Білоусова займався аспірант О.М. Жаботинський. Реакція йшла з такою дивовижною ритмічністю, що академік І.Є. Тамм, зазирнувши якось у лабораторію «на хвилинку», пробув біля експериментального столу весь робочий день. Процаючись, академік зауважив, що ця реакція – основа нового напрямку робіт. І він не помилився...

Сьогодні одна з найбільш відомих у світі хімічних реакцій має ім'я Білоусова – Жаботинського.

Сам термін «синергетика» був запропонований німецьким фізиком Германом Хакеном у 1970-х роках. Працюючи над новими джерелами світла і досліджуючи механізми процесів, що відбуваються у твердотілому лазері, Хакен відкрив щось дивне. Частинки, які складають активне середовище резонатора, поводитися, як живі, виявляючи ознаки погодженості(!). Під впливом зовнішнього світлового поля вони починали коливатися в одній фазі. У результаті цього між ними встановлювалася *когерентна*, тобто погоджена, взаємодія, яка зумовлювала в кінцевому рахунку кооперативну, або колективну, поведінку частинки.

У результаті це явище дістало назву «кооперативні процеси». Цим фіксувався той факт, що на погоджену поведінку здатні не тільки люди й інші тварини, але й структури неживої природи.

Здатність до кооперативної поведінки – фундаментальна властивість компонентів природи.

Нобелівський лауреат І.Р. Пригожин досліджував дещо інший аспект проблеми. Він відкрив і вивчив ту зовнішню ознаку, що є характерною для будь-яких відкритих стаціонарних систем. Мова йде про енергетичну ціну, яку змушені платити подібні системи, щоб залишатися відкритими і стаціонарними, адже їх існування і функціонування нерозривно пов'язане з використанням і переробкою енергії. У кінцевому рахунку ці процеси складають суть явищ відкритості і стаціонарності. Завдяки відкритості системи вилучають енергію із зовнішнього середовища. Стаціонарність же сприяє закріпленню енергії в системі. Правда, на це теж доводиться витратити енергію.

У будь-яких процесах перетворення енергії неминучі її безповоротні втрати. Про це тією чи іншою мірою свідчать усі три закони (начала) термодинаміки. Мовою фізиків така необоротна втрата енергії називається її *дисипацією*. Саме на неї звернув увагу І.Р. Пригожин. Адже якщо дисипація енергії є невід'ємним атрибутом відкритих стаціонарних систем, то це явище може бути використане як ознака їх функціонування. До речі, на принципі фіксації даного явища будуються прилади нічного бачення, що уловлюють втрати тепла, випромінювані різними предметами.

Ще один відомий теоретик самоорганізації німецький учений М. Ейген переконливо довів, що відкритий Ч. Дарвіном принцип добору зберігає своє значення і на мікрорівні. Тому він мав усі підстави стверджувати, що генезис життя є результатом процесу *природного добору*, що відбувається на молекулярному рівні.

Описані явища належать до так званого добіологічного рівня. Однак системи, що умовно належать до надбіологічного рівня (суспільні структури і створені руками людини техногенні системи), також мають загальні риси самокерованих систем, найважливішою властивістю яких є *стаціонарність*, заснована на здатності підтримувати *гомеостаз*. Зокрема, цю властивість мають економічні системи різних рівнів: родина, підприємство, національна економіка. Властиві вони й багатьом техногенним системам, створеним працею людини. Про це ми докладно поговоримо в наступних розділах.

Природа як об'єкт і суб'єкт розвитку

У п'єсі з назвою «Еволюція природи на Землі» сьогодні йде третій акт: «Розвиток людини і суспільства». На відміну від театру в природі дії попередніх актів не закінчуються з початком наступних. Події нових актів відбуваються на тлі попередніх. Останні, пішовши з авансцени історії на другий план, продовжують відігравати активну роль, складаючи основу «тканини» подій, що розгортаються на передньому плані.

Подібні паралельні лінії розвитку різних рівнів існування природи називають коеволюцією. *Коеволюція* – це паралельна, спільна, взаємозалежна еволюція різних природних сутностей.

Сьогодні вже неможливо відтворити достовірну картину подій першого акту, віддаленого в просторі й часі. Утім, ми й не ставимо такої мети. Зокрема, добіологічний етап розвитку природи нас цікавить лише з погляду формування передумов розвитку систем на наступних етапах еволюції природи.

Компоненти природного середовища нашої планети є не тільки будівельним матеріалом для виникаючих на ній природних сутностей, але й створюють необхідні умови перебігу і розвитку процесів.

У широкому розумінні слова *природа* – це весь матеріально-енергетичний та інформаційний прояв Всесвіту (Реймерс, 1990). Безумовно, це поняття стосується і живого світу нашої планети, включаючи саму людину.

Під дією еволюційних процесів предмети і явища природи змінюються. Унаслідок цього природа може розглядатися як *об'єкт* розвитку (тобто умовно *природа* – з малої літери). Разом з тим сама Природа і є рушійною силою еволюційних процесів, тобто може вважатися своєрідним *суб'єктом* процесів розвитку (тобто умовно *Природа* – з великої літери). Зазначені два фактори поєднуються у формулюваннях *самоорганізація* і *саморозвиток* природи.

Якщо припустити, що енергетична потенція (або потенція руху) є внутрішньо властивою характеристикою матерії, *еволюція природи* може бути визначена як процес послідовної *емансипації* (визволення) даної потенції за допомогою відтворення інформаційної організації матеріальних структур (або, простіше, інформації).

Дві нерозривні реальності природи

Таким чином, для реалізації розвитку своєї матеріальної субстанції природа має бути представлена двома реальностями – самою *матеріальною субстанцією* і *нематеріальною (інформаційною)* реальністю. Існування обох реальностей невід’ємне одне від одного (на чому ми зупинимося далі). Що сьогодні відомо про ці дві реальності з позицій сучасної науки?

Матеріальна субстанція. *Матеріальна реальність* – це єдина матеріально-енергетична субстанція. Як відомо, речовина може переходити в енергію, а енергія в речовину. Узагальнюючи підходи до сприйняття матерії, що з’явилися останнім часом у науковій літературі (Косинов и др., 2002; Новый, 1998; Социологический, 1998), можна запропонувати таке визначення: *матерія* – об’єктивна реальність, основа буття, що має властивості часу, просторової протяжності, інформаційно-енергетичного збудження і дискретного втілення («дискретний» означає «розділений, переривчастий»). Матерія включає як *речовину* (об’єкти, що мають масу спокою), так і *фізичні поля* (реалізують енергетичну потенцію матерії).



Речовина. Відповідно до класичного сучасного визначення, речовина – це вид матерії, що має масу спокою (на відміну, наприклад, від фізичного поля) (Философский, 1983). Зрештою, речовина складається з мікродискретних утворень (атоми, молекули) і елементарних частинок (електронів, протонів, нейтронів, ін.), маса спокою яких не дорівнює нулю. Отже, можна сказати, що речовина – це дискретне інформаційно-енергетичне втілення матерії (Косинов и др., 2002). Парадоксом є те, що найдрібніші частинки, що мають масу спокою (електрон, протон, нейтрон), самі складаються з частинок, що не мають маси спокою. Уявіть собі, будинок важить кілька десятків тонн, але цеглини, з яких він складений, не важать нічого! Як таке відбувається – ще одна загадка природи.

Речовина може бути представлена у формі будь-якого хімічного елемента або сполуки. У земних умовах речовина зустрічається в чотирьох станах: твердого тіла, рідини, газу, плазми.

Енергія. Під енергією розуміється загальна кількісна міра руху і взаємодії всіх видів матерії (Физический, 1995). Можна сказати, що енергія – це та причина, що за певною інформаційною програмою трансформує одну форму матерії (зокрема, речовини) в іншу, у тому числі переміщуючи в просторі, змінюючи властивості тощо.

Формою реалізації енергії виступає поле. Поле в сучасній системі знань визначене як такий стан матерії, що дозволяє їй реалізувати бескінечно велику кількість ступенів свободи (Новый, 1998, Косинов и др., 2002). Простіше кажучи, дозволяє змінюватися (переміщатися, змінювати форму, властивості, ін.) за безкінечною кількістю напрямків. Фізичне поле – це енергонасичений стан матерії. Прикладами фізичних полів можуть служити електромагнітне поле, гравітаційне поле, поле ядерних сил.

Інформація. Зміст інформаційної реальності автором докладно розглянуто в праці (Мельник, 2002). Інформація – це природна реальність, що несе в собі характерні ознаки предметів і явищ природи, які проявляються в просторі і часі.

Примітка

Властивості і функції інформації багатогранні. У працях різних учених вона розглядається як: повідомлення, задум, нові знання, форми відображення, засіб обміну із зовнішнім середовищем, категорія різниці, міра різноманітності, програма дій, міра обмеження (Див. докладно: Мельник, 2003).

Інформація, що формує просторово-часову відмінність об'єктів (предметів і явищ) природи, створюється за допомогою

закріплених пам'яттю енергетичних потенціалів даних об'єктів. Саме ці потенціали обумовлюють різну здатність змінюватися (або не змінюватися – що те саме) у просторі й часі. Ця здатність і визначає різні властивості об'єктів. Інформація *нематеріальна*, але без неї не можуть бути сформовані *матеріальні* об'єкти – так звані об'єктивні реальності, тобто предмети і явища природи. З іншого боку, сама інформація не може виникнути без матеріальної реальності. Адже, по-перше, вона створюється за допомогою енергетичних потенціалів, які матеріальні, а по-друге, носіями пам'яті, на які записується інформація, також служать матеріальні об'єкти. Отже, процес еволюції природи має чимось нагадувати створення багатoshарового пирога, коли з наявної матеріальної основи формується інформаційна реальність, а та, у свою чергу, бере участь у створенні нового рівня матеріальної реальності – і так без кінця.

Очевидно, подібні закономірності чергування матеріальної та інформаційної реальності присутні з перших митей виникнення матеріальної світобудови. Адже кожне зі створінь природи – від елементарної частинки й атома до людини і соціальних структур – є матеріально-інформаційною сутністю. І відповіді на питання: що первинне – матерія чи інформація, так само важко, як і на питання: що було раніше – яйце чи курка.

Відповідь на це питання, на жаль, справді знаходиться за горизонтом нашого пізнання, десь біля витоків народження Всесвіту. Але «простежити» за окремими процесами створення цього «багатoshарового пирога» і подивуватися винахідливості і витонченості знахідок Природи – справа цілком реальна.

Біля витоків розвитку природи

Природа неоднорідності. Повернемося до завдання впорядкування Всесвіту, яке, скоріше за все, «вирішує» Природа (у тому числі й у масштабах нашої рідної планети).

Виходячи з того визначення *порядку*, що ми дали в попередніх розділах, для підвищення впорядкованості потрібні два вихідних фактори – наявність *енергетичного потенціалу* та *інформаційна програма* реалізації цього потенціалу. І те, і інше потребує неоднорідності простору. Лише при виникненні різниці між окремими частинами цілого може створитися *різниця енергетичних потенціалів* (джерело будь-якого руху) і з'являться передумови виникнення *інформації* – в однакового не може бути характерних розпізнавальних ознак.

Останнім часом учені (серед них нобелівський лауреат І.Р. Пригожин) схиляються до думки, що перша частинка виникла в результаті флуктуації (енергетичного збудження) якогось фізичного вакууму, тобто якоїсь однородної матеріальної першооснови, що залишається загадкою.

Примітка

Для нас не важливо, чи був цей фізичний вакуум якоюсь реліктовою субстанцією, що невпізнанно змінилася в ході формування Всесвіту... Чи він і сьогодні благополучно існує паралельно з нами як черговий рівень «динамічної матрьошки» світобудови, що відіграв свою роль на певному витку еволюції природи і посів своє функціональне місце. (Особисто авторові більше подобається друга версія... У тому числі, і з суто егоїстичних міркувань. Просто хочеться сподіватися, що саме людство збереже місце на своєму рівні «матрьошки», після того як виконає свою історичну місію, створивши над собою черговий рівень зі штучної матерії, що саморозвивається.)

Але для наших міркувань важливе інше. Ми припускаємо, що розглянута субстанція має властивість *відносної* однорідності. Ми говоримо так обережно тому, що сам згаданий фізичний вакуум, скоріш за все, також колись виник як творіння природи з її енергетичної потенції. А це означає, що його однорідність може вважатися такою лише в межах даного етапу творення. Так, як нам здається однорідним борошно, з якого ми ліпимо кондитерські вироби. Не виключено, що неоднорідність – це взагалі невід'ємна властивість природи...

Більш ніж півстоліття тому нобелівський лауреат Е. Шредингер у своїй знаменитій лекції «Що таке життя?» уперше згадав про два шляхи виникнення впорядкованості. «Виявляється, існують два різних «механізми», які можуть утворювати впорядковані явища: статистичний механізм, що створює *порядок із безладдя*, і новий механізм, що виробляє *порядок з порядку*» (Шредингер, 1999).

З висоти сучасних наукових знань починає простежуватися і місце кожного із зазначених механізмів у ході еволюції природи, і інструментарій, що їх реалізує, і... геніальна прозорливість автора наведених рядків, який зумів зазирнути за горизонт пізнань людства.

Прорив першорідної однорідності світобудови (якщо така взагалі мала місце) належить саме до класу механізмів, які створюють «порядок з безладу» (або, як сказали б сьогодні, з «хаосу»). І цей крок Природа зробила, як вважають учені, саме створивши першу частинку. Згодом із них формувалися складні сполуки (тобто сформувався «порядок із порядку»).

Примітка

Висловимо припущення: уже на самому початку могла бути створена не одна частинка, а пари (або безліч пар) частинок. У своїй подальшій творчості природа віддала перевагу бінарності («плюс» взаємодіяв з «мінусом»). Чому й тоді, на початку світобудови, не могла виникнути якась пара: наприклад, надлишок енергетичного потенціалу і його нестача.

Парадокс першої частини

Еволюційне значення розвитку. Замислимося тепер над еволюційним значенням того, що сталося. Створивши першу частинку, Природа змогла вирішити складне і парадоксальне завдання. Справа в тому, що перша частинка – це не тільки енергетичний сплеск простору. Це складне явище *стаціонарного* стримування цього сплеску енергетичної неоднорідності, тобто певного рівня гомеостазу. Щоб це реалізувати, частинка повинна здійснювати обмін із зовнішнім середовищем. Адже ледь утворившись, частинка в точній відповідності з другим началом термодинаміки відразу проявляє свою *дисипативну* активність. Інакше кажучи, починає необоротно випромінювати в зовнішнє середовище наявну в ній енергію, а отже, втрачати її. Втрати цієї енергії мають поповнюватися ззовні, інакше частинка відразу перетвориться в частину однорідного простору, якою була ще недавно. Вона залишатиметься частинкою доти, доки здійснюватиметься такий обмін (метаболізм) із зовнішнім середовищем. І частинка такий обмін здійснює, якщо вона залишається частинкою.

Парадокс полягає в тому, що таку діяльність може здійснювати тільки система. Адже це передбачає також інформаційний контроль процесів і певне (нехай і примітивне) перетворення енергії. Інакше кажучи, щоб стати «найелементарнішою цеглинкою світобудови», частинка сама повинна складатися з інших «елементарних цеглинок». Коло замкнулося... Як природа розв'язала цю проблему, створивши в образі першої частинки відкрити стаціонарну систему, – одному Богу відомо! У даному випадку ця розхожа фраза, цілком імовірно, стає носієм істини...

До чого тут стійкий розвиток, або Кілька висновків до розділу

«Усе це, можливо, й цікаво, – скаже читач, – але як воно стосується до проблем стійкого розвитку?». Як, зокрема, представлені в цьому розділі положення про сутнісні начала природи можуть впливати на наші уявлення про стійкий розвиток? Як їх можна застосувати при формуванні стратегій управління природними і суспільними системами, які б забезпечували стійкий соціально-економічний розвиток?

З визначенням стійкого розвитку ми познайомимось в розділі 12. А поки що обмежимося поняттям, яке, напевно, інтуїтивно відчуває більшість читачів: стійкий розвиток – це розвиток, за якого людина не завдає значної шкоди природним системам, і вони встигають відновлювати себе.

Перше, що необхідно усвідомити, – це те, що існують певні межі нашого втручання в природу. Можливості людини в управлінні природними системами дуже обмежені. Вона здатна лише регулювати і в досить вузьких межах дещо корегувати хід процесів, які відбуваються природі. Але людина не спроможна відтворювати (тим більше змінювати, перебудовувати) весь надзвичайно складний механізм самоорганізації, саморегулювання і самовідновлення природних систем.

Важливо позбутися хибної звички тотального втручання в природу з метою загального індустріального контролю природних систем, якої людство набуло в епоху «торжества підкорення природи» (до речі, не тільки в країні переможного соціалізму). Під *контролем* у даному разі розуміється прагнення надавати процесам певних параметрів за власним бажанням.

Людина не здатна повною мірою досягнути таїнства природних сутностей (рослин, тварин, екосистем). Кожна природна сутність (рослина, тварина, екосистема, біосфера) становить собою єдність трьох природних начал (матеріальної основи, інформації та синергетичного, тобто об'єднуючого феномену), яку ця природна сутність постійно відтворює в часі й просторі. Це, так би мовити, «ноу-хау», яким володіє лише дана сутність.

Людина може пізнати лише загальні контури цього відтворювального механізму, але не може цілковито пізнати глибини всіх процесів здійснення цього відтворення. Отже, людина не може повністю контролювати ці процеси. А якщо не маєш можливості щось повністю контролювати, то не потрібно й намагатися це робити. Необхідно лише контролювати (створюва-

ти) умови, у яких можуть відтворювати себе природні сутності. Саме так діє людина, консервуючи території з певним режимом експлуатації природних об'єктів: заповідники, заказники, природні парки.

На жаль, ці правила людина забуває, бездушно експлуатує решту природних екосистем, перешкоджаючи дії триєдиного механізму відтворення природних сутностей, зокрема екосистем, і повторюючи три принципові помилки:

- 1) негативно впливаючи на матеріальну основу природної системи – внаслідок вилучення понад критичні межі матеріальної основи (прикладами є знищення лісів, тварин);
- 2) порушуючи інформаційну основу – шляхом вилучення або привнесення чужорідної інформації;
- 3) блокуючи синергетичну основу – у результаті порушення умов прояву ефектів об'єднання окремих видів у єдині екосистеми (до цього, зокрема, можуть призводити порушення комунікаційних шляхів).

Кожна із зазначених помилок може виявитися фатальною для екосистеми. І якщо матеріальний вплив на компоненти екосистем (наприклад, винищення певної кількості біологічних особин) уже сприймається як досить об'єктивний фактор екологічної безпеки, то інші два види екологічного впливу, на жаль, поки що не дістали адекватної оцінки.

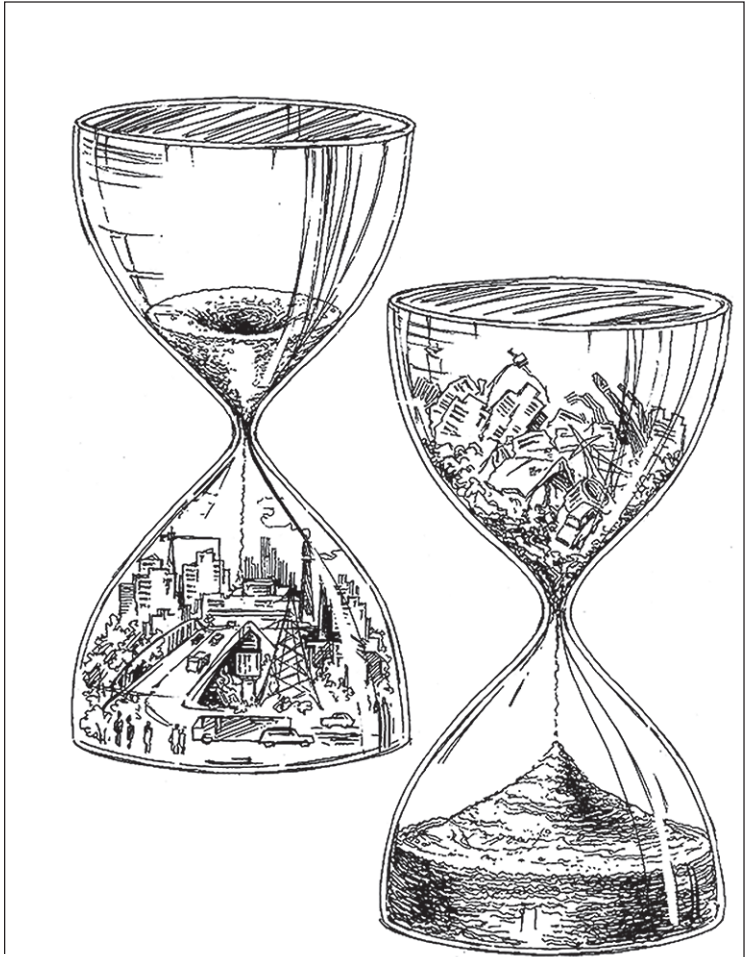
Зокрема, людина досі надто спокійно ставиться до загроз, пов'язаних з інформаційним впливом на екосистеми або власний організм. Саме подібну небезпеку становить виробництво нової генетичної інформації (зокрема, генетично модифікованих рослин) або неконтрольоване переселення (наприклад, із баластними водами суден) біологічних організмів у нове для них середовище.

Не менш небезпечним для екосистем є блокування «шляхів сполучення» біологічних особин як усередині популяції одного й того самого виду, так і на міжвидовому рівні. (До цього може спричиняти спорудження транспортних магістралей, замулювання русел річок, вирубування лісів, оранка лугів тощо.) Адже екосистема повинна постійно відтворювати себе. Активними зонами відтворювальних процесів є зв'язки між організмами і біологічними видами. Блокування таких зв'язків обов'язково означає припинення процесів відтворення популяції та екосистем.

Ми впритул підійшли до одного надзвичайно важливого моменту. Існує четверте таїнство природи, яке людина не може досягнути до кінця, але яке вона обов'язково повинна враховувати, приймаючи управлінські рішення. Ідеться про відтворюва-

льний феномен. Усе, що існує в природі: і кожний окремий організм, і екосистеми, і, нарешті, уся біосфера в цілому – мають відтворюватися щомоментно в кожному куточку простору, де вони перебувають. Навіть хвилинна зупинка цього «вічного двигуна», який здатний працювати лише в природному автоматичному режимі, буде фатальною для відповідної природної сутності. Якщо мова йде про біосферу Землі, то це означатиме припинення існування всього живого на Землі разом із людиною.

Мистецтво управління завжди означає уміння діяти з урахуванням заборон чогось не робити – не порушувати щось або не заважати чомусь. Мистецтво стійкого управління соціально-економічним розвитком (тобто, такого управління, яке забезпечує стан стійких, рівноважних змін) – це перш за все мистецтво збереження відтворювальних механізмів природи (у тому числі тих, що діють в організмі кожної людини), які з невідворотною закономірністю змушують знову і знову повторюватися відновлення кожній природній сутності триєдиної системи сутнісних природних начал: матеріальної субстанції, інформаційної основи та синергетичного феномену.



Розділ 3

Закономірності саморозвитку природи



Від простого до складного

Безумовно, походження життя є надзвичайно хвилюючим моментом у загальному процесі еволюції природи. І відкриття механізмів самоорганізації стаціонарних систем нас цікавить насамперед як можливість побачити витoki зародження життя. Але хіба на меншу увагу заслуговують процеси самоорганізації на відрізках еволюційної спіралі до виникнення життя і його подальшого розвитку?

Висловлюючись образно, можна сказати: хіба в п'єсі за назвою «Еволюція, або Самоорганізація природи» менш драматичними подіями є виникнення речовини, а ще до цього – походження матерії?

Хіба не є стійкими відкритими стаціонарними системами всі ті «цеглинки», які використовувала природа в процесі еволюції:

- елементарні частинки з масою спокою, яка дорівнює нулю (фотони, лептони, кварки, гравітони, ін.), – носії фізичних полів; у сучасній фізиці вони є кандидатами на роль істинно елементарних частинок і «будівельного матеріалу» матерії;
- елементарні частинки з ненульовою масою спокою (матеріальним носієм найменшої маси і найменшого заряду в природі є електрон) – «будівельний матеріал» речовини;
- атоми – «будівельні блоки» для хімічних елементів;
- молекули – конструкційні матеріали для хімічних сполук і клітин;
- хімічні речовини, з яких складаються об'єкти матеріально-го макросвіту (аж до планет і зірок);
- макрооб'єкти, з яких формуються космічні системи;
- космічні мегасистеми – галактики і Всесвіт.

Схоже, що виникнення життя стало лише закономірним результатом безупинного процесу самоорганізації природи. Але, ледь виникнувши, живі організми самі стали вихідними

ланками формування відкритих стаціонарних систем більш високого рівня, продовжуючи все той же хід невблаганної закономірності самоорганізації.

Основні віхи самоорганізації природи:

- виникнення матерії;
- формування речовини;
- виникнення життя;
- зародження інтелекту;
- утворення ноосфери.

Слід звернути увагу на одну надзвичайно важливу особливість. При інтеграції систем нижчого рівня в систему вищого рівня виникає нова якість, що має властивість *емерджентності*. Нагадаємо її коротке античне визначення: *ціле більше суми його частин*. У даному випадку спостерігається не простий перехід кількості в якість, але особлива форма інтеграції, що здійснюється на основі інших законів формування, функціонування й еволюції. Наприклад, молекула має інші властивості, ніж атоми, з яких вона складається, у той час як значно більше скупчення атомів, не об'єднаних у молекули, не дасть якості молекули, а механічне зосередження всіх необхідних для побудови організму молекул чи навіть окремих органів не дає організму.

Отже, протягом мільярдів років простежується сувора закономірність: еволюція природи неухильно і послідовно просувається шляхом збільшення впорядкованості через самоорганізацію відкритих стаціонарних систем – від хаосу до порядку, від простого до складного, від нижчого до вищого. Але от парадокс (і наступна загадка): усі роки свідомого сприйняття людиною світу процеси руйнування вважаються більш природними, ніж процеси творення.

Що природніше – руйнування чи творення?

Безумовно, перехід порядку в хаос сприймається більш природно, ніж протилежне. Дійсно, ламати не будувати, усе погане відбувається саме собою, усе гарне треба готувати. Будь-кому, навіть дитині, відомо, що тепло переходить від більш нагрітого тіла до менш нагрітого, а не навпаки. Утім, подібне сприйняття природності переходу від порядку до безладдя і неприродності зворотних процесів донедавна панувало не тільки на побутовому рівні, але й у науці. Зокрема, природність деструкції природи науково обґрунтована світилами термодинаміки.

Як бачимо, пріоритет процесів руйнування, здавалося, вирішений самою природою. Уже до кінця ХІХ століття до лексики фізиків увійшло благозвучне слово *ентропія*, якому призначено було стати універсальним символом саморуйнування будьяких систем. Спочатку ж ентропія трактувалася лише як характеристика (частинка) необоротних втрат теплової енергії.

Ми вже знаємо: для того щоб залишатися системою, система повинна здійснювати роботу постійно, відтворюючи себе щомиті. Розсіюючи енергію (мовою фізиків – *виробляючи ентропію*), система втрачає і певну можливість виконувати роботу, у тому числі і з самовідтворення. Це означатиме початок саморуйнування (деградації) системи, якщо вона своєю діяльністю не зможе компенсувати ентропійні втрати (втрати необоротно розсіяної енергії). Те, що відкриті стаціонарні системи з успіхом навчилися творити, обганяючи виробництво ентропії, природа демонструє в масштабах Землі.

Ми вже переконалися, що поряд з очевидною здатністю природи до саморуйнування існує її потенція до самоорганізації і підвищення рівня упорядкованості.

Можливо, самотворення також є природним у природі, як і саморуйнування? Може, ці два начала: творення і деструкція – нерозривні в природі від самого початку?

Обмеженість дії закону зростання ентропії була доведена австрійським фізиком Л. Больцманом, коли він зрозумів, що ентропія є не тільки, а може, не стільки енергетичною, скільки статистичною характеристикою.

Аргументи вченого

«Виходячи з того, що теплота є енергія безладного, хаотичного руху частинок речовини, Больцман на основі молекулярно-кінетичної теорії продемонстрував, що закон зростання ентропії не може бути застосований до Всесвіту, тому що він справедливий лише для статистичних систем, які складаються з великої кількості об'єктів, що хаотично переміщуються (або розташовуються). Поведінка їх, обумовлена зміною параметрів стану (для газів, наприклад – тиск, температура, питомий об'єм), підпорядковується законам теорії імовірностей. Зростання ентропії таких систем вказує лише найбільш імовірний напрямок перебігу процесів. І не виключає – більш того, з необхідністю передбачає – можливість малоімовірних подій, які називаються флуктуаціями, коли ентропія зменшується» (Алексєв, 1983).

Цього висновку Л. Больцман дійшов на основі прямого зв'язку, який він установив між ентропією і термодинамічною імовірністю стану розглянутої системи. Таким чином, Больцман

підготував ґрунти для законів, зворотних законові руху неорганічної матерії.

Завдяки вченню про біосферу В.І. Вернадського світ нарешті дізнався про два таких закони і довідався про ту сутність живої матерії, яка в умовах Землі знову і знову «заводить світовий годинник». Квінтесенцію свого вчення геніальний учений сформулював у вигляді перших двох принципів еволюції *живої природи*, називаючи їх біогеохімічними (Вернадский, 1978):

1. Вільна (біогеохімічна) енергія прагне в біосфері до максимального прояву.
2. При еволюції видів виживають ті організми, які своїм життям збільшують вільну енергію.

Перший із принципів є однією з окремих форм того самого закону, що не тільки «компенсує» втрати розсіяної енергії, але і з лишком її «перекриває» можливістю виробляти «вільну енергію» за рахунок зовнішніх джерел. Другий принцип «відкриває» той *критерій відбору*, якому підпорядковуються всі еволюційні процеси на Землі.

Примітка

Тут, напевно, доречно прокоментувати значення «вільної енергії», без чого важко зрозуміти і значення згаданих законів Вернадського. «Вільна енергія» – термін умовний. Він є своєрідним антиподом *ентропії* (хоча це зовсім різнорідні величини). Мається на увазі, що якщо *ентропія* характеризує втрату здатності системи виконувати роботу щодо свого упорядкування, то *вільна енергія*, навпаки, відображає спроможність (потенціал) системи здійснювати роботу, у тому числі з відтворення самої системи. Якщо ж сказати ще простіше, *ентропія* характеризує втрати енергії (частку необоротно розсіяної енергії), а *вільна енергія* – ту частину енергії, що може бути корисно використана (докладніше ми до цього повернемося в наступних розділах).

Ми мали можливість не раз переконатися, що природа ретельно готує всі свої творіння, починаючи з нуля. Унікальна здатність живого збільшувати організованість природи планети шляхом зниження *ентропії* в певному просторі теж не є винятком. Останні досягнення синергетики показали, що живе одержало цю властивість вже випробованою на «структурах з колективною поведінкою» неживої природи. От тільки на питання про перший поштовх, *поштовх ззовні*, навіть синергетика відповісти не змогла. Вона лише перевела питання з енергетичної площини в *інформаційну*.

У світлі останніх досягнень синергетики ми, мабуть, могли б розширити смислове звучання першого принципу (закону)

В.І. Вернадського, а саме: *вільна енергія прагне у відкритих стаціонарних системах природи до максимального прояву*. У наступних розділах ми докладніше зупинимося на значенні поняття «вільна енергія». А поки що зазначимо, що воно характеризує спроможність (потенцію) до виконання роботи.

Таким чином, одне з формулювань закону, який відбиває здатність природи до самоорганізації, імовірно, могло б звучати таким чином: *у природі існує потенція до збільшення упорядкованості, що реалізується через самоорганізацію відкритих стаціонарних систем*.

Самотворення є такою самою невід'ємною властивістю природи, як і її саморуйнування.

Ні, відкриті стаціонарні системи не порушили друге начало термодинаміки, яке обґрунтовує закон деструкції природи. Більш того, можливо, саме вони його і породили, почавши процес дисипації енергії. Але одночасно був породжений і інший закон – *Великий закон самоорганізації Світобудови*, до прозріння якого людство підійшло лише наприкінці ХХ століття.

Добро і Зло у фізичних термінах

Процеси *самоорганізації* (творення) і *деструкції* (руйнування) нерозривні від самого початку еволюції природи.

У світлі теорії самоорганізації систем стає більш зрозумілою змістовна основа багатьох загальноновизнаних істин, які звичайно сприймаються як аксіоми без доведення. Чому, наприклад, неминуче вічне співіснування і боротьба Добра і Зла?

На жаль, у цьому світі дійсно *творення* і *деструкція* завжди йдуть поруч. Процеси розвитку *відкритих стаціонарних систем*, зрештою, спрямовані на вилучення із зовнішнього середовища і накопичення енергії. Саме ці процеси умовно можуть бути названі *творенням*. Вони звичайно асоціюються з вічним Добром.

Однак ці самі процеси неминуче пов'язані і з деструкцією. Більш того, можна сказати, вони її обумовлюють. Адже зруйнувати можна лише порядок; абсолютний хаос, або вічний спокій (що те саме), зруйнувати неможливо.

Дисипація енергії, тобто її безповоротне необоротне розсіювання – це невідворотний наслідок, який породжує відходи

процесів творення. Втрата енергії системою і є одним із процесів її *деструкції (руйнування)*, тому що будь-який порядок можливий тільки за наявності енергетичного потенціалу. З його зниженням упорядкованість системи зменшується, що рівнозначно процесу руйнування системи. Крім того, не слід забувати про ті наслідки для зовнішнього середовища, які викликає дисипація енергії. У реальному житті окремим випадком цього є процеси руйнування (забруднення) природи.

Фактично синонімами терміну *дисипація енергії* є «виробництво (збільшення) ентропії», «зниження упорядкованості системи», «зростання безладу в системі», тобто все те, що може бути назване *деструкцією* та асоціюється з поняттям вічного Зла.

На жаль, процеси існування стаціонарних систем нерозривно пов'язані з дисипацією енергії. Саме за здатністю розсіювати (дисипувати) тепло можна відрізнити стаціонарні системи, що самоорганізуються, від «мертвих», застиглих утворень. Ці властивості дали підстави І. Пригожини назвати стаціонарні системи «дисипативними структурами», або «структурами, які виробляють ентропію» (інакше кажучи, безлад).

Ледь народившись, порядок починає руйнуватися. Більш того, не руйнуючись, він перестає бути порядком.

Примітка

Тепер здається зрозумілим, чому та природна сутність, що так яскраво втілена Гете в образі Мефістофеля (відомі й інші його псевдоніми: Люцифер, Диявол, Нечиста Сила, Воланд та ін.), називається Грішним Ангелом. Грішний, бо основна його функція – руйнування. Ангел – тому що ця функція так само гармонійно необхідна в природі, як і творення, будучи невід'ємним супутником і породженням останнього.

Творення породжує руйнування, супутником добра є зло. Кожне будівництво починається з руйнування. Причому не тільки місця майбутнього будівництва – без розчищення території воно не почнеться. Але ж і всі будівельні матеріали видобуваються в процесах руйнування природи. Існування будь-якого біологічного виду неминуче пов'язане з відходами життєдіяльності, які руйнують існуюче середовище, створюючи нове і готуючи ґрунт для майбутніх «структур з колективною поведінкою». Наші родючі чорноземи – це зруйновані рештки минулих екосистем. Навіть кисень, який несе життя, є відходом життєдіяльності синьо-зелених водоростей, які отруїли в такий спосіб атмосферу Землі в далекому минулому, чим створили умови для розвитку існуючого сьогодні біологічного світу.

Єдність творення і руйнування, що уособлюються народом в образах вічного Добра і Зла, і складає цілісну картину процесу під назвою *розвиток*, у якому ми всі й живемо.

Витоки пам'яті та інформації

Розглянемо надзвичайно важливу обставину, яка, на нашу думку, несправедливо, залишається поза увагою дослідників. Очевидно, більш незбагненим і незрозумілим є не сам факт якоїсь мимовільної флуктуації (тобто енергетичного збудження простору), з якої народилася перша частинка, а те, яким чином Природі вдалося «зафіксувати це в пам'яті» для подальшого багаторазового відтворення фізичних характеристик збудження, а головне їх репродукції, тобто відтворення в просторі і часі подібних копій прачастинки, які повторюють її ключові властивості.

Дивно, але кожна *природна сутність* (частинка, атом, молекула, клітина і т.ін.) безпомилково «пам'ятає», а головне, підтримує відносну динамічну сталість своїх параметрів (наприклад, заряду, маси, спіну, ін.), яка називається *гомеостазом*. У цьому виявляється властивість *стаціонарності* зазначених природних сутностей. Для того щоб її реалізувати, необхідно (як уже зазна-



чалосся вище) мати ще одну якість – *відкритість*. Природна сутність повинна підтримувати енергетично-інформаційний обмін (метаболізм) із зовнішнім середовищем. Наприклад, щоб утримувати потрібний заряд, частинка повинна мати можливість скидати в навколишнє зайву енергію (при її надлишку) чи, навпаки, підживлятися ззовні (якщо енергії недостатньо).

Підтримання гомеостазу – не тільки, а може, не стільки *енергетичне* завдання (хоча лише на приведення в дію відповідних механізмів система вже змушена витратити енергію). У першу чергу, це завдання *інформаційне*. Система повинна інформаційно керувати своїми параметрами, реагуючи на зміни зовнішнього середовища. Для цього вона оперує механізмами *зворотного зв'язку: негативними* – при збереженні існуючого рівня гомеостазу і *позитивними* – при переході гомеостазу з одного рівня на інший. Слід також підкреслити дві важливих обставини.

Перше. Природні сутності мають «турбуватися» не тільки про свій власний стан (підтримання рівня гомеостазу), але й про дотримання деяких «загальних правил» спільного існування і взаємодії. (Це як в автомобільному русі: якщо автомобіліст один, він може їздити як йому заманеться, якщо ж автомобілістів багато – потрібно дотримуватися правил дорожнього руху). Цілком імовірно, ці правила взаємодії природних сутностей «писалися» Природою в процесі формування просторово-часового світу. Вони зафіксовані в так званих фізичних законах і фундаментальних константах (останніх відомо близько 50). Найбільш уживані з них швидкість світла, елементарний електричний заряд, маса електрона, маса протона, стала Планка, гравітаційна стала тощо.

Друга обставина пов'язана з тим, що для побудови Всесвіту виявляється недостатньо тільки суворого «дотримання правил» окремими сутнісними одиницями (частинками, атомами, молекулами, клітинами тощо). Необхідно, щоб вони, «не порушуючи правил», володіли «мистецтвом» певного «маневру». Це обумовлено головним чином необхідністю реалізації синергетичного механізму. Для того щоб в умовах випадкового й імовірного світу окремі елементи сформували систему, вони повинні мати, як мінімум, дві якості. Перша: повинні реагувати на зміну зовнішнього середовища не тільки з позицій підтримання власного гомеостазу, необхідне підлаштування їхньої поведінки до поведінки всієї системи, до якої елементи залучаються. Це теж інформаційне завдання. Друга: елементи, що складають систему, повинні координувати (синхронізувати) свою діяльність між собою. Мовою фізики це називається *явищем когерентності*, а в синер-



гетиці дістало назву «колективної», або «кооперативної», поведінки. Остання, у свою чергу, можлива за двох умов: по-перше, встановлення між елементами певного інформаційного зв'язку (а для цього потрібні засоби зв'язку – носії інформації і якась «мова», що кодує інформаційні символи за допомогою зміни матеріальних, тобто матеріально-енергетичних носіїв); по-друге, безперешкодне отримання елементами зазначеної інформації, безпомилкове розуміння даної мови й адекватна реакція на неї.

Примітка

Підкреслимо, що описані інформаційні умови справедливі не тільки, скажімо, для біологічних систем. Без їх реалізації неможливим було б існування всього матеріального сутнісного світу – від елементарних частинок до галактичних систем. І що цікаво: на клітинному рівні українським ученим вдалося експериментально зафіксувати своєрідні «сигнали Морзе», тобто «мову», якою спілкуються клітини за допомогою малих струмів (Рожен, 2003).

Ще одне важливе інформаційне завдання, яке вдалося вирішити Природі, пов'язане з репродукцією (відтворенням) у просторі й часі першої частинки. Тут присутнє розв'язання двох різних проблем: по-перше, «тиражування» виниклої частинки в просторі, по-друге, забезпечення спадкоємності частинки в часі після її розпаду.

Виходячи з цього можемо припустити, що і на рівні мікросвіту має існувати свій власний аналог «генетичного коду», який забезпечує створення нових сутнісних одиниць, передачу їм ідентифікаційних ознак природної сутності і виробництво нової інформації за допомогою внесення мутаційних змін.

Як бачимо, народження першої частинки зробило помітний внесок у формування інформаційної картини світу:

- з'явилася перша інформаційна *неоднорідність* простору;
- з'явився матеріальний *носій пам'яті*;
- випробувані механізми *зворотного зв'язку*;
- сформувалися *інформаційні закони* міжсутнісної взаємодії (тобто взаємодії між окремими сутностями, наприклад, елементарними частинками);
- встановлено засоби міжсутнісного *інформаційного зв'язку*;
- з'явилася *свобода* інформаційного маневру природної сутності.

З появою першої частинки елементам природи була дарована свобода... Свобода змін.

Остання обставина, як нам здається, заслуговує на окремий коментар.

Передумови емансипації і розвитку природи

З появою першої частинки Природі було даровано *свободу змін*. Це явище має два аспекти – енергетичний та інформаційний. *Енергетичний* аспект полягає в тому, що в частинки з'являється силовий потенціал, який надає можливість реалізувати *n*-ну кількість ступенів свободи. *Інформаційний* же аспект емансипації полягає в тому, що частинка одержує свободу *реагувати*. Це означає, що в неї з'являється вибір для реалізації даної можливості, а фактично формуються вектори ступенів свободи.

Зі свободою змін світ стає, по-перше, імовірнісним (тобто невизначеним); по-друге, *стохастичним* (тобто випадковим). Щоправда, слід зазначити, що і фактори імовірності, і фактори випадковості реалізуються в межах існуючих причинно-наслідкових зв'язків (тобто виключно за певними законами). Зазначені дві форми емансипації – енергетична та інформаційна, як ми переконаємося далі, завжди йтимуть пліч-о-пліч на всіх етапах еволюції природи.

Виконаний аналіз витоків еволюції природи дозволяє підвести деякі підсумки досягнення спрямованості еволюційних про-

цесів. Серед ключових взаємопов'язаних і взаємозалежних факторів розвитку природних систем, очевидно, слід виділити:

- формування енергетичної основи розвитку;
- забезпечення стаціонарності природних систем (тобто здатності природних сутностей до тривалого зберігання їхнього гомеостазу);
- створення умов для реалізації синергетичного ефекту;
- відтворення передумов здійснення біфуркаційних механізмів розвитку;
- збільшення можливостей виробництва нової інформації;
- формування адекватних систем пам'яті.

Зупинимося коротко на зазначених моментах.

Розв'язання Природою енергетичного завдання (як, до речі, і багатьох інших) є черговим парадоксом і таїнством. Річ у тому, що різниця енергетичних потенціалів, яку невпинно створюють природні системи (атоми, молекули, біологічні особини та ін.), потрібна їм для здійснення роботи. Але для створення різниці потенціалів ці системи повинні самі виконувати роботу. Коло замикається. Дивовижним чином Природа його розриває кожною миттю існування *відкритих стаціонарних систем*. Саме в їхніх глибинах приховані секрети цього незбагненого таїнства.

Яке значення цієї різниці потенціалів? Фактично вона означає своєрідну емансипацію сутностей природи, їх звільнення з «пут» однорідності.

Примітка

Як правило, несвобода асоціюється із силою, зокрема, силою стримування: оковами, ґратами, збройною охороною та ін. Але ця стримуюча сила звичайно адекватна *енергії стримуваного* (тобто об'єктів і суб'єктів природи, ступені свободи яких обмежуються). Нікому не спаде на думку утримувати черепаху за сталевими ґратами, що цілком доречно і природно для левів і тигрів. Але, виявляється, узагальнююче поняття «*енергія стримуваного*» охоплює не тільки власне енергетичні параметри – наприклад, силу впливу, яку може розвинути певний природний об'єкт, чи швидкість пересування, якої він може досягнути. Важливо також враховувати й інформаційні чинники, наприклад, кількість векторів, у напрямку яких може бути реалізований енергетичний потенціал. Буйволи і бегемоти сильніші за мавп, але можуть пересуватися практично лише в одній площині. Тому для утримання їх достатньо спорудити міцну огорожу, ледь вищу за ріст тварин. Мавпа ж освоїла для свого переміщення ще один вимір – вертикаль, довівши актуальність інформаційного компонента в реалізації енергетичної потенції. Її переміщення має бути обмежене по всьому об'єму приміщення. Це лише один приклад, який ілюструє роль інформації в реалізації чи обмеженні свободи руху. Ту саму мавпу можна спокійно утримувати на острові. Кілька метрів водної поверхні для неї – нездоланна

перешкода, яку, однак, легко здолають і буйвол, і бегемот. Навички плавання стають важливим фактором реалізації енергетичного потенціалу.

Таким чином, силу енергетичної потенції характеризують не тільки власне енергетичні параметри, але й інформаційні особливості (вектори) реалізації енергетичних потенціалів.

Наділяючи свої творіння енергетичною потенцією (точніше, здатністю створювати різницю енергетичних потенціалів), природа не забуває забезпечити їх даром «бачення» найбільш ефективних шляхів використання енергії.

Формуючи енергетичні системи, природа створює їх «в наборі» з необхідним допоміжним «знаряддям» – інструментарієм, що виконує різноманітні забезпечувальні функції. Серед найважливіших засобів можна виділити створення в певному місці простору необхідної різниці енергетичних потенціалів, акумулювання енергії, її переробку, трансформацію з одного виду в іншій, контроль за ефективністю процесів використання енергії. На різних етапах еволюції природи різні природні сутності по-різному вирішували завдання відтворення зазначених функцій.

Сьогодні ми є очевидцями стрімкого прогресу створюваних людиною технологічних енергетичних систем.

Причому тут, мабуть, найбільш примітним є не саме нарощування енергетичної потужності (хоча і це має місце), а коласальне *інформаційне удосконалення* систем енергопостачання та енергоспоживання. Варто виділити декілька найбільш важливих моментів. Перше – приголомшливе *підвищення ефективності*, що особливо помітно в окремих видах діяльності. Найбільш примітними є сфери виробництва інформації та комунікаційних послуг. Друге (що пов'язане з першим) – мініатюризація енергетичних систем. Ми бачимо, що невеликої батарейки чи акумулятора вистачає, щоб забезпечити роботу комп'ютера або телефону. Третє (що пов'язане з першим і другим) – *автономізація* джерел енергії. Наприклад, швидкодійний потужний комп'ютер може годинами працювати в автономному режимі, тобто без підключення до централізованих джерел енергії. Тут ми спостерігаємо результати відразу двох явищ: стрімкого зниження енергоємності комп'ютерних операцій і прогресу в системі акумулювання енергії. Те саме можна сказати про мобільний зв'язок, який за лічені роки перетворив розрізаних людей у мережу взаємопов'язаних (причому повсякчасно і повсюдно) абонентів.

Інформаційне різноманіття – живильне середовище розвитку

Інформаційне розмаїття природи – це той матеріал, з якого вона формує майбутній стан своїх систем. Чим більше різноманіття форм у світі, тим ширші можливості розвитку природних систем.

Світ вражає своїм різноманіттям. Це тією чи іншою мірою визнають усі. При цьому нас чомусь рідко дивує той факт, що ця нескінченна багатоваріантність предметів і явищ створена природою, по суті, за допомогою стандартного набору механізмів і форм.

І застиглий світ мінералів, і чарівна пишнота кольорів і форм флори, і нескінченно динамічна фауна створені з тих самих частинок, атомів, молекул.

Факти публікацій

«Достатньо подивитися довкола, щоб усвідомити, наскільки різноманітні форми видимої матерії. Проте всі матеріальні тіла складаються всього лише з однієї сотні хімічних елементів. Ті, у свою чергу, – зі «стандартного набору» у вигляді протона, нейтрона й електрона. Від елемента до елемента змінюється тільки кількість цих трьох складових. Зокрема, змінивши всього лише кількість протонів у свинці, можна одержати золото. Яка елегантність конструкції матерії – за все різноманіття її будови відповідають лише три складові.

Утім, не все так просто. Насправді Всесвіт (нехай навіть найбільш спрощений) лише з трьох компонентів (і навіть із тридцяти трьох) не створиш. Простої наявності зазначених складових аж ніяк не досить – потрібні їхні активні характеристики і властивості. Адже всю потенційну розмаїтість потрібно із самого початку закласти в ці елементарні компоненти. Наприклад, електрон і протон повинні бути протилежно зарядженими, щоб мати здатність до притягання. У той же час протони повинні також притягатися один до одного, але вже з іншої причини. Ці сили діють на малих відстанях, превалюючи над електростатичним відштовхуванням. І частинки демонструють саме потрібні властивості. Словом, поводяться, як живі.

Далі. Недостатньо, щоб електрони просто «оберталися» навколо ядра – необхідно, щоб вони рухалися по орбітах складної конфігурації, причому точно за визначеними правилами. І лише в тому випадку, якщо азот виявить валентність від III до V, а два атоми кисню зв'яжуться з атомом водню саме під взаємним кутом 105° , вісімнадцятипротонна конструкція стане інертним аргоном, а дев'ятнадцятипротонна – уже лужним калієм. Хто «пояснив» електрону такі складні правила і яким чином він їх «пам'ятає»?

Але ж три згадані елементарні частинки, виявляється, не є найелементарнішими. Протон, як вважають, сам складається з часток-кварків, а скріплюються кварки між собою шляхом постійного обміну ще меншими частинками – глюонами. І кожна така частинка теж «знає» свої правила і безпомилково виявляє свої здібності.

Але і це ще не все. Елементарні частинки примудряються демонструвати парадоксальні властивості – і корпускули (тобто дискретної частинки), і хвилі. Це стало відомо, коли Альберт Ейнштейн у 1921 році висловив геніальне припущення, підтверджене згодом. Виявляється, світлова хвиля має імпульс, а отже масу, і, отже, поводитья як частинка. А Луї Де Бройль у 1923 році на цій підставі не менш геніально передбачив, що частинка під назвою *електрон* може поводитися, як хвиля. Було доведено, що не тільки електрон, а всі елементи матерії атомарного рівня є хвилями (тобто виявляють корпускулярно-хвильовий дуалізм). Більш того, хвильова природа властива взагалі будь-яким матеріальним тілам і виражається тим сильніше, чим менший імпульс (добуток маси на швидкість). Але, якщо всі макротіла складаються з елементарних частинок, а ті – хвилі, то тоді чим є тіла?..

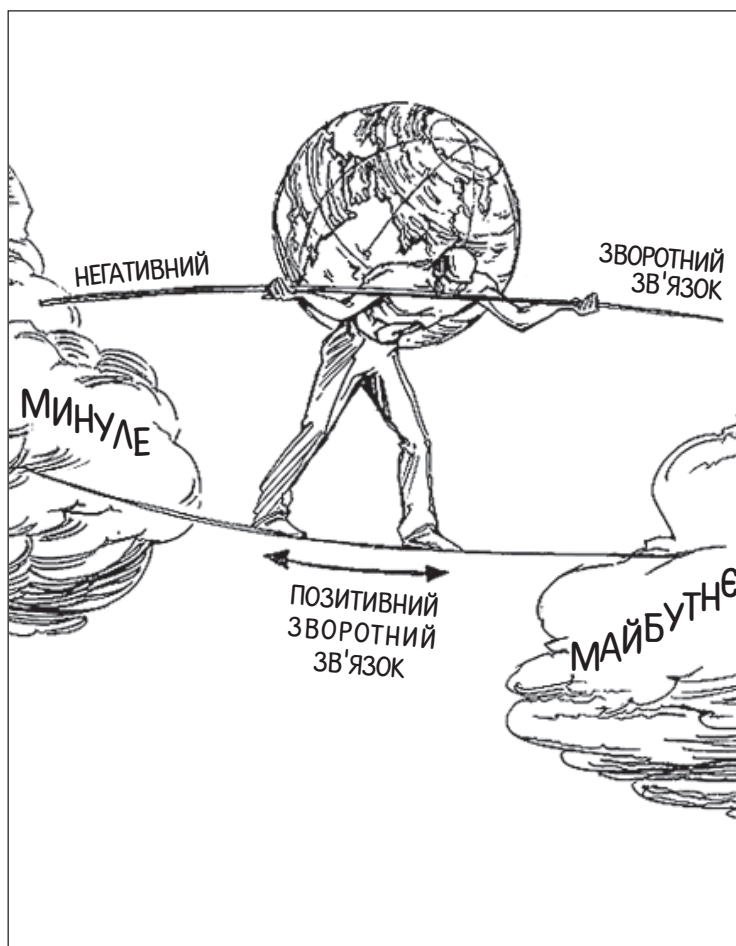
Рівень складності матерії фантастичний! Замислюючись над фізичними процесами у твердому тілі, іноді віриш, що це більш віртуальна, ніж «реальна» реальність (Рудий, 2003).

Мабуть, ще дивовижніше дізнатися, що всі творіння природи: від невидимих частинок до гігантських сузір'їв – створені з єдиного будівельного матеріалу – *потенції природи до руху*.

Якщо першооснова матеріального світу складається з певної польової субстанції (а поле – це здатність реалізовувати нескінченну кількість ступенів свободи, тобто *руху*), то частинки виявляються певними «згортками», «вузликami» цього поля.

Ще більш екзотичним є припущення письменника (у минулому фізика) Михайла Анчарова – автора, зокрема, роману «Самшитовий ліс»: світ складається з більш тонкої матерії – часу; будь-які матеріальні об'єкти – це «вихори» в ріці часу (Анчаров, 1986).

Думка, що першоосновою світу є споконвічна потенція природи до *руху*, міститься також у характеристиці властивостей Іпостасей Божественної Трійці (Християнство, т. 3, 1995). Бог-Отець є первинна потенція творіння світу. Він не енергія, але причина її виникнення.



Розділ 4

Механізми стійкості систем



Зміст і функції системи

Будь-яка система має матеріально-інформаційну природу, формуючись в єдності матеріальної та інформаційної основ.

Матеріальна основа – це сукупність об'єднаних в системне ціле матеріальних елементів, що дозволяють здійснювати комплекс функцій, необхідних для існування і розвитку системи. Основне призначення матеріальної основи силове, тобто виконання роботи для здійснення метаболізму (речовинно-енергетично-інформаційного обміну).

Подробиці

На рівні біологічного організму тварин матеріальну основу можуть складати: скелет, тканини, рідини організму, шкірний покрив та ін.

На рівні виробничого підприємства – це матеріальні активи підприємства, тобто основні і оборотні засоби (будівлі, споруди, передавальні пристрої, силові установки, технологічне устаткування, інструмент, сировина і матеріали тощо). Крім того, функції матеріальної основи виконують трудові чинники, які, як ми переконаємося далі, одночасно є і носіями інформаційної основи.

Інформаційна основа – це нематеріальна сутність, що пов'язує в системне ціле матеріальні елементи системи і забезпечує в просторі та часі впорядкованість системи (включаючи її стійкість і адекватну мінливість). Основне призначення інформаційної основи – управління процесами роботи, що виконується системою для здійснення метаболізму.

Подробиці

На рівні біологічного організму тварин інформаційну основу складають: генетичний код; система взаємозв'язку окремих органів; рефлексії, що реалізуються нервовою системою; безумовні та умовні інстинкти, які визначають поведінку тварин, ін.

На рівні виробничого підприємства: статут підприємства; нематеріальні активи (права майнової та інтелектуальної власності, імідж фірми, товарні зна-

ки, ін.); технологічні схеми; ноу-хау; бази даних; взаємозв'язки між окремими ланками підприємства; економічні відносини всередині і за межами фірми; знання і навички працівників; правова основа; традиції і звички людей тощо.

Інформаційна основа забезпечується функціонуванням комплексу матеріальних і нематеріальних засобів збору, обробки, передачі, фіксації і відтворення інформації. Інформаційна основа реалізує три найважливіші групи функцій: а) формує пам'ять системи та її підсистем; б) проводить збір, обробку і аналіз первинної інформації; в) здійснює виробництво нової інформації.

Інформаційна основа може функціонувати лише в єдності з матеріальними засобами (матеріальною основою), які забезпечують функції виконання необхідної роботи зі збору та переробки інформації.

Таким чином, *метаболізм* – це не тільки обмін речовиною та енергією, але й обмін інформацією. Він необхідний такою самою мірою, як і обмін матеріальними субстанціями. Інформаційний обмін відбувається як між системою і зовнішнім середовищем, так і між різними елементами (підсистемами) системи. Останні неначе «переговорюються» між собою. Подібні інформаційні контакти можливі лише за умови, по-перше, наявності в підсистем певної пам'яті (тобто здатності фіксувати і відтворювати інформацію), а, по-друге, використанні ними певного інформаційного коду, тобто своєрідної «мови», яка є «зрозумілою» для всіх елементів системи.

Без подібного «спілкування» окремих частин системи були б неможливі ані феномен відкритості з властивими йому функціями метаболізму, ані феномен стаціонарності з властивими йому функціями підтримання гомеостазу. Отже, не існувало б і саме явище функціонування відкритих стаціонарних систем з їхніми властивостями самоорганізації і саморозвитку.

Подібний інформаційний обмін неодмінно має існувати між окремими частинками в атомі, між окремими атомами в молекулі, між окремими молекулами в клітині, між окремими клітинами в організмі. І взагалі між окремими компонентами будь-якої цілісної множини, що називається системою: чи-то екосистема, людське суспільство, сонячна система або галактика.

У ході еволюції природи змінюється і співвідношення між матеріальною та інформаційною складовими обміну, а відповідно, і між матеріальною та інформаційною основами. Є підстави вважати, що ці зміни відбуваються на користь інформаційної складової. Особливо це стає помітним на прикладі розвитку людської сутності і пов'язаних з нею суспільних відносин.

Функції системи. Для виконання зазначених завдань система повинна здійснювати комплекс взаємопов'язаних функцій, головними з яких є:

- збір, зберігання і відтворення інформації;
- утримання просторового взаємозв'язку (тобто структури) окремих складових (підсистем) системи;
- підтримання в часі порядку процесів, що відбуваються в системі, зокрема, синхронізація діяльності окремих ланок;
- здійснення процесів трансформації речовинно-енергетично-інформаційних потоків (далі – потоків) з метою вилучення вільної енергії;
- транспортування зазначених потоків всередині системи;
- відновлення (репродукція) функціональних підсистем, що втрачають свої властивості в результаті «спрацювання» або під дією проникаючих з потоками в систему шкідливих агентів (тобто йдеться про своєрідний «капітальний і поточний ремонт» компонентів системи);
- вилучення із зовнішнього середовища речовин, енергії та інформації («негативна ентропія»);
- видалення в зовнішнє середовище відходів діяльності системи («позитивна ентропія»);
- захист системи від негативної дії зовнішнього середовища;
- корегування (підлаштування) діяльності окремих підсистем залежно від параметрів потоків, що потрапляють в систему і циркулюють у ній; таке підлаштування, зокрема, необхідне при відхиленні параметрів потоків від оптимальних значень, а крім того, при зміні властивостей самої системи (наприклад, її тимчасового розрегулювання).

Чим ефективніше виконується кожна із зазначених функцій, тим ефективніша діяльність усієї системи, тим вища можливість накопичення системою «вільної енергії». Ефективність у даному випадку може бути визначена співвідношенням кількості енергії, корисно використаної безпосередньо на реалізацію даної функції, і загальними витратами енергії. Це і є своєрідний ККД. У свою чергу, ефективність системи і її підсистем буде тим вища, чим нижчими будуть втрати (дисипація) енергії. У даному випадку узагальнююче поняття «енергія» передбачає всі види використовуваних системою матеріальних, енергетичних та інформаційних ресурсів.

Механізми зворотного зв'язку

Поговоримо тепер про те, як має поводитися система при зміні умов її існування, зокрема, параметрів зовнішнього середовища.

Наприклад, можуть істотно змінюватися температура, тиск, електромагнітна зарядженість, речовинний склад тощо. Ця мінливість не підвладна системі. Усунути її система не може. В усякому разі в адекватно короткі періоди часу, тобто настільки швидко, щоб це полегшило стан системи. Отже, вона повинна змінюватися сама. Але вона не може миттєво змінювати і основні параметри свого гомеостазу, своєї динамічної рівноваги. Адже система пристосувалася існувати саме при даному діапазоні різниць енергетичних потенціалів (наприклад, температури тіла, кров'яному тиску). Саме цей діапазон забезпечує основні життєві параметри існування системи.

Примітка

Зауважимо що система дійсно не може варіювати (в істотних межах) параметри існуючого гомеостазу. Але вона може за певних обставин повністю змінити рівень самого гомеостазу, підвищивши або знизивши його.

Цю проблему природа вирішила з властивою їй геніальністю, створивши механізми зворотного зв'язку.

Зворотним зв'язком називається зворотний вплив системи у відповідь на вплив зовнішній. Наприклад, своєю поведінкою система може впливати на чинник, який діє на неї з боку зовнішнього середовища, зокрема, гасити або, навпаки, підсилювати його.

Цим чинником може бути механічна, адіабатична (теплова), електромагнітна, хімічна та інші види дії.

Розрізняють *негативний зворотний зв'язок*, коли своєю поведінкою система послаблює дію чинника, і *позитивний зворотний зв'язок*, коли своєю поведінкою система підсилює його.

Примітка

У першому наближенні різницю між механізмами негативного і позитивного зворотного зв'язку можна продемонструвати на кількох прикладах.

Людину сильно штовхнули, і вона починає втрачати рівновагу. У неї два варіанти поведінки. Перший – спробувати утриматися на ногах. Щоб встояти, їй потрібно відхилитися в бік, зворотний напрямку падіння. Це і є механізм *негативного зворотного зв'язку*. Якщо падаюча людина встигне компенсувати кут нахилу від падіння, вона встоїть. Якщо ні – впаде з більшою імовірністю одержання травм, оскільки вся енергія і увага йде на те, щоб встояти,

а не на те, щоб контролювати падіння. Другий варіант поведінки – не намагатися втриматися, а самому впасти так, щоб шкода від падіння була мінімальною, наприклад, згрупуватися. Подібній техніці падіння звичайно навчають спортсменів. У даному випадку діє механізм *позитивного* зворотного зв'язку – бо людина реагує в тому самому напрямі, у якому на неї впливає зовнішнє середовище (сила поштовху).

Інший приклад зі світу техніки. Відомо, що при перевантаженнях технічні системи руйнуються. Як уникнути цього? Можливі дві стратегії. Одна розрахована на застосування механізму негативного зворотного зв'язку – це зміцнення конструкції. Підвищення порогу міцності дозволить компенсувати навантаження на систему зворотною реакцією конструкції. Правда, це допомагатиме лише до того часу, поки навантаження не вийде за вказаний поріг міцності. Далі система все одно руйнуватиметься. Інша стратегія ґрунтується на застосуванні механізму позитивного зворотного зв'язку. Якщо виникне перевантаження, то нехай система руйнується, але не вся. Раніше має зруйнуватися вузол, який дасть можливість врятувати всю систему або найцінніші з її вузлів. На цьому принципі побудована робота запобіжників в електротехніці. Щось подібне відбувається у військовій авіації. При аварії літак починає розсіпатися сам, але так, щоб з нього встигла катапультиватися кабіна з пілотом.

Спробуємо тепер уважніше поглянути на механізми негативного зворотного зв'язку.



Механізм негативного зворотного зв'язку забезпечує підтримання існуючого гомеостазу.

Подробиці

Наш організм за будь-яких умов зберігає постійну температуру, але для цього він, наприклад, при підвищенні температури зовнішнього середовища відкриває пори і посилює потовиділення, підвищуючи віддачу тепла. Збільшення потреби у волозі примушує людину частіше пити. На холоді відбувається зворотний процес: пори закриваються, випаровування вологи знижується.

Механізми негативного зворотного зв'язку діють в напрямку, зворотному впливу зовнішнього середовища.

Механізми негативного зворотного зв'язку діють у природі (пригадаємо хоча б регулювання відносин в системах типу «хижак – жертва») і в суспільстві (підтримання ринкової рівноваги «попит – пропозиція»).

На використанні подібного механізму побудована більшість регульовальних приладів у техніці. Дія негативного зворотного зв'язку науково узагальнена фізиками Ле Шательє (1884) і К. Брауном (1887) на прикладі термодинамічних систем. Принцип Ле Шательє – Брауна в сучасному викладі визначає, що стаціонарна система, виведена зовнішньою дією зі стану з мінімальним виробництвом ентропії, стимулює розвиток процесів, спрямованих на послаблення зовнішньої дії (Дубнищева и др., 1998).

Механізм негативного зворотного зв'язку

Можна виділити кілька напрямків дії механізмів негативного зворотного зв'язку.

За видом компенсаційної реакції системи умовно можна виділити два види механізмів: підвищувальні і знижувальні.

Підвищувальні пов'язані з необхідністю підвищення певних параметрів системи. Наприклад, при зниженні температури зовнішнього середовища організм змушений «розігрівати» себе, інтенсифікуючи кровообіг. У цьому випадку діяльність системи найчастіше пов'язана з додатковою активністю (інтенсифікацією).

Завдяки дії *знижувальних* механізмів система прагне зменшити значення певних своїх параметрів. Наприклад, при підвищенні температури середовища організм «скидає» додаткове

тепло внаслідок підвищеного потовиділення. Безумовно, обидва види механізмів пов'язані з витратами енергії.

За напрямом дії дані механізми умовно можна об'єднати у дві групи – ендогенну і екзогенну. До першої групи (ендогенної) умовно можна віднести механізми, що діють усередині самої системи. До другої (екзогенної) – механізми, спрямовані назовні, із системи.

Внутрішньосистемні механізми. Можна виділити кілька основних напрямків реалізації ендогенних механізмів негативно-го зворотного зв'язку.

1. Комплексне застосування механізмів усієї системи. Даний напрямок пов'язаний з перебудовою всього організму системи для «гасіння» дії несприятливих чинників. Зокрема, при терморегуляції тварин звичайно задіюється практично весь потенціал організму: система кровообігу, шкіра, нервова система, органи виділення і ін.

2. Створення резервних компенсаційних підсистем (органів). Іноді буває значно ефективніше задіювати не весь потенціал системи, а лише деякі її підсистеми (органи). Цим шляхом іде багато біологічних видів. У них загальносистемна регуляція доповнюється спеціалізованою функцією деяких органів (звичайно шкіри або підшкірної клітковини).

3. Створення буферних зон, що пом'якшують дію зовнішнього середовища. На відміну від попереднього напряму дія буферних механізмів спрямована не на компенсацію («гасіння») впливаючого чинника, а на попередження його дії або зменшення амплітуди зміни (перепадів) цих впливаючих чинників.

Підкреслимо, що йдеться про захисний бар'єр усередині самої системи, хоча він і знаходиться на її периферії. Подібні захисні бар'єри мають: наша планета (декілька шарів атмосфери), її тверде ядро (ґрунт), живі організми (шкіра), підприємства (вхідний контроль якості ресурсів, захист комерційних секретів, ін.), країни (силові структури).

Подобиці

Функції захисного шару в хребетних тварин виконує шкіра. Саме шкіра відмежовує тіло від зовнішнього середовища і виконує ряд функцій: захисну (вберігає тіло від механічної дії і травм, проникнення різних речовин і мікроорганізмів), виділення (здійснює виділення води і різних продуктів обміну), чуттєву (завдяки значній кількості розташованих у шкірі нервових закінчень), секреторну (здійснюється численними залозами), а у вищих тварин – терморегульовальну. Для полегшення останньої в багатьох тварин за роки еволюції виробилися до-

даткові засоби (підшкірний жир, потовщений роговий шар, який періодично замінюється, пір'я в птахів, шерсть у ссавців) (Биологический, 1989).

Людина пішла далі, вона винайшла одяг, який виконує функцію ще одного захисного шару, допускаючи при цьому гнучку трансформацію.

Зауважимо, що кігті, роги, панцирі і дзьоби – теж є частиною шкіри. Усе це – засоби захисту від зовнішнього середовища. Значною мірою активного захисту.

Допитливі можуть спробувати визначити аналоги всіх зазначених захисних функцій шкіри для підприємства і країни.

Зовнішньосистемні механізми. Ця група механізмів спрямована на корекцію умов зовнішнього середовища. У даному випадку система впливає на зовнішнє середовище з метою поліпшити умови свого метаболізму. Можна виділити декілька основних напрямків реалізації екзогенних механізмів негативного зворотного зв'язку.

1. Створення буферних зон. Ця група механізмів є аналогом механізмів формування подібних зон у самій системі. У даному випадку ізоляційні бар'єри створюються системою в зовнішньому середовищі. Як інструменти реалізації такого виду механізмів можна назвати захисні споруди (огорожі), що зводяться людиною з метою запобігти прямим контактам із шкідливими чинниками зовнішнього середовища.

В окремі підгрупи, мабуть, можна виділити:

- засоби захисту від інформаційної дії;
- інформаційні засоби захисту.

Це не одне й те саме.

Засоби захисту від інформаційної дії передбачають попередження будь-якого виду впливу (найчастіше інформаційного), яке може руйнувати саме інформаційний код організації системи.

Інформаційні засоби захисту, навпаки, використовують інформацію як засіб захисту від різних видів впливу. Найчастіше подібний захист будується на інструментах відлякування або відчуження. У тварин це можуть бути відлякувальні сигнали, що випускаються в зовнішнє середовище. У людини подібні функції виконують різні види зброї, будь-які форми демонстрації сили. Ту саму роль відіграють культурні, релігійні і соціально-психологічні бар'єри, які перешкоджають проникненню (експансії) чужої культури або ідеології.

2. Обробка метаболічних потоків. Дана група механізмів використовується для адаптації обмінних потоків речовини, енергії та інформації, тобто доведення їх до оптимальних параметрів. При цьому можна виділити два основні напрямки:

- обробка потоків, що надходять із середовища в систему, з метою максимального наближення їх характеристик до параметрів гомеостазу;
- обробка потоків, що надходять із системи в середовище (тобто виходів системи), з метою наблизити їх до оптимальних параметрів середовища.

Часто використання механізмів даної групи здійснюється в поєднанні з інструментарієм попередньої групи або є її різновидом.

3. Кондиціонування. Механізми цієї групи пов'язані з перетворенням середовища, що безпосередньо примикає до системи. Ці області простору звичайно умовно називають локальними. Дія системи спрямована на створення тут умов, максимально сприятливих для підтримання гомеостазу і підвищення ефективності процесів метаболізму. Як правило, кондиціонування можливе тільки на основі розглянутих вище двох груп механізмів або є їх безпосереднім наслідком.

4. Просторова міграція. Цей вид механізмів ґрунтується на використанні чинника просторової неоднорідності середовища. Замість зміни локальних умов середовища системі іноді більш вигідно переміститися в ті області простору, у яких більш сприятливі для функціонування системи умови.

Подобици

Так само звірі кочують у пошуках більш сприятливих умов після того, як виснажилися ресурси на попередніх місцях існування.

Ці самі види механізмів широко використовуються людиною в її діяльності. Саме так «мігрують» добувні галузі промисловості. На цьому засноване скотарство і рибальство. Подібний принцип покладено в основу гастролей акторів. Багато людей мігрує в пошуках роботи. І звичайно ж, із цим пов'язана діяльність працівників сфери постачання і збуту більшості підприємств.

5. Сезонна циклічність, або міграція в часі. Якщо попередній вид механізмів використовує просторову неоднорідність середовища, то даний – часову. Йдеться про те, що система, не змінюючи просторового ареалу свого знаходження, використовує циклічну мінливість у часі умов середовища. Іншими словами, система вибирає найсприятливіші інтервали часу для активізації процесів метаболізму.

6. Просторово-часова міграція. Даний вид механізмів є поєднанням попередніх двох напрямів, коли система мігрує і в часі, і в просторі. Прикладом є міграція перелітних птахів. А в економіці – сезонна міграція капіталу, робітників та ін.

Тріумфи і поразки в спортивному єдиноборстві – краща ілюстрація дієвості наступальних і захисних механізмів міграції в просторі та часі. Ефективність міграції економісти виразили емкою формулою успіху на ринку: *«Потрібна річ – у потрібний час у потрібному місці!»*.

7. Кооперація з іншими системами. Одна з перспектив, яку може використовувати система при оптимізації зовнішніх умов свого існування, – це об'єднання з іншими системами.

Щось подібне відбувається в економіці, коли дрібні підприємства, полегшуючи собі життя, «годуються» навколо великих фірм. Ця кооперація найчастіше вигідна і для останніх, які заощаджують свої зусилля на виконанні дрібної (а часто і «брудної») роботи.

Механізм позитивного зворотного зв'язку

Стационарна система здатна підтримувати стан динамічної рівноваги, тільки використовуючи вироблювану нею ж вільну енергію. Але що станеться, якщо динамічна рівновага все-таки буде порушена? Причин може бути дві: а) зміни в самій системі (слабшає/сильнішає), б) зміни в навколишньому середовищі (стає менш/більш сприятливим для підтримання гомеостазу).

Для самої системи ці причини мають практично однакові наслідки, які можна формалізувати як «невідповідність ресурсів системи умовам середовища». Іншими словами, система не може підтримувати стан динамічної рівноваги (гомеостазу) за існуючих умов середовища. При цьому можуть виникати дві різні ситуації.

1. *Вільної енергії виявляється недостатньо*, щоб погасити вплив зовнішнього середовища (середовище сприймається системою як надмірно суворе).
2. *У системі накопичується надлишок енергії*, яку вона не встигає витратити на свої потреби або розсіювати в навколишнє середовище (середовище сприймається як надто сприятливе).

У разі дії механізму позитивного зворотного зв'язку система перебудовує свою організаційну структуру, змінюючи при цьому і рівень гомеостазу. Іншими словами, механізм позитивного зворотного зв'язку спрямований на трансформацію рівня гомеостазу.

Механізми позитивного зворотного зв'язку діють у тому самому напрямку, що і вплив зовнішнього середовища.

За видами зміни рівня гомеостазу трансформації систем умовно можна поділити на три групи:

- 1) такі, що підвищують рівень гомеостазу;
- 2) ті, що знижують рівень гомеостазу;
- 3) ті, що імітують зміну рівня гомеостазу.

Останні пов'язані не стільки зі зміною реального рівня гомеостазу, скільки із зовнішніми його проявами. Звичайно це пов'язано з реалізацією якихось захисних функцій системи.

Примітка

Подібний метод широко використовується в техніці і є методом захисту всієї системи. Тут квазіруйнування системи викликається цілеспрямованим зломом спеціальних захисних вузлів-запобіжників. Руїнування одного вузла запобігає руїнуванню всієї системи. Пригадаємо ящірку, яка ціною втрати хвоста рятує своє життя.

Прийом імітації використовують багато тварин, що імітують свою слабкість або навіть смерть заради спасіння життя. Часто таким чином птахи відволікають (відводять) потенційних ворогів від своїх кубел із пташенятами.

Імітаційні прийоми застосовуються і людиною в економіці, політиці, військовій справі, спорті. Мета – приспати пильність, обдурити, тактично переграти конкурентів або супротивників. Професійні жебраки прагнуть виглядати ще потворніше, а бідні країни – ще біднішими, щоб одержати подаяння.

Імітувати можна не тільки зниження гомеостазу, але і його підвищення. Так, деякі країни і фірми імітують процвітання для отримання кредитів. Подібний прийом є улюбленим також у шахраїв, які своїм зовнішнім благополуччям присипляють пильність потенційних жертв.

Характеристики стійкості системи

При дослідженні проблем розвитку надзвичайно важливим моментом є вивчення характеристик стійкості систем. Це дозволяє глибше зрозуміти багато особливостей і межі впливу на системи.

Серед основних характеристик стійкості систем можна назвати: витривалість, стійкість, опірність, толерантність, адаптивність.

Витривалість – це здатність системи зберігати свої функціональні особливості або можливості їх відновлення при відхиленні умов зовнішнього середовища від оптимальних для неї

параметрів. Іншими словами, йдеться про збереження будь-яких форм існування системи (включаючи латентні – тобто пригнічені, приховані), що дозволяють уникнути необоротного припинення функціонування системи (тобто руйнування, смерті). Таким чином, витривалість – це здатність системи *уникати необоротного припинення функціонування* під впливом зовнішніх чинників.

Примітка

Деякі біологічні організми здатні витримувати надзвичайно несприятливі умови зовнішнього середовища. Це їм вдається завдяки дії механізмів позитивного зворотного зв'язку. У результаті організм вводиться в стан гіпобіозу (глибокого уповільнення життєдіяльності, стану сплячки у тварин) або анабіозу – повного, але оборотного завмирання всіх життєвих процесів, як це має місце у спор, насіння і багатьох нижчих тварин.

Як аналоги поняття *витривалість* відносно до різних типів систем використовуються й інші терміни. Зокрема, стосовно біологічних організмів часто говорять «живучість». У техніці користуються поняттям «надійність», а в суднобудуванні – «плавучість» (і навіть «живучість»).

Толерантність (від лат. *tolerantia* – терпіння) характеризує здатність сприймати ті чи інші несприятливі параметри зовнішнього середовища. Найчастіше цей термін застосовується при бажанні виразити ставлення до конкретних чинників середовища. Наприклад, організми можуть бути толерантні до охолодження, нагрівання, висихання, голоду, дефіциту кисню і т.ін. Це означає, що вони можуть витримувати помітні відхилення даних параметрів убік несприятливих значень.

Цифри і факти

Птахи можуть витримувати температуру тіла до +46,6 °С, ссавці – більше +42 °С, тихоходки (безхребетні, що поєднують риси черв'яків і членистоногих) виживають при охолодженні тіла до –190 °С (температури середовища можуть бути, відповідно, вище і нижче). Рослини можуть бути вологостійкими, посухостійкими, морозостійкими і т.ін. (Реймерс, 1990).

Проте толерантність з легкої руки біологів несе і ще одне значення, яке виходить за межі смислового поля *витривалості*. У біології бути толерантним (терпимим) – це означає не чинити опору (зокрема, агресивного) якому-небудь впливаючому чиннику.

Резистентність (від лат. *resistere* – протистояти, чинити опір) характеризує здатність протидіяти впливу негативних чинників зовнішнього середовища або пригнічувати їх вплив.

Зокрема, завдяки високому імунітету організм людини може активно пригнічувати інфекційну атаку ззовні. Наявність у ньому активних антитіл обумовлює також несприйнятливість до певних шкідливих агентів або отрут.

Стабільність (від лат. *stabilis* – діючий в незмінному вигляді) – здатність системи зберігати свою структуру і функціональні особливості під впливом внутрішніх чинників, наприклад, продуктів обміну, що накопичуються (Реймерс, 1990).

Стійкість – це здатність системи зберігати за різних параметрів зовнішнього середовища свою структуру і функціональні особливості, достатні для діяльності.

Характеристики стабільності і стійкості є взаємопов'язаними поняттями. При цьому можна встановити такий логічний зв'язок. *Стійкість* системи залежить від:

- а) її здатності реагувати на зовнішній вплив середовища (тобто толерантності і резистентності);
- б) від стабільності самої системи, яка визначається її внутрішніми чинниками.

На відміну від витривалості *стійкість* характеризує здатність системи не просто існувати, але й *активно функціонувати*.

Характеристикою, зворотною *витривалості* і *стійкості* системи, можна вважати її *вразливість*.

Вразливість системи – це нездатність протистояти зовнішнім діям. Виражається в порушенні функцій і структури системи (межа стійкості) або в повному припиненні існування системи (межа витривалості).

Еластичність системи – це її здатність відновлювати числові значення параметрів свого стану (повертатися в колишній стан) після зняття навантажень, що впливають на систему.

На відміну від інших характеристик (див., напр., витривалість, стабільність, стійкість) при визначенні еластичності робиться акцент не на відновленні яких-небудь функціональних особливостей системи, що можуть реалізовуватися і при змінному стані системи, але саме на відновленні в незмінному (або майже незмінному) вигляді основних параметрів системи: її структури і основних компонентів.

В економіці не існує подібної термінології, але фактично існують подібні інтервали (характерні для кожного підприємства), у межах яких підприємства здатні: вижити, стійко працювати, або деградувати і розоритися.

Аналогами параметрів зовнішнього середовища можуть бути: ціни на різні види ресурсів, ставки податків, відсотки за кредит, доходи клієнтів, приплив туристів у країну і т.ін. Економі-

ка має свої «погодні» і «кліматичні» параметри. Саме вони формують умови життя і функціонування середовища, у яких живуть організми за назвою «*підприємства*».

Розглянуті підходи стосуються автономної оцінки залежності окремих характеристик витривалості або стійкості системи від параметрів зовнішнього середовища. Існують також підходи і до інтегральної оцінки характеристики стійкості (Акимова и др., 1998).

Стійкість системи – одна з необхідних умов розвитку системи. Однак не менш важливою умовою є її мінливість. Про ті механізми, які забезпечують здатність системи змінюватися, поговоримо в наступному розділі.



Розділ 5

Фактори і механізми змінюваності системи



Тріада змінюваності

Ключова тріада змінюваності: мінливість, спадковість, добір. У попередніх розділах ми розглянули механізми розвитку системи, які визначають умови стійкості системи (підтримання гомеостазу) і можливості переходу до нового стану стійкості (трансформація рівня гомеостазу). Іншою стороною процесу розвитку є реалізація змінюваності системи. Адже розвиток – це насамперед зміни.

Класична інтерпретація механізму розвитку будується на трьох ключових факторах: *мінливість, спадковість, добір*. Саме цей механізм був відкритий Ч. Дарвіном і застосований для пояснення еволюційних процесів у живій природі. Цю ж тріаду академік М. Моїсеев запропонував розглядати як основу механізмів, що забезпечують розвиток будь-якої системи в неживій природі, біологічному світі та суспільстві (Моїсеев, 1990).

Мінливість. *Мінливістю* можна вважати здатність системи змінювати свої стани.

Зміни, що відбуваються в природі й суспільстві, умовно можуть бути диференційовані на дві групи:

- *детерміновані* (визначені) зміни, коли чітко визначені параметри кожного майбутнього стану системи (відсутні випадковості і невизначеність);
- *недетерміновані* (невизначені) зміни, коли майбутні стани системи обумовлені факторами випадковості (стохастичності) і невизначеності (імовірності).

Цілком природно припустити, що процеси піонерного розвитку, тобто поява зовсім нових станів, які не існували раніше, реалізуються природою на основі *недетермінованих змін*. Обов'язковою властивістю таких процесів є *випадковість (стохастичність) і невизначеність (імовірність)*. Вони складають зміст усіх природних процесів і проявляються як у мікросвіті, так і на макрорівні. Невизначеність і стохастичність – це об'єктивна

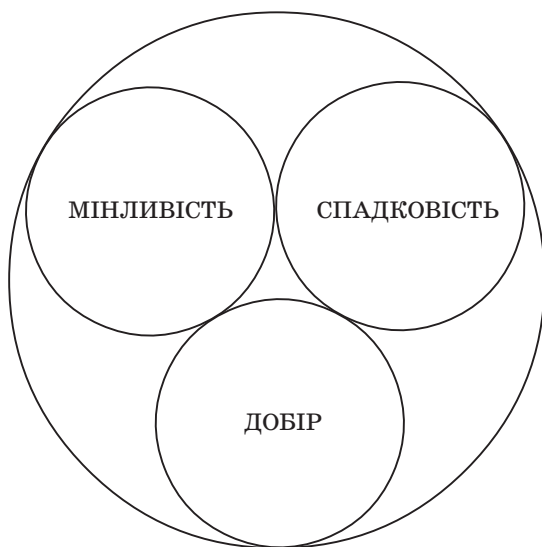


Рис. 5.1. Ключова тріада змінюваності систем

реальність нашого світу. Разом з тим випадковість і невизначеність проявляються не самі по собі, а в контексті *необхідності*, тобто законів, що керують рухом матерії і розвитком її організаційних форм.

Таким чином, випадкові і невизначені зміни створюють те «поле можливостей», з якого потім виникає різноманіття організаційних форм, включаючи форми з тривалим життєвим циклом. Подібні зміни ведуть до формування нових предметів і структур матеріального світу. Вони ж, разом з тим, служать і причиною їх руйнування.

Випадкові невизначені зміни – це «поле можливостей», з яких система створює свої стани.

Така діалектика самоорганізації матерії (синергетики). Ті самі фактори мінливості стимулюють творення і руйнування. Змінюваність формується внаслідок випадкових, імовірних змін. Створити їх не можна, але можна і потрібно готувати ґрунт для їх виникнення в необхідному напрямку.

Спадковість. Спадковість є другим важливим фактором, що визначає розвиток. Під *спадковістю* розуміється здатність сис-

теми повторювати її характерні ознаки та особливості в ряді наступних змін.

За влучним виразом М.М. Моїсеєва, спадковість означає здатність «майбутнього залежати від минулого» (Моїсеєв, 1990).

Таким чином, спадковість є тим фактором, що «заганяє» випадкові і невизначені зміни в «русло» закономірності та стійкості, не даючи процесу стохастичних та ймовірних змін (трансформацій) перетворитися в набір хаотичних подій, які неможливо передбачати. Спадковість – це місток між минулим і майбутнім. Інформаційною основою спадковості є пам'ять системи, основні уявлення про яку будуть розглянуті в наступному розділі.

Термін *спадковість* запозичений із біології. Вчені інших галузей знань можуть використовувати інші терміни, вкладаючи в них подібний зміст. Фізик чи хімік скаже про «базові властивості системи, які визначають спрямованість перебігу процесів (реакцій)», економіст чи соціолог – про «традиції і соціально-економічні передумови, які дозріли (чи не дозріли) у суспільстві». Спадковість обумовлена багатьма параметрами і фактично визначає лише одне: які з цих параметрів «мають право» змінитися, а які «не мають права» змінюватися, щоб система продовжувала залишатися системою і майбутнє виростало з минулого.

Спадковість забезпечує закономірність змін і стійкість системи, «здатність майбутнього залежати від минулого».

Добір та його критерії

Добір – це третє і, певно, найбільш складне для сприйняття поняття механізму розвитку. За класичним означенням, *добір* – це виділення будь-кого або будь-чого з якогось середовища за певною ознакою (Соціологічний, 1998).

Принципова функція добору полягає у визначенні властивостей чи характеристик системи, які можуть бути необхідні в майбутньому. Таким чином, визначається не стільки хтось чи щось, а властивості і характеристики, носіями яких вони є. Визначимо ті вихідні позиції, з яких почнемо аналіз категорії добору.

Добір – інструмент пошуку найбільш ефективних станів системи.

Розвиток будь-якої системи може здійснюватися за багатьма варіантами так званих «можливих продовжень». Поки подія не відбулася, кожний із цих варіантів є лише гіпотезою.

Примітка

Іноді людина самовпевнено вважає, що саме вона є суб'єктом добору, тобто тією інстанцією, яка здійснює вибір. Підставою для цього є позірنا могутність людини (вторгнення в природу, перебудова геологічного середовища, генна інженерія, панування над флорою і фауною). Проте людина – лише об'єкт добору. Але вибір, який робить людина, важливий тільки з однієї причини. Правильність зробленого людиною вибору є критерієм того, чи буде вона сама відібрана природою. Тобто відбирається для майбутньої історії її здатність збирати і розуміти інформацію, організовувати економіку, її навички роботи, її здатність до створення форм соціального устрою і т.ін.

Добір – селекція на користь найбільш ефективних станів системи.

У проблемі добору важливо дати пояснення двох ключових моментів:

- критерію добору;
- форм добору.

Ці два моменти є ключовими при виконанні будь-якого виду робіт. Критерій добору погоджується з метою виконання роботи, тобто відповідає на питання, чого потрібно досягти. Форма добору відповідає засобам (технологічним процесам) досягнення мети, тобто відповідає на питання, як досягається мета.

Критерій добору. Набір «фільтрів», за допомогою яких із безлічі можливих змін природою в реальність «пропускаються» лише деякі, дуже великий. Ці «фільтри» і є принципами добору. Для фізичних систем такими є всі закони фізики і хімії (зокрема, закони Ньютона, термодинаміки та ін.). Добір біологічних систем базується на внутрішньовидовій боротьбі. Свої принципи добору мають економічні системи – вони спираються на економічні закони (зокрема, закон вартості та ін.).

Чи існує деякий загальний принцип, який пов'язує різні критерії добору? Якщо існує, то в чому його сутність?

У працях учених таким загальним принципом називається *мінімум розсіювання (дисипації) енергії*, або *зменшення ентропії*, що, в кінцевому рахунку, веде до збільшення ступеня впорядкованості систем. Зокрема, Л. Онсагер називає *принцип мінімуму потенціалу розсіювання енергії*, а І. Пригожин – *принцип мінімуму виробництва ентропії* (див.: Моисеев, 1990).

Можна припустити, що еволюція природи є послідовним процесом самоорганізації природних систем (у неживій природі,

живій природі і суспільстві), під час якого відбираються природні структури, максимальною мірою здатні накопичувати вільну енергію.

Критерій добору – мінімум розсіювання енергії, або зменшення ентропії.

Будемо вважати, що в першому наближенні ми дістали відповідь на питання про критерій добору. Питання це надзвичайно складне і стосується глибин процесів розвитку. Заглибившись у них, ми зрозуміємо, що формулювання критерію добору на основі показника ентропії є більш точним, ніж на основі показника дисипації енергії, який є лише окремим випадком ентропійного критерію.

Два способи трансформації системи

Важливі не тільки фактори розвитку (мінливість, спадковість, добір), але й той механізм, за допомогою якого вони реалізуються.

Саме характер цього механізму впливає на темпи розвитку системи.

Під *трансформаційним еволюційним механізмом* (тобто механізмом зміни) систем, що розвиваються, слід розуміти сукупність логічних зв'язків і процедур, які забезпечують реалізацію ключових факторів розвитку – мінливості, спадковості, добору, та їх результуючу взаємодію.

Як було зазначено вище, розвиток будь-якої системи починається з її мінливості. Від того, як будуть задаватися змінюванні стани системи, залежатиме і характер самого добору. Для того щоб природа відібрала за вже відомим критерієм оптимальний варіант стану системи, потрібно, щоб була забезпечена багатоваріантність її змін. Багатоваріантність змін системи означає її відносну свободу.

Свобода – необхідна передумова розвитку. Свобода передбачає випадковість і невизначеність змін.

Ступінь свободи збільшується в міру збільшення рівня стохастичності і невизначеності можливих перетворень системи. І навпаки, чим менш випадкові і більш імовірні зміни системи, тим суворіше регламентується її поведінка. Щоправда, як ми

переконаємося в наступній частині книги, найбільш високі темпи розвитку спостерігаються при оптимальному співвідношенні факторів випадковості і визначеності.

Згадані характеристики (мінливість і багатоваріантність можливих станів системи в сполученні зі стохастичністю і невизначеністю змін, що відбуваються) є обов'язковими компонентами будь-якого трансформаційного механізму. Однак у різних трансформаційних механізмах вони реалізуються по-різному. І це визначає ефективність механізму і швидкість перебігу еволюційних процесів.

Академік М. Моїсєєв (Моисеев, 1990) називає трансформаційні механізми еволюційними. Він виділив два основних класи еволюційних механізмів, які умовно можуть бути названі адаптаційними і біфуркаційними.

Примітка

Термін «біфуркаційний» (від лат. *bis* – двічі, *furca* – вили) означає «роздвоєння, розгалуження». Чому використовується саме цей термін, спробуємо пояснити нижче.

Адаптаційні механізми передбачають такий характер змін у системі, який дозволяє їй пристосовуватися до впливів зовнішнього середовища без втрати системою її принципових відмітних ознак. При адаптаційному механізмі, незважаючи на всі зміни, система продовжує зберігати свою цілісність, тобто залишатися самою собою: біологічний організм (особа) залишається тим самим біологічним організмом, родина – родиною, фірма – фірмою, військовий підрозділ – військовим підрозділом, держава – державою (як політичне утворення).

Біфуркаційні механізми передбачають такий характер змін у системі, за якого система втрачає принципові відмітні ознаки і набуває нової якості, хоча й зберігає спадкоємний зв'язок з попереднім станом. При біфуркаційному механізмі система втрачає свою цілісність, набуваючи нової якості: біологічний вид зберігає своє існування внаслідок послідовної зміни поколінь; родина може роз'єднатися чи з'єднатися з іншою родиною, зберігаючи певні традиції; фірма може бути реорганізована (укрупнена, розукрупнена, змінити свою назву, галузь, вид діяльності), при цьому співробітники, що залишилися, будуть носіями традицій старого підприємства; на території країни (у межах колишніх кордонів чи нових) може виникнути нове державне утворення (з новим політичним устроєм, новим адміністративним розподілом, новою назвою), яке формально чи не-



формально (через своїх громадян) залишиться правонаступником або носієм національних рис колишньої структури.

Зазначені два класи механізмів М.М. Моїсєєв порівнює з двома різними режимами руху рідини в трубі – ламінарним і турбулентним.

Подобиці

Ламінарний, тобто плавний режим плину рідини, коли її частинки рухаються паралельно осі труби, спостерігається при незначних витратах рідини. У цьому випадку спостерігається лінійна залежність напору (необхідного тиску в трубі) від обсягу рідини, який потрібно прокачати за одиницю часу. Однак при збільшенні цього обсягу (втрати рідини) до критичного значення попередній

режим руху рідини існувати вже не може. Стара організація системи руйнується. Замість ламінарного руху рідини виникає турбулентний, тобто вихоровий. Він характеризується тим, що єдиний плавний потік розпадається на численні вихори різних розмірів, унаслідок чого їхні гідродинамічні і термодинамічні характеристики (швидкість, температура, тиск, густина) зазнають хаотичних (тобто стохастичних і невизначених) флуктуацій (змін). Це означає, що дані параметри змінюються в просторі (від точки до точки) і в часі нерегулярно. Лінійна залежність необхідного напору прокачування питомого обсягу рідини порушується, і значення напору починає швидко зростати (Моисеев, 1990).

Цей приклад ілюструє один дуже важливий факт: фізичні системи можуть мати граничні стани, перехід через який веде до різкої якісної зміни процесів – до трансформації їх організації. Цьому процесу притаманна дуже важлива з погляду прискорення процесів розвитку властивість: він стрибкоподібно збільшує характеристики змінюваності системи. По-перше, після *біфуркації* (тобто розгалуження) система розпадається на безліч можливих структур (станів), у рамках яких може розвиватися далі (звідси і назва даного класу механізмів). По-друге, різко збільшується стохастичність і невизначеність кожного з цих станів. Передбачити заздалегідь, яка з цих структур реалізується

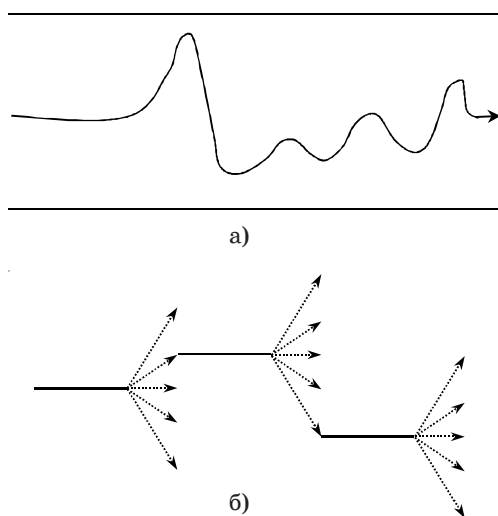


Рис. 5.2. Схеми реалізації адаптаційного (а) і біфуркаційного (б) класів еволюційних механізмів

ся, не можна в принципі, тому що це залежить від неминучих випадкових змін – флуктуацій системи.

Схематично шляхи реалізації адаптаційного (чи адаптивно-го) і біфуркаційного класів механізмів показані на рис. 5.2.

Наведені характеристики зазначених класів механізмів дозволяють провести порівняльний аналіз можливого впливу цих механізмів на інтенсивність еволюційних процесів.

Чудодійні властивості біфуркаційних механізмів

Біфуркаційним механізмам порівняно з адаптаційними притаманний цілий спектр відмітних властивостей, які дозволяють колосально прискорити процеси розвитку. До таких властивостей можна віднести:

- максимальне збільшення варіантності станів і розкиду можливих параметрів системи;
- невизначеність майбутнього, яке пояснюється високим ступенем випадковості та ймовірності флуктуацій (спонтанних змін) системи;
- необоротність розвитку; через імовірнісний і випадковий характер змін імовірність повернення в попередній стан практично дорівнює нулю(!); час, як і еволюція, набуває *спрямованості й необоротності*.

Біфуркаційні зміни, за яких система «забуває» минулий стан, різко прискорюють темпи розвитку.

Отже, біфуркаційні механізми створюють майже ідеальні умови для розвитку. Повторимо ще раз його необхідні передумови.

Для розвитку потрібна пам'ять. Але потрібна для того, щоб закріпити зміни, які вже відбулися; щоб система знову не поверталася до старого стану. Проте «дуже гарна пам'ять» перетворюється на гальмо розвитку, коли виникає потреба зробити нові зміни, порушити стару рівновагу. Таким чином, щоб зміна відбулася, система повинна «забути» старий стан. Набуваючи новий стан, система знову має «повернути» пам'ять, щоб інформаційно закріпити нову якість.

Близькі до цього умови створюються в системі саме за біфуркаційних механізмів розвитку. Стан катастрофи, у якому час від часу опиняється система, дозволяє «забувати» (чи майже «забувати») своє минуле. Коли біфуркаційний стан минає,

відбувається розгалуження шляхів еволюції. Кожний із них природа може обрати як оптимальний напрямок для реалізації подальшого розвитку. При цьому нова якість міцно закріплюється необоротністю неможливістю повернутися до попереднього стану.

Приклад

Уперше в планетарному масштабі природа реалізувала біфуркаційні механізми, створивши біологічний тип еволюції. Народжуючи потомство, кожний організм створює розгалужений шлях розвитку біологічного виду. Нове покоління несе спадкоємні ознаки свого виду (від зайця може народитися тільки заєць, а від крокодила – крокодил), але разом із тим створює ті необхідні передумови, без яких немислимий процес розвитку. Потомство вносить значне різноманіття в стару систему, і це різноманіття забезпечується випадковими мутаціями системи. З нового потомства виживуть тільки ті особини, що краще за інших здатні пристосуватися до навколишнього середовища. (А ми пам'ятаємо і конкретний критерій добору: у кого інформаційна здатність зменшити дисипацію (розсіювання) енергії виявиться вищою.) Саме ці життєздатні здобувають можливість народити наступне потомство (тобто створити нову біфуркацію).

Можливо, природа і змогла б досягти існуючого на планеті біологічного різноманіття, використовуючи адаптаційні механізми перших прокариотів (у цьому випадку кожна структура, зайнявши свою біологічну нішу, змогла б, поступово пристосовуючись, змінювати свій внутрішній зміст та зовнішню форму), але для цього знадобилися б сотні мільярдів років, а не ті кілька мільярдів, за які відбулася еволюція живої природи. Саме цей факт дії біфуркаційних механізмів першим зміг розглянути Дарвін.

Таким чином, біфуркаційні механізми, діючи разом з адаптаційними, дозволили різко інтенсифікувати мутагенез (тобто виникнення випадкових, невизначених змін) на планеті, внаслідок чого почали швидко змінюватися умови життя на Землі. Це, у свою чергу, стимулювало швидке вимирання старих видів і появу нових.

Трансформаційні механізми в живих системах. У світлі викладеного стає зрозумілим надзвичайне значення смертності, яка притаманна живим організмам. (Прокариоти, як зазначав М.М. Моїсєєв (1990), були безсмертними.) Це ціна, яку заплатила природа за різке прискорення темпів розвитку.

З виникненням живої природи набувають подальшого розвитку обидва види еволюційних механізмів: як адаптаційні, так і біфуркаційні.

Вироблення рефлексів – це результат дії адаптаційних механізмів. Будь-яка поступова зміна тих чи інших властивостей систем, що розвиваються (у тому числі засвоєння «правил поведінки» окремими членами популяції), відбувається під впливом

подібних механізмів. Щоразу подібні механізми відшукують такий стан системи (організму), який відповідатиме мінімуму дисипації енергії, чи найменшому значенню ентропії.

Водночас набули колосального розвитку біфуркаційні механізми. Насамперед це пов'язано зі змінюваністю поколінь. Саме цей фактор, який так геніально побачив Ч. Дарвін, виявився потужним прискорювачем еволюції і фактором значного збільшення різноманіття природи планети. Таким чином, біфуркаційні механізми починають відтворювати себе, адже основа біфуркації – це різноманіття. Але, з іншого боку, і сама біфуркація є джерелом різноманіття.

Що може створювати людина за допомогою біфуркацій

Розвиток головного мозку і виникнення на його основі інтелекту спричинили новий стрибок у процесі вдосконалення біфуркаційних механізмів. Нагадаємо, що принциповою рисою інтелекту є здатність до *абстрактного мислення*, тобто формування інформаційних образів матеріального світу у відносному відриві від реальних явищ. Ця здатність передбачає, насамперед, прогнозування можливих подій (докладно див.: Мельник, 2000).

Таким чином, виникають реальні передумови формування *віртуальних біфуркацій* можливих подій і добору найбільш оптимальних варіантів до того, як вони відбудуться в реальному часі. Немає потреби повторювати, що інформаційне (віртуальне) програвання можливих варіантів (біфуркацій) подій відбувається в сотні і тисячі разів швидше, ніж їх реальний перебіг. Крім того, інтелект здатний відкидати явно «погані» варіанти, використовуючи інтуїцію. (У цьому, до речі, полягає основна перевага людини в шаховій грі з комп'ютером, який змушений прораховувати всі потенційно можливі ходи, включаючи явно програшні.) Усе разом узяте дозволяє досягти колосальної економії часу (а отже, і заощадження енергії системи).

Другою перевагою розвитку біфуркаційних механізмів на основі інтелекту є *евристичний спосіб мислення*, що передбачає формування принципово нових варіантів розвитку системи, які б не могли виникнути природним шляхом (чи мають дуже малу імовірність подібного виникнення). Ці нові варіанти можуть поєднувати можливі стани даної системи, що могли б відбутися в різних фазах її розвитку в часі, або в різних просторових умовах. Подібне гіпотетичне проектування може давати такі комбінації, у яких система в даний час існувати не може. Більш

того, віртуальна біфуркація припускає своєрідну «гібридизацію», тобто «конструювання» можливого стану системи з параметрів, що належать іншим системам. Наприклад, природа навряд чи «здогадалася» б розвивати українське птахівництво шляхом вирошування страусів. Ці птахи не живуть у природних умовах України. А людина вирішила поєднати непокладання, і на карті країни з'явилось кілька страусиних ферм. Усе це можна назвати прикладом *нелінійної логіки* чи *нелінійного мислення*. Деякі напрямки її використання в умовах соціально-економічного розвитку розглянуто в: Мельник, 2000; Могилевский, 1999.

Третім фактором, що підсилив можливості біфуркаційних механізмів на етапі суспільного розвитку, є *різноманіття інформаційної основи суб'єктів*, які здійснюють процеси біфуркації. І формування варіантів можливих станів, і їх добір визначаються тією суб'єктивною шкалою переваг, що існує в кожній людині. А точно передбачити дії людей не можна в принципі: у тих самих умовах два індивіди часто приймають зовсім різні рішення. Звідси виникає *неоднозначність*. Вона обумовлена різними перевагами людей, що приймають рішення. Ця неоднозначність переваг є додатковим чинником збільшення різноманіття можливих варіантів стану і служить сприятливим фактором прискорення розвитку.

Учений переконує

М.М. Моїсєєв: «Кожний стан соціальної системи... є біфуркаційним. Саме ця обставина приводить до різкого прискорення всіх процесів самоорганізації суспільства. З розвитком науково-технічного прогресу і продуктивних сил організаційні основи суспільства починають змінюватися в дедалі швидшому темпі... Зауважимо, що мова оптимізації, тобто функціоналі, за допомогою яких можуть бути описані алгоритми розвитку на нижніх рівнях організації матерії, зберігає своє значення і для соціальної реальності. Однак інтелект здійснює фільтрацію можливих рішень, можливих типів компромісів незмірно ефективніше і швидше, ніж це робить механізм природного добору.

Активна участь інтелекту в процесі розвитку дозволяє розширити область оптимуму. Суспільні сили перестають бути рефлексними, такими, у яких локальний мінімум обчислюється за чітко регламентованими правилами. Тому для опису алгоритмів розвитку, що діють у системах соціальної природи, простої мови оптимізації вже недостатньо. Ми змушені використовувати інші способи опису, прийняті в теорії дослідження операцій і системному аналізі. Зокрема, це мова і методи аналізу конфліктних ситуацій і багатокритеріальної оптимізації.

Особливого значення набуває «узагальнений принцип мінімуму дисипації», сфера застосування якого безупинно розширюється. Протягом усієї історії людства прагнення опанувати джерелами енергії та речовини було одним із

найважливіших стимулів розвитку та осереддям людських інтересів. І тому воно завжди спричиняло до різноманітних конфліктів.

У міру розгортання науково-технічного прогресу, у міру виснаження земних ресурсів усе більше стверджується нова тенденція – прагнення до ощадливого витрачання цих ресурсів. Виникають, зокрема, безвідхідні технології. Перевагу в розвитку одержують виробництва, що потребують невеликих енерговитрат і матеріалів, насамперед електроніка і біотехнологія. Протягом усієї історії темпи розвитку енергетики випереджали темпи розвитку інших галузей виробництва. Тепер, здається, ці темпи починають вирівнюватися.

Здатність використовувати *вільну енергію* та інші ресурси планети практично завжди визначала результат конфліктів між соціальними структурами, а також добір таких структур.» (Моисеев, 1990).

У ході еволюції природи можна помітити численні прояви емансипації (збільшення ступеня свободи) людини. Це і збільшення можливостей фізичного пересування людини. Це і зростання ступеня універсальності, що дозволило людині діяти з об'єктами матеріального світу. Це також розширення середовища мешкання і поглиблення сфери проникнення людини в компоненти цього середовища. Усього цього людина досягла за допомогою штучно створених матеріальних об'єктів. Це також можливість самому створювати інформаційні програми свого розвитку. Нарешті, ми бачимо, що Природа делегувала людині навіть *функцію добору*.

Утім, не слід забувати, що Природа залишає за собою право коректування цього добору за принципом «добору добираючих». При цьому перепустку в майбутнє одержують тільки ті індивіди і суспільні групи, що силою свого розуму здатні знаходити (вибирати) найефективніші шляхи розвитку людства.

Про нелінійність і катастрофи в трансформації систем

Хвильові властивості стану системи і середовища. Як це було вже показано вище, будь-яка система може існувати, самоорганізовуватися і розвиватися тільки в тому випадку, якщо вона здатна бути стаціонарною, тобто підтримувати відносно постійні значення своїх параметрів. Ця сталість, однак, ніколи не буває абсолютною, тому що стани будь-якої системи піддаються коливанням. Коливальні зміни стану системи здебільшого мають упорядкований характер, завдяки чому коливання набувають форми хвильового (ритмічного) руху. Хвильові властивості неодмінно мають і всі середовища, у яких знаходяться системи.

Хвильові властивості середовища і системи відіграють надзвичайно важливу роль у забезпеченні процесів метаболізму, самоорганізації і розвитку систем. Насамперед слід згадати процеси зародження систем, що починаються з явищ флуктуації, тобто виникнення неоднорідності окремих елементів, з яких складається середовище. Подібні явища можуть виникати і значно посилюватися завдяки хвильовим (коливальним) властивостям середовища.

Не менш важливу роль відіграють хвилі також у реалізації явищ синергетизму, тобто когерентності окремих елементів, що поєднуються в систему. Хвилі стають своєрідним засобом, за допомогою якого окремі елементи «узгоджують» свою поведінку. Інструментом такого «узгодження» стає синхронізація коливань, чи хвильового руху, окремих елементів.

Трансформація стану системи. Стани, у яких може перебувати система, умовно можна розділити на три види:

- стаціонарний стан (стан спокою) – такий стан відповідає стійкому підтриманню рівня гомеостазу;
- стан порушення (турбулентності) – стаціонарність стану системи порушується, і вона починає «шукати» новий рівень гомеостазу, що відповідає її новим енергетичним можливостям; імпульс збудження може приходити в систему ззовні чи зароджуватися всередині неї;
- стан рефрактерності (або стан заспокоєння) – вийшовши на новий рівень гомеостазу, система поступово повертається до стану стаціонарності.

Описаний вище стан порушення системи характеризується тим, що система виходить зі стаціонарного стану і стрибкоподібно змінює значення своїх параметрів. Цей стан має ряд особливостей. Серед основних можна виділити такі:

- а) система переживає *кризу* (тобто різкий злам, важкий стан), за якої порушуються існуючі зв'язки між елементами системи;
- б) виникає *багатоваріантність* продовження стану системи (народження нового покоління біологічних особин; заміна продукції, що випускається на виробничому підприємстві, вибори нового парламенту чи кабінету міністрів у країні, конкурсний характер використання коштів у НДІ, зміна поколінь у спортивній команді, ін.); нестійкість кризового стану системи в поєднанні з множинністю потенційно можливих (віртуальних) варіантів продовження обумовлює імовірність різкої стрибкоподібної зміни траєкторії розвитку системи;

в) створюються передумови *необоротності* розвитку системи; система не в змозі повною мірою повернутися до старого стану (нове покоління біологічного виду не може зникнути безслідно, воно займає простір і потребує їжі; підприємство демонтувало стару технологічну лінію, тому що попит на стару продукцію впав; новий склад парламенту на законних підставах не відмовиться від своїх повноважень на користь старого; витрачені на новий проект гроші вже не можуть бути повернуті для виконання старого проекту; старим гравцям команди не повернути молодість).

З математичної точки зору згаданий вище стан турбулентності системи описується нелінійними функціями, що мають деяких характеристик параметрів екстремальні значення. Іншою особливістю, що має бути охарактеризована математичним апаратом, є багатоваріантність поведінки функції. Це означає, що при тому самому значенні аргументу може бути кілька значень функції або що одному значенню функції може відповідати кілька значень (коренів) аргументу. Ще у XVIII–XIX століттях принципи варіантності були досліджені в математиці й фізиці Мопертьюном, Гауссом, Ейлером. В другій половині XX століття розрізнені дослідження феномену нелінійності були систематизовані французьким математиком-топологом Р. Томом у *теорії катастроф*.

Основна ідея Р. Тома полягала в тому, щоб застосувати теорію динамічних систем для аналізу як структурно-стійких станів системи (несприйнятливих до незначних збурювань, тобто змін параметрів системи), так і різких (стрибокподібних, розривних) змін у системі при плавній зміні її параметрів. Саме подібні якісні трансформації системи прийнято називати *катастрофами*.

Багатофакторний характер зміни стану системи. Складність математичного апарату має бути адекватно описуваним ним процесам. Їх коло нескінченно широке: від впливу сили (чи системи сил) на матеріальну точку (зокрема, її швидкість може визначатися рівнянням з одним невідомим чи системою рівнянь з кількома невідомими) до найскладніших явищ у системах, де все пов'язано з усім. Настрій людини залежить від стану її здоров'я, а здоров'я – від настрою. Ціни впливають на попит, а попит впливає на рівень цін. Це лише два приклади. Але й вони достатньо характеризують багатофакторність процесів, що відбуваються в таких складних системах, як людина та економіка. Наприклад, надзвичайно складно навіть формалізувати такі явища, як настрої людини чи її здоров'я, не кажучи

вже про їх кількісні оцінки. Подібні проблеми виникають при моделюванні вихідних процесів, що визначають рівень попиту чи цін на товари.

Однак у наведених прикладах проблема не обмежується кількісною оцінкою факторів впливу. Важливо не тільки те, що існує безліч причин, які впливають на стан системи, але й те, що причини постійно міняються місцями з наслідками. Це означає, що в математичних моделях, покликаних описати зазначені процеси, аргументи повинні мінятися місцями з функціями.

Цілісна картина взаємодії механізмів розвитку

Проведений у попередніх розділах аналіз факторів і механізмів розвитку систем дає можливість відтворити їх цілісну картину. Гіпотетичний «портрет» феномену розвитку наведено на рис. 5.3. Найважливішими в цій схемі є кілька ключових моментів.

1. Розвиватися здатні тільки *відкриті стаціонарні системи*.

Відкритість системи означає, що вона здійснює метаболізм, тобто речовинно-енергетично-інформаційний обмін із зовнішнім (навколишнім) середовищем. Метаболізм є джерелом надходження в систему вільної енергії і видалення із системи відходів життєдіяльності.

Стаціонарність системи означає, що вона здатна підтримувати *стійку динамічну рівновагу – гомеостаз*, який являє собою динамічно відносну усталеність складу і властивостей. Він потрібний для підтримання необхідної різниці фізико-хімічних потенціалів (температурних, хімічних, електромагнітних та ін.) між системою і зовнішнім середовищем, а також між окремими частинами системи. Остання може існувати, тільки підтримуючи зазначені параметри всередині самого гомеостазу, що перебувають в дуже вузьких інтервалах даних потенціалів.

Відхилення параметрів системи, які визначають рівень гомеостазу, у той чи інший бік від оптимальних значень загрожує порушенням її функцій або повним припиненням існування системи як сутності, що здатна самоорганізовуватися і саморозвиватися. Для зміни рівня гомеостазу необхідна перебудова всього організму системи, тобто докорінна зміна взаємодії окремих її частин.

Відкриті стаціонарні системи можуть існувати у формі: структур з «колективною» поведінкою неживої речовини (молекули, елементарні частинки); живих організмів, екосистем, громадських організацій (фірми, асоціації, ринки, макроекономічні системи).

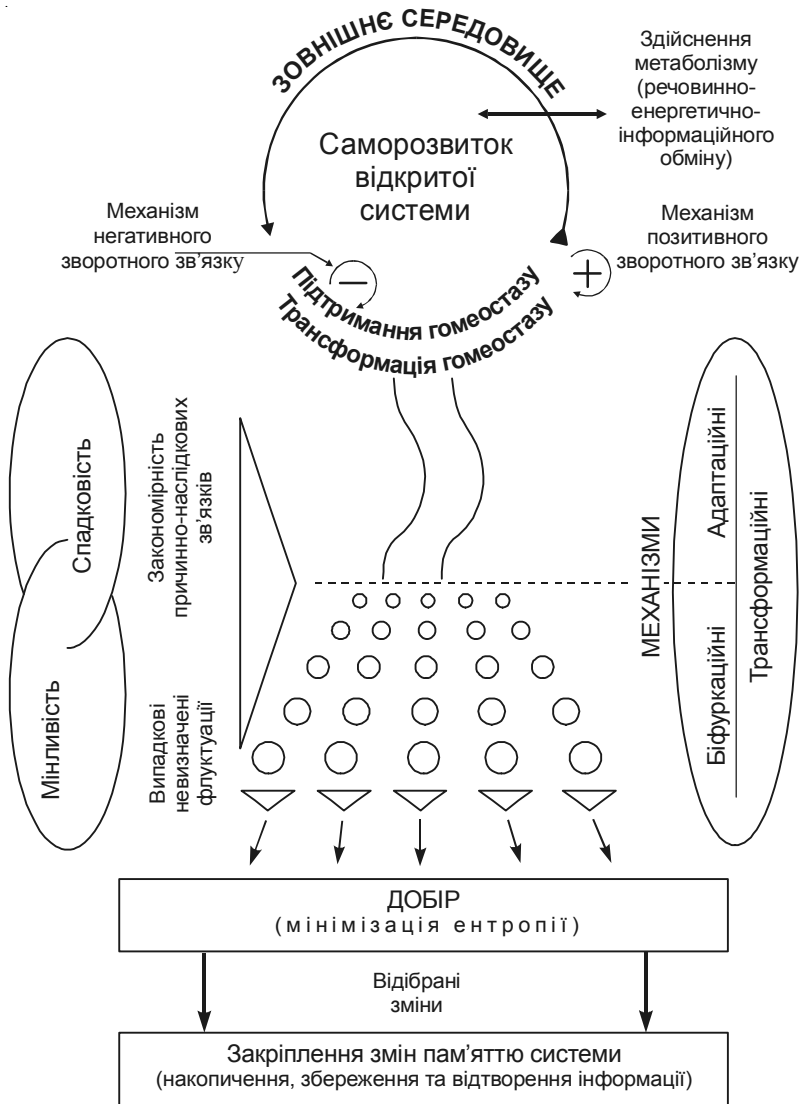


Рис. 5.3. Схема інтеграції механізмів і факторів розвитку

2. Для підтримання гомеостазу система використовує *механізми негативного зворотного зв'язку*, які спрямовані на компенсацію впливу факторів зовнішнього середовища і діють у напрямку, протилежному фактору, що впливає. Щоб реалізувати механізми негативного зворотного зв'язку, система змушена витрачати наявну вільну енергію.

3. У тому випадку, коли енергетичний баланс системи порушується і загальна втрата енергії системою стає більшою чи меншою, ніж надходження до неї вільної енергії, система перебудовується, змінюючи рівень свого гомеостазу, відповідно підвищуючи чи знижуючи його (звичайно, якщо еластичності системи вистачає для подібної перебудови). Зміна рівня гомеостазу і пов'язана з цим перебудова структури системи досягається за допомогою *механізмів позитивного зворотного зв'язку*. Вони також потребують витрат вільної енергії.

4. Розвиток системи здійснюється завдяки взаємодії трьох груп факторів: мінливості, спадковості, добору.

Мінливість забезпечує виникнення *випадкових, невизначених флуктуацій*, тобто відхилень від рівноважного стану системи.

Спадковість гарантує *закономірність* виникаючих змін. Вона визначається *причинно-наслідковими зв'язками* процесів, які відбуваються. Завдяки цьому майбутнє набуває властивість «залежати від минулого».

Добір здійснює селекцію найбільш ефективних станів, тобто змін, через які проходить система. *Критерієм* добору є *мінімізація ентропії* системи. Це означає, що відбираються ті її стани, у яких вона має *максимальну інформативність*, тобто здатність до інформаційного управління процесами. Зрештою, це веде до *мінімізації необоротного розсіювання* (дисипації) енергії і підвищення ефективності існування. Таким чином, виживають (відбираються) тільки найбільш ефективні стани системи.

5. Зазначені фактори розвитку можуть реалізовуватися системою за допомогою двох класів механізмів: адаптаційних і біфуркаційних.

Адаптаційні механізми реалізують функції мінливості, спадковості, добору за умови збереження характерних ознак існуючої системи, тобто в межах одного й того самого біологічного організму, екосистеми, фірми, держави.

Біфуркаційні (розгалужені) механізми реалізують зазначені функції на основі послідовної зміни якісно нових станів систем, які втрачають характерні ознаки своєї системи-попередниці, хоча і зберігають спадкоємні зв'язки з нею. Такими процесами є:

зміна поколінь біологічних організмів, реструктуризація фірм, радикальна зміна державного устрою, ін.

Біфуркаційні механізми дозволяють досягти найбільш сприятливих для розвитку умов. Перервність і розгалуженість (варіантність) дозволяє системі начебто «забувати» старий, менш ефективний стан і на основі різноманітного пошуку відбирати новий, більш ефективний стан (або нові стани). Ці самі механізми, забезпечуючи необоротність перебігу процесів, реалізують також іншу важливу властивість – закріплення змін, що відбулися. Біфуркаційні механізми є значно більш ефективними порівняно з адаптаційними, дозволяючи різко збільшити темпи розвитку.

Виникнення інтелекту з його здатністю до формування і добору віртуальних біфуркацій, які створюють можливість колосально прискорити процеси розвитку (реалізація функцій мінливості, спадковості, добору), відіграло роль імпульсу лавиноподібного прискорення темпів еволюції природи. Поява комп'ютера ще більш підсилила ці процеси.

6. Інформаційне закріплення змін, що сталися, є завершальною ланкою кожного наступного циклу розвитку системи. Провідну роль у цьому відіграє пам'ять системи. Пам'ять – це здатність накопичувати, зберігати і відтворювати інформацію. Фактично закріплюються нові стандарти поведінки системи, за якими вона функціонуватиме до виникнення і закріплення нових змін. Функціонувати – це багаторазово тиражувати і відтворювати процеси життєдіяльності системи. Таким чином, пам'ять є засобом фіксації найбільш ефективних станів системи і подальшого їх удосконалення.

7. Усі процеси функціонування і розвитку систем здійснюються на основі взаємодії трьох сутнісних начал: енергетичної потенції, інформаційної реальності і синергетичного феномену.

Енергетична потенція обумовлює здатність системи виконувати роботу (змінюватися). *Інформаційна характеристика* системи – це закріплений пам'яттю енергетичний потенціал системи, тобто її здатність змінюватися в просторі і часі за точно визначеними програмами (здатність відтворювати певні стани системи). Зокрема, це означає можливість зберігати або змінювати різні параметри системи: форму, колір, запах, коливальні та інші рухи тощо.

Синергетичний феномен обумовлює взаємодію окремих частин системи між собою, унаслідок чого вони починають діяти як єдине ціле. Для цього необхідне дотримання, як мінімум, двох умов: по-перше, окремі частини системи повинні

реагувати на зміну стану зовнішнього середовища (зовнішнього для кожної з них і системи в цілому), по-друге, окремі частини повинні виявляти погоджені (когерентні) дії, тобто, начебто «переговорюючись», синхронізувати свої зміни. Синергетичні явища спричинюють до так званого ефекту емерджентності, коли з компонентів формується система – єдине ціле, яке перевершує суму окремих частин.

Діючи подібним чином, *триада* зазначених явищ формує *четвертий феномен* – певну *природну сутність*, здатну відтворювати (стійко повторювати) у часі свої характерні ознаки. До таких сутностей, зокрема, можна віднести елементарні частинки, атоми, молекули, клітини, біологічні види й особини, соціальні структури (родини, підприємства, країни).

Саме зазначені механізми формують необхідні й достатні умови для реалізації еволюційних процесів. Саме вони створюють багаторівневу систему, яка багаторазово відтворює одні й ті самі необхідні, спрямовані і закономірні зміни систем в умовах випадкових і невизначених станів зовнішнього середовища.

Знову про «місток» між теорією і практикою стійкого розвитку

Щоб висловлене в попередніх розділах не здавалося пустим теоретизуванням, яке не має нічого спільного з практикою, повернемося знову до проблем стійкого розвитку. У розділі 2 ми вже говорили, яке відношення до проблем стійкого розвитку можуть мати загальні закономірності розвитку відкритих стаціонарних систем. Розглянемо ще раз ці питання з висоти тих знань, які ми отримали з попередніх розділів. Зокрема, яку користь для наших навичок підтримання стійкого розвитку може дати пізнання того факту, що природні системи здатні до *самоорганізації та саморозвитку*?

Сама можливість самоорганізації вже передбачає той факт, що природні системи спроможні до саморегулювання, яке неодмінно включатиме механізми протидії будь-якому впливу ззовні. Одним із таких зовнішніх впливів і є антропогенна діяльність людини, пов'язана з втручанням у природу. Природа протидіятиме тим сильніше, чим масштабнішим буде втручання в процеси, які в ній відбуваються. Зокрема, саме від цього застерігає сформульоване М.Ф. Реймерсом *правило ланцюгових (невідворотних) реакцій «жорсткого» управління природою* (Реймерс,

1994). Саме таке «жорстке» управління застосовує людина, коли вдається до масштабної перебудови природних систем, коли знищуються важливі складові природних ландшафтів або окремі біологічні види, які здаються людині зайвими. Обов'язковою реакцією природи на це будуть процеси перебудови зв'язків. Природа «вмикає» механізми зворотного зв'язку, щоб компенсувати наслідки втручання людини. Ці наслідки, по-перше, як правило, не передбачаються людиною, а по-друге, можуть спричинити такі масштабні негативні ефекти (у тому числі і соціально-економічного характеру), які за кількісними параметрами значно переважають (інколи на порядок) позитивні ефекти, що їх сподівалась отримати людина. Ця картина, яку понад сторіччя тому помітив Ф. Енгельс, досить детально описана в науковій і навіть художній літературі. Тому не будемо на ній зупинятися, а розглянемо більш докладно альтернативу «жорсткому» управлінню природою.

«М'яке» управління природою, за визначенням М.Ф. Реймерса, побудоване не на брутальному техногенному втручанні в природу, а на ініціюванні (підсиленні) корисних природних ланцюгових реакцій, у тому числі процесів відновлення та відтворення ресурсів. Прикладом може бути застосування біологізованих систем ведення сільського господарства, які побудовані на максимальному використанні природних процесів активізації продуктивних сил. Такими, наприклад, є застосування оптимальних сівозмін, створення полезахисних лісосмуг, оптимальне поєднання культивованих і некультивованих площ, утилізація відходів органіки тощо. Подібні методи «м'якого» управління природою виявляються набагато ефективнішими, а головне – значно надійнішими завдяки збереженню і посиленню відтворювального потенціалу природи.

У висновках до розділу 2 ми говорили про можливі загрози від порушення людиною триєдиних начал відтворення природних систем: матеріальної субстанції, інформаційної основи і синергетичного (об'єднувального) феномену. І це справді так. Але разом з тим умілий вплив на кожне із зазначених начал може скласти арсенал раціонального управління природними системами, спрямованого на досягнення стійкого розвитку.

Як відомо, великої шкоди диким оленям завдають трубопроводи, прокладені в тундрі. Причиною є лякливість тварин. «Індустріальне страховище», мабуть, має настільки жакливий вигляд і настільки не гармонує з природою, що лякає тварин, змушуючи їх змінювати шляхи міграції. Інколи це веде до екологічних катастроф, спричиняючи загибель тварин.

Але той самий ефект інформаційного впливу на природні істоти шляхом їх відлякування може бути дуже ефективним методом «нежорсткого» управління природою. Так, спеціальними запахами відлякують шкідливих комах від сільгоспугідь. До речі, метод відлякування налічує вже кілька століть – стільки, скільки на городах стоять опудала. А надзвичайно висока ефективність цього методу обумовлена, по-перше, мізерною ціною його застосування, а, по-друге, мінімальною шкодою, яку він завдає природі.

Це щодо методів управління природою. Кілька слів про їх зміст.

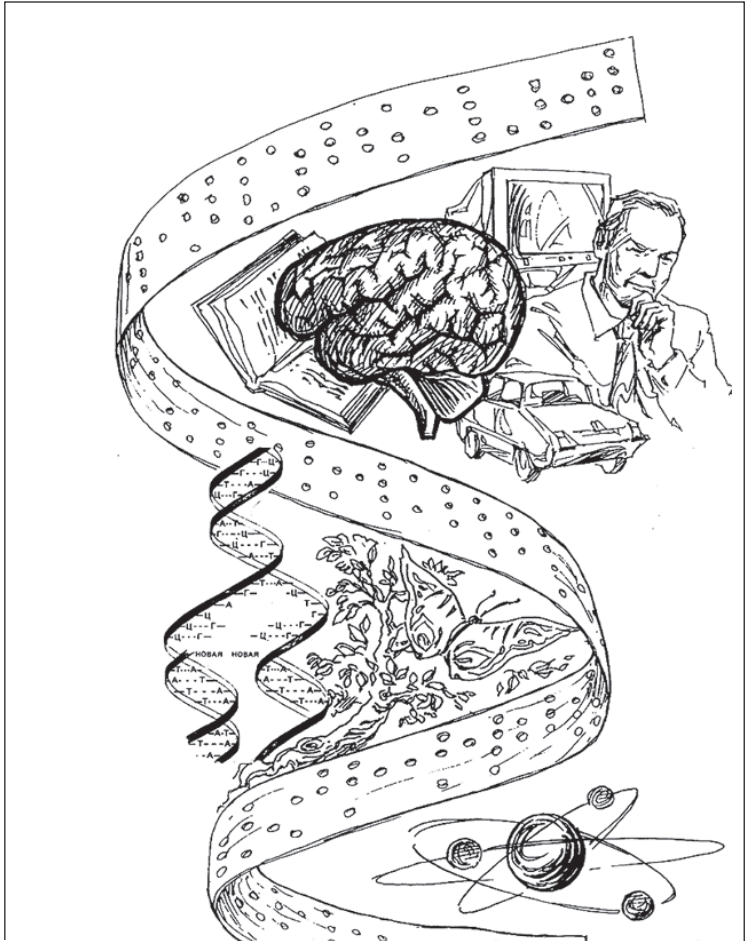
Інколи буває надзвичайно вигідно в управлінні природокористуванням скористатися підходом, побудованим на впливі на комунікаційні шляхи біологічних видів. Саме так людина здавна захищає від небажаних гостей свої домівки, перекриваючи можливі шляхи проникнення (згадаємо хоча б захисні сітки від комарів та мух). Цей підхід виявляється зручним і для захисту цілої країни. Будь-яка країна захищає себе від небажаних товарів (зброї, наркотиків, недоброякісних харчових продуктів тощо), блокуючи свої митні коридори.

Існує і ще один підхід до контролю за природними системами – вплив на весь відтворювальний механізм. Часто такий підхід виявляється найбільш ефективним. Саме впливаючи на репродуктивні механізми і блокуючи ланцюжки майбутніх поколінь (а не знищуючи конкретних особин), люди контролюють чисельність певних тварин, зокрема, борються проти небажаних.

Як би там не було, людина має значний спектр «м'яких» методів природокористування, побудованих на різних підходах. Управлінське мистецтво полягає в їх вдалому виборі та застосуванні до кожного конкретного випадку. Так, як це колись зробив мудрий Ч. Дарвін.

Розповідають, що колись селяни поскаржилися вченому на те, що останнім часом почали знижуватися врожаї гречки. Трохи поміркувавши, учений порадив розводити котів. Здивовані селяни вирішили, що в старого вже щось сталося з головою: як коти можуть вплинути на врожаї гречки? Але зробили так, як порадив учений. На подив селян, урожаї гречки почали збільшуватися. З'ясувалося, що причиною зменшення врожаїв були польові миші: вони руйнували гнізда бджіл, які запилюють гречку. Коти відіграли роль природного регулятора кількості мишей, знизивши їх поголів'я і, відповідно, зменшивши екологічне навантаження на бджіл. Весь цей ланцюжок зв'язків відсте-

жив мудрий учений, що дало йому можливість прийняти рішення з розряду «нежорсткого» управління природою. Навіть якщо вся ця історія – усього лише красива легенда, сам приклад можливості такого підходу досить повчальний. Як не вистачає подібної мудрості багатьом нашим владним особам, які приймають рішення у відомчих та академічних кабінетах! До вивчення закономірностей управління природокористуванням ми повернемося в розділах 15 і 17.



Розділ 6

Пам'ять системи



Навіщо потрібна пам'ять

Інформаційне закріплення змін є завершальною ланкою кожного чергового циклу розвитку системи. Провідну роль у цьому відіграє пам'ять системи.

Пам'ять – це здатність *накопичувати, зберігати і відтворювати* інформацію. Фактично закріплюються нові стандарти поведінки системи, відповідним чином вона функціонуватиме до виникнення і закріплення нових змін. Функціонувати – це багаторазово тиражувати і відтворювати процеси життєдіяльності системи. Таким чином, пам'ять є засобом фіксації найбільш ефективних станів системи та їх подальшого вдосконалення.

Отже, основним призначенням пам'яті є запам'ятовування і відтворення попереднього досвіду системи. Для її існування і розвитку надзвичайно важливою є здатність накопичувати, зберігати і відтворювати інформацію про події зовнішнього світу і реакції самої системи.

Пам'ять присутня з перших моментів і впродовж усього існування системи, що саморозвивається. Дія практично кожного з описаних вище механізмів, що забезпечують процеси розвитку, будується на використанні пам'яті.

Забезпечення погодженості (когерентності) окремих блоків системи. Уже саме виникнення певної відкритої стаціонарної системи неможливе без пам'яті. Саме вона закріплює і здійснює когерентність, тобто синхронність дії окремих частин системи. Саме пам'ять перетворює сукупність частин на систему – структуру «з колективною поведінкою». Щоб система склалася, кожний її елемент має «пам'ятати» свою роль і виконувати правила колективної поведінки. Це має бути закріплено інформаційно.

Підтримання гомеостазу. Механізми негативного зворотного зв'язку можуть бути реалізовані тільки на основі пам'яті.

Щоб реагувати на зовнішній вплив і коректувати свій стан (підтримувати гомеостаз), система, як мінімум, повинна «пам'ятати» параметри свого гомеостазу і постійно порівнювати їх із характеристиками зовнішнього середовища. Це необхідно для вибору тих чи інших механізмів зворотного зв'язку.

Здійснення метаболізму. Процеси вилучення із зовнішнього середовища і закріплення в системі вільної енергії мають бути забезпечені інформаційно. Упорядкованість реалізації енергетичного потенціалу, створюваного гомеостазом системи, – це, насамперед, інформаційна організація процесів. Будь-які потоки речовини та енергії, що проходять через систему, управляються інформаційно. Крім того, це також і потоки інформації. І невідомо, що важливіше для діяльності системи: обмін матеріальними субстанціями чи інформацією. Швидше за все, однаково важливе і те, і інше. Закріплення енергії нерозривно пов'язане із закріпленням інформації.

Трансформація гомеостазу (реалізація механізмів позитивного зворотного зв'язку). Зміна одного стану іншим, тим більше стрибок з одного рівня гомеостазу на інший можуть бути здійснені тільки на основі властивостей необоротності. Система повинна «запам'ятати» новий стан. Це не можна здійснити без пам'яті.

Роль пам'яті в ефективності системи. Саме пам'ять є вирішальним чинником у забезпеченні необхідних передумов розвитку: необоротності, спрямованості, закономірності. Для того щоб не «скочуватися» в старий стан (передумова необоротності), потрібно «запам'ятати» (зафіксувати) новий стан. Щоб реалізувалася спрямованість, необхідний інформаційний коридор можливих змін, тобто знову-таки здатність «запам'ятовувати» одні зміни і блокувати інші. І нарешті, закономірність, що передбачає наявність причинно-наслідкових зв'язків, означає насамперед пам'ять про ці зв'язки.

Саме пам'ять є необхідною умовою реалізації тріади факторів розвитку: мінливості, спадковості, добору. Здатність системи до мінливості залежить від ступеня різноманіття системи, що закріплюється її пам'яттю. Спадковість – це здатність системи пам'ятати свої минулі стани. Добір реалізується на основі перегляду і порівняння інформації про різні стани системи.

Важливість пам'яті для реалізації процесів розвитку підтверджується конкретними фактами еволюції природи.

Процес розвитку системи являє собою своєрідне прокладання шляху, яким системі доведеться згодом «рухатися» багаторазово, відтворюючи (повторюючи) стани, у яких опинялася

система. Від того, наскільки досконалу пам'ять має система, залежить її здатність фіксувати найбільш успішні (ефективні) свої стани і дії, що привели до них. Відповідно від пам'яті залежить також здатність «забути» свої помилки, що приводять до неуспішних (неефективних) станів. Однією з найбільш наочних моделей, що демонструє «роботу» пам'яті, яка відтворює відшліфований раніше шлях розвитку системи, є яйце.

Подробиці

Саме в яйці природа сконцентрувала все необхідне для розвитку птахів чи плазунів з рідкої субстанції до живого організму. Тут присутнє джерело енергії у вигляді висококалорійних речовин-енергоносіїв, хімічна енергія яких витрачається в суворій відповідності з інформаційним кодом. Тут же в яйці містяться всі необхідні «будівельні матеріали», з яких відбувається формування організму. Уся репродукція такого дива природи, як народження живого організму, можлива тільки завдяки вкладеній у яйце пам'яті розвитку даного біологічного виду. Саме пам'ять за інформаційним сигналом включає біохімічні процеси в яйці.

Інформаційним сигналом, як правило, є тепловий імпульс. Він сигналізує, що зовнішні умови «дозріли». Для птахів – це тепловий імпульс, що знаходиться у вузьких інтервалах і відповідає температурі тіла несучки.

Пам'ять же скеровує і всі наступні процеси, аж до останнього, коли для живого організму настає час залишити свою першу обитель.

Створюючи з рідкої безформної субстанції живу істоту – з її кістковою системою, м'язами, двигуном-серцем, мозком і нервовою системою, природа справді творить диво. Найбільш дивовижне в ньому – приголомшливі темпи перебігу процесів. Адже створення живої істоти з рідкої біомаси за нормальної температури і нормального тиску (!) відбувається за лічені дні! У деяких птахів висиджування триває лише 12 днів, у більшості ж птахів і плазунів онтогенез (яйцевий розвиток) потребує 1–2 місяців.

Причина цього полягає в приголомшливій ефективності даного процесу. Користуючись мовою інженерів, його ККД наближається до 100%. Цей процес практично не має відходів ні речовини, ні енергії.

Щоб відповісти на питання, у чому секрет такої дивовижної ефективності, потрібно зрозуміти, що таке ефективність узагалі.

Відповідно до класичного визначення, *ефективність – це співвідношення результату і витрат*. У даному випадку під результатом можна розуміти матеріально-енергетичний витвір природи під назвою «живий організм». А витратами слід вважати ті матеріальні ресурси (куди, до речі, входять «конструкційні матеріали» та енергоносії), що пішли на цей витвір, тобто вміст

яйця. Оскільки відходів майже немає, можна вважати, що результат практично дорівнює витратам (принаймні у ваговому відношенні). Це означає, що ефективність «природного реактора» наближається до максимально можливого значення, тобто 100%.

Від чого ж залежить рівень ефективності виконання якої-небудь роботи? Від досконалості інформаційної програми досягнення мети і від точності її виконання. У тому разі, якщо програма реалізується в автоматичному режимі (до чого людина все більше звикає), рівень ефективності цілком замикається на інформаційному змісті програми.

Примітка

Якість інформаційних програм має також інший показник, антипод ефективності – ступінь відхідності виробництва. Скажімо, якщо ККД двигуна складає 20%, ми знаємо, що 20% споживаної енергії використовується на корисно виконувану роботу, отже 80% можна назвати «коефіцієнтом некорисної дії». Це показник недосконалості технології, її хибності.

Будь-яке рішення може бути вдосконалене в тому разі, якщо є шанс повторити дії ще раз і виправити допущені помилки чи неточності. Потім ще раз і ще раз... З кожним разом ми можемо підвищувати «коефіцієнт корисної дії» і зменшувати «коефіцієнт некорисної дії». При цьому з кожною ітерацією (повторенням) буде скорочуватися час, за який система виконала певну роботу. Таким чином, час стає мірилом ефективності. Не випадково К. Маркс зазначав, що будь-яка економія, зрештою, веде до економії часу. Стовідсоткова ефективність процесу розвитку курчати в яйці курки свідчить також про теоретично найбільш високий темп або про найкоротший час (з можливих у матеріальному світі) здійснення даного процесу.

Про пастки «короткої» пам'яті

У працюючому механічному двигуні підвищення ефективності неможливе, тому що в ньому неможливі будь-які зміни. У ньому законсервовані як його ККД, так і його недосконалість. Скільки не включай двигун, він тисячу разів тиражуватиме свою неспроможність і відсутність шансів стати більш досконалим. З роками прилад може тільки втрачати свою ефективність, втрачаючи початкову потужність у міру природного спрацювання. Чи не цей двигун нагадують ті застійні співтовариства, де консервуються базисні засади і блокуються будь-які зміни?

Терміти – це родичі сучасних тарганів. Вони сформувалися як біологічний вид 300–400 млн років тому. У ті далекі часи вони, очевидно, жили життям звичайних комах – так, як живуть, наприклад, ті ж таргани. І, очевидно, вони добре пристосувалися до умов, що панували тоді на планеті. Можна навіть сказати, надто добре. Саме це й змусило їх, імовірно, скооперуватися, коли умови на Землі почали змінюватися. У результаті виникли термітники як цілісні організми, у яких підтримуються давні, звичні їм умови. Термітів тому й називають «ті, що пішли в землю», що в термітниках, усередині тунелів, зберігається рівень вологості і температура того часу, коли вони жили на поверхні Землі життям звичайних комах. У термітниках усі суперечності вирішені «раз і назавжди». Індивідуальний розвиток комах практично припинився вже сотні мільйонів років тому. Кооперативний механізм їхньої поведінки забезпечив повну стабільність термітних популяцій (Моисеев, 1990).

«Повторення – мати навчання». Однак лише тоді, коли засвоєний матеріал інформаційно закріплюється і є можливість виправити помилки. Коли той, хто повторює, здатний критично осмислити пройдене, зафіксувати все найкраще для подальшого відтворення і проаналізувати допущені помилки, щоб не повторювати їх знов і знов. Без цього повторення навчання перетворюється на пастку – без удосконалення будь-яке повторення зациклюється в нескінченний рух по колу.

Відсутність пам'яті і є тією основною причиною, яка унеможливорює процес розвитку.

«*Наступати двічі на ті самі граблі*», «*двічі винаходити велосипед*», «*сізіфова праця*» – це алегорії неефективної роботи, коли повторюються без кінця ті самі помилки. Це синоніми непродуктивного тупцювання на місці, у результаті чого втрачається найбільш цінний ресурс – час. Матеріальною моделлю подібного процесу є «білка в колесі», коли робота витрачається марно, і попри всі зусилля білка лишається в тій самій клітці.

Таким чином, обов'язковою умовою просування вперед є набуття системою пам'яті.

Може виникнути помилкове враження, що застій термітів чи циклічне повторення низького ККД двигуна є наслідком гарної пам'яті системи. Насправді все навпаки. Причиною подібних явищ є блокування пам'яті, адже в подібних системах блокується, у першу чергу, саме *здатність накопичувати інформацію*. Системі «дозволено» мати пам'яті рівно на один цикл. І саме цей цикл система здатна відтворювати знову і знову.

Примітка

Чи можна сказати, що грамофонна платівка має пам'ять? Можна, адже вона здатна накопичувати, зберігати і відтворювати інформацію. Однак лише... на одну пісню. У межах цієї пісні (а точніше, у межах власної інформаційної ємності) вона і здатна один раз у житті розвинути від сирії вінілової заготовки до об'єкта мистецтва, що зберігає культурну пам'ять епохи. На весь процес розвитку іде кілька хвилин – рівно стільки, скільки триває запис інформації на пластівку... Рівно стільки, на скільки вистачило пам'яті на платівці.

Прослуховування звичайної грамофонної платівки змушує замислитися ще над одним фактом. Поки звучить запис, відбувається розвиток ще однієї інформаційної системи, музичного твору: від першої ноти до фінального акорду. Те, що в житті народжувалося в муках творчості, у нескінченних пробах і помилках поетів, композиторів, співаків і потребувало днів, місяців, років (а у випадку, скажімо, народної пісні – десятків років) – на платівці відтворюється (розвивається) за лічені хвилини і, головне, майже з ідеальною якістю. Відтворення грамофонного запису є немов повторенням процесу розвитку, у якого усунуті помилки попередніх циклів.

Чому без пам'яті не може бути розвитку

Наведений приклад дозволяє зробити принаймні два важливих висновки.

Перше: період часу, протягом якого система здатна розвиватися, відповідає її інформаційній ємності (пам'яті); система здатна розвиватися лише стільки, на скільки вистачає пам'яті; для нескінченного розвитку система повинна мати нескінченні ресурси пам'яті.

Система здатна розвиватися лише стільки, на скільки вистачає її ПАМ'ЯТІ.

Друге: темпи розвитку системи залежать від здатності системи накопичувати, закріплювати і відтворювати інформацію та від швидкості відповідних процесів.

У світлі цих положень стають зрозумілими закономірності вищенаведеного прикладу розвитку птахів чи плазунів з яйця. Однакові інкубаційні періоди для однакових видів пояснюють-

ся тим, що природа відміряла їм однакові обсяги пам'яті. Причина приголомшливих темпів процесу – у тому, що «відшліфований» за мільярди років еволюції, доведений до вищого рівня досконалості процес розвитку, завдяки запису генетичної інформації, «пробігає» прокладений шлях по найкоротших «траєкторіях». Звідси і майже стовідсоткова ефективність процесу.

ТЕМПИ РОЗВИТКУ системи залежать від ШВИДКОСТІ ДІЇ її ПАМ'ЯТІ.

Винайдення природою генетичного коду, який дозволив вирішити проблему фіксації інформації, різко прискорило темпи еволюції. Завдяки генетичному запису біологічні види можуть немов пробігати шлях, на який природа витратила мільярди років пошуку, заснованого на закріпленні випадкових успіхів.

Біологічна довідка

Відповідно до біологічного закону Е. Геккеля – Ф. Мюллера, організм (особина) в індивідуальному розвитку (онтогенезі) повторює (у скороченому і закономірно зміненому вигляді) історичний (еволюційний) розвиток свого виду.

Біологічний вид не є винятком: вся еволюційна історія природи «записується» нею в носіях пам'яті, фіксуючи і прискорюючи процеси розвитку при їх повторенні. Відповідно до сформульованого М.Ф. Реймерсом системогенетичного закону, природні системи (у тому числі геологічні утворення, особини, біотичні співтовариства, екосистеми та ін.) в індивідуальному розвитку повторюють у скороченій формі еволюційний шлях розвитку своєї системної структури. Зокрема, відновлення лісу в тайзі відбувається із закономірною зміною порід: спочатку виростають чагарники, потім листяні дерева, потім шпилькові дерева-піонери, на зміну яким приходять основні породи. Спроби прискорити відновлення темношпилькових лісів (кедрово-пихтових) шляхом виключення або штучного прискорення підготовчого періоду (проміжних стадій) найчастіше ведуть до затримки в досягненні поставленої мети (Реймерс, 1990).

Ми бачимо, що генетичний вид пам'яті був не єдиним в арсеналі природи (і, як ми переконаємося далі, навіть не першим). Природа постійно «знаходила» нові форми запису інформації, прискорюючи процеси свого розвитку в умовах Землі. З появою людини і суспільства еволюційні темпи почали збільшуватися з дедалі швидшим прискоренням. Саме ця особливість неживої і

живої природи в сполученні з іншими її властивостями – здатністю зберігати стан динамічної рівноваги і мінливістю (тобто здатністю до випадкових змін) – стали основою процесів самоорганізації природи та її розвитку.

Еволюція систем пам'яті

На рис. 6.1 показані основні етапи формування систем пам'яті, тобто накопичення, збереження і відтворення інформації в ході еволюції природи в земних умовах.

Пам'ять у неживій природі. Як це, можливо, незвично звучить: нежива природа має пам'ять, тобто вона здатна накопичувати, закріплювати і за певних умов відтворювати інформацію. Зокрема, предмети природи здатні відбивати («записувати») інформацію про вплив на них інших предметів чи явищ природи. Так, скелі «пам'ятають» енергію вітру і хвиль, земля довго зберігає інформацію про русла річок, що колись текли по ній.

Але це те, що «лежить на поверхні». Набагато глибше, на мікрорівні матерії прихована пам'ять «будівельних блоків», з яких складаються речовина та енергія. Елементарні частинки якимось, поки не розгаданим чином «пам'ятають» заряд, орбіти, магнітні характеристики, масу і т.ін. Атоми безпомилково фіксують і утримують структуру своїх ядер. Молекули чітко «запам'ятовують» склад хімічних елементів і сполук. Пам'ять неживої природи – це ті фізичні закони, яких неухильно дотримуються об'єкти мікро-, макро- і мегасфер світобудови.

Генетична пам'ять. Цілком імовірно, що процес формування самої генетичної пам'яті мав дуже драматичний характер. Деякі дослідники (Моисеев, 1990) припускають, що, можливо, на перших етапах формування еволюційного розвитку життя існувало кілька конкуруючих структур пам'яті. Якщо це так, то генетична система виявилася більш стійкою, ніж інші, більш здатною пристосуватися до умов земного життя. Хоч як там було, на Землі існує тільки одна система, «один алфавіт», який на рівні біологічного виду здатний передавати всі дані, необхідні для відтворення і життєзабезпечення наступних поколінь.

Екосистемна пам'ять. Як відомо, жодний біологічний вид не здатний існувати без взаємозв'язку з іншими видами. Будь-який біоценоз (утворюється взаємозв'язками біологічних видів) чи будь-яка екосистема (куди крім біологічних видів включаються ландшафтні елементи) крім своєї матеріально-енергетичної основи має інформаційну систему регуляції, що *закріплює* за певними біоло-

гічними видами функції та комунікаційні зв'язки. Екосистема, де пам'ять має кожний її елемент (ланцюги живлення, сусіди по екологічній ніші, особливості ландшафту, кліматичні компоненти і навіть барви місцевості), диктує свої правила мешканцям системи. Екосистемна пам'ять відіграла першорядну роль у збільшенні різноманіття живої природи на Землі.

Мозок. Як було показано вище, будь-яка матеріальна система здатна розвиватися так довго, на скільки вистачає запасу її носіїв інформації, тобто пам'яті. У більшості біологічних видів

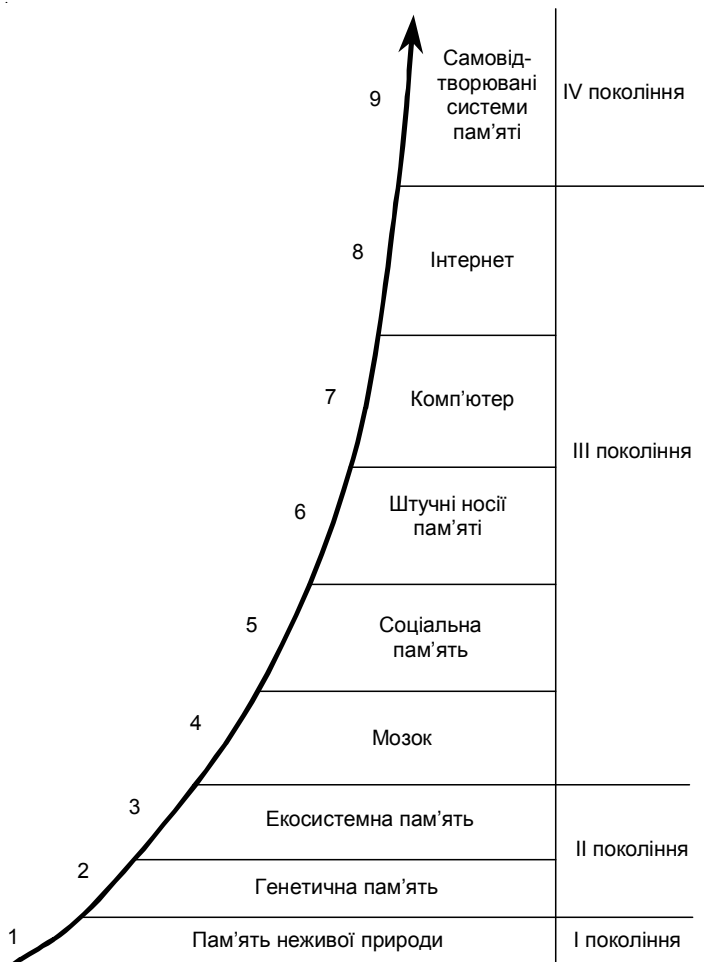


Рис. 6.1. Основні етапи формування систем пам'яті

вона обмежена інформаційною ємністю генетичного коду. Їх розвиток замикається межами генетичної програми, обриваючись на останній «літері» генетичного «алфавіту». Трансформація біологічних видів відбувається, головним чином, завдяки інформаційному потенціалу екосистем, у яких живуть організми даного виду. Не випадково зміни в межах одного біологічного виду звичайно мають характер адаптацій до умов місцевих екосистем. Принципові ж якісні зміни в ході еволюції досягалися природою шляхом створення нових біологічних видів (а не розвитку існуючих) за рахунок дії знову ж таки *інформаційних механізмів екосистем*, через природний добір на рівні особин.

Оперуючи звичними сьогоднішньому читачеві термінами, можна дуже приблизно порівняти запис генетичної інформації з жорсткою фіксацією на грамофонній платівці, а пам'ять мозку – з інформаційною ємністю чистих касет чи дискет, які дозволяють не тільки записувати нову інформацію, але, що дуже важливо, «витирати» (забувати), виправляти (переосмислювати) і оновлювати запис (переучуватися). Щоб ще більше наблизити аналог до оригіналу, внесемо в пропонування приклад одне важливе уточнення. Справа в тім, що кожний біологічний індивід одержує обидві інформаційні ємності (жорстку програму і чисту «дискету») одночасно. Більш того, використовувати свободну ємність можна тільки паралельно з жорсткою пам'яттю. Причому доти, поки звучить її запис. Таким чином, це більше нагадує спів під фонограму. Імпровізувати (розвивати «пісню») можна, але тільки на тлі жорстких ритмів біологічних функцій і строго в рамках основної «теми життя», що звучить у записі на жорсткому диску генетичної «платівки».

Соціальна пам'ять. *Соціальною пам'яттю* можна вважати систему інформаційних механізмів спадкування і закріплення соціальних змін, що забезпечують відтворення організаційних основ, суспільних відносин, процесів регламентації і навчання в суспільних структурах.

Вже в кооперативних структурах тварин, особливо тих, що ведуть стадний спосіб життя, з'являється спадкоємна негенетична форма пам'яті, яка сприяє розвитку цих структур. Механізм передачі поведінкової інформації ґрунтується на навчанні: старші навчають молодших за принципом «роби, як я!». Звичайно, кожна особина, маючи мозок, певні знання може отримувати і з власного досвіду. Однак сповнене небезпек життя, на жаль, швидкоплинне і змушує вчитися не тільки на своїх, але й на чужих помилках. Виникає потреба в системі колективного навчання і виховання. Механізм колективної пам'яті виробив

своєрідну і дуже ефективну мову, у якій використовуються не тільки приклади, але й заохочення та покарання.

З розвитком інтелекту дедалі більше ускладнюються процеси добування їжі, основою яких стають знання і праця. Накопичення і збереження трудових навичок стали життєвою основою популяції. Для їх передачі від покоління до покоління генетична пам'ять була непридатна. Стандартної пам'яті було недостатньо. За її допомогою в пам'яті популяції могли закріпитися лише найпростіші навички. Складні ж знання, наприклад, про властивості вихідних матеріалів для готування знарядь праці, місця їх видобутку і способи обробки, техніку використання знарядь і організацію полювання – потребують багаторічного навчання. Крім суто професійних навичок, життя в суспільстві вимагало виконання певних соціальних правил.

Матеріальні носії пам'яті. Поява матеріальних носіїв інформації заклала основу для суспільної інформаційної інтеграції людства в часі. У принципі функцію матеріальної фіксації інформації виконували будь-які об'єкти людської культури (знаряддя праці, одяг, будівлі, твори мистецтва). Адже вже саме їх довгострокове використання давало уявлення про їхні функції, будову, методи застосування. І все-таки знаковою подією стало винайдення писемності. З появою книгодрукування з'явилися об'єктивні передумови, з одного боку, для масового поширення знань, з іншого – для підключення кожного члена суспільства до колективних банків інформації. Це одразу ж позначилося на темпах суспільного прогресу, підготовляючи ґрунт для індустріальної революції. Поява нових форм фіксації інформації і комунікаційного обміну (фотографія, кіно, радіо, телебачення) стала потужним поштовхом соціального розвитку, значною мірою сприяючи його прискоренню.

Комп'ютер. Комп'ютер (у широкому розумінні, тобто разом з усіма його інформаційними системами) здійснив революцію насамперед у збільшенні індивідуального інформаційного потенціалу людини. Згадуючи класичну тріаду пам'яті (*накопичувати, закріплювати і відтворювати* інформацію), можна сказати, що комп'ютер на кілька порядків збільшив її параметри. *Ємність* комп'ютерних інформаційних систем, тобто їх здатність накопичувати інформацію, практично безмежна (принаймні, стосовно реальних потреб людини), необмежені (у реальному масштабі часу) і характеристики закріплення інформації, тобто час її збереження, і нарешті, безпрецедентні показники, що характеризують темпи відтворення інформації. Саме цей показник є результируючим у тріаді пам'яті (який сенс накопичувати

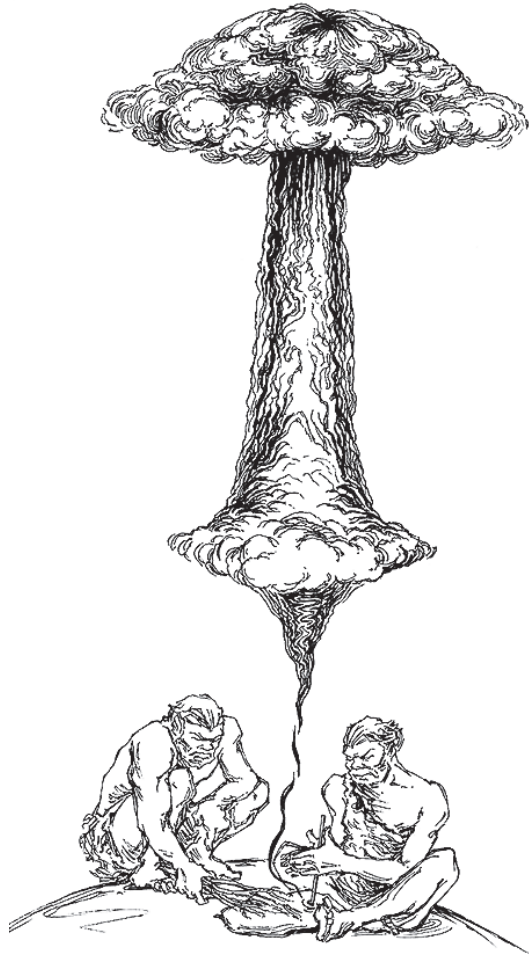
і зберігати (закріплювати) інформацію, якщо немає можливості її відтворення або ж це потребує багато часу).

Задачі, на які йшли дні, місяці й роки, комп'ютер зміг вирішувати за лічені хвилини. Більш того, він зміг моделювати (а отже, відтворювати за заданою програмою інформацію, що зберігається) такі процеси, які в принципі не здатна контролювати людина з її власним потенціалом мозку. Ці процеси протікають або в нескінченно великих, або в нескінченно малих масштабах часу.

Інтернет. Початок нового тисячоліття фактично є початком нового етапу розвитку інформаційних систем і еволюції природи. До цього етапу людство встигло підготуватися за останнє десятиліття минулого століття. Інтернет означає, що всі існуючі на Землі інформаційні системи (індивідуальні та асоціативні) об'єднуються в єдину інформаційну мережу. Єдиний всепланетний розум, про який говорили у своїх футуристичних прогнозах учені та мріяли фантасти (напр., океан, який здатний мислити, – Солярис С. Лема), став реальністю.

Штучні інформаційні системи, що саморозвиваються. Ці системи є неминучим породженням комп'ютерної цивілізації, яку людина створила в останню чверть XX століття. Фактично це буде четверта ера еволюції природи в такій послідовності: нежива природа, жива природа, суспільство, штучні інформаційні системи... Однак до цієї ери людству ще потрібно дожити.

У попередніх розділах ми ознайомилися з механізмами, що забезпечують процеси розвитку відкритих стаціонарних систем. У наступній частині книги ми розглянемо глибинну сутність процесів, покладених в основу феномену розвитку.



Розділ 7

Енергетичний базис розвитку



Енергія як рушійна сила розвитку

Енергія є рушійною силою будь-яких змін, а отже, і рушійною силою процесів розвитку. Як уже зазначалося вище, *енергія* – це загальна кількісна міра різних форм руху матерії.

Набагато складніше сформулювати поняття руху, на яке спирається визначення енергії. Згідно з існуючими визначеннями, рух є універсальним способом існування матерії, її загальним атрибутом (Философский, 1983).

У найбільш загальному вигляді *рух* – це зміна взагалі, будь-яка взаємодія матеріальних об'єктів (Философский, 1983).

Таким чином *енергія* може бути визначена як загальна кількісна міра різних форм зміни матерії чи взаємодії матеріальних об'єктів.

Відповідь на питання, у чому полягає призначення руху, можна знайти в самому його визначенні. «*Рух* – це зміна». Отже, для відтворення *змін стану системи* необхідний рух. Причиною, що викликає рух будь-якого тіла, є *енергетичний вплив*.

Рух характеризується двома основними величинами: вихідною і результируючою. Вихідною величиною є сила; результируючою величиною є робота.

Виконання роботи, пов'язане з підвищенням упорядкованості системи, обумовлене здійсненням двох видів діяльності:

- збільшенням енергетичного потенціалу системи;
- удосконаленням її інформаційної організованості.

Збільшення енергетичного потенціалу передбачає посилення поляризації системи, тобто збільшення різниці енергетичних потенціалів – або між системою і середовищем, або між окремими частинами всередині самої системи. Прямо чи побічно це пов'язано з різними видами переміщень: елементарних частинок (фізичні види руху, наприклад, тепловий, електричний, електромагнітний та ін.), молекул і атомів (хімічний рух),

твердих, рідких і газоподібних тіл (механічний рух), товарно-грошових потоків (економічний рух).

Удосконалення інформаційної впорядкованості системи обумовлює зміну просторової структури системи та інформаційної програми функціонування в часі окремих частин системи. Іншими словами, це пов'язано зі зміною системи в просторі й часі.

Питання інформаційної перебудови системи будуть докладно розглянуті в наступних розділах. Тут лише зауважимо, що подібна перебудова пов'язана зі зміною рівня гомеостазу системи, зміною ступеня різноманітності і складності системи. Так чи інакше, інформаційне вдосконалення також пов'язане з різними видами руху, а це потребує здійснення роботи.

Чи може енергія розрізнятися за якістю?

Якісна характеристика одержуваних системою енергетичних потоків пов'язана з тією часткою енергетичного імпульсу, що може бути використана на здійснення корисної роботи. Це, у свою чергу, залежить від двох факторів: по-перше, від особливостей того чи іншого виду енергії; по-друге, від здатності системи «розпорядитися» енергією, що надходить у неї.

Подобиці

Г. Алексєєв класифікує види енергії, узявши за основу класифікації комплексний критерій, що охоплює види матерії, форми її руху і види взаємодії.

1. Анігіляційна енергія – повна енергія системи «речовина – антиречовина», що звільняється в процесі їх сполучення та анігіляції (взаємного знищення, тобто злиття і «зникнення») у різних видах.
2. Ядерна енергія – енергія зв'язку нейтронів і протонів у ядрі, що звільняється в різних видах при розподілі важких і синтезі легких ядер; в останньому випадку її називають «термоядерною».
3. Хімічна (більш логічно – атомна) енергія – енергія системи з двох чи більше реагуючих між собою речовин. Ця енергія звільняється в результаті перебудови електронних оболонок атомів і молекул при хімічних реакціях.
4. Гравітаційна енергія – потенційна енергія ультраслабкої взаємодії всіх тіл, пропорційна їхнім масам. Практичне значення має енергія тіла, яку воно накопичує, переборюючи силу земного тяжіння.
5. Електростатична енергія – потенційна енергія взаємодії електричних зарядів, тобто запас енергії електрично зарядженого тіла, що накопичується в процесі подолання ним сил електричного поля.
6. Магнітостатична енергія – потенційна енергія взаємодії «магнітних зарядів», або запас енергії, що накопичується тілом, здатним переборювати сили магнітного поля в процесі переміщення проти напрямку дії цих сил.

Джерелом магнітного поля може бути постійний магніт, електричний струм.

7. Нейтрино статична енергія – потенційна енергія слабкої взаємодії «нейтринних зарядів», або запас енергії, що накопичується в процесі подолання сил β -поля – «нейтринного поля». Унаслідок величезної проникної здатності нейтрино накопичувати енергію таким способом практично неможливо.
8. Енергія пружності – потенційна енергія механічно пружно зміненого тіла (стиснута пружина, газ), що при знятті навантаження звільняється найчастіше у вигляді механічної енергії.
9. Теплова енергія – частина енергії теплового руху частинок тіл, яка звільняється за наявності різниці температур між даним тілом і тілами навколишнього середовища.
10. Механічна енергія – кінетична енергія тіл і окремих частинок, що вільно рухаються.
11. Електрична (електродинамічна) енергія – енергія електричного струму у всіх його формах.
12. Електромагнітна (фотонна) енергія – енергія руху фотонів електромагнітного поля.
13. Мезонна (мезодинамічна) енергія – енергія руху мезонів (піонів) – квантів ядерного поля, шляхом обміну з якими взаємодіють нуклони (теорія Юкави, 1935 р.).
14. Гравідинамічна (гравітонна) енергія – енергія руху гіпотетичних квантів гравітаційного поля – гравітонів.
15. Нейтринодинамічна енергія – енергія руху всепроникних частинок β -поля – нейтрино (Алексеев, 1983).

Слід підкреслити важливий момент: розглянуті форми енергії відрізняються своєю ефективністю при здійсненні одиниці роботи. Це дає підставу говорити про *різну якість різних форм енергії*. Найменш якісною в цьому відношенні вважається тепла енергія – виконання одиниці роботи нею спричиняє найбільші необоротні втрати енергії, так звану дисипацію енергії. Інтегральна величина, що характеризує здатність системи до виконання роботи, дістала назву *вільної енергії*.

Чому зв'язана енергія має назву *вільної*

Поняття вільної енергії проходить «червоною ниткою» через усю теорію розвитку.

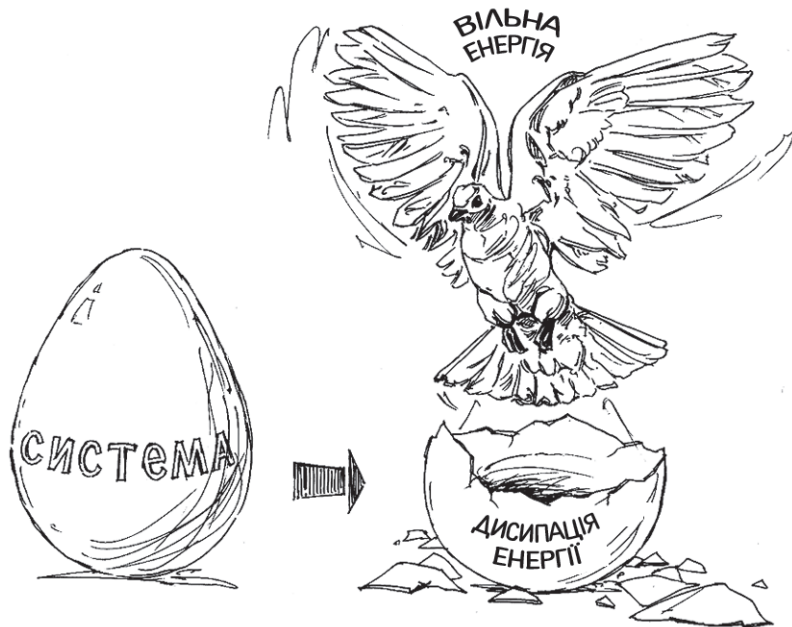
Будь-які зміни в системі можуть пояснюватися двома основними причинами. Одна з них пов'язана з природними процесами *дисипації* (необоротного розсіювання) *енергії*. У результаті цих процесів енергія марно втрачається, і зростає ентропія сис-

теми. Іншими словами, знижується впорядкованість системи, у ній відбуваються процеси руйнування.

Інша причина змін пов'язана з *корисною витратою енергії*. Такі процеси, навпаки, ведуть до зменшення ентропії системи. Процес, у якому збільшується впорядкованість системи, і можна вважати здійсненням *роботи*.

Вільна енергія – це енергетичний потенціал системи, що характеризує її здатність виконувати роботу. У загальному вигляді вільна енергія може бути представлена різницею *внутрішньої* енергії системи та енергією, що необоротно втрачається. Здійснена системою в якому-небудь процесі робота визначається втратою вільної енергії.

Таким чином, у поняття вільної енергії включається лише та кількість внутрішньої енергії, яку система може мобілізувати (*звільнити*) для виконання *роботи*. Можливо, саме тому цей вид енергії і називається вільною енергією. А не може бути мобілізована дисипативна енергія, яка необоротно розсіюється системою в зовнішньому середовищі.



Вільна енергія в системі звичайно акумулюється в енергоємних речовинах.

Подробиці

У біологічних організмах енергія утримується за рахунок потенційної енергії хімічних зв'язків складних органічних молекул. У результаті хімічних перетворень енергія може переходити в інші види енергії, що використовується на синтез нових сполук, для підтримання структури і функцій клітин, температури тіла, здійснення роботи.

Вихідними процесами нагромадження вільної енергії в довгих ланцюжках екосистемних перетворень енергії є процеси *фотосинтезу* (використання сонячної енергії рослинами) і *хемосинтезу* (використання хімічної енергії бактеріями).

Виділення накопиченої енергії відбувається в результаті розщеплення великих органічних молекул до простих сполук.

Практично вся еволюція природи – це процес накопичення вільної енергії на планеті. Уже саме утворення речовини передбачає процес «упакування» колосальної енергії в атомі. Утворення хімічних сполук пов'язане з новим етапом компресації енергії в молекулах. Саме ця хімічна енергія, поряд із сонячною, послужила енергетичним джерелом (хемосинтез і фотосинтез), яке привело в дію інкубатор життя на нашій планеті. Розвиток життя на Землі знаменувався потужним якісним стрибком процесів накопичення вільної енергії на планеті. За допомогою живих організмів природа вдосконалює технологічний процес акумулювання вільної енергії. Конвеєр починають автотрофи. Одні з них уловлюють енергію сонця (фототрофи), інші – утилізують енергію розпаду хімічних сполук (хемотрофи). Естафету переробки і «упакування» вільної енергії підхоплюють гетеротрофи. У результаті вільна енергія виявляється «упакованою» в доступні для швидкого засвоєння енергоємні високомолекулярні органічні сполуки. Таким чином, еволюція природи не тільки збільшувала загальну кількість накопиченої вільної енергії, удосконалювалися в якісному відношенні і форми акумулювання енергії.

Вся еволюція природи – це процес накопичення *вільної енергії*.

Поява на Землі людини ознаменувала новий етап розвитку технологій нагромадження вільної енергії природними системами планети. Одним із перших, кому вдалося розглянути цей феномен, був український учений Сергій Андрійович Подолинський.

Подобици

У працях С. Подолинського не зустрінеш терміна «вільна енергія». Він був уведений фізиком Гельмгольцем лише в 1882 році, тобто в тому році, коли Сергій Андрійович уже тяжко занедужав. Однак зміст цього поняття проходить через усю канву наукової спадщини вченого. Ще в 1880 році Подолинський говорив про дві енергетичні компоненти: «накопичувану» і «розсіювану», – які, зрештою, і складають зміст вільної енергії (Подолинський, 2000).

Подолинський фактично відкрив підвищення інформаційної цінності енергії, хоча, природно, у той час він не міг використати таку термінологію. «...Звичайно праця, – писав учений, – не створює речовину, і тому вся продуктивність її може полягати лише в приєднанні чогось, також не створеного працею людини, до речовини. Це «щось» є, на нашу думку, перетворена енергія» (Подолинський, 2000). До цього питання ми ще повернемося в наступних розділах.

Ідеї С.А. Подолинського більш ніж на сторіччя випередили час. Його геніальні здогади заклали ту наукову основу, з позицій якої ми можемо сьогодні підійти до аналізу енергетики будь-якої відкритої стаціонарної системи.

Енергетичний баланс системи

Одним з основних законів природи, у рамках якого відбувається розвиток будь-якої відкритої стаціонарної системи, є закон збереження енергії. Він може бути сформульований таким чином: жодна матеріальна система не може розвиватися чи функціонувати, не споживаючи вільної енергії (E_c), що витрачається на зміну внутрішньої енергії системи (ΔU), на розсіювання (дисипування) енергії в навколишнє середовище (E_ρ) і на здійснення роботи (W):

$$E_c = \Delta U + E_\rho + W. \quad (7.1)$$

Робота, яку виконує система, реалізується за такими напрямками:

- здійснення функції метаболізму (переміщення потоків інформації), кінцевою метою якого і є вилучення із зовнішнього середовища вільної енергії;
- підтримання рівня гомеостазу (здійснення механізмів негативного зворотного зв'язку), без чого неможлива реалізація функції метаболізму;

- трансформація рівня гомеостазу (здійснення механізмів позитивного зворотного зв'язку).

Для виконання роботи із зазначених напрямків система змушена витратити енергію. Це веде до того, що в балансі системи з'являється, відповідно, три енергетичні компоненти: життєзабезпечувальна ($E_{ж}$), компенсаційна ($E_{к}$) і трансформаційна ($E_{т}$).

Таким чином, в остаточному вигляді формулу енергетичного балансу відкритої стаціонарної системи можна виразити таким чином:

$$E_c = \Delta U + E_{\delta} + E_{ж} + E_{к} + E_{т}, \quad (7.2)$$

де ΔU – зміна внутрішньої енергії системи.

Чи може система витратити енергії більше чи менше тієї кількості, яку вона одержує внаслідок процесів метаболізму із зовнішнім середовищем? Ці дві ситуації можуть бути виражені нерівностями:

$$1) E_c < E_{\delta} + E_{ж} + E_{к} + E_{т}; \quad (7.3)$$

$$2) E_c > E_{\delta} + E_{ж} + E_{к} + E_{т}. \quad (7.4)$$

Подібні ситуації можливі і часто відбуваються в житті на будь-яких рівнях його прояву. Демпфіруючим моментом в обох випадках є зміна внутрішньої енергії системи.

Подобиці

Якщо енергії надходить недостатньо, щоб обслуговувати звичний «спосіб життя» (тобто підтримувати звичний рівень гомеостазу), система змушена витратити припасену раніше енергію. Звичайно запас енергії складається з двох частин. Одна становить резервні запаси. У тварин вони зберігаються у висококалорійних речовинах (наприклад жири); родина чи підприємство зберігають їх у банку (причому пострадянська родина частіше «у банці»). Іншою частиною джерел запасів може бути енергія внутрішніх зв'язків окремих елементів структури, що формують систему. Саме вона йде в хід для задоволення енергетичних потреб систем після того, як виснажуються інші джерела. Фактично це знаменує початок процесу саморуйнування системи. Тварина починає худнути і втрачати свої функції; родина – продавати ще недавно такі потрібні предмети побуту; фірми змушені «звільнятися» від частини устаткування. Зрештою, система постає перед вибором: або загинути (припинити функціонування), або перебудувати рівень свого гомеостазу так, щоб потреби системи знову почали відповідати можливостям, тобто витрати енергії зрівнялися надходженням вільної енергії в систему.

При позитивному балансі (надходження енергії перевищує її витрачання) процеси йдуть у зворотному порядку. Система одержує можливість реконструювати свою структуру і поповнити резервні запаси. Відповідно виникають передумови і для прогресивної зміни рівня гомеостазу.

Для перебудови системи (трансформації гомеостазу) включається механізм позитивного зворотного зв'язку. Його реалізація здійснюється за рахунок трансформаційної складової E_m .

Зміна кількості внутрішньої енергії в системі (ΔU) є своєрідним індикатором енергетичного стану системи і характеризує передумови зміни рівня її гомеостазу. При цьому можна виділити три принципові ситуації:

1. $\Delta U = 0$: система функціонує в стабільному режимі, за якого надходження вільної енергії в систему цілком витрачається на підтримання порядку в системі (зниження ентропії).
2. $\Delta U > 0$ (зміна внутрішньої енергії має додатне значення): у системі починає накопичуватися надлишок вільної енергії; він може бути реалізований лише при трансформації рівня гомеостазу в напрямку його підвищення (прогресивна трансформація системи).
3. $\Delta U < 0$ (від'ємне значення): система починає використовувати внутрішні резерви (тобто функціонувати за рахунок саморуйнування); виправити подібну ситуацію система може, лише знизивши рівень гомеостазу; при цьому знизяться також енергетичні потреби системи (регресивна трансформація системи).

Примітка

Слід підкреслити, що додаткових витрат енергії потребує не тільки прогресивна перебудова системи (зростання організму, розвиток фірми, країни), але й регресивна трансформація (старіння організму, зменшення потужності фірми, ослаблення держави). Оскільки загальна кількість вільної енергії, яка надходить у систему, знижується, необхідна для адекватної трансформації системи енергія (E_r) може бути мобілізована тільки за рахунок реструктуризації видаткових складових енергобалансу системи.

Енергетика розвитку систем

Можна вважати, що зазначені умови балансу є загальними для будь-яких видів структур, які відповідають вимогам *відкритих стаціонарних систем*. До них належать:

- структури неживої природи з колективним видом поведінки;
- живі організми;
- екосистеми;
- колективні об'єднання тварин (рій, зграя, родина та ін.);
- економічні суб'єкти: підприємства та асоціації;
- системи, сформовані економічними суб'єктами (ринки);

- самокеровані соціально-економічні системи регіонів і країн;
- глобальна соціально-економічна система.

Відповідно, у всіх цих системах діють подібні механізми негативного і позитивного зворотного зв'язку. Проаналізуємо тепер зміст складових рівняння енергетичного балансу системи (формула 7.1).

Перша складова – *обсяг виробленої вільної енергії* (E_c) – відбиває своєрідну потужність системи. Для різних видів структур приблизне уявлення про цей життєво важливий показник певною мірою дають оцінки, що характеризують їх продуктивність. Для живих організмів це кількість генерованої життєвої енергії; для екосистеми – її несуча здатність (*carring capacity*) або загальна кількість енергії, що надходить до трофічного (харчового) ланцюга; для фірми – дохід, чи виторг, підприємства; для національної економіки країни – валовий внутрішній продукт (ВВП).

У правій частині рівняння (7.1) знаходяться видаткові складові енергетичного балансу. Щоб з'ясувати їх зміст, спробуємо розглянути можливу динаміку складових на прикладах декількох видів систем.

Енергетика організму та екосистеми. Для живих організмів параметри енергетичного балансу (див. формулу 7.1), а відповідно, і рівень метаболізму і гомеостазу, визначаються кількістю енергії, необхідної для підтримання основних *життєзабезпечувальних* функцій організму (E_m) і його органів.

Кількість вільної енергії, яка надходить до організму, залежить від швидкості й ефективності обмінних процесів (метаболізму). У юному віці, коли вони високі, в організм надходить значна кількість вільної енергії, створюються передумови постійної мобілізації механізмів позитивного зворотного зв'язку завдяки надлишку енергії (E_m). У результаті цей організм росте і розвивається, постійно підвищуючи «планку» гомеостазу. В міру старіння швидкість обмінних процесів знижується, і організм змушений вести перебудову у зворотному напрямку.

Багато змін в екосистемах порівнянні з процесами, що відбуваються в живих організмах. Не випадково до екосистем значною мірою застосовується схожа термінологія: розвиток, ріст, клімакс, деградація, згасання. Однак динаміка екосистем має і свої характерні риси, дуже показові для з'ясування багатьох процесів, що відбуваються на рівні співтовариств, включаючи соціальну організацію людей.

Приплив вільної енергії до екосистеми (E_c) визначається діяльністю продуцентів. Консументи в змозі тільки перерозподіляти енергію. Уявлення про рівень гомеостазу якоюсь мірою

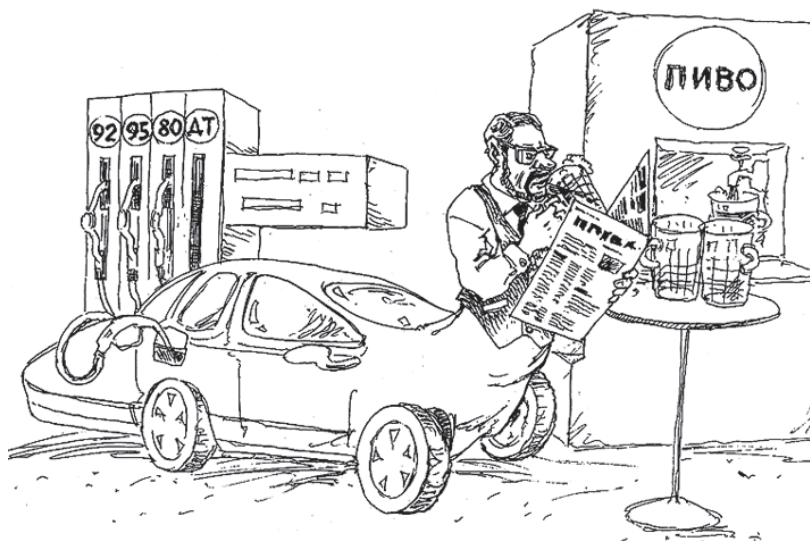
можуть давати екологічні піраміди: піраміди чисел (тобто співвідношення кількості окремих біологічних особин у трофічному ланцюзі), піраміди біомаси, піраміди енергій. Сумарний обсяг енергії, що споживається всіма біологічними видами в трофічному ланцюзі, складає ту частку, що може витратитися за трьома складовими енергетичного балансу: життєзабезпечувальна ($E_{ж}$), компенсаційна ($E_{к}$) і трансформаційна ($E_{т}$). Ці три складові утворюють своєрідний «бюджет» екосистеми, у межах якого вона може здійснювати свої функції і розвиватися.

Відповідно до закону мінімізації розсіювання енергії екосистем у конкурентних видах боротьби, можливих у даному життєвому середовищі, перемагає найефективніший за використанням як енергії, так і (на чому ми зупинимося в наступних розділах) інформації.

Факти публікацій

Факти своєрідної конкуренції між структурами, яким властива колективна поведінка («мода»), у результаті чого відбиралися найбільш стійкі, відзначені ще на рівні неживої природи (Дубнищева і др., 1998).

За принципом конкурентного виключення, що був сформульований Г. Гаузом у 1932 р., у стабільному життєвому середовищі не можуть мирно співіснувати два види з однаковими ресурсними потребами. Конкуренція змушує той вид, що хоч трохи поступається за рівнем ефективності, або відокремитися (переселитися в інше місце, перейти на інший вид ресурсів, почати пошук їжі під час сну домінуючого виду, ін.), або зникнути. Наприклад, у



нашому найближчому оточенні триває боротьба між чорними тарганами (програють чи вже програли) і рудими «прусаками». Самки перших відкладають яйця і не піклуються про них (індивідуальна економія енергії обертається невиправними втратами енергоресурсів виду). Самки других дбайливо носять «кладку» при собі практично до моменту виходу потомства (витрати в ім'я економії) (Корсак і др., 1998).

Збільшення різноманіття екосистем підвищує їх ефективність і створює передумови для нового збільшення різноманіття. Підвищення інтегральної ефективності екосистеми забезпечує передумови (запас вільної енергії) для дії механізму позитивного зворотного зв'язку. Як результат – в екосистемі з'являються нові біологічні види і підвищується рівень різноманіття складових частин системи.

«Енергетика» фірми. Людство не може скасувати дію енергетичних законів (головним з яких є обов'язковість дотримання енергетичного балансу) у своїх відносинах із природою. Про це нагадують малі й великі екологічні кризи, що виникають у різних куточках Землі. Створивши економічну систему, побудовану на товарно-грошових відносинах, людина мало замислюється про відповідність грошових знаків енергетичним еквівалентам.

Проте на будь-якій фірмі щомісяця складається документ за назвою «баланс». Щоправда, цей баланс не енергетичний, а грошовий. Однак, заглибившись у проблему, переконалися, що він пояснює і визначає поведінку економічного суб'єкта за тими ж правилами, за якими енергетичний баланс визначає поведінку організму чи екосистеми.

Примітка

По суті, баланс доходів і витрат є своєрідним квазіенергетичним балансом фірми. (Саме тому в термінологічному зв'язку підзаголовка перше слово узятє в лапки.) Ми використовуємо цей аналог, щоб підкреслити єдність природи, процесів, що відбуваються в будь-яких системах, які саморозвиваються. Грошові показники справді тісно пов'язані з енергетичними еквівалентами. І не тільки тому, що ціни на паливо в сучасному суспільстві визначають ціни на інші види товарів. Гроші для суспільства – це те саме, що енергія для фізичної системи. Така відповідність грошей та енергії в соціальних системах не випадкова. Саме гроші, а не енергетичні показники, більш точно і повно відбивають глибину процесів, що відбуваються. Адже вони, крім іншого, відбивають і такий фактор, як інформацію. Наскільки це важливо, ми покажемо пізніше. А поки повернемося до рівняння квазіенергетичного балансу, пам'ятаючи про деяку умовність використання відповідних аналогів.

Гомеостаз системи обумовлений основними технологічними видами витрат на виробництво продукції (у першому на-

ближенні – це *середній залишок оборотних коштів* на підприємстві за винятком накладних витрат). Це своєрідний еквівалент життєзабезпечувальної складової квазіенергетичного балансу ($E_{ж}$).

«Енергетика» держави. Держава може існувати, тільки споживаючи (розподіляючи) вироблений національний продукт. Це аналог припливу вільної енергії в систему (E_c). Він може бути збільшений за рахунок зарубіжних інвестицій, іноземних кредитів, позик, грантів, внесків іноземних клієнтів у національні банки (останнім, наприклад, широко користуються Швейцарія, Люксембург, Кіпр), дивідендів від використання валюти як засобу платежу в інших країнах (наприклад, доларів США, дойчмарок, японських єн), дивіденди від вивозу власного капіталу, ін.

Як життєзабезпечувальну компоненту ($E_{ж}$) можна розглядати всі ті види витрат, що забезпечують приплив зазначених вище надходжень у країну. Це виробничі витрати промислових підприємств і сфери послуг. Це й ті витрати, без яких неможливий приплив капіталу в країну.

Кількісна наповнюваність кожної з продуктивних складових енергетичного балансу системи (чи його квазіенергетичного аналога): життєзабезпечувальної, компенсаційної і трансформаційної – аж ніяк не гарантує якісного виконання відповідних функцій і ефективного розвитку системи. Високі витрати основного виробництва – це не гарантія високої продуктивності, тим більше високої якості продукції.

Щоб зрозуміти глибинний взаємозв'язок енергетичних та інформаційних начал розвитку, необхідно заглибитися в сутнісну природу інформаційної категорії.

ПІДИ І ЗНАЙДИ
ІНФОРМАЦІЮ
ПРО СКЛАД
МОЛОДИЛЬНОГО
ЯБЛУКА



Розділ 8

Інформаційна основа розвитку



Реальність інформаційної реальності

Підходи до визначення інформаційної реальності. Інформація є однією з найскладніших природничо-наукових і філософських категорій. Фактично до осмислення її як фундаментальної природної сутності людство дійшло тільки в середині ХХ століття. До цього термін «інформація» вживався тільки стосовно процесів, які відбуваються в суспільстві. Це визначення інформації, безумовно, сформувалося на основі антропоцентричного підходу, тому що «приймачем», чи споживачем, повідомлення є людина.

Первісний зміст цього поняття – *відомості, повідомлення, нові знання*.

Значно ширшим є поняття інформації як форми *відображення*. Якщо в предметі відбуваються зміни, які відбивають вплив іншого предмета чи сили природи, то можна сказати, що перший предмет стає носієм інформації іншого предмета або природного явища. Так, скелі «записують» інформацію про хвилі, які розбиваються об них, чи вітри, які століттями їх обточують.

Реальний зміст інформації є ширшим від терміна *відображення*. Адже відображення – це щось вторинне. Але хіба не володіють споконвічно інформацією тіла і сили природи? Академік Берг зазначав: «Ані речовини, ані енергії, які не пов'язані з інформаційними процесами, не існують...» (цит. за: Перельман, 1985). Людство повільно наближалося до осмислення глибокого змісту інформації. Значний поштовх до цього дав розвиток генетики і кібернетики, для яких інформація є безпосереднім об'єктом дослідження.

З розвитком кібернетики формуються нові підходи до трактування *інформації* на основі категорії *розходження* (Урсул, 1971). Іншими словами, інформація – це щось, що передає розходження природних об'єктів (предметів, процесів, явищ) у просторі та часі.

Очевидно, що чим більш різноманітне явище природи, тим більшим набором характерних ознак воно може бути описане. Не випадково з цим пов'язане ще одне поняття інформації як *мири різноманіття* в об'єктах і процесах природи (Екоінформатика, 1992).

На базі фундаменту знань, підготовленому за більш ніж столітній період розвитку генетики, в останні десятиліття ХХ століття людство наблизилося до розуміння інформації як нематеріальної сутності, що є керівним чинником, своєрідною *програмою дій* для матеріальних природних і соціальних систем.

Ця нематеріальна сутність інформації обумовлює складність її сприйняття на основі традиційного матеріалістичного пізнання світу. Можна, напевно, навіть говорити, що при спробі осмислити інформацію з цих позицій виникає відчуття її загадковості й деякої таємничості. Як може щось «безтілесне, невидиме, нечутне «керувати ходом усіх процесів у Всесвіті й на Землі?» Адже все у світі – від дрібних клітинок до космічних об'єктів – розвивається і рухається відповідно до чітких інформаційних програм. Їх сутність людина осягає, відкриваючи закони природи, досліджуючи генетичний код, вивчаючи порядок руху сузір'їв. Отже, можна стверджувати, що нематеріальна інформація керує матеріальним світом.

Можливо, саме символічний образ інформації відображений у Біблії: «На початку було Слово» (Іоанна, 1:1-5). Адже в грецькій мові, з якої на більшість європейських мов була перекладена Біблія, «логос» крім поняття «слово» має також інші значення, зокрема «сенс» чи «задум».

Взаємозв'язок матеріального і нематеріального при формуванні інформації. Інтуїтивно відчував нематеріальну сутність інформації та її фундаментальне значення в природі В.І. Вернадський, коли писав у статті «Несколько слов о ноосфере», що не розуміє, як *думка*, не будучи матерією, викликає величезні зміни. Ще в 1944 році він дивувався цій загадці: «Думка не є форма енергії. Як же може вона змінювати матеріальні процеси? Питання це й дотепер науково не вирішене. Його поставив уперше, наскільки я знаю, американський учений, що народився у Львові, математик і біофізик Альфред Лотка (A. Lotka. Elements of physical biology. Baltimaurt, 1925. P. 406). Але розв'язати його він не міг» (Вернадский, 1944).

Інформація – це:

- повідомлення
 - категорія відмінності
 - природний ресурс
 - ступінь обмеження
 - форма відображення
 - ступінь різноманітності
 - програма дій
-

Усі названі підходи до визначення інформації, скоріш за все, є різними гранями такого складного і багатопланового природного явища, яким є інформаційна реальність. Лише спробувавши зрозуміти, яким чином усі ці грані взаємозалежать, ми зможемо наблизитися до формування більш-менш цілісної картини змісту інформації з її, на перший погляд, розрізнених мозаїчних фрагментів.

Перш ніж сформулювати визначення інформації, розглянемо її принципові відмітні якості.

Перше. Інформація – це те, що визначає (ідентифікує) властивості предметів і явищ у просторі й часі. Справді, чим відрізняється один об'єкт (предмет, процес чи явище) від іншого? Набором своїх просторово-часових параметрів, тобто своїми просторовими характеристиками (структура, внутрішні зв'язки) і здатністю змінюватися (чи, можна сказати, не змінюватися) у часі (динаміка внутрішніх процесів, характер внутрішніх суперечностей, тенденцій тощо). Що таке, зокрема, просторово-часові характеристики предмета? Це його форма, фазовий стан (твердий, рідкий, газоподібний, плазменний), різні фізико-хімічні властивості (твердість, пластичність, теплопровідність, спектральні особливості, електропровідність, електромагнітні параметри тощо). Усі ці властивості визначаються різною здатністю різних предметів змінювати (не змінювати) свій стан (просторову структуру, температуру, інші фізичні параметри) у просторі та часі. Цим, зокрема, обумовлені підходи до визначення інформації на основі *категорії розходження* (просторово-часова зміна) і *програми дій* (зміна в часі).

Друге. За допомогою чого створюється просторово-часове розходження об'єктів (предметів, процесів, явищ) у природі? За допомогою розходження в наборі ступенів свободи в різних об'єктів (систем), тобто їхньої можливості змінювати свій стан, чи реалізовувати свою здатність здійснювати різні форми руху. Ступінь свободи чи обмеження і є тим, що в сполученні з абсолютною потенцією до руху формує такі природні сутності, як матерія, простір, рух, закони природи. У свою чергу, ступені

свободи предметів і явищ природи обумовлені їхніми енергетичними потенціалами.

Третє. Яка природа інформаційної сутності? Інформація нематеріальна. Її не можна віднести до категорії об'єктивної реальності. У цьому плані її, скоріше, слід назвати «віртуальною» (тобто можливою) реальністю. Інформація – це те, що не є матерією, але формує матеріальні сутності – об'єктивні реальності: предмети і явища природи.

З урахуванням висловлених застережень ризикнемо сформулювати визначення, що відбиває зазначені властивості інформаційної сутності.

Інформація – це сутнісне начало природи, що несе в собі характерні ознаки предметів і явищ природи, які виявляються в просторі та часі.

Саме це природне сутнісне начало намагаються передати люди у своїх повідомленнях і сприймають об'єкти матеріального світу, відбиваючи вплив тіл і сил природи. Саме ця природна реальність формує відмінність одних явищ від інших і, отже, служить мірою різноманіття в природі. Саме це природне начало виступає як своєрідна програма розвитку природних і суспільних процесів. І саме цю природну реальність намагаються досягнути люди, щоб внести вектор усвідомленості й доцільності в процеси розвитку.

Наведене визначення не буде повним, якщо не будуть розкриті поняття простору і часу, що містяться в ньому. Усі природні процеси протікають у *просторі* й *часі*. Ці дві ключові категорії є фундаментальними умовами і мірою існування матерії. У світі немає матерії, яка б не мала просторово-часових властивостей. Як не існує простору і часу самих по собі, поза матерією чи незалежно від неї.

Простір є форма буття матерії, що характеризує її довжину, структурність, співіснування і взаємодію елементів у всіх матеріальних системах.

Час – форма буття матерії, що виражає тривалість її існування, послідовність зміни станів у зміні та розвитку всіх матеріальних систем. Простір і час нерозривно пов'язані між собою, їх єдність виявляється в русі та розвитку матерії (Философський, 1983).

Рівні інформаційної реальності

Тільки юний вік знань про таку категорію, як інформація (перше й визначення було сформульоване лише на початку 50-х років ХХ сторіччя), не дозволяє нам ще й досі побачити те різноманіття форм і проявів інформації, які ми вже вміємо розрізняти в матеріально-енергетичному, тобто матеріальному світі.

Складність вивчення інформації обумовлена її нематеріальною природою. «Безтілесність» інформації не дозволяє відчутти її нашими матеріальними органами чуттів. Те, що ми відчуваємо (бачимо, чуємо), вважаючи, що це інформація (газети, книги, дискети), є лише матеріальними носіями інформації, тобто об'єктами матеріального світу. Сприйняття нематеріальної, а отже, абстрактної сутності інформації можливе тільки на основі абстрактного ж мислення.

«Відчуття» матеріально-енергетичного світу дозволяє людині «розглянути» різноманітні елементи і форми його прояву, наприклад: складові частинки речовин, хімічні елементи і переходи одних речовин в інші, агрегатні стани, форми енергії, види руху і т.д. «Розглянувши» деталі, людина змогла все назвати, придумавши термінологічну основу для всього.

Цілком імовірно, що інформаційний світ не менш різноманітний. Колись людина «побачить» розмаїття його образів, вивчить їх, класифікує, дасть назви різним проявам і властивостям цього світу.

Можна, певно, стверджувати, що еволюція природи – це розвиток чи трансформація інформаційної сутності. Можна сказати й інакше: еволюція природи здійснювалася шляхом створення різних форм матеріально-інформаційної сутності. Що таке будь-яка *матеріальна сутність*: мікрочастинка, речовина, біологічний організм, людина чи суспільна структура? *Це закріплена пам'яттю інформаційно впорядкована система руху матеріально-енергетичних потоків*. Тому, крім того, що зазначені сутності є цілком конкретними матеріальними об'єктами, інформаційні системи, які забезпечують їх стійке існування (функціонування), можна вважати певними формами інформаційної сутності.

Таким чином, у процесі еволюції природа змогла подолати шлях від простих системних утворень матерії, які самоорганізуються, – мікрочастинок (хоч вони не такі вже й прості) – до найскладніших матеріально-інформаційних систем, які втілені в людині та соціальних структурах (рис. 8.1).








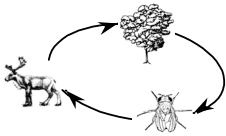
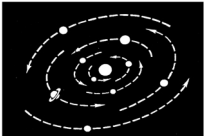
Шостий	<p>Продукти систем, що самоорганізуються</p> 
П'ятий	<p>Продукти продуктів інтелекту і суспільства</p> <ul style="list-style-type: none"> • продукти комп'ютера <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; display: inline-block;"> $F(x) = \ln xI + \frac{23x}{\cos \arctg \psi} = \sqrt{e+x^e}$ </div> <ul style="list-style-type: none"> • продукти штучно виведених біологічних видів 
Четвертий	<p>Продукти інтелекту і суспільства</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <ul style="list-style-type: none"> • знання </div> <div style="text-align: center;">  <ul style="list-style-type: none"> • комп'ютер та ін. </div> </div>
Третій	<p>Сутності інтелекту і суспільства</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <ul style="list-style-type: none"> • особистість </div> <div style="text-align: center;">  <ul style="list-style-type: none"> • суспільні об'єднання </div> </div>
Другий	<p>Сутності живої природи</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <ul style="list-style-type: none"> • біологічні види </div> <div style="text-align: center;">  <ul style="list-style-type: none"> • екосистеми </div> </div>
Перший	<p>Первинні фундаментальні сутності</p> <ul style="list-style-type: none"> • закони природи <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> • причинно-наслідкові зв'язки та ін.

Рис. 8.1. Рівні інформаційної сутності

Безумовно, нескінченне різноманіття Природи та її інформаційної першооснови завжди виявляється глибшим, складнішим і повнішим за будь-які наші припущення, у тому числі вищезазначені. Однак наша спроба збагнути одкровення Боже є однією з форм інформаційного осяяння («світлом людей»), що сприяє більш глибокому проникненню в зміст процесів розвитку природи.

Таким чином, інформаційна реальність, яка має у своїй основі, цілком імовірно, єдину сутнісну природу, розвинулася в масштабах нашої Землі в складний різноманітний світ, де провідним виконавцем є людина, яка діє в рамках суспільства.

Функції інформаційної реальності

Інформаційна реальність виконує широкий спектр різних функцій, які забезпечують існування, взаємозв'язок і розвиток різних сутностей (об'єктів) матеріального світу.

Оперуючи звичними поняттями та аналогіями матеріального світу, спробуємо систематизувати основні функції інформаційних сутностей (рис. 8.2).

Так, інформація відіграє величезну роль у регулюванні поведінки будь-якої матеріально-інформаційної системи. Однак



Рис. 8.2. Природні і соціально-економічні функції інформації

(можливо, у цьому полягає мудрість природи!) вона не дозволяє вийти системі за відведені їй природою цілком матеріальні межі, завдяки чому вона і залишається завжди матеріально-інформаційною системою. Скажімо, на Землі завжди існуюватимуть обмеження невтримної технічної фантазії людини і її невгамовного бажання змінити природу. *Ці обмеження людина завжди носить із собою* – адже її тіло здатне існувати тільки в дуже вузьких інтервалах властивостей цілком матеріального середовища.



Розділ 9

Інформатика процесів розвитку



Імовірнісні витoki свободи природи

Говорячи про процеси самоорганізації систем і умови виникнення порядку, ми ознайомилися з тією роллю, які відіграють у процесах розвитку енергія та інформація. Енергія обумовлює рушійну силу змін (різницю потенціалів), інформація формує організаційну впорядкованість процесів.

Уважне вивчення процесів розвитку дозволяє помітити дивовижний факт. Енергія та інформація не тільки взаємодіють одна з одною – вони взаємообумовлюють одна одну. Дещо спрощуючи, можна сказати, що енергія створює інформацію, а інформація – енергію. Для початку спробуємо розглянути зв'язок між цими двома сутнісними основами. Цей зв'язок виявився можливим завдяки імовірнісному характеру процесів, що відбуваються в природі.

Імовірнісність – властивість параметрів системи залежати від випадкових факторів, що можуть виникати з різною мірою імовірності. У свою чергу, імовірність – це міра можливості виникнення яких-небудь випадкових подій за тих чи інших умов, здатних повторюватися безліч разів. І нарешті, випадковим називають такий причинно-наслідковий зв'язок, що припускає за однієї причини реалізацію кожного з безлічі можливих альтернативних наслідків, які залежать від невимовно великої кількості різноманітних умов, що не підлягають урахуванню і передбаченню.

Таким чином, імовірність у природі нерозривно пов'язана з випадковістю. Імовірність – породження випадкових явищ. Але звідки в природі береться випадковість?

*Випадковість – це наслідок свободи,
яку Природа (або Творець) надає своїм творінням.*

Історія розвитку природи – це одночасно історія емансипації (звільнення) предметів і явищ природи від пут жорсткого детермінізму.

Як ми переконаємося далі, еволюція природи – не що інше, як нарощування (виробництво) природою інформації. З урахуванням розглянутих положень теорії інформації можна окреслити такі логічні зв'язки:

- нарощування інформації може відбуватися лише за допомогою збільшення імовірності явищ природи. Тільки за таких умов створюються передумови зменшення імовірності реалізованих подій, що є «живильним середовищем» для росту інформації;
- імовірність може проявлятися лише у світі випадкового;
- випадковість – наслідок свободи.

До найбільш значних віх формування явища випадковості можна віднести:

- свободу мимовільного хаотичного коливання (руху) частинок;
- свободу взаємодії частинок;
- свободу синергетичного об'єднання частинок у системне ціле;
- свободу відкритих стаціонарних систем реагувати на зміну умов зовнішнього середовища (здійснювати механізми зворотного зв'язку);
- свободу систем змінюватися самим і змінювати зовнішнє середовище;
- свободу біфуркаційних трансформацій системи;
- свободу природи здійснювати добір найбільш ефективних станів системи.

Імовірність з найбільшою очевидністю розкрилася в термодинаміці. Тут на перше місце виходить не енергія, а ентропія.

Примітка

Саме в термодинаміці, яка зуміла побачити в процесах розсіювання тепла необоротність природних явищ, могла виникнути теорія, заснована не на детерміністичних законах механіки, а на законах статистики. У механіці немає місця випадковості: одна причина – один наслідок. Статистика має справу з випадками, з імовірнісним світом. Подія може відбутися, а може й не відбутися. Закономірність імовірнісних процесів проявляється у світі великих чисел, де тільки й може виявлятися тенденція більшої імовірності стосовно імовірності меншої.

Відкриття термодинаміки ознаменували революцію в природознавстві. Вони немов звільнили природні явища від пут детермінізму класичної механіки. Якщо перше начало

термодинаміки (закон збереження енергії) ще належало до абсолютно строгих законів, то друге начало будувалося винятково на статистичному обліку імовірних величин. Нагадаємо, у ньому йдеться про неминучість необоротних втрат (розсіювання) енергії, тобто про більш імовірний перехід тепла від нагрітого тіла до більш холодного, ніж у зворотному напрямку.

Імовірнісна природа будови світу. Відкриття термодинаміки показали, що світ імовірнісний. Події залежать від збігу випадкових невизначених обставин. До цих відкриттів світ видавався грандіозним годинниковим механізмом, що одного разу був заведений і тепер діє за порівняно простими законами. Після відкриття другого начала термодинаміки явищам природи була дарована свобода імовірності. Події можуть відбуватися чи не відбуватися. Щоправда, перший і другий наслідки, як правило, мають різний ступінь імовірності. Вони і визначають ту залізну закономірність, що виявляється через ряд випадковостей.

З відкриттям другого начала термодинаміки природі була «подарована» свобода імовірності.

Щоб уявити, наскільки імовірнісний характер має, зокрема, поведінка молекул газів, достатньо замислитися над ступенем випадковості руху, наприклад, атомів азоту N_2 .

Молекули азоту можуть рухатися поступально в трьох напрямках – вони мають три ступеня свободи поступального руху. Вони можуть обертатися навколо двох осей, перпендикулярних ліній зв'язку двох атомів. Це два ступеня свободи обертального руху. Нарешті, атоми, сполучені в молекулі, можуть коливатися уздовж зв'язку (хімічний зв'язок поводить себе подібно до пружини) – ще один коливальний ступінь свободи. Крім того, електрони молекули характеризуються набором можливих значень енергії, подібно до електронів в атомі.

Таким чином, енергія молекули (а отже, імовірність її відхилення від середнього значення) має чотири складові – поступальну, обертальну, коливальну та електронну (Волькенштейн, 1986).

Значення кожного з названих енергетичних імпульсів має імовірнісний характер, хоча квантова механіка дозволяє обчислити ці складові з високою точністю. І, нарешті, імовірнісний характер має взаємодія молекул одна з одною.

Зростання ентропії в необоротному процесі означає зростання імовірності стану. Невпорядкований стан більш імовірний, ніж упорядкований. Можна навести багато прикладів цього.

Вирівнювання температур двох тіл знищує тепловий потенціал. При змішуванні газів або рідин порушується порядок поділу відповідних речовин.

Користуючись науковою мовою, менш упорядкований стан має більшу статистичну вагу, тому що він може бути реалізований більшою кількістю способів, ніж упорядкований.

Предмети у вашій кімнаті, офісі чи кухні поступово приходять у невпорядкований стан. Це результат випадкових перекидань. Подібний випадковий характер мають мимовільні процеси засмічення угідь або ерозії ґрунтів у сільськогосподарському виробництві.

Усі зазначені процеси збільшення безладдя – результат випадкових, хоча й закономірних, змін, а не організованої діяльності. Але зворотні процеси – збільшення впорядкованості – потребують уже цілеспрямованого докладання зусиль. Розумна діяльність людини спрямована на подолання невпорядкованості. Імовірність процесів мимовільного впорядкування значно нижча. Можна припустити, що кинута похашцем книжка або ручка ляжуть відразу «на своє місце». Але таке трапляється вкрай рідко. Набагато частіше нам, на жаль, доводиться спеціально наводити порядок у кімнаті. Імовірність збільшення безладдя набагато вища за імовірність формування порядку.

Як бачимо, при поясненні процесів упорядкування систем на перший план виходить уже не детерміністичний закон збереження енергії (перший початок термодинаміки), а статистичний (імовірнісний) закон (друге начало) мимовільного зростання ентропії (неможливість вічного двигуна другого роду).

Аргументи вченого

М.В. Волькенштейн: «Неможливість вічного двигуна другого роду визначається його *неймовірністю*. Зокрема, для його реалізації необхідно, щоб усі молекули певного об'єму мимовільно зібралися б в одній із його половин. Імовірність подібної події оцінюється надзвичайно малою величиною (дробом, чисельник якого одиниця, а знаменник має показник степеня $2,7 \cdot 10^{19}$). Тим часом для порушення другого начала необхідні саме такого роду події – стиснення газу без виконання над ним роботи.

Відкриття творців статистичної фізики – Больцмана і Гіббса – ознаменували наукову революцію, прорив у зовсім нову сферу.

Новизна полягала саме в імовірнісному, а не абсолютно точному характері статистичних законів. Ми говорили, що неможливо, щоб чайник з водою, опущений у цебро з водою, закипів, а вода в цебрі замерзла. Так, неможливо, але лише тому, що така – більш ніж дивна – подія не виключена зовсім. Одного разу в невимірно великій кількості дослідів вона може відбутися. Іншими словами, рідко (дуже рідко!) ентропія може мимовільно зменшуватися, а не зростати (Волькенштейн, 1986).

Якщо навіть поведінка фізичної термодинамічної системи має недетермінований характер, то будь-який живий організм є ще більш імовірною системою. Річ у тім, що всі фізичні і хімічні закони, якими визначається існування і функціонування організмів, спираються на статистику і тому є приблизними.

Зв'язок енергії та ентропії, або Що таке «живлення негативною ентропією»?

Тепер ми маємо переосмислити зміст *ентропії*. Раніше, говорячи про ентропію, ми констатували, що це – *міра необоротного розсіювання енергії*, тобто неминучих її втрат. У першій половині ХХ століття в обіг увійшла фраза «Цариця світу та її тінь». Було опубліковано кілька книг з такою назвою. Їх авторами, зокрема, були Ф. Вальд і Б. Ауербах. Під цими яскравими метафорами приховувалися енергія та ентропія. Роль цариці, звичайно ж, відводилася енергії. І в цьому був свій сенс. Адже все, що відбувається у світі, пов'язане з перетворенням одних видів енергії в інші (Волькенштейн, 1986).

Однак у цьому була лише частина правди, тому що можна сформулювати іншу думку: «Енергія необхідна лише для зменшення ентропії». Світ розвивається лише тому, що можливе зниження ентропії. Саме його обслуговує енергія, виконуючи роботу. Так хто ж кому служить?

Аргументи вченого

У 1945 році один із творців квантової механіки Е. Шредингер опублікував маленьку книгу за назвою «Що таке життя». Книга стала важливою подією у фізиці й біології, тому що в ній розглянуті основні положення термодинаміки живих, тобто відкритих стаціонарних систем. Наведемо слова Шредингера, у яких він дає визначення життя:

«Що ж... складає дорогоцінне дещо, яке міститься в нашій їжі і вберігає нас від смерті? На це легко відповісти. Кожний процес, явище, подія – назвіть це, як хочете, – коротше кажучи, усе, що відбувається в природі, означає збільшення ентропії в тій частині світу, де це відбувається. Так і живий організм безупинно збільшує свою ентропію – чи, інакше кажучи, виробляє позитивну ентропію і в такий спосіб наближається до небезпечного стану максимальної ентропії, що являє собою смерть. Він може уникнути цього стану, тобто залишатися живим, тільки шляхом постійного вилучення з навколишнього середовища негативної ентропії, яка являє собою щось дуже позитивне, як ми зараз побачимо. Негативна ентропія – це те, чим організм живиться. Або, щоб виразити це менш парадоксально, істотним у метаболізмі є те,

що організму вдається звільнити себе від усієї тієї ентропії, яку він змушений виробляти, поки живий» (Шредингер, 1999).

Енергія необхідна для зменшення ентропії.

Отже, у ході свого існування і розвитку відкриті стаціонарні системи імпортують з навколишнього середовища негативну ентропію (тобто порядок) і експортують позитивну ентропію (тобто безладдя).

У вищенаведеному прикладі живлення негативною ентропією означає виділення з організму більше ентропії (безладдя), ніж надходить в організм. Стаціонарний стан підтримується за допомогою відпливу ентропії.

Як бачимо, мова йде не про приплив-відплив енергії, а про зміну ентропії. Порівняно просте для сприйняття поняття – енергія – замінюється досить складною абстрактною величиною – ентропією. Її навіть приладом не можна виміряти, а можна лише розрахувати, зіставивши один з одним ряд параметрів.

Чи є сенс усе-таки говорити не про енергію, а про ентропію? Навіщо замінити те, що можна відчутти (енергію), на те, що не тільки неможливо відчутти, а й узагалі важко уявити? Чи принципово це? На жаль, так.

Ентропійні показники здатні відбити глибину і складність природних процесів, що не здатні вловити енергетичні показники. З певною часткою умовності можна сказати, що величина ентропії має порівняно з енергією додаткову розмірність, яка може бути названа «інформаційною глибиною», чи «шкалою інформаційної якості» процесів, що відбуваються. Це пояснюється рядом обставин.

По-перше, показники надходження енергії в систему (енергетичний баланс приходу-витрат) зовсім нічого не говорять про підсумкові процеси впорядкування системи. Кількісна оцінка зміни енергії в системі не характеризує якість процесів, що відбуваються в системі. Отже, головним є не обсяг енергії, яку отримує система, а реакція самої системи на сприйняття енергії. Хвора людина не здатна з користю для себе сприймати цілком нормальні смачні харчові продукти. Вони можуть бути дуже корисними для здорової людини і шкідливими – для хворої. Надмірне надходження енергії в систему може взагалі виявитися згубним для системи. Для «хворого» підприємства (особливо з неспроможним керівництвом) зайві кошти можуть стати причиною банкрутства. Для фізичної системи надмірне надходження енергії (зокрема з паливом) може викликати пожежу або

вибух. І навпаки, незмінний (і навіть зменшуваний) потік енергії в добре впорядковану систему може вести до ще більшого її вдосконалення, тобто до зменшення ентропії. При цьому енергія не зростає, а ентропія зменшується.

По-друге (що пов'язане з першим), важливу роль відіграє не просто здатність певної системи сприймати (опрацьовувати) потоки енергії, а спроможність системи ефективно діяти в конкретних просторово-часових ситуаціях. Існування будь-якої реальної системи не слід сприймати як діяльність якоїсь машинки, що постійно переробляє однакові потоки енергії та речовини. Системи функціонують в імовірнісному, випадковому світі, де постійно змінюються умови існування, і кожна наступна мить може докорінно відрізнятись від попередньої. Висока продуктивність, яку тривалий час забезпечувала система, може бути миттєво перекреслена однією-єдиною випадковою дією або збігом обставин. За таких умов важливі не вхідні фактори (кількість енергії, що потрапляє в систему), а кінцеві результати. Можна тяжко хворіти – і одужати, а можна легко хворіти – і вмерти. Важливий кінцевий стан організму, а не кількість ліків, отриманих пацієнтом. Інакше кажучи, більш значущою є ентропія, а не енергетичні параметри.

Приклад

Проілюструємо наведено на прикладі економічної системи. Для економічної системи гроші є квазіеквівалентом енергії.

Наявність вільного капіталу у фірми – дуже важлива передумова можливого росту підприємства. Але це всього лише передумова, а не гарантія успіху. Кінцевий результат залежить від багатьох рішень, дій та використання наявних засобів. Ці рішення і дії стосуються: по-перше, напрямку використання (інвестування) капіталу, зокрема, сфери економічної діяльності; по-друге, способу дозування в часі грошових вкладень. Істотним моментом є також те, що кінцевий результат залежатиме від багатьох економічних, соціальних, природних факторів, обумовлених майбутнім станом зовнішнього середовища, що повною мірою передбачити просто неможливо.

Помилка в просторі або часі щодо реалізації квазіенергетичних потоків (капіталу) спричинює значні прямі чи непрямі втрати економічної сфери (збільшення упущеної вигоди, додаткові витрати, збитки). Вибір помилкових сфер і параметрів діяльності (номенклатури, обсягу виробництва, технологічної основи, ринків реалізації, постачальників тощо) або часового порядку внесення коштів може обернутися взагалі втратою усього інвестиційного капіталу. Наприклад, сума грошей може бути вкладена в збиткову сферу; куплений сухогруз – затонути; банк, у якому зберігалися гроші, – «лопнути»; компанія, акції якої придбані, – розоритися; сільськогосподарське виробництво, на яке було зроблено ставку, – знищене повинню. Не менший ступінь ризику несе і фак-

тор часу: «невчасно сплатив», «не тоді продав чи купив», «несвоєчасно посі-
яв», «спізнився виготовити», «прибув пізніше за конкурентів» і т.д.

Квазіенергія – капітал, який у принципі є запорукою підйому економічної системи, може перетворитися на передумову її краху. І чим більший обсяг вихідної енергетичної (квазіенергетичної) потенції, тим вища можливість успі-
ху і ризик невдачі.

Економічний злет від краху можуть відокремлювати лише один крок, долар, день, година і навіть мить, що визначають прірву між енергією та ентропією.

По-третє, енергетичні показники фіксують своєрідну ста-
тику стану, у той час як ентропійні можуть відобразити і ре-
зультат її динаміки. Навіть для ефективно і безпомилково дію-
чої системи величезне значення має часовий алгоритм отриман-
ня системою енергії, так би мовити, її дозування. Чи розумно
завозити хліб у крамницю або цементний розчин на будівницт-
во раз на місяць? Замість користі це призведе до псування про-
дуктів та матеріалів, марного витрачання коштів (збільшення
дисипації енергії). Хоча за валовим постачанням ресурсів (енер-
гії) у систему «план буде виконано», кінцевий результат (змен-
шення ентропії) буде сумним.

Існування будь-яких відкритих стаціонарних систем у при-
роді – це процес протидії довільному збільшенню ентропії. По-
рядок не може підтримуватися сам собою. Приміщення засміч-
чуються, устаткування зношується, люди втомлюються вико-
нувати монотонну роботу і починають давати збої. На запобі-
гання зростанню внутрішньої ентропії теж має витрачатися ча-
стина вільної енергії. Ці зміни можуть уловити лише ентро-
пійні показники.

Літературний відступ

Дуже влучно рухливий стан системи відбив Льюїс Керрол у своїй відомій казці (а фактично завуальованій науковій праці) «Аліса в Задзеркаллі».

«– У нас, – сказала Аліса, ледве переводячи подих, – коли довго біжиш що є духу, неодмінно потрапиш в інше місце.

– Яка повільна країна! – сказала Королева – Ну, а тут, знаєш, доводиться бігти з усіх ніг, щоб тільки залишитися на тому самому місці! Якщо ж хочеш потрапити в інше місце, тоді потрібно бігти, щонайменше, удвічі швидше!» (Керролл, 1985).

Втім, щоб відчутти вплив ентропії, не обов'язково вдаватися до казкових прикладів. Усе наше життя – це суцільний при-
клад подолання руйнівної дії ентропії. Хтось із відомих сказав:
«Хто не йде вперед – йде назад. Нерухомого стану немає». Ен-
тропія нагадує ескалатор, що рухається вниз. Щоб його подола-

ти, просуваючись нагору, потрібно випереджати темпи скочування вниз.

Наші знання, навички, звички швидко застарівають. Мінливе життя постійно вимагає нових підходів, методів, життєвого стилю. Щоб не відстати від життя, потрібно змінюватися разом із ним. Щоб випереджати події та обганяти час, потрібно випереджати ентропію.

Зв'язок ентропії та інформації

Зв'язок енергії з інформацією зміг уперше довести Больцман (1872), і цим зв'язком стала ентропія. Що таке зростання ентропії? Це перехід системи з менш імовірного стану в більш імовірний (наприклад, перехід тепла від більш нагрітого тіла до менш нагрітого). Таким чином, ентропію можна вважати мірою імовірності перебування системи в даному стані: чим більше ентропії, тим більш імовірний її стан. Чи інакше: чим більш імовірний стан, тим більший величині ентропії він відповідає.

Але ж імовірність – одна з ключових характеристик інформації. Чим менш імовірне повідомлення, тим більше інформації воно несе. Зокрема, чим менш імовірна новина, тим вона більш сенсаційна. За повної визначеності нова інформація відсутня.

Примітка

Справді, чи багато інформації несе жителям США чи Німеччини сухе повідомлення про те, що «в найближчі півроку постачання електроенергії, тепла і води здійснюватиметься вчасно і безперервно в усі установи країни»? А як прискорено в ряді випадків змушує битися серця громадян нашої країни ця сама фраза своєю інформативністю, прихованою експресією і ємністю змісту.

Таким чином, ми можемо об'єднати два вищенаведені значенні посилання: «ентропія – кількісна міра імовірності» та «імовірність – кількісна міра інформації» в одну: «ентропія – кількісна міра інформації». Залишається встановити залежність: меншому значенню ентропії (меншій імовірності системи), відповідає більше інформації, що фіксує даний стан. Що ж стосується кількісного вираження такої залежності, то про нього ми поговоримо далі.

Отже, якщо система переходить через стохастичні (імовірнісні) флуктуації з більш імовірнісного (урівноваженого з навколишнім середовищем) стану в менш імовірнісне (неврівноважене з навколишнім середовищем), ентропія падає, а інформаційний

зміст системи збільшується. Отже, підвищення організованості системи – не що інше, як збільшення її інформативності. Імовірність стану системи – місток між ентропією та інформацією.

Зі зниженням імовірності інформація збільшується,
а ентропія зменшується.

Спробуємо тепер більш докладно обґрунтувати зв'язок енергії та інформації.

Кількісні величини ентропії та інформації оцінюються практично однаковими формулами, в основі яких – логарифмічна залежність.

Зокрема, опускаючи подробиці, можна сказати, що відповідно до формули Хартлі, кількість переданої *інформації* (у бітах) визначається величиною:

$$I = \log N \text{ (або } I = 0,7 \ln N),$$

де N – кількість повідомлень, або можливих станів системи.

Відповідно ж до формули Больцмана, величина *ентропії* термодинамічної системи визначається залежністю:

$$S = k \ln W,$$

де k – постійна Больцмана, а W – так звана статистична вага стану системи, дорівнює кількості способів підтримання даного стану.

На цьому збіги не закінчуються. Одну з величин, що характеризує кількість інформації, яку несе i -й знак повідомлення, Шеннон узагалі назвав *ентропією*. Але *ентропією* ж називається також один із найважливіших параметрів, що характеризують енергетичний стан системи. Чи випадково це?

Ні. Адже енергетичний стан системи безпосередньо пов'язаний з імовірним розподілом станів елементарних частинок, з яких складається будь-яка система. А як ми щойно переконалися, характеристика цього є інформаційним параметром.



Розділ 10

Енергоентропійні основи розвитку



Ще раз про негативну ентропію

У попередньому розділі ми переконалися, що збільшення порядку пов'язане зі зниженням ентропії в системі. Власне, ентропія і є мірою безладдя системи.

Ервін Шредингер, лауреат Нобелівської премії, один із творців квантової механіки, перший, хто пояснив феномен життя, виходячи зі статистичної теорії, наочно обґрунтував зв'язок ентропії зі статистичною концепцією впорядкованості і нерегульованості. У попередньому розділі ми вже наводили влучний вислів ученого, пов'язаний з живлення живих істот «негативною ентропією». Наведемо ще один аргумент Е. Шредингера.

Аргументи вченого

«Нерегульованість, яку вона виражає, частково полягає в тому, що атоми й молекули різного сорту змішуються цілком випадково замість того, щоб бути повністю розділеними.

Ізольована система... збільшує свою ентропію і більш-менш швидко наближається до інертного стану максимальної ентропії.»

Як у термінах статистичної теорії виразити ту дивовижну здатність живого організму, за допомогою якої він затримує перехід до термодинамічної рівноваги (смерті)? Вище ми сказали: «Він живиться негативною ентропією», немов привертаючи до себе її потік, щоб компенсувати цим збільшення ентропії, яке здійснюється ним у процесі життя, і таким чином підтримувати себе на постійному і достатньо низькому рівні ентропії» (Шредингер, 1999).

Живі організми живляться негативною ентропією.

Ці викладки були наведені Шредингером у 1943 р. в Триніті-коледжі в Дубліні на лекції, конспект якої був виданий у 1945 р. у Великобританії. У 1947 р. Л. Бріллюен запропонував назвати показник ентропії з від'ємним знаком «негентропією» (Алексеев, 1983). *Негентропія* може трактуватися як обсяг інформації системи, або міра впорядкованості системи.

Зокрема, якщо з будівельних матеріалів зібрати будинок, а з деталей – автомобіль, то ентропія цих систем зменшиться, а впорядкованість (і відповідно інформація, яку має система) зросте. Якщо будинок чи автомобіль знову розібрати на «запчастини», ентропія збільшиться, а впорядкованість (інформація) зменшиться.

Процеси руйнування системи різноманітні. Умовно можна виділити три основні напрями, за якими відбуваються процеси збільшення ентропії (руйнування) в системі:

- *тепловий* – коли система знижує ефективність функціонування, не змінюючи своєї структури і якості виконуваних функцій (збільшуються енерговитрати на виконання одиниці роботи);
- *структурний* – коли відбувається порушення структури (змінюється структурна будова системи), система може «втрачати» частину виконуваних функцій і/або погіршувати якість їх виконання;
- *інформаційний* – коли при збереженні структури системи порушуються зв'язки між її ланками; у результаті погіршується якість виконання функцій окремими підсистемами системи.

Відповідно до зазначених напрямів часто виділяють і три види *ентропії*: теплову, структурну та інформаційну. Підкреслимо умовність указаного розподілу ентропійної активності системи. Адже ці процеси тісно взаємопов'язані і взаємообумовлені. Зовнішній прояв того чи іншого процесу є лише однією з форм єдиного процесу зростання ентропії. Загальмувати, зупинити або спрямувати його назад можна, лише прикладаючи додаткову енергію, яку система може взяти із зовнішнього середовища через процеси метаболізму.

Знову про баланс: цього разу – енергоентропійний

Стан системи формується з двох чинників: ентропії, що виробляється всередині системи, і зміни ентропії, обумовленої зовнішнім обміном. Алгебраїчна сума цих двох величин може бути додатною, від'ємною або дорівнювати нулю. Тобто приплив ентропії в систему може бути більшим чи меншим за її відплив або рівним йому. Граничний стан системи досягатиметься тоді, коли виробництво ентропії всередині системи точно компенсуватиметься відпливом ентропії за рахунок її обмінної складової.

Така ситуація може бути названа *необхідною* передумовою стійко-нерівноважного, або стаціонарного, стану системи. Саме в цьому випадку значення ентропійних складових будуть рівні за абсолютною величиною, але матимуть протилежні знаки. Простіше кажучи, система буде «ремонтуватися» в міру її спрацювання. Наприклад, дірки на дорогах у місті будуть лататися одразу, щойно вони з'являтимуться. Або посуд митиметься, одразу після обіду. Або інструменти чи документи повертатимуться на місця як тільки з ними попрацювали.

Зниження ентропії досягатиметься лише в тому випадку, якщо відплив ентропії перевищуватиме її створення всередині системи. Зокрема, у місті не обмежуватимуться латанням доріг, а будуватимуть нові або будуть кардинально реконструювати раніше збудовані дороги.

Чому ж це не забезпечує *достатніх* передумов? Тому, що розглянуті умови можуть виявитися результатом фіксації двох розділених в часі станів системи.

Чи може вважатися стійкою (упорядкованою) системою організація домашнього господарства, якщо посуд миється через тиждень після того, як з нього поїли? Формально після миття посуду порядок поновлюється, але тиждень доводиться жити в захаращеній кухні. Те саме з дорогами в місті. Якщо вони ремонтуються раз на рік, то це аж ніяк не дає підстави вважати систему дорожнього господарства впорядкованою. Звичайно навесні дорогам повертається більш-менш пристойне покриття, якого вистачає на 2–3 місяця. Решту часу люди користуються жахливими дорогами, псуючи транспортні засоби і свої нерви. Щорічна одноразова фіксація стану доріг (зокрема, відразу після ремонту) стабільно показуватиме значний відплив ентропії (безладдя), що аж ніяк не передаватиме реального стану справ.

Що ж потрібно, щоб досягти *достатніх* передумов певного стану системи? Необхідне одномоментне виконання вказаних умов. Зокрема, у стаціонарному з нульовим виробництвом ентропії (умовно назвемо його *стійким*) стані система знаходитиметься тоді, коли в кожний з моментів певного періоду часу виробництво внутрішньої ентропії супроводжуватиметься зниженням ентропії внаслідок обмінних процесів із зовнішнім середовищем.

Таким чином, при формуванні енергоентропійних балансів надзвичайно важливим моментом є врахування чинника часу. Тепер ми можемо сформулювати *необхідні* і *достатні* передумови забезпечення *стійкого стаціонарного* стану. Це відбуватиметься,

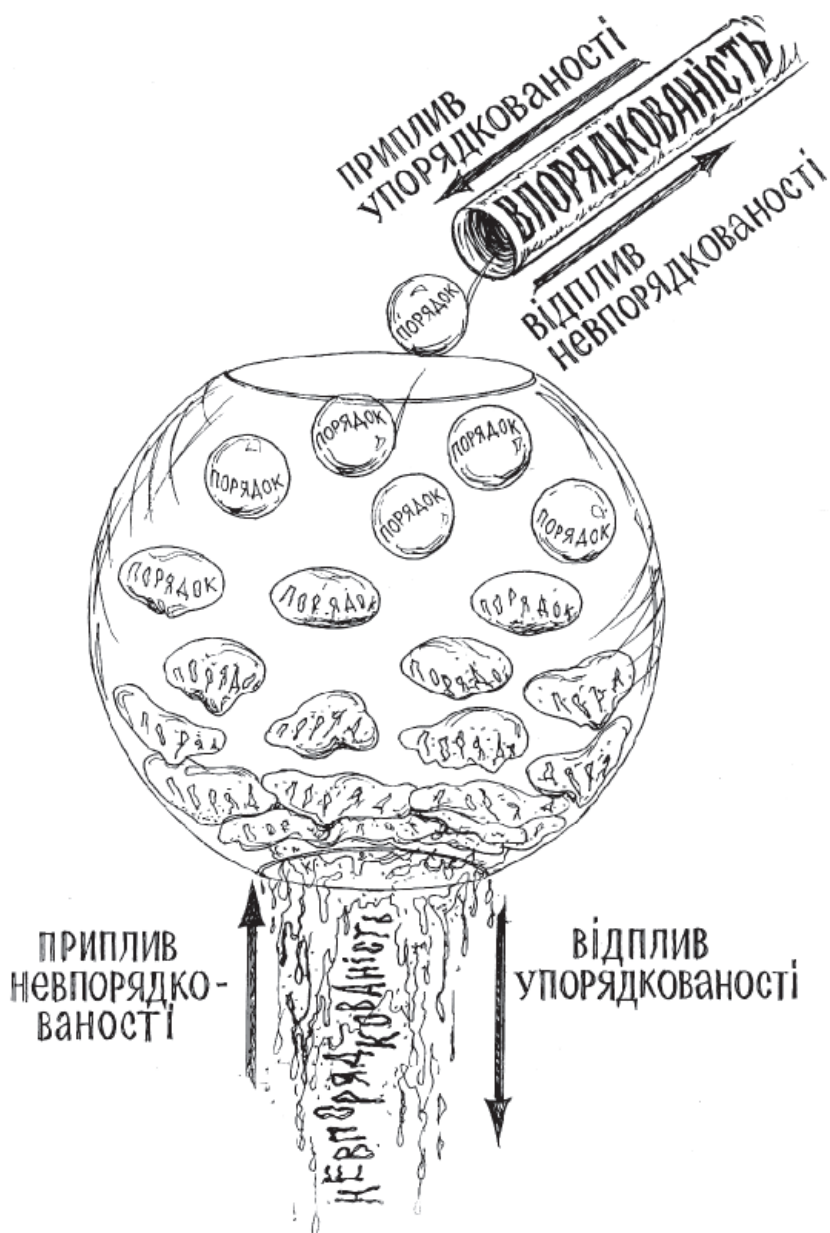


Рис. 10.1. Умовна схема підтримання стійкого стану системи

якщо впродовж певного періоду часу витримуватиметься така умова: у будь-який з нескінченно малих періодів часу приріст ентропії дорівнюватиме 0.

Передумовою ж *стійкого прогресивного розвитку* буде умова зниження приросту ентропії за такий же нескінченно малий період часу. У цьому випадку в системі почне накопичуватися *вільна енергія* для її прогресивних трансформацій.

Стійкий стаціонарний стан системи досягається тоді, коли за нескінченно малий період часу не відбувається приріст ентропії.

Даний енергоентропійний баланс своєю глибиною істотно відрізняється від розглянутого раніше енергетичного балансу. Головна відмінність, що тут уже представлена, – *часова змінна*. Це означає перехід від термостатики (яка власне є, незважаючи на назву, класичною термодинамікою) до реальної динаміки (кінетики).

Принципова відмінність двох зазначених підходів полягає в тому, що термодинаміка (термостатика) розглядає рівноважні процеси. Передбачається, що подібні процеси протікають дуже поволі, тобто так, щоб на кожному етапі досягалася рівновага. Вищенаведені ж формули належать до нерівноважних процесів. Тим самим вони означають наближення до реальності – адже рівноважних процесів у природі не буває.

Порядку без витрат не буває

При дослідженні енергоентропійних процесів важливо не тільки розкрити характер енергоентропійного балансу, але й проаналізувати зміст чинників, що впливають на самі процеси.

Розуміючи, наскільки важко аналізувати таку нематеріальну, абстрактну величину, як *ентропія*, спробуємо спростити завдання. Зробимо так, як діють, аналізуючи поведінку безкольорової рідини. Таку рідину підфарбовують, і дослідник, стежачи начебто за барвником, насправді може спостерігати за поведінкою ще недавно непомітної речовини.

Своєрідним «барвником» ентропії можна вважати втрати (матеріальних ресурсів, енергії, відходів, коштів) – тобто те, що система безповоротно втрачає під час свого функціонування. Цей цілком матеріальний і звичний для людського розуміння

атрибут будь-якої системної діяльності є незмінним супутником ентропії і може використовуватися як її природний індикатор.

Примітка

До речі, саме на такому принципі нобелівський лауреат І.Р. Пригожин побудував розпізнавання *відкритих стаціонарних систем*. Існування кожної з них пов'язане з втратами енергії. Безповоротне розсіювання енергії фізики називають *дисипацією енергії*. Тому Пригожин назвав відкриті стаціонарні системи *дисипативними структурами* – тобто такими, що безповоротно розсіюють енергію.

Втрати (дисипація) енергії – це ознака функціонування системи.

До яких же висновків може привести зазначений аналіз енергоентропійного балансу? Існує дві основні причини утворення втрат (виробництва ентропії):

- внутрішньосистемна діяльність (обумовлена обміном речовин, енергії та інформації в межах самої системи);
- зовнішньосистемна діяльність (обумовлена обміном системи із зовнішнім середовищем).

Внутрішньосистемна діяльність може супроводжуватися виключно видатками, тобто втратами ресурсів (зростанням ентропії). Система може лише «проїдати» вільну енергію (ресурси, кошти), яку вона отримала завдяки обміну із зовнішнім середовищем. Уявимо собі, що працюючі члени сім'ї взяли відпустку за власний рахунок і вирішили провести її разом. Щоб вони не робили: відпочивали на природі, займалися ремонтом, подорожували, просто байдикували, – їхні запаси (кошти або харчі) у будь-якому випадку зменшуватимуться. Зменшення запасів може призупинитися лише тоді, коли хтось із членів сім'ї почне працювати і поповнювати «енергетичний» фонд. Але це вже початок зовнішньосистемного обміну, який і служить джерелом отримання свіжої вільної енергії.

Те саме відбувається і з будь-яким підприємством. Воно може припинити свою виробничу діяльність, але не може зупинити дисипативні (необоротні) втрати. Навіть непрацююче підприємство змушене нести видатки. Потрібно платити за охорону майна, електроенергію, телефон, воду, каналізацію, виробничі площі, рахунок у банку, заробітну плату допоміжному персоналу тощо. Взимку приміщення необхідно опалювати, оберігати від псування... І все це – лише за рахунок попередніх накопичень.

У подібному «сонному» режимі підприємство може перебувати доти, поки в нього не закінчатся всі резерви і воно постане перед фактом банкрутства. Нові надходження почнуться лише тоді, коли підприємство поновить свою виробничу діяльність, відновивши обмін із зовнішнім середовищем.

Зовнішньосистемна діяльність також обумовлює інтенсивні витрати енергії системи. У рослин працюють потужні насоси для висмоктування соків із ґрунту, тварини змушені постійно рухатися в пошуках їжі, підприємство витрачає значні кошти на сировину, енергію, плату робітникам, які забезпечують виробництво і збут продукції.

Але на відміну від внутрішньосистемних витрат зовнішньосистемні витрати не є тільки втратами. У тому розумінні, що вони мають компенсуватися надходженням енергії в систему. Більш того, нормою має бути не тільки компенсація цих витрат, а й значне перевищення нової вільної енергії над її витрачанням. Причому це з урахуванням усіх витрат системою енергії, включаючи внутрішньосистемні витрати.

Примітка

Звичайно, немає жодної гарантії, що будь-які зовнішньосистемні витрати забезпечать надлишок вільної енергії, якої вистачить для «безбідного» існування системи. І навіть не відомо, чи вистачить отриманої енергії хоча б на те, щоб компенсувати витрати на її добування. Тим більше, що успішність існування системи залежить не тільки від її власної діяльності, а й від значної кількості обставин і факторів зовнішнього середовища. Рослині може не вистачити поживних речовин через засуху або надмірну виснаженість ґрунтів, тварина може попри всі свої зусилля не знайти їжу через збіднення кормової бази, підприємство може збанкрутувати, не реалізувавши вироблену продукцію через катаклізми ринку.

Що б там не було, але кінцевою метою зовнішньосистемних витрат є отримання системою вільної енергії із зовнішнього середовища. Це єдина мета зазначених витрат і єдине їх виправдання. Завдяки таким витратам (і лише за умови їх існування) системі вдається залучити енергію із зовнішнього середовища в систему, щоб зменшити свою ентропію. Без подібних витрат не буде і надходження енергії. Заощадивши на них, система може взагалі *заощадити на своєму існуванні*.

Примітка

Слід зауважити, що наведена диференціація напрямків витрат та видів діяльності систем (на внутрішньосистемні та зовнішньосистемні) є досить умовною, адже, як правило, вони формуються або здійснюються в одному і

тому самому місці (частині системи) в один і той самий момент часу. У нашому організмі не існує окремих органів для діяльності у власному помешканні та на фірмі або для задоволення і для роботи. Деякі люди вміють насолоджуватися як роботою, так і відпочинком: відпочивати, працюючи, і працювати, відпочиваючи. Інші, навпаки, з огидою роблять і те, і інше.

Для тварин взагалі процеси відпочинку та харчування (як, до речі, і будь-які інші види діяльності) є взаємопов'язаними функціями відтворення енергоінформаційної основи існування. Те саме можна сказати і про рослини або соціально-економічні утворення. Звичайно, можна сказати, що на підприємстві працівник служби маркетингу займається переважно зовнішньосистемною діяльністю, а прибиральник – внутрішньосистемною, але як розділити все це, якщо вони працюють в одному відділі?

Отже, ми переконалися, що існують дві природи формування витрат системи (виробництва ентропії), які обумовлені внутрішньосистемними та зовнішньосистемними видами діяльності системи.

Від чого залежать втрати?

Тепер замислимося над тим, від чого залежить інтенсивність утворення зазначених витрат (виробництва ентропії), або, інакше, від чого залежить кількісний обсяг витрат системи за певний період часу?

Він залежить, по-перше, від *рівня інформаційного впорядкування* системи, по-друге, від *інтенсивності її діяльності* (або кількості роботи, яку здійснила система). Дію зазначених причин на утворення витрат системи так само важко розпізнавати, як і природу походження системних витрат, яку ми щойно розглянули.

Примітка

Навіть дитина розуміє, що кількість витраченого пального залежить від роботи, яку здійснила машина, наприклад, відстані, яку пододало авто. Зрозуміло при цьому, що чим більше навантажений автомобіль, тим більшими будуть потреби в паливі. На витрати пального також впливає якість дорожнього покриття. Долати опір піску набагато складніше, ніж їхати по асфальту, – доводиться виконувати значно більший обсяг роботи.

Замислимося тепер над іншим: одну й ту саму кількість палива машина може втратити зовсім з інших причин, наприклад, через дірку в бензобаку. Підвищені витрати пального можуть спричинятися недосконалістю, несправністю або невідрегульованістю двигуна, невмінням водія обирати оптимальні режими роботи або навіть маршрут пересування. Усі ці чинники і складають те, що вище названо *рівнем інформаційного впорядкування*, для такої системи, як транспортна одиниця.

Таким чином, один і той самий стан наслідків у діяльності системи (кількість витрат пального) може бути обумовлений двома зовсім різними причинами: обсягом виконаної роботи або недоліками впорядкування системи.

Примітка

Щоб зазначені теоретичні положення було легше усвідомити, пояснимо їх ще на одному прикладі.

Якщо говорять, що країна або підприємство споживають багато енергії, це ще не свідчить про їхню високу виробничу активність. Наприклад, Україна посідає одне з чільних місць у Європі за споживанням газу і одне з останніх – за виробництвом ВВП. Секрет полягає в тому, що на частку «технологічної» складової припадає, за оцінками фахівців, лише 20–30% споживаного палива, а решта 70–80% – це результат «опалювальної» складової. Іншими словами, левова частка газу витрачається не на виробництво, а на опалювання будівель і споруд, зокрема, виробничого призначення. У першому наближенні ці дві цифри (70–80% і 20–30%) можуть дати уявлення про вплив двох умовних параметрів (ступеня нерегульованості і ступеня продуктивної активності) на дисипативну активність економічної системи в цілому.

Продовжимо аналіз «технологічної» складової. Не секрет, що за рівнем енергоємності наші технології значно поступаються кращим зарубіжним зразкам. У деяких галузях рівень зарубіжних виробів переважає рівень вітчизняних товарів за цим показником у кілька разів, а іноді й на декілька порядків. Наприклад, уже сьогодні на кращих підприємствах хімічної індустрії в ряді виробництв застосовуються ендогенні технології. Це означає, що там, де наші підприємства для виробництва одиниці продукції змушені витрачати значну кількість енергії, зарубіжні підприємства на виробництво такої самої продукції не тільки не витрачають енергію, а отримують її, щоб використовувати для виробничих або побутових цілей.

Отже, частина енергії технологічного призначення також може пояснюватися високою мірою *нерегульованості* виробничої системи (низьким рівнем виробництва). І лише та її частина, яка відповідає світовим стандартам енергоємності, може вважатися реальним показником ступеня *продуктивної активності*.

При уважному вивченні починаєш розуміти, що межа між витратами, обумовленими недостатньою впорядкованістю системи, і витратами, обумовленими її виробничою активністю, є дуже умовною... Такою самою, як межа між раціональною і нераціональною працею, і між... витратами і втратами.

Втрати – це такі витрати, що втратили надію перетворитися на прибуток.

Таким чином, один і той самий показник – дисипативна активність системи – може одночасно характеризувати

і негативну, і позитивну сторони одного явища – діяльності системи. Лише глибокий факторний аналіз того, що називається динамічним станом системи, дозволить «розкласти» єдину характеристику дисипативного потоку на умовно негативну і позитивну складові, тобто на компоненти, обумовлені нерегульованістю системи та її продуктивною активністю відповідно.

Яка різниця між порядком і впорядкованістю системи?

Від яких же чинників залежить ступінь нерегульованості системи? Або можна сказати інакше: які чинники визначають ступінь упорядкованості системи? Ці чинники можна об'єднати у дві основні групи: рівень структурної впорядкованості та рівень функціональної впорядкованості.

Рівень структурної впорядкованості характеризує досконалість інформаційної побудови (конструкції) системи, що передбачає: певний рівень складності та ієрархічної побудови; досконалість технологічних ідей, закладених у конструкцію системи і діяльність її підсистем; надійність внутрішньосистемних зв'язків; складність інформаційної програми управління процесами функціонування системи в просторі й часі; можливість адаптації до змін зовнішнього середовища тощо. Усе це умовно назвемо словом *порядок*.

Рівень функціональної (організаційної) упорядкованості характеризує досконалість процесів функціонування системи, ступінь реалізації її можливостей у реальному часі й просторі. Іншими словами, це те, що асоціюється зі словами *впорядкованість* і *безлад* у роботі системи.

Інформаційна впорядкованість залежить від двох груп чинників: досконалості конструкції системи та її організаційної врегульованості.

Обидві групи чинників є інформаційними за своєю суттю.

Примітка

Відмінність зазначених груп чинників можна продемонструвати кількома прикладами. Високий рівень структурної впорядкованості системи не завжди означає, що система функціонує найкращим чином, що в ній достатній рівень організації (відсутній безлад). Вона може бути неввідлагодженою, неввідрегульованою і працювати в режимі, далекому від її можливостей. Тобто

сама ідея організації системи непогана, але її конкретне втілення далеке від досконалості.

Можна сказати й інше. Функціональна досконалість системи не гарантує високого рівня її структурної впорядкованості. Зокрема, структурно неврегульовані системи, навіть доведені до функціональної досконалості, не можуть подолати «межу», визначену низьким потенціалом (наприклад ККД). Останній якраз і характеризує підсумковий рівень упорядкованості (або ж неврегульованості) системи.

Хоча підсумковий рівень інформаційної впорядкованості залежить від обох груп чинників, провідним є рівень структурної впорядкованості. Як правило, чим вищий рівень структурної впорядкованості системи, тим більший потенціал підвищення ефективності вона має. Рівень функціональної впорядкованості відображає лише ступінь наближення системи до ідеалу ефективності в межах існуючого рівня структурної впорядкованості. Примітивні системи не в змозі мати високий ККД навіть за умови їх досконалої роботи. Складні системи мають вищий рівень ефективності, хоча важче домогтися їх ідеальної відлагодженості.

Від чого залежить приріст упорядкування систем?

Тепер замислимося, від чого залежать темпи приросту впорядкованості системи, яка відбувається завдяки її обміну із зовнішнім середовищем. Тобто, на скільки ця впорядкованість змінюється за одиницю часу?

Не вдаючись до складних розрахунків, скажемо лише, що приріст упорядкованості залежить (але різною мірою) від двох чинників:

- обсягу ресурсів (матеріалів, енергії, інформації), які система залучає із зовнішнього середовища за одиницю часу;
- раніше досягнутого рівня інформаційної впорядкованості системи.

Приріст упорядкованості в системі (умовно «приріст упорядкованості») із першим чинником (умовно «темпи припливу впорядкованості») пов'язаний прямою залежністю, із другим (умовно «досягнута впорядкованість») – оберненою. Інакше кажучи, перший чинник потрібно поставити в чисельник, другий – у знаменник. Ось так:

$$\text{Приріст упорядкованості} = \frac{\text{Темпи припливу впорядкованості}}{\text{Досягнута впорядкованість}}$$

Примітка

Останнє цілком зрозуміло. Адже чим більше ми маємо чогось, тим важче швидко змінити його рівень. Якщо ми маємо всього 10 книжок і придбаємо ще одну книжку, то умовно можна вважати, що наш бібліотечний фонд збільшився на 10%. Якщо ж до придбання цієї книжки ми мали 100 книжок, то нове надбання збільшить наш фонд лише на 1%. Для такої бібліотеки, щоб досягти збільшення на 10%, потрібно буде вже придбати аж 10 книжок.

Ускладнимо ситуацію, припустивши, що певна частка книжок у кожному фонді застаріває, і її доводиться списувати. Нехай цей показник становитиме теж 10% на рік. Тоді можна сказати, що придбанням нових книжок ми лише компенсуємо природні втрати фонду. І знов-таки змушені констатувати, що для першої бібліотеки 10% означатиме лише одну книжку, а для другої – 10 книжок. Тепер наше завдання набуває динамічного характеру. Ми маємо процес відпливу і припливу впорядкованості, який відбувається в часі (застарівання літератури – 10% на рік). За однакових показників відпливу і припливу (у даному випадку 10%) бібліотечний фонд залишатиметься незмінним, хоча книжки в бібліотеці і будуть постійно змінюватися. Якщо ж ми хочемо, щоб кількісно книжковий фонд збільшувався, то приплив має перевищувати відплив. У першому випадку мінімальний показник становитиме 2 книжки (це означатиме вже 20% від бібліотечного фонду), у другому випадку – 11 книжок (11%).

Те, що показник досягнутого рівня знаходиться в знаменнику, означає, що підтримання більш високого рівня організації «коштує» дорожче. Справді, чим вищий рівень виробництва, тим більшими мають бути витрати на його підтримання. Ніхто не заперечуватиме, що комп'ютеризація і автоматизація виробництва, його «облагородження» коштують недешево. Витрати на утримання подібного виробництва значно вищі, ніж на обслуговування кустарної майстерні. У такому разі може здатися цілком природним запитання: можливо, взагалі не потрібно підвищувати рівень виробництва, якщо це настільки недешево?

Уся справа в тому, що й віддача від високоорганізованого виробництва набагато вища, ніж від примітивного. Що це означає? А те, що «ціна» залучення свіжої енергії в систему, як правило, збільшується лише в абсолютному визначенні. На одиницю ж енергії, яка залучається в систему, витрати знижуються. Причому інколи навіть істотно знижуються.

Зокрема, на підприємствах, підвищення рівня виробництва (у певних межах) дає можливість збільшити обсяг виробництва. Причому темпи збільшення цього обсягу можуть суттєво випереджати темпи зростання витрат на переозброєння виробництва. Унаслідок цього питомі витрати виробництва (собівартість одиниці продукції) знижуються і підвищується ефективність виробництва.

Але це ще не всі переваги, які може дати підвищення рівня інформаційної впорядкованості системи. Що стосується промислового підприємства, можна сказати, що може не тільки зменшитися собівартість одиниці продукції, а й підвищитися її *якість*. Це дає можливість продати її дорожче і подвоєє ефективність діяльності системи. Бо кожна одиниця продукції не тільки потребує нижчих витрат, а й приносить більше вільної енергії в систему. (Згадаємо доповідь Римського клубу «Фактор чотири: витрат – половина, віддача – подвійна».)

Але і це ще не все. Зміна інформаційного рівня впорядкованості системи може впливати і на якісні показники ресурсів, що залучаються в систему, і на технологічні процеси з їх переробки, які відбуваються в самій системі. Зокрема, підприємство може вдосконалювати *якість «субстанцій»*, що залучаються в систему, відмовитися від менш досконалих компонентів (тобто відходних, екологічно шкідливих, матеріаломістких, малонасичених енергією та інформацією тощо). Можна скоротити потреби в цілому ряді ресурсів (субстанцій) або навіть відмовитися від них повністю. Усе це, умовно кажучи, забезпечує, крім економічного, ще й ефект екологічного впливу на зовнішнє середовище, що рано чи пізно позначиться і на самій системі.

Складний, забезпечений електронікою і спецобладнанням автомобіль виявляється значно економічнішою системою, ніж простенька дешева модель. Хоча робота будь-якого додаткового устаткування потребує відповідних витрат енергії, вигоди інформаційного ускладнення системи перевершують зростання енерговитрат.

Таким чином, в умовах конкретного підприємства завдяки підвищенню рівня виробництва можна очікувати чотири види ефектів:

- зменшення собівартості одиниці продукції;
- підвищення якості продукції;
- удосконалення технологічних процесів переробки ресурсів;
- удосконалення процесів обміну з навколишнім середовищем.

Високоорганізоване виробництво дорожче примітивного, проте дозволяє випускати більш дешеву і якісну продукцію більш ефективним способом.

Наведене в принципі справедливе для будь-якої фізичної системи. Підвищення рівня інформаційної впорядкованості системи сприяє підвищенню рівня ефективності системи. Останнє

є однією з передумов її прогресивного розвитку. Нагадаємо, що подібний розвиток відбуватиметься, якщо вплив ентропії-непорядкованості із системи (приплив негентропії) перевищуватиме виробництво ентропії всередині системи.

Чому динаміка системи є дуже важливим фактором її стану?

Тепер звернемо увагу на дуже важливу річ: *динаміку* (тобто змінюваність) системи і те, від чого вона залежить. У теорії розглядаються два типи систем: динамічні і статичні. У чому різниця між ними? Це не так легко збагнути і дуже легко переплутати.

Динамічна система – це система, стан якої залежить від динамічних факторів, тобто таких, параметри яких змінюються в часі. Зокрема, погодні параметри є динамічними. Погода залежить від багатьох факторів, які змінюються в часі (пори року, напрямку вітру, атмосферного тиску, хмарності, вологості тощо). *Статичною* системою, відповідно, можна вважати систему, стан якої залежить від статичних факторів, тобто таких, які не змінюються в часі. Зокрема, тривалість дня і ночі постійно змінюється протягом року. Але співвідношення тривалості дня і ночі не можна назвати динамічною системою. Адже ця величина залежить від фактора, який не змінюється з року в рік.

Поняття *статичної* системи не тотожне поняттю системи, що *не змінюється*. Так само як поняття *динамічної системи* не тотожне поняттю системи, що *змінюється*. Наприклад, протягом кількох днів може не змінюватися погода в певній місцевості. Але це не тому, що не змінилися параметри, від яких вона залежить. За цей час, напевно, іншими стали і положення сонця, і напрямок вітру, і багато інших факторів. Але всі ці зміни взаємозрівноважили одна одну. Це, врешті-решт, спричинило тимчасову стабільність стану того, що ми називаємо погодою. Система не змінилася, хоча є динамічною (тобто її стан залежить від багатьох мінливих факторів). І навпаки, *статична* система може змінюватися, але ці зміни мають відносний характер. Так, щодоби змінюються тривалість дня і ночі, але кожного року в той самий день вони мають одні й ті самі значення. Отже, система змінюваності часової тривалості світлового дня є умовно статичною.

Динаміка системи може відігравати дуже суттєву роль у зміні її стану. Це не може не впливати на загальний розвиток системи. При цьому для величини змін, які відбуваються в системі, визначальними є два ключові фактори:

- *величина імпульсу*, який викликає зміни в системі (найчастіше він є результатом дії кількох чинників);
- *період часу*, протягом якого діє цей імпульс.

Примітка

Якщо з певних причин ціна на певний вид товару зміниться лише на 1%, то на цю подію багато людей, напевно, можуть не звернути увагу. Але якщо тенденція підвищення ціни за добу на 1% діятиме протягом місяця, то можна бути впевненим, що це вже помітять усі. Бо загальне підвищення рівня цін за місяць сягне 30%. Якщо ця тенденція залишиться й далі, то вже за 3 місяці і 10 днів ціна подвоїться, тобто її підвищення становитиме 100%. А всьому виною є ледь помітний імпульс зміни (1%), який діє відносно тривалий час (понад три місяці). Отже, маленькі зміни в поєднанні з тенденцією до усталеності дії можуть відігравати значно важливішу роль у загальній зміні стану системи, ніж одноразовий стрибок змін. Зокрема, дія одноразового 33-відсоткового підвищення ціни матиме утричі менші наслідки для населення, ніж уже згадана тенденція щодобового зростання лише на 1%, але протягом зазначеного періоду.

Щось подібне відбувається і у випадку припливу в систему впорядкованості (відпливу ентропії, тобто неупорядкованості). Спробуємо пояснити це на умовному прикладі підвищення рівня володіння іноземною мовою.

Розглянемо питання, що краще: вивчити 10 слів за один раз і потім місяць не повертатися до вивчення іноземної мови чи вчити по одному слову щодня протягом місяця? Підрахувавши, що 30 слів утричі більше, ніж 10, дійдемо висновку, що другий варіант привабливіший. Тепер ускладнимо запитання. Що краще: вчити порціями по 10 слів з перервами у 10 днів чи щодобово по одному слову? У цьому разі через 10 днів формально ми матимемо однаковий результат: 10 і 10. Але слід узяти до уваги також проблему якості засвоєння. У першому випадку це буде одноразова акція, яка, скоріше за все, не зовсім гармонуватиме із загальним колом діяльності системи. У другому випадку процес відтворення знань стає системним актом, який починає протидіяти впливу ентропії (процесу забування вивчених слів) і сприяти креаційному процесу формування навичок володіння іноземною мовою. Саме такий системний приплив у систему впорядкування і слід вважати своєрідною моделлю забезпечення

стійкого розвитку, адже системний приплив упорядкування починає протидіяти його системному відпливу із системи.

На рівні системи в цілому результуючим чинником, що викликає зміни в системі, можна вважати різницю між припливом і відпливом упорядкування (негентропії) системи, або, що те саме, відпливом і припливом безпорядку (ентропії) системи. Це і є приріст упорядкованості, чи інформації, якою володіє система. Віднесена до одиниці часу, ця величина характеризує темпи приросту впорядкованості (інформації) в системі.

У тому разі, якщо розглядається економічна система (наприклад підприємство), показник може відображати приріст прибутковості за одиницю часу. Від чого залежить цей показник? Звичайно, від доходу, який отримує підприємство за кожним видом товарів або обсягом ресурсів, які воно встигає пропустити через себе. Дохід же, у свою чергу, залежить від попиту на кожний із видів продукції (він також визначає їх ціни і рентабельність, тобто співвідношення ціни і собівартості).

Чи можна досягати однакового результату меншими витратами?

До яких висновків можна дійти, аналізуючи енергоентропійний баланс? Спробуємо спочатку на основі розглянутого вище сформулювати умови *прогресивного розвитку* систем, виходячи з того, що впорядкованість системи залежить від двох чинників:

- *темплів довільного збільшення невпорядкованості* (виробництва ентропії, чи безпорядку) всередині системи;
- *темплів відведення невпорядкованості* (ентропії-безпорядку) із систем.

Темпи збільшення інформаційної впорядкованості системи будуть тим вищими:

- чим більшим буде приплив упорядкованості (негентропії, від'ємної ентропії) ззовні системи (за незмінного рівня виробництва ентропії всередині системи), або
- чим меншим буде виробництво невпорядкованості (безпорядку, ентропії) всередині системи (за умов незмінного припливу впорядкованості в систему).

Розглянуті базові умови дають підстави для важливого висновку: *можливий однаковий результат за різних витрат*.

Цей висновок випливає з таких логічних викладок. Остаточний результат – рівень упорядкованості системи – оцінюється

за різницею двох параметрів: припливу впорядкованості (негентропії) ззовні та виробництвом безпорядку (ентропії) в самій системі. Ця різниця не зміниться, якщо кожний із зазначеної пари параметрів збільшиться/зменшиться в певну кількість разів або на певну величину.

Примітка

Розглянемо лише один чинник, що характеризує рівень упорядкованості помешкання – температуру повітря в ньому. Комфортна температура в приміщенні в холодну пору забезпечується системою опалювання. Тепер уявимо, що взимку ми відкриємо вікно і одночасно підвищимо температуру батареї. Якщо додаткового тепла від обігрівача надходитиме стільки, скільки втрачатиметься через відкрите вікно, рівень температури в кімнаті не зміниться.

Постійна температура в кімнаті спостерігатиметься і тоді, коли ми нагріватимемо і одночасно охолоджуватимемо кімнату вдвічі чи втричі (або на 10, 20, 30... 100, 200%) інтенсивніше.

Але в цьому разі ми говоримо про однаковий результат лише на підставі математичних правил, не заглиблюючись у природу процесів, що відбуваються.

Насправді ж розглянуті ситуації суттєво відрізняються одна від одної. І не важко збагнути, чим. У варіанті, де вплив тепла збільшився у два рази, підтримання постійної температури обходиться приблизно вдвічі дорожче, бо топити доводиться вдвічі інтенсивніше. У реальному житті витрати на опалення можуть підвищитися навіть більш ніж у два рази. Адже, крім додаткових витрат палива, буде швидше зношуватися опалювальна система, яка змушена працювати в посиленому режимі. Та й ціна за паливо внаслідок понадлімітного споживання може підвищитися.

Та ми розглянули процеси тільки з погляду економіста. А якщо цю ситуацію проаналізує еколог, він скаже, що підвищене витрачання палива однозначно супроводжується підвищенням навантаження на довкілля планети. Адже видобуток додаткової одиниці будь-якого ресурсу (чи то палива, чи то металу для устаткування) неминуче пов'язаний з екодеструктивною діяльністю (забрудненням середовища, руйнацією ландшафту тощо). Природно, що збільшуються екологічні наслідки, а з ними і економічні збитки. Усе це наочно підтверджує висновок, що один і той самий результат може бути досягнутий різною ціною. Чим менш ефективний стан системи, тим більших витрат потребує його підтримання на певному рівні.

Повернемося тепер до вихідних умов завдання. У вищенаведеному прикладі ми відкрили взимку вікно, що змусило нас

топити сильніше, щоб підтримувати температуру кімнати. Спробуємо тепер діяти в протилежному напрямку. Замість того, щоб відкривати вікно, навпаки, поліпшимо його теплову ізоляцію. Якщо не зменшити інтенсивність опалення, температура в кімнаті підвищиться. Якщо ж ми хочемо, щоб температура не змінилася, ми маємо зменшити опалення. Температура в кімнаті буде підтримуватися на постійному рівні, але витрати енергії зменшаться, отже знизяться і витрати на підтримання певного рівня стану системи.

Усе розглянуте вище дає можливість зробити ще два висновки:

- *збільшення припливу енергії в систему не гарантує адекватного зростання впорядкованості системи (у той час, коли ви посилюєте опалення системи, хтось може відкрити вікно, що зведе нанівець усі ваші енергетичні витрати);*
- *підтримувати порядок вигідніше, ніж його наводити, або не смітити краще (ефективніше), ніж прибрати.*

Підтримувати порядок дешевше, ніж його наводити.

Більшого результату можна домогтися за менших витрат

Логіку розглянутих вище прикладів можна продовжити далі. У наведених ситуаціях ми обмежувалися підтриманням температури на постійному рівні. Але ж якщо поліпшити теплоізоляцію приміщення, то можна створити умови, коли підвищення температури відбуватиметься навіть зі зменшенням інтенсивності опалення. З фізичної точки зору, це означатиме, що більш ефективний (заощадливий) стан системи зменшує незворотне розсіювання енергії системою (ентропію) і підвищує стаціонарний енергетичний рівень системи за менших витрат. Зазначене підводить до такого висновку:

- *малий енергетичний імпульс може виконати більшу роботу, ніж великий, за умови правильної реалізації імпульсу.*

Примітка

Той, хто хоч раз у житті рубав дрова, знає, що марно намагатися перебити поліно сокирою поперек волокон, з якою б силою ви це не робили. Якщо ж змінити напрямок імпульсу і вдарити вздовж поліна, то інколи достатньо навіть не дуже сильного, але вмілого удару, щоб деревина розколася.

Можна навести приклад і з іншої галузі – управління природокористуванням. Боротися зі шкідливими тваринами і рослинами шляхом інтенсивного внесення отрутохімікатів – це майже те саме, що рубати поперек деревини. Крім іншого, це спричиняє значний негативний вплив на інших мешканців екосистем, а також на саму людину. Часто побічні негативні наслідки таких заходів набагато переважають корисні очікувані результати. Значно ефективніше діяти не тільки силою, а й умінням: тобто «бити» не по всій біомасі шкідливих видів, а намагатися з мінімумом витрат поцілити в найбільш вразливе їх місце. Зокрема, формами таких заходів є вплив на репродуктивні механізми, які дозволяють перервати ланцюги відтворення нових генерацій. Що стосується безпосередньо захисту певних господарських об'єктів (наприклад сільгоспугідь) від шкідливої дії тварин (зокрема комах), то тут можна згадати про такий ефективний захід, як відлякування комах за допомогою певних запахів. Отже висновок:

«Сила є – розуму не треба» – закон не коректний.

Додатковий приплив енергії в систему може сприяти її прогресивному розвитку лише за умови стійкого характеру впорядкованості системи, тобто при незмінному рівні її стану або навіть його випереджальному вдосконаленні.

Вище ми переконалися, що однакового результату можна домогтися двома альтернативними шляхами:

- забезпечивши приплив негентропії в систему;
- поліпшивши внутрішню впорядкованість системи (отже, підвищивши рівень упорядкованості та/або знизивши ступінь нерегульованості);

Але перший напрямок найчастіше є енергетичним параметром, а другий – інформаційною характеристикою.

Таким чином, у певних межах інформація може компенсувати нестачу енергії або речовини.

Примітка

На використанні даного принципу ґрунтується відома солдатська кмітливність. Саме винахідливість (а отже, досвід і навички нелінійного мислення) дозволяють солдату компенсувати брак певних речей або ресурсів наявними під рукою підсобними матеріалами (які спеціально не призначені для даних функцій) або взагалі обійтися без ряду матеріалів, змінивши виконувані функції.

Надзвичайно важливим питанням є комплексність управління одночасно обома групами факторів, тобто процесами припливу енергії та внутрішнього впорядкування системи.

Комплексне управління припливом негентропії і впорядкованістю забезпечує більш ефективне функціонування системи.



Управління кожним з названих чинників автономно (у відриві від іншого) не може гарантувати позитивного результату.

Примітка

Зокрема, який сенс нарощувати потоки енергії в систему, якщо не вирішені питання внутрішньої впорядкованості системи? Збільшення надходження енергії в систему (як це видно з попереднього наслідку) може навіть активізувати процеси дезорганізації в системі (збільшення функції дисипації). Зокрема, додатковий приплив вільних коштів в економічну систему (країну або фірму) може спровокувати процеси розкрадання грошей та пов'язані з цим явища деградації і розбещення соціального середовища.

Від чого залежать темпи припливу впорядкування в систему?

Темпи припливу негентронії в систему залежать від двох чинників: потоку і рушійної сили. Потік характеризує ту кількість відповідної «субстанції» (речовини, енергії, інформації), яка проходить за одиницю часу через умовну одиницю, що характе-

ризує розмір контакту системи із зовнішнім середовищем (наприклад, одиницю площі, параметра комунікаційних зв'язків ін.), у розрахунку на одиницю потенціалу. Рушійна сила характеризує значення відповідного потенціалу (різниця температур, питомі різниці концентрацій, різниці електричних потенціалів, різниці в грошових одиницях між попитом і пропозицією з певного товару тощо).

Примітка

Формально (з фізичної точки зору) рушійна сила (різниця потенціалів) є причиною виникнення потоків. Роль цієї залежності справді велика. Саме різниця потенціалів формує інтенсивність потоків речовини, енергії та інформації як у систему, так і з неї. Проте насправді в реальних процесах має місце складніший характер залежності. Річ у тім, що і властивості потоків здатні впливати на параметри рушійної сили. Пригадаємо, як у гідравліці змінюється тиск залежно від консистенції прокачуваних рідин, а в економіці попит на продукцію підприємства може залежати від якостей виконавця.

Слід підкреслити, що результируючий показник негентропії, яка надходить у систему, є інтегральною величиною, що враховує безліч потоків. Ці потоки формують приплив і відплив різних енергоємних агентів, які умовно можуть бути названі «субстанціями». Йдеться про безліч паралельних потоків, зокрема ті, що мають протилежну спрямованість: одні – із системи, інші – в систему.

Примітка

Раніше ми говорили про те, що подібна картина нагадає шкільну задачу про басейн з двома трубами, «через які тече і витікає...». Проте насправді ситуація може виявитися значно складнішою. Річ у тім, що зазначені процеси, які символізують творення і руйнування, можуть бути суміщені в єдиній точці простору-часу, будучи різними взаємообумовленими сторонами того самого явища.

Так, характер і властивості ресурсів, що надходять в економічну систему (підприємство, технологічну лінію і т.д.), обумовлюють характер і властивості відходів, що виходять із системи. Реальною ілюстрацією цього положення є ті 95–97% відходів речовин, які повертає сучасне виробництво в природу, притому в більш токсичному і агресивному вигляді, ніж той, у якому їх подарувала природа. На жаль, лише 3–5% вилучених із надр копалин корисно використовуються у виробництві. Ясно, що попереднє збагачення або очищення ресурсів позитивно позначається і на зворотному потоці відходів з виробництва.

Відповідно, характер використовуваних ресурсів обумовлений станом упорядкованості системи (наприклад, технологічним рівнем виробництва). Саме цей порядок, кінець кінцем, відтворює і потребу в обсязі потоку «субстанцій» (тобто в рушійній силі, що залучає їх у систему), і необхідні властивості (характер) самих «субстанцій».

Виробництво є тим, що воно споживає, людина – тим, що вона їсть.

Вищенаведені викладки дозволяють сформулювати і ряд наслідків.

- *Як правило, існує вибір альтернативних засобів забезпечення припливу впорядкованості в систему, ефективність яких істотно відрізняється.*

У даному випадку під засобом мається на увазі вид «субстанції» (енергії, речовини, інформації), за допомогою якого система задовольняє певну свою потребу та/або шлях, за допомогою якого дана «субстанція» доставляється в систему/виводиться із системи. Вибір того чи іншого засобу обумовлений рівнем упорядкованості системи.

Ефективність указаних засобів визначається їх здатністю здійснювати роботу з упорядкування системи та/або їх ентропійними якостями, зокрема, внутрішньо обумовленим рівнем відходності даних засобів.

Примітка

Зокрема, з погляду ентропійної ціни Л. Бріллюен поділяє види енергії на три категорії: А – механічна та електрична; Б – хімічна; В – тепла. Найбільш цінні види енергії А, які здатні повністю перетворюватися на види Б і В. Хімічна енергія займає проміжне положення через теплові ефекти, що супроводжують хімічні реакції (Алексеев, 1983).

Найефективнішим засобом припливу негентропії в систему є інформація.

Інформація – найефективніший ресурс.

Примітка

Це пояснюється, по-перше, мінімальним рівнем дисипативної здатності, властивим даному виду засобів (викликають мінімальний потік зворотних відходів); по-друге, тим, що інформація (наприклад, нові знання, досвід, ідеї) має максимальну здатність до підвищення рівня впорядкованості системи.

Зокрема, щоб підвищити температуру кімнати, можна більше її опалювати, а можна, дізнавшись про новий ефективний («копійчаний») спосіб теплоізоляції, зменшити втрати тепла. Реалізація цього дешевого «ноу-хау» на практиці і буде означа-

ти імпорт в систему інформації для підвищення стану її впорядкованості.

Всі чинники, що визначають стан системи, взаємопов'язані і взаємообумовлені.

Можна виділити групи зв'язків, що формують стан відкритої стаціонарної системи:

- зміна стану системи (рівня впорядкованості) залежить від припливу негентропії в систему, тобто параметрів потоку і рушійної сили;
- потік у систему речовин, енергії та інформації залежить від рушійної сили, тобто різниці потенціалів між системою і зовнішнім середовищем;
- різниця потенціалів між системою і зовнішнім середовищем залежить від характеру субстанцій (речовини, енергії, інформації), які формують параметри потоку;
- параметри, що формують приплив негентропії, обумовлені рівнем поточної впорядкованості системи;
- дисипативна активність системи обумовлена її обміном із зовнішнім середовищем, іншими словами, система витрачає стільки енергії, скільки їй дозволяє зовнішньосистемний обмін;
- обмін системи із зовнішнім середовищем обумовлений дисипативною активністю системи, або система вимушена імпортувати стільки енергії, скільки вистачить для функціонування системи при існуючому рівні її впорядкованості;
- ступінь неефективності системи обумовлений рівнем її інформаційної впорядкованості.

Взаємозв'язок і взаємообумовленість різних параметрів і функцій системи є однією з її фундаментальних властивостей. Ця властивість і формує власне систему з розрізнених частин та елементів. Саме дана властивість покладена Б. Коммонером в основу одного з його відомих екологічних законів: «Усе пов'язане з усім».

Чому вода камінь точить

Підсумок зміни динамічної системи залежить від двох характеристик: величини чинника, що обумовлює зміну стану, і тривалості часу, протягом якого він діє.

Усі чинники, що визначають стан системи, є динамічними характеристиками. Їх значення можуть змінюватися з часом.

Таким чином, час є найважливішим параметром, що визначає підсумковий стан системи. З наведеного висновку випливає ряд окремих наслідків:

1. У рамках фіксованих змін стану системи добуток величини чинника, що викликає зміни в системі, на тривалість часу його дії є величина постійна.
2. За фіксованої тривалості дії чинника, що викликає в системі зміни, їх розмір визначатиметься *величиною* зазначеного чинника.
3. За фіксованої величини чинника, що викликає зміни в системі, її підсумковий стан визначається *тривалістю* дії чинника; останній наслідок можна сформулювати й інакше: для динамічних систем *час* є системоформуючим фактором.
4. При тривалому періоді часу *тенденція* стає системоформуючим фактором.

Примітка

Навіть маленький імпульс енергії, помножений на значну кількість разів його дії в часі, може виконати колосальну роботу («терпіння і труд все перетруть»). І навпаки, безсистемний енергетичний імпульс великої потужності, як правило, має незначний творчий потенціал.

Як тут не згадати прислів'я: «Безногий, що просувається битим шляхом, обжене вершника, що мчить без мети».

Урахування даних наслідків особливо актуальне в екології. Дія будь-якого незначного, але стійкого за своїм характером, позитивного або екодеструктивного чинника може бути багаторазово посилена *часом* («Час лікує рани», «Вода камінь точить»).

При постійному впливі час є системоформуючим фактором.

Подоби

Про те, наскільки можуть бути небезпечними «малі», але стійкі процеси антропогенної дії на природу, свідчать наслідки деградації екосистем планети. Зокрема, на думку Р. Баландіна (Баландин, 1981; Баландин, 2001), більшість пустель на Землі (зокрема, Сахара, Австралійські пустелі) є рукотворними. Іншими словами, вони – результат діяльності людини. В одному випадку (приклад Сахари) основним екодеструктивним чинником стало скотарство і землеробство; в іншому (приклад Австралії) – традиції аборигенів використовувати вогонь для випалювання рослинності.

В Україні таким природним лихом став плуг і його неправильне використання (зокрема, оранка вздовж схилів). За кілька десятиліть вітрова і водна ерозія винесли близько третини колись еталонних чорноземів.



«Безногий, що просувається битим шляхом, обжене
вершника, який мчить без мети»

Жінки живуть довше чи повільніше?

Аналіз енергоентропійного балансу дозволяє зробити ще два взаємопов'язані висновки.

- Вищий рівень інформаційної впорядкованості системи обумовлює зростання обміну із зовнішнім середовищем і підвищення ефективності системи.
- Темпи зростання впорядкованості системи тим вищі, чим вищий ступінь динамічності системи.

Раніше ми переконалися в тому, наскільки важливу роль у збільшенні інформативності систем (тобто обсягу інформації, якою володіє система) відіграє імовірність. Інформація – величина імовірнісна. Чим менш імовірний стан системи, тим більшою інформацією може володіти система в такому стані.

Таким чином, щоб інформація в системі збільшувалася, імовірність можливих станів системи повинна зменшуватися. Це можливо за двох умов: по-перше, якщо зростатиме складність системи; по-друге, якщо система ставатиме більш динамічною, тобто залежатиме від більшої кількості змінних (причому випадкових) чинників.

За таких умов імовірність кожного зі станів, у яких може перебувати система, зменшуватиметься, а інформація, що передається таким станом, збільшуватиметься. Більшою інформацією, отже, володітиме і система в цілому.

У цьому ж переконує аналіз умов енергоентропійного балансу. Від чого залежить потік негентропії в систему, іншими словами, кількісні параметри обміну речовиною, енергією та інформацією системи із зовнішнім середовищем? – Від рівня дисипативної активності системи.

Децю спрощуючи, можна сказати, що потоки «субстанцій» у систему та з неї обумовлені здатністю системи «зношуватися». Чим більш інтенсивні темпи спрацювання – або, мовою фізиків, ентропійної активності – тим більш значні обсяги «субстанцій» змушена залучати система в процеси обміну із зовнішнім середовищем. Вони необхідні для задоволення потреб у постійній реконструкції системи.

Цифри і факти

У людини половина всіх тканинних білків розщеплюється і будується заново в середньому протягом 80 діб, білки печінки і сироватки крові наполовину оновлюються кожні 10 діб, а окремі ферменти печінки – кожні 2–4 години (Биологический, 1989).

Система розвивається тим швидше, чим вона динамічніша.

Стабільні, застигли системи, які не спрацьовуються, не мають потенції до розвитку. Системи, у яких процеси зносу йдуть швидше, змушені оновлюватися більш високими темпами. А це передумови і до більш інтенсивних процесів розвитку.

У природі функції фізичного і морального спрацювання діалектично взаємопов'язані. Весь хід еволюції природи переко­нує нас у тому, що не тільки темпи розвитку є функцією спра­цювання, але і спрацювання є функцією динаміки систем. Іншими словами, темпи спрацювання у саме тому мають бути ви­сокими (і далі прискорюватися), щоб забезпечити високі (і при­скорювальні) темпи розвитку.

Примітка

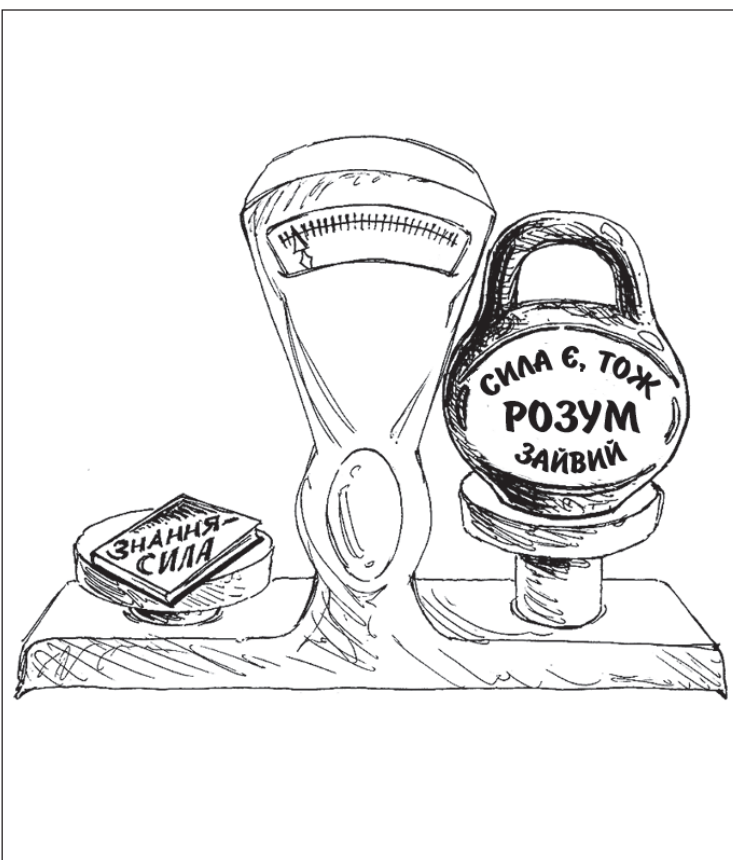
Порівняно з гірською породою рослини мають значно більший ступінь динамізму. Речовини, що входять до складу їх клітин, оновлюються дуже швидко. Проте за це рослини порівняно з каменем змушені «платити» коротшим періодом життя (від кількох місяців до декількох десятків років). Правда, деяким деревам відпущено значно більше – період їх життя досягає декількох сотень і навіть тисяч років. Порівняно з такими «старожилами» більшості тварин відпущено долю набагато менше: лише в деяких видів вік може досягати ста і більше років. Зате тварини набувають свободу цілеспрямованої динаміки руху.

Як тут не згадати афоризм М. Жванецького: «чоловіки жи­вуть на 20% швидше, ніж жінки». Звичайно, це – реакція письменника-філософа на відомий факт, що тривалість життя чоло­віків на 20% менше за тривалість жінок. Але може тому й мен­ше, що чоловіки живуть (чи змушені жити) інтенсивніше, тоб­то динамічніше?

Інновації стають одним із головних механізмів, за допо­мо­гою яких природа забезпечує високі темпи спрацювання систем і тим самим підтримує дедалі зростаючі темпи еволюції.

Інновації підвищують ефективність системи і...
прискорюють її спрацювання (перш за все моральне).

Дієвим інструментарієм при цьому стають: збільшення різ­номаніття предметів і явищ природи, активізація біфуркацій­них механізмів розвитку, нові форми диференціації та інтеграції природних сутностей.



Розділ 11

*Чому нове покоління
має бути розумнішим
за попереднє*



Ще раз про єдність енергії та інформації

У попередніх розділах ми переконалися в тісному зв'язку двох сутнісних начал – енергії та інформації. Між ними існує діалектична єдність. Інформація зароджується з енергії. Точніше, з різниці енергетичних потенціалів, що їх набувають різні природні сутності. У цьому сенсі енергію можна розглядати як засіб утворення інформації. У свою чергу, енергетичні потенціали формуються завдяки інформаційно організованій діяльності окремих частин системи. За рахунок цього здійснюється метаболізм і вилучається із зовнішнього середовища вільна енергія. Підвищення енергетичного потенціалу системи може досягатися лише в результаті її інформаційного вдосконалення і підвищення ефективності діяльності її підсистем.

Таким чином, можна говорити про енергетично-інформаційну єдність процесів розвитку системи і в цілому еволюції природи.

Енергетичні потенціали народжують інформацію,
інформація збільшує енергетичні потенціали.

Але, виявляється, зв'язок між енергією та інформацією може бути ще більш тісним, коли енергія виконує стосовно самої ж енергії роль інформації.

Американські вчені Говард і Елізабет Одум у своїй книзі «Енергетичний базис людини і природи» (Одум и др., 1978) роблять цікавий висновок про якісну відмінність видів енергії. Вчені не визначають чітко критерії оцінки якості енергетичних потоків, але залишають логічний алгоритм конкретизації критеріальної ознаки.

Подробиці

На думку вчених, різні види енергії відрізняються своєю «концентрацією», тобто кількістю енергії, яку потрібно перевести в теплову для одержання даного виду енергії. Чим вища якість (концентрація) енергії, тим більше потрібно первинної енергії (тобто енергії більш низької якості) для її одержання. З іншого боку, у міру підвищення якості енергії дійсно відбувається її «концентрація», і чим більш «концентрована» енергія, тим менше її потрібно для виконання еквівалентного обсягу роботи. Учені склали свою шкалу якості енергії (рис. 11.1а), з якої видно, що для створення однієї калорії електроенергії, використовуваної в побуті, необхідно спалити 4 калорії вугілля на теплової електростанції; 1000 калорій сонячної енергії необхідні для виробництва біомаси дерева, спалювання якого дає одну калорію.

Різні за своєю «якістю» види енергії, на думку вчених, розрізняються і здатністю виконувати ту чи іншу роботу... Калорії сонячної енергії повинні бути сконцентровані для того, щоб вони могли виконати роботу. Калорія ж викопного чи ядерного палива – це енергія високої концентрації. Енергія високої концентрації виконує більший обсяг роботи, керує великою кількістю процесів і містить у собі безліч видів енергії – від найбільш концентрованих до теплової енергії, що розсіюється.

Вчені тут не використовують слово «ентропія» (і пов'язані з ним поняття), хоча впритул до нього підійшли. Адже що таке «підвищення здатності виконувати роботу», як не зниження ентропійної ціни енергії, її рівня дисипативності? І що таке «зниження якості енергії шляхом розсіювання», як не підвищення ентропійних (дисипативних) характеристик енергії? Таким чином, підвищення «якості» енергії означає зниження рівня її ентропійності. Згадаємо також, що ентропія пов'язана зворотною залежністю з інформацією. Отже, можна сказати, що підвищення «якості» (концентрації) енергії означає збільшення її «інформативності».

Якщо перенести запропоновану американськими вченими модель поетапного нарощування «якості» (концентрації) енергопотоків на еволюцію природи, одержимо нескінченно триваючий у часі процес послідовного збільшення інформативності матеріально-енергетичних потоків.

Соціально-економічний розвиток – одна з форм цього процесу, у ході якого людина постійно підвищує рівень упорядкованості (здатності здійснити корисну роботу) використовуваних нею матеріальних активів. У цьому процесі кожний наступний стан системи (рівень розвитку продуктивних сил, набуті знання, навички людей, зміст і властивості наявних ресурсів та ін.) при прогресивному розвитку є інформаційно більш змістовним порівняно з попереднім. Таким чином, можна сказати, що час є таким же інформаційно-формуєчим фактором, як і стадії

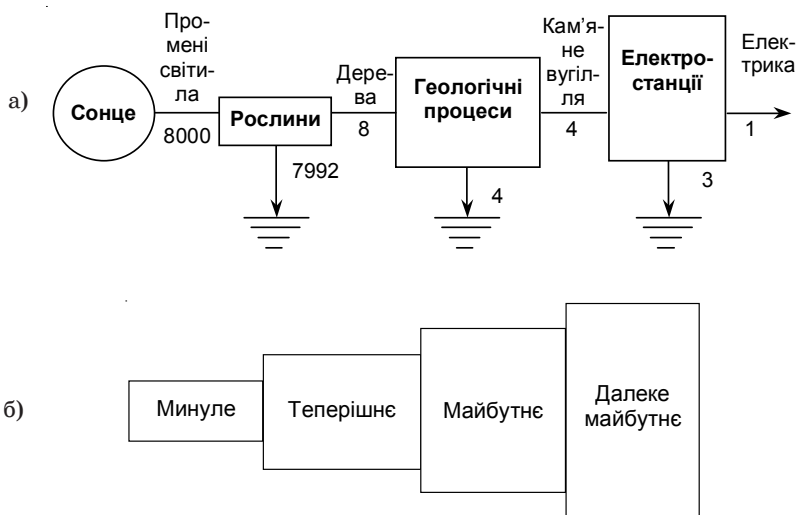


Рис. 11.1. Зв'язок енергетики та інформативності системи:

- а) шкала «якості» енергії, що відбиває витрати енергії більш «низької якості» для переходу її в енергію більш «високої якості»;
- б) умовна схема підвищення інформативності суспільних процесів у ході прогресивного соціально-економічного розвитку

виробництва. При прогресивному розвитку майбутнє є більш інформативним стосовно сьогодення, а сьогодення – стосовно минулого (рис. 11.1б).

При прогресивному розвитку нове покоління більш інформоване, ніж попереднє.

Відповідно при регресивному, загасаючому розвитку можна констатувати протилежне. Нагадаємо, що під інформативністю системи розуміється кількість інформації, якою володіє система.

Коли енергія виконує роль інформації

Аналіз взаємодії потоків енергії різної якості дозволив американським ученим зробити ще один важливий висновок: енергія високої якості може бути потужним організуючим началом енергії низької якості.

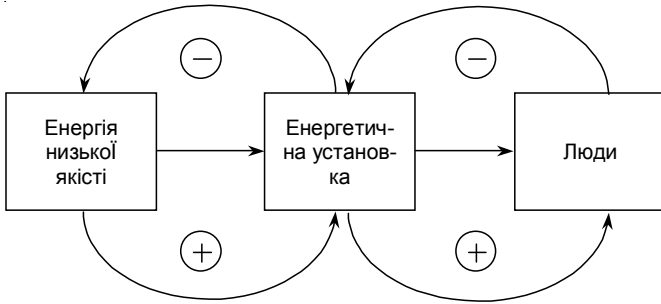


Рис. 11.2. Механізми зворотного зв'язку, який регулює енергопотоки

Цей висновок дозволив зазначеним авторам провести дослідження двох видів зворотного зв'язку: негативного і позитивного, що схематично показано на рис. 11.2.

У даному випадку розглядаються дві можливі ситуації:

- 1) взаємодія високоякісної енергії з енергією низької якості (це позначено стрілкою зі знаком «мінус»);
- 2) взаємодія енергії більш низької якості з високоякісною енергією (позначено на схемі стрілкою зі знаком «плюс»).

З приводу першої ситуації вчені роблять висновок, що енергія низької якості, якщо з нею не вступає у взаємодію яка-небудь високоякісна енергія, залишається непродуктивною чи малопродуктивною. Енергія сонячного світла залишається людині недоступною доти, поки не буде сконцентрована автотрофами в біомасу чи уловлена створеними розумом і працею людини геліоустановками. Енергія високої якості, отже, є організуючим началом у концентрації енергії низької якості.

Зокрема, якщо при видобутку вугілля для приведення в дію екскаватора використовується електрика (тобто енергія більш високої якості), то для цілей опалення буде отримано набагато більше енергії, ніж у тому випадку, якщо опалення здійснювати безпосередньо за рахунок відповідного обсягу електроенергії. Ще більший ефект вдається одержати за рахунок так званого явища посилення.

У процесі посилення дуже незначний за величиною потік високоякісної енергії, який називають «сигналом», у багато разів посилюється потужним за величиною потоком енергії низької якості. При цьому потік високоякісної енергії забезпечує контроль за всім процесом посилення, і в результаті може досягатися

посилення одного або обох потоків (Одум и др., 1978). Подібне явище широко використовується в електроніці, зокрема, у системах типу «тригер». Тут сигнал, що пропускається через сітку, яка знаходиться між катодом і анодом, що генерує енергію низької якості, може різко збільшити її потік. До цього можна додати, що в хімії роль «сигналу» відіграють каталізатори, які, самі не беручи участі в реакціях, можуть викликати їх істотне прискорення. У біології подібні функції виконують ферменти.

Спробуємо розвинути ідеї вчених, ввівши поняття інформації. Як було зазначено в попередніх главах, підвищення якості енергії, що супроводжується збільшенням її потенційної можливості виконувати роботу (зменшувати ентропію), означає підвищення інформативності енергії. У наведеному прикладі ми знаходимо ще одне підтвердження цього. Більш якісна (за термінологією Г. і Е. Одум) енергія здатна впорядковувати потоки енергії «низької якості», тобто керувати нею. Зокрема, вплив малопотужного потоку висококонцентрованої енергії, так званого «сигналу», є не чим іншим, як інформаційним впливом на потоки енергії «низької якості».

Таким чином, крім теплового еквівалента, вимірюваного калоріями, види енергії різняться своєю інформативністю, тобто здатністю виконувати роботу.

Енергія інформативна, а інформація енергетична.

Це означає, що різні види енергії розрізняються своєю здатністю змінювати впорядкованість системи (тобто її рівень інформативності), а різні види інформації – своєю здатністю змінювати (зокрема, посилювати) потенціал енергетичних потоків.

Інформаційний вплив на потоки енергії дозволяє виконувати ще одну важливу функцію. Це функція добору найбільш ефективних потоків чи потоків, що мають які-небудь властивості, затребувані для конкретних умов (обставин). У даному випадку сполучення «енергетичний потік» можна розуміти і буквально, як потік енергетичної субстанції, і розширено, як варіант управлінського рішення, що передбачає можливість використання будь-яких видів ресурсів більш низького рівня впорядкованості, чи інформаційного статусу (а відповідно до визначення Г. і Е. Одум, більш низької якості) порівняно з коректвальним ресурсом, тобто ресурсом, який дозволяє приймати рішення.

Однією із заслуг Г. і Е. Одумів є те, що їм удалося розвинути погляди на різноманіття різних видів енергії.

Цифри і факти

На основі запропонованої шкали «якості» енергії американські вчені розрахували енергетичні еквіваленти. У табл. 11.1 наводяться величини енергетичних витрат, необхідних для перетворення одного виду енергії в інший. У першому стовпці вказується кількість калорій енергії кожного виду, необхідна для одержання однієї калорії умовного палива. У другому стовпці наводяться еквіваленти умовного палива (у.п.) для тих самих видів енергії, отримані шляхом ділення одиниці на величину, зазначену в першому стовпці таблиці. Наприклад, оскільки для одержання однієї калорії електроенергії потрібно близько 4 калорій енергії кам'яного вугілля (включаючи непрямі витрати енергії при роботі електростанції), то еквівалент умовного палива на 1 калорію електростанції становить 0,25 калорії.

Оскільки кілька калорій енергії «високої якості» виконують ту саму роботу, що й значно більша кількість калорій енергії «нижчої якості», приведення до одиниць умовного палива (од.у.п.) дозволяє порівняти корисний ефект для енергії різних видів (табл. 11.1) (Одум и др., 1978).

Таблиця 11.1. Енергетичні еквіваленти видів енергії

Вид енергії	Витрати енергії (кількість калорій для одержання 1 калорії у.п.)	Еквіваленти УП (ОУП на одну теплову од.у.п.калорію)
Тепло розсіюваних сонячних променів	10 000	0,0001
Сонячне світло	2000	0,0005
Біомаса рослин	20	0,05
Деревина	2	0,5
Кам'яне вугілля і нафта, готові до вживання	1	1
Енергія падаючої води	0,33	3
Електроенергія	0,25	4
Грошові витрати (на 1970 р.)		25 000 калорій/дол.

Наведені викладки американських учених дозволяють під зовсім іншим кутом зору поглянути на ефективність використання різних видів ресурсів.

Чи існує в житті закон: «Добуток сили на розум є сталою величиною»?

Розглянутий аналіз приводить нас до дивовижного відкриття. Виявляється, жартівливий закон: «Добуток сили на розум є величина постійна», – зовсім не жарт. Він справді існує. Адже

чим менш інформативна енергія, тим більше її потрібно, щоб домогтися певного творчого результату (виконаної роботи). І навпаки, чим більш «розумна» (інформативна) дія, тим менше енергії (роботи) вона потребує. Наведений закон має не менш відомі наслідки, зокрема: «Сила є – розуму не треба», «За дурною головою – ногам немає спокою».

У більш серйозному трактуванні цей закон, мабуть, можна було б сформулювати так: *при виконанні роботи інформація може замінити енергію з економією останньої*.

Привертає увагу, що в табл. 11.1 є рядок, де наводиться співвідношення грошей і енергії.



Примітка

Справді, маючи гроші, можна купити будь-який вид енергії для виконання роботи, можна заплатити персоналу, який виконає цю роботу, можна просто придбати необхідний вид товарів і послуг, тобто в готовому вигляді одержати повний обсяг робіт без будь-яких турбот і витрат власної чи запозиченої енергії. Навіть цей неповний перелік напрямків вкладення коштів показує, що кожний із них теж має свою ціну.

При бажанні можна було б скласти для будь-якої країни чи будь-якого підприємства таблицю вартісних еквівалентів, де аналогами видів енергії були б напрямки вкладення коштів, а критерієм еквівалентності цих напрямків була б величина економічного ефекту, одержуваного на одиницю інвестованого капіталу.

Чому ж однакові обсяги коштів мають різну ціннісну оцінку за різними напрямками інвестування? Або іншими словами, у чому ж принципова відмінність цих напрямків? Цілком імовірно, у ступені інформативності цих напрямків (до речі, так само, як і згадуваних вище видів енергії). Дотримуючись далі цієї логіки, можна сказати, що й самі інформаційні засоби різняться за рівнем інформативності.

Не в грошах щастя... Щастя – у їх вдалому інвестуванні.

Про інформативність ресурсів, або Ше одне підтвердження шкідливості крадіжок

Ступінь інформативності, чи інформаційний статус ресурсів (видів енергії, грошових інвестицій чи інформаційних засобів), у першому наближенні може бути визначений як рівень здатності впливати на процеси, що відбуваються в природі й суспільстві. Іншими словами, ступінь інформативності (інформаційний статус) економічних активів характеризує здатність відповідних засобів (енергії, грошей, інформації) підвищувати можливості системи виконувати роботу.

Справді, вкладення тієї самої суми коштів у різні сфери діяльності може принести зовсім різні за значимістю результати, що найчастіше різняться на кілька порядків. Скажімо, альтернативами можуть бути:

- закупівля енергоносіїв для ліквідації їх дефіциту;
- проведення енергозберігаючих заходів для зниження потреби в енергоресурсах на величину їх дефіциту;

- прийом на роботу фахівців високої кваліфікації (чи підготовка власних), які були б здатні змінити структуру енергоспоживання системи (наприклад, усунувши енергоємні сектори діяльності).

Спробуємо тепер з урахуванням цієї розбіжності в інформаційній цінності різних видів енергії (і, можливо, різних коштів, що стоять за ними) проаналізувати зміст механізмів зворотного зв'язку (див. рис. 11.2).

Механізм негативного зворотного зв'язку обумовлений впливом енергії більш високої якості на енергопотоки низької якості. Високоякісна енергія – не тільки більш інформативна, але й більш дорога, тому що її одержання потребує значно вагоміших витрат праці. Це означає, що використання високоякісної енергії для підвищення впорядкованості енергопотоків низької якості (підтримання гомеостазу системи) виправдане тільки в тому випадку (за тими напрямками і в тому обсязі), якщо сумарний результат від підвищення ефективності в системі перевищує витрати на збільшення якості використовуваного для цих цілей обсягу високоякісної енергії.

Зокрема, використання електроенергії при видобутку вугілля доцільне тільки в тому випадку, якщо це дозволяє значно підвищити продуктивність праці (наприклад, шляхом механізації видобувних робіт). Ще вища віддача може бути, якщо дана електроенергія використовуватиметься в комп'ютерах, що дозволяють максимально автоматизувати роботи і розраховувати оптимальні варіанти прийнятих рішень. Однак безглуздо нести величезні витрати на одержання електроенергії (будівництво електростанції, транспортування палива, підтримання процесу генерації, транспортування електроенергії) для того, щоб використовувати електроенергію для опалення вугільних лав.

Примітка

Ще більш безглуздо готувати висококваліфікованих фахівців (які, за визначенням Одумів, мають бути віднесені до «найвищої якості» енергії): інженерів, викладачів, учених – для того, щоб вони тисячними арміями просапували на полях буряк, збирали вручну врожай, замітали вулиці чи працювали підсобниками на будівництвах. Це не суперечить здоровому глузду, але також є грубим порушенням енергоентропійних принципів прогресивного розвитку, які передбачають, що кожний наступний стан системи має бути енергетично більш ефективним, ніж попередній. Наведену ситуацію можна порівняти, мабуть, лише з опаленням приміщень комп'ютерами.

Якщо процес самоорганізації системи синергетика і енергоентропіка характеризують як «процес посилення порядку в

системі шляхом збільшення безладу (виробництва ентропії) у зовнішньому середовищі», то описані явища можна характеризувати як підтримання порядку в системі шляхом руйнування порядку в її ж структурах більш високого інформаційного рівня організації. Іншими словами, підтримання порядку подібними заходами може відбуватися тільки за рахунок саморуйнування системи. Це наводить на думку, що основна причина краху соціалістичної системи – не підступ ворогів, а її енергоентропійне саморуйнування зсередини.

Примітка

До явищ подібного плану слід відносити казнокрадство і злочинство. Основна небезпека їх полягає не в зміні суб'єкта власності, а в значному зниженні інформаційного статусу украденого (у термінах Одумів, використання високоякісної енергії за призначенням і функціями низькоякісної). Наприклад, украдені гроші вилучаються з обороту, де вони могли б виконувати роботу (створювати порядок) і складаються в різного роду кубушки, ідуть «на вітер» чи вивозяться за кордон (тобто переводяться в розряд дисипативної енергії). Щось подібне відбувалося довгі роки також із «винесенням» через заводські прохідні матеріальних активів. Перфокарти обчислювальних центрів використовували як підставки для їжі, устілки для взуття і т.д. і т.ін. У видрукувані типографським способом бланки звітної документації загортали продукти. Високоякісними виробами з дерева топили печі. Бензин і солярку просто зливали в землю тисячами літрів заради приписок (шахрайства) «тонно-кілометрів пробігу».

У наші дні аналогами подібних явищ зниження інформаційного статусу активів є розкрадання високоякісних виробів із кольорових металів заради здачі в металобрухт. У цьому ж ряді – не виплати заробітної плати. Останнє, очевидно, потребує коментарів.

Економічна небезпека крадіжки полягає не стільки в зміні суб'єкта власності, скільки в значному зниженні інформаційного статусу вкраденого.

Зароблена і нарахована зарплата фактично є інформаційним ресурсом майбутнього, тому що виступає основним чинником формування попиту майбутніх виробничих циклів. Не кажучи вже про те, що не виплачена вчасно зарплата обмежує можливості майбутніх поколінь одержувати нормальну освіту, виховання, харчування і медичне обслуговування.

Таким чином, несвоєчасна виплата зарплати є, за термінологією економістів, спробою компенсувати подовження існую-

чого періоду оборотності обігових коштів, за рахунок збільшуючи їх середній залишок. Виходить, що проблему підтримання гомеостазу (стійкої рівноваги) нинішнього стану системи намагаються вирішувати шляхом руйнування рівноваги майбутнього стану. Але ж воно за «законами» прогресивного розвитку є більш інформативним стосовно сьогодення, отже майбутній стан можна розглядати як наступний етап процесу саморозвитку системи, збільшення рівня її впорядкованості та інформативності. Таким чином, можна вже говорити про руйнування майбутнього стану соціально-економічної системи.

Підводячи підсумок вищесказаному, можна констатувати, що необхідною передумовою прогресивного розвитку системи є її здатність до інформаційного контролю стану гомеостазу системи.

Про інформаційне контролювання гомеостазу, «багатоспектральний зір» та про те, як Хрущов перехитрів американців

Інформаційним контролем гомеостазу можна вважати процес підтримання стану стійкої рівноваги на основі ідеї чи провідного інформаційного принципу, що дозволяють досягати мети з витратами речовини й енергії, непорівнянно (на кілька порядків) меншими від рівня метаболізму системи, тобто її матеріально-енергетичного обміну з навколишнім середовищем.

Подобиці

Історія розвитку людства дає чимало прикладів інформаційного контролю гомеостазу системи. До них можна віднести:

- дитячу іграшку «дзига», де легкі осьові рухи рукоятки зверху вниз дозволяють підтримувати високу швидкість обертання системи;
- будь-які види важелів і домкратів;
- системи рульового управління автомобілем і літаком, що дозволяють людині керувати транспортними засобами з мінімальними витратами енергії;
- підтримання курсу валют додатковим продажем (інтервенцією) на ринку валюти, курс якої зростає;
- реалізацію цілей стримування потенційного супротивника (у військовій справі чи в політиці) за допомогою дезінформації; існує думка, що цей метод удався М.С. Хрущову, який для досягнення своїх цілей у взаєминах із США протягом багатьох років демонстрував на військових парадах дерев'яні макети неіснуючої в ті роки балістичної міжконтинентальної ракети;
- колесо і т.ін.

Підтримувати гомеостаз необхідно за допомогою інформації.

Основна мета застосування керівного інформаційного принципу – визначити таке сполучення в просторі й часі високоякісних і низькоякісних енергетичних потоків (інформації, фінансових коштів, матеріально-енергетичних ресурсів), яке б забезпечило мінімальні витрати системи на підтримання стану стійкої рівноваги і здійснення механізмів негативного зворотного зв'язку.

Щоб реалізувати механізм інформаційного контролю гомеостазу системи, необхідно мати «спектральний зір», що дозволяє розрізняти інформаційні «відтінки» (ступінь інформаційності) різних елементів соціально-економічної системи: матеріально-енергетичних потоків, фінансових коштів, видів інформаційної сутності. Ці «відтінки» зазначених матеріально-інформаційних активів визначаються їхнім місцем у виробничому процесі, сферою соціально-економічної діяльності, фактором часу. Особливо важливо, щоб «спектральний зір» мали керівники всіх рівнів і фахівці, що приймають рішення. Зокрема, спроба нашої країни «заробити» на дорогих візах приводила і приводить до колосальних збитків, тому що фактично унеможливує експорт туристичних послуг. Тільки викорінювання інформаційного «дальтонізму» залишає країні шанс на швидкий підйом економіки і досягнення стійких темпів соціально-економічного розвитку.

Специфіка дії позитивного зворотного зв'язку, або Чому гроші – найдешевший ресурс?

Механізм позитивного зворотного зв'язку обумовлений впливом енергетичних потоків низької якості на потоки високоякісної енергії. Мова йде про можливість ініціювання за допомогою низькоякісних (дешевих) потоків енергії процесів розвитку соціально-економічної системи, віднесених у майбутнє. Нагадаємо, що сам механізм позитивного зворотного зв'язку передбачає цілеспрямовану трансформацію існуючого рівня гомеостазу для знаходження системою нового стійкого стану, заснованого на новому рівні гомеостазу.

Примітка

Найбільш яскравим прикладом використання низькоякісної дешевої енергії для одержання результату більш високого творчого рівня, причому незрівнянно більш вагомого за масштабами результуючої роботи, є метод спрямованого вибуху. Робота, яку сотні землекопів чи кілька екскаваторів виконували б протягом тижнів, може бути за допомогою вибуху виконана (включаючи підготовчу роботу) за кілька годин. Безумовно, за однієї умови, якщо вибух справді спрямований, тобто керується інформацією (направляється малими імпульсами енергії високої якості).

Часто подібним методом користуються політики, які досягають своїх цілей, використовуючи енергію вибуху обуреної юрби для розчищення поля діяльності від своїх опонентів.

За допомогою імпульсів енергії «низької якості» в природі, технічних системах чи суспільстві можуть бути запущені процеси, що належать до класу лавиноподібних. Причому це може бути зроблено усвідомлено чи ненавмисно. Достатньо, наприклад, не вгадати з яким-небудь податком чи ціною на певний товар (зокрема, бензин), як по країні прокотиться хвиля банкрутств дрібних і великих підприємств.

Методи цілеспрямованого вибуху та імпульсу лавиноподібних процесів є дуже ефективним засобом управління процесами розвитку. Разом з тим це дуже ризиковані методи, що потребують ретельного прогностичного опрацювання можливих інформаційних каналів розвитку майбутніх процесів.

Крім зазначених екстремальних методів існує широкий спектр інших форм здійснення механізму позитивного зворотного зв'язку, які є менш руйнівними за своєю суттю, але мають значний потенціал підвищення ефективності процесів розвитку. До речі, ці самі методи широко використовуються і як захисні засоби. Адже збереження системи може ґрунтуватися не тільки на підтриманні її працездатності (гомеостазу) за будь-яку ціну, але й на превентивному руйнуванні системи (а частіше найбільш слабких її ланок), якщо навантаження на систему перевищують критичні значення. Саме на цьому принципі заснована дія запобіжників і аварійних відключень системи. Цей же метод використовують залізничники, коли, простукуючи важкою кувалдою ланки ходової частини вагонів, зондують можливі «тонкі» порушення структури металу.

Загальним же для всіх методів реалізації механізмів позитивного зворотного зв'язку є прагнення максимального використання енергії природних процесів, що відбуваються в природі і суспільстві.

Висловлені міркування наводять ще на одну думку. Стосовно економічної системи вихідні ресурси можна розглядати як енергію низької якості, тоді як вироблена продукція є аналогом енергії вищої якості. У цьому підвищенні інформаційного статусу предметів праці можна помітити багато аспектів. Досить порівняти властивості, які мають на виході з конвеєра новенькі автомобілі, телевізори чи комп'ютери, з властивостями тієї купи матеріалів, з яких ці вироби виготовлені. У даному випадку читач оцінюватиме еволюцію інформаційного статусу предметів праці з погляду споживача.

Економісти, які представляють інтереси підприємства-виготівника, мають інший погляд. Для них збільшення інформаційного статусу виробничих ресурсів відбито в тій додатковій вартості, що упредметнюється у виробленій продукції. Зростання інформативності предметів праці для підприємства-виготівника може бути виміряне одержуваним додатковим прибутком.

У будь-якому випадку вихідні ресурси – це продукти низької інформаційної якості, що дозволяють одержати продукти з вищим інформаційним статусом. З економічного погляду, це, крім усього іншого, можливість із більш дешевих і менш цінних ресурсів одержати більш дорогі і більш цінні товари.

Зниження кількості менш цінних ресурсів «на вході» підприємства означає зниження випуску більш цінних продуктів «на виході» підприємства. У цьому зв'язку керівникам і фахівцям підприємства потрібно дуже обережно ставитися до так званої економії сировини. Існує небезпека разом із водою виплеснути й дитину. Іншими словами, при боротьбі за економію ресурсів можуть бути зменшені продуктивні витрати виробничого призначення, що визначають вихід готової продукції.

Подобиці

У світлі сказаного видається доречним ще раз розглянути ентропійну діяльність підприємства, тобто його витрати. Раніше ми вже говорили про дві ключові причини ентропійної діяльності системи.

Одна з них полягає в недосконалості організації функціонування системи. На підприємстві дана причина обумовлює рівень непродуктивних втрат. Саме ці втрати формують різного роду збитки і відходи, що ведуть до зниження ефективності виробництва. З подібними втратами можна і потрібно боротися для підвищення ефективності.

Іншою причиною ентропійної діяльності є необхідність здійснення витрат виробничого призначення. Без них не відбудеться виробничий процес, а отже, не буде і готової продукції. Якщо виробництво налагоджене і ресурси вико-

ристовуються раціонально, то будь-які спроби економії на виробничих витратах неминуче призведуть до перебоїв у виробничому процесі або взагалі до його зриву. Результатом буде втрата готової продукції.

Прагнення скоротити непродуктивні витрати таке ж природне, як і бажання збільшити обсяг виробництва з його неминучими виробничими витратами. Проблема полягає в тому, що найчастіше дуже важко буває (навіть досвідченому виробничнику) відрізнити власне продуктивні витрати від непродуктивних. Крім того, стануть витрати продуктивними (тобто корисними) чи ні, можна побачити лише через деякий час – коли завершиться виробничий цикл.

Однак буває, що кричущу безгосподарність видно неозброєним оком. Йдеться про ті випадки, коли під виглядом економії ресурсів завдається удар по продуктивному капіталу. Найбільш наочним прикладом може служити відключення електроенергії на підприємствах країни. Це може відбуватися як з волі «вищого рівня», так і з ініціативи керівників самих підприємств. Зокрема, ректори деяких вузів, виконуючи команду про енергозбереження, скоротили кількість занять. Подібним керівникам залишається лише порадити також інші резерви економії: зарплата працюючим, витрати на опалення в зимовий час та ін. А ще краще – зупинити підприємство взагалі, щоб цілком скоротити будь-які види витрат. Економія буде тим більшою, чим більший період зупинки підприємства. Правда, усю суму економії багатократно перекриє збиток від упущеної вигоди. Вигоди, які могло б принести перерване виробництво. Щоб цього не сталося, необхідно розвивати навички спектрального економічного зору.

Спроба економити на продуктивному капіталі може обернутися колосальними втратами.

Інформаційний погляд на критерій природного добору

Аналізуючи особливості реалізації механізмів негативного і позитивного зворотного зв'язку, можна зробити такий висновок: мистецтво стійкого управління розвитком – це майстерність здійснення інформаційного контролю гомеостазу системи і здатність створювати умови для майбутніх трансформацій системи, направляючи матеріально-енергетичні потоки по найбільш ефективних інформаційних каналах.

З позицій багатоспектрального бачення енергетичних потоків (як і інших видів ресурсів) по-новому сприймається універсальний *критерій добору*. Два вже згадувані формулювання критерію добору, а саме: *мінімізація розсіювання (дисипації) енергії* та *мінімізація ентропії* – тільки на перший погляд здаються ідентичними. Насправді друге формулювання набагато

глибше і повніше. Адже, як ми вже переконалися, енергія від енергії може дуже відрізнятись. Термін «ентропія» дозволяє охопити не тільки енергетичний, але й інформаційний підтекст. Завдяки цій обставині поняття «мінімізація ентропії» здатне відбити не тільки наслідок (мінімізацію розсіювання енергії), але й причину (завдяки максимальному закріпленню інформації, чи максимальному підвищенню рівня організованості системи).

Мінімізація ентропії – це максимізація інформації та мінімізація розсіювання енергії. Саме своєю ємністю це формулювання критерію є надзвичайно вдалим. Крім уже згаданого причинно-наслідкового зв'язку воно відбиває широке різноманіття характеристик системи: максимум упорядкованості, максимум ефективності, мінімум відходів та ін. Оцінити цю ємність і різноманіття запропонованого формулювання можна лише з позицій багатоспектрального бачення енергоінформаційних потоків (так само, як і інших видів капіталу: речовинних, фінансових, людських).

Частина II

**ОСНОВИ
ЕКОЛОГІЧНО
ЗБАЛАНСОВАНОГО
УПРАВЛІННЯ
СОЦІАЛЬНО-
ЕКОНОМІЧНИМ
РОЗВИТКОМ**





Розділ 12

Поняття про стійкий розвиток



Дефініційна основа стійкого розвитку

Концепція стійкого розвитку була прийнята в червні 1992 р. у Ріо-де-Жанейро на Конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку (КНСР-92). У ній взяли участь глави, члени урядів і експерти 179 держав, а також представники багатьох неурядових організацій, наукових і ділових кіл.

На конференції було прийняте визначення стійкого розвитку, представлене в доповіді Міжнародної комісії, яку очолювала прем'єр-міністр Норвегії пані Г.Х. Брунтланд (у пресі часто можна зустріти назву «Брунтландська доповідь»).

Стійкий розвиток – це такий розвиток, що задовольняє потреби теперішнього часу, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби (Програма, 1993).

Те, що сьогодні написано про стійкий розвиток, залишає більше запитань, ніж конкретні методичні положення та інформаційні основи. Тому спробуємо розібратися в більш-менш бездоганному каркасі визначень, що складають основу такого суперечливого і неоднозначного поняття, як *стійкий розвиток*.

Внутрішня суперечливість терміна стає зрозумілою, якщо звернутися до основ методології розвитку. Будь-яка стаціонарна система може існувати не інакше, як підтримуючи стан *гомеостазу* (динамічної рівноваги). Відповідно, процес розвитку може відбуватися через послідовну зміну рівня гомеостазу за умови накопичення в системі *вільної енергії*.

Почнемо з визначення. При першому ж аналізі з'ясовується суперечливість і неоднозначність цього терміна. Суперечливість полягає в тому, що в одному понятті об'єднані два слова, які мають внутрішньо протилежне значення: «стійкість» передбачає рівновагу, а «розвиток» можливий тільки за умови постійного виходу системи з рівноважного стану. Таким чином, *стійкий розвиток* за своїм внутрішнім змістом має означати

перманентне відтворення так званого стану *гомеостазу* (*динамічної рівноваги*) з періодичною зміною його рівня, при якому б відбувалося постійне розв'язання суперечностей між внутрішніми компонентами системи, а зміна параметрів біосфери не виходила за межі катастрофічних (фатальних) для системи трансформацій. (Далі ми поговоримо і про системи, до яких треба застосувати зазначене поняття.)

Неоднозначність розглянутого поняття полягає в тому, що «стійкість» можна розуміти і як *здатність утримувати рівновагу* (не падати, не руйнуватися), і як *стабільність*, тобто здатність не змінюватися або підтримувати певні (стійкі) темпи руху (розвитку). Слід сказати, що термінологічно перший значеннєвий зміст більшою мірою відповідає традиційному визначенню «стійкого розвитку», сформульованому в оригіналі. До речі, у світлі вищесказаного, українською мовою зазначене поняття, очевидно, точніше перекладати як «стійкий розвиток». Термін «сталій розвиток» (відповідає російському «постоянный/стабильный», тобто постійний/стабільний розвиток), що часто вживається в науковій літературі, значною мірою відбиває друге смислове поняття. Ми ж раніше переконалися, що змінюються (прискорюються) не тільки темпи розвитку, але і його прискорення. Отже, ні про яку сталість чи стабільність не йдеться. Нагадаємо, що в англійському оригіналі розглянуте поняття походить від слова *sustain* – «спиратися, підтримувати, витримувати». При цьому використовуються два терміни: *sustainability* (підтримування чого-небудь або стан стійкості) і *sustainable development* (дослівно означає «підтриманий розвиток»). Утім, звичайно обидва терміни перекладаються як *стійкий розвиток*. Таким чином, термін *sustainability* передає насамперед стан стійкості, інакше кажучи, рівноважний стан, чимось підтримуваний. Залишається відповісти на питання, що підтримується і чим підтримується.

Мабуть, у першому наближенні відповідь на обидва питання не повинна викликати особливих утруднень: підтримується *добробут людини і суспільного ладу* за допомогою *життєзабезпечувальних функцій природи* як підоснови суспільного розвитку.

Несуча здатність біосфери. *Екологічні* функції біосфери є тією основою, що підтримує (згадаємо першооснову розглянутого поняття – *sustain*) *соціальну та економічну* системи. Саме здатність біосфери до самовідтворення/самовідновлення (*carrying capacity*) формує ту екологічну ємність, у межах якої природою відпущено людині вирішення соціальних і економічних проблем.

Тут доречно навести ще одне визначення (у цілому в літературі зустрічається понад 60 визначень стійкого розвитку), менш формалізоване і більш образне: «розвиток, при якому людству необхідно жити тільки на відсотки з природного капіталу, не використовуючи сам капітал (тобто забезпечувати принаймні його просте відтворення, але не «проїдати» самого капіталу – щось на зразок рахунка в банку, коли будь-яка розумна людина намагається зберегти основний капітал і жити тільки на відсотки з нього)» (Бобылев, 1998).

Стойкий розвиток – це можливість жити «на відсотки» з ПРИРОДНОГО КАПІТАЛУ.

Цифри і факти

Життя і діяльність людини перебуває в дуже тісній залежності від мільйонів видів рослин і тварин. На території тільки США понад 500 тисяч видів рослин, тварин і мікробів здійснюють життєво важливі функції, без яких існування людства було б неможливим. Серед подібних функцій – запилення сільськогосподарських і диких рослин, рециркуляція органічних відходів, розкладання хімічних забруднювачів, очищення води і ґрунту і багато іншого.

Зокрема, щорічний урожай, отриманий завдяки запиленню бджолами, оцінюється в 30 млрд доларів. При цьому вигоди, які приносить запилення диких рослин, взагалі неможливо виразити у вартісній формі. Підраховано, що в сонячний липневий день у штаті Нью-Йорк культурними і дикими бджолами запилюється 10^{12} квіток (Pimentel, 1994). Біологічне різноманіття природи служиме життєво важливим генетичним матеріалом для розвитку майбутніх сільськогосподарських і лісових комплексів. На жаль, тенденція нинішнього впливу на природу загрозлива: щодня(!) втрачається близько 150 біологічних видів унаслідок людської діяльності: вирубування лісів, забруднення, застосування пестицидів, урбанізації (Reid et al, 1989).

Підтримання *екологічної ємності* (*carrying capacity*) (аналогічні терміни: підтримувальна здатність, пропускна здатність) обумовлює дві необхідні умови:

- 1) збереження життєво важливих ланок (а такими є всі біологічні види, які мешкають на Землі) і механізмів функціонування біосфери;
- 2) наявність екологічних меж впливу на екосистеми.

Серед основних видів екологічних меж, які забезпечують стійку рівновагу, називають такі:

- межі *використання невідновних природних ресурсів* – не повинні перевищуватися темпи заміщення таких видів ресурсів відновними;

- межі використання відновних природних ресурсів – не повинні перевищуватися темпи їх відтворення природними системами;
- межі порушення/забруднення природних систем – не повинні перевищуватися ємності асиміляційного/відтворювального потенціалу (несучої здатності, екологічної ємності) природи.

Не випадково Ріо-конференція серед найважливіших документів підготувала Рамкову конвенцію про зміну клімату і Конвенцію про біологічне різноманіття, вважаючи *збереження клімату і біологічного різноманіття* найважливішими компонентами забезпечення підтримувальної здатності екосистем планети.

Динамічна рівновага – це одна з найважливіших характеристик природних систем і умов досягнення їх стійкого стану. адже всі природні системи постійно перебувають у динаміці, тобто постійно змінюються. Процеси їх руйнації, порушення супроводжуються процесами відтворення, відновлення. Завдяки цьому складається враження незмінності систем. Але ця зовнішня стабільність відбувається на тлі внутрішнього інтенсивного руху систем. У першому наближенні динамічну рівновагу можна визначити як такий стан системи, коли процеси порушення системи (збільшення ентропії) урівноважуються (компенсуються) процесами відновлення (зменшення ентропії).

Як зазначають дослідники, стан динамічних систем залишається стабільним (чи стійким) за рахунок внутрішніх і зовнішніх факторів доти, доки значення дисбалансу гаситимуться раніше, ніж система змінить свою структуру шляхом зміни її складових і процесів, що відповідають за їх поведінку. Фактори, від яких залежить рівновага системи, умовно можна об'єднати у дві групи – *зовнішні і внутрішні*.

1. *Зовнішні фактори*, у свою чергу, залежать від двох характеристик:

- *ступеня впливу* деструктивних сил, які здатні вивести систему з рівноваги (зокрема, екодеструктивних навантажень);
- *симетричності сил впливу* на систему. Симетричні сили впливу («порушення – відновлення», «дезінтеграція – інтеграція» тощо) взаємозрівноважують одна одну; несиметричні навантаження, навпаки, виводять систему з рівноваги.

2. *Внутрішні фактори* залежать від потенційної здатності системи (тобто матеріальних, енергетичних, інформаційних факторів) «гасити» дисбалансові турбулентності системи.

Еластичність – це здатність системи зменшувати (поглинати) турбулентність (Berkes et al, 1994). Таким чином, поняття еластичності відбиває межі, у яких система залишається біль-

ше стабільною, ніж нестабільною. Цілком справедливе поняття стійкості й еластичності німецький учений Йорг Кен погоджує з таким важливим компонентом, як *інформація*. Цей компонент раніше звичайно не враховувався, і дослідження обмежувалися аналізом матеріально-енергетичних потоків (Кен, 1998). Основні ідеї вченого зводяться до таких тез:

1. Поняття *еластичності* передбачає необхідність збереження інформаційних характеристик, наприклад, мінімального рівня популяції, біорізноманіття, цінності видів тощо, між нижньою і верхньою межами. Інакше кажучи, стійкість передбачає збереження інформаційних параметрів чи комплексу елементів, на яких будується система.
2. Інформаційне різноманіття охоплює різноманіття біологічних форм (якщо мова йде про біосферу) чи розмаїття культур (якщо йдеться про суспільство).
3. Стійкість у рівноважному стані зводиться до того, що системні компоненти й організаційні параметри адаптуються до мінливих умов усередині системи, коли сама система розвивається.

Етичний компонент. Безумовно, одним із найважливіших компонентів стійкого розвитку, що прямо чи побічно зауважується в більшості визначень, є посилання на *справедливість*. Для підсумкового визначення Ріо-конференції цей аспект взагалі є стрижневим. Поняття «*екосправедливість*» (*eco-equity*) міцно входить в усі трактування стійкого розвитку. При цьому звичайно використовуються сполучення «*справедливість між поколіннями*» і «*справедливість всередині одного покоління*».

Стійкий розвиток – це *справедливість* між поколіннями і всередині одного покоління у використанні природних благ.

Примітка

Звичайно, мова йде не стільки про абсолютну рівність у споживанні ресурсів (скажімо, рівну кількість вугілля або лісу на душу населення), скільки про рівні можливості здорового існування та соціального розвитку на основі споживання необхідних для цього ресурсів. Навіщо, приміром, людям, що живуть і працюють у лісовій зоні, вимагати виділення квот на вилов риби, або людям, що живуть і харчуються на березі річки чи моря, думати про ліцензії на вирубку лісу? Так само й інше: те, що в дефіциті сьогодні, завтра може взагалі не знадобитися. Але що завтра робитимуть рибалки, якщо через надмірне вирубування лісів обміліють річки і зникне риба або через руйнівні повені чи цунамі їм взагалі доведеться покинути берегову зону та свій промисел?

Говорячи про *моральні* аспекти поняття стійкого розвитку, слід відзначити кілька моментів. Через складність, багатовекторність і неоднозначність процесів, які відбуваються в природі, а також через значне віддалення в часі причин і наслідків (зокрема, екодеструктивних дій і їх наслідків), неможливо строго регламентувати (а тим більше контролювати) дії людей у сьогоденні.

Благополуччя людини майбутнього залежить від *щохвилинової* поведінки мільярдів жителів планети сьогодні і завжди буде триматися на *внутрішніх* етичних засадах і заборонах конкретних людей, їх здатності знаходити компроміс між своїми егоїстичними інтересами і турботою про майбутні покоління.

Однак шанси, що конкретна людина зможе подбати про майбутні покоління, збільшаться, якщо ця людина сама не перебуватиме на межі фізичного виживання. Інакше кажучи, моральні позиції виявляються міцно пов'язані з рівнем соціально-економічного розвитку.

Тепер, коли ми познайомилися з дефініційною основою стійкого розвитку, спробуємо заглибитися у розуміння його змістовних засад.

Глибинні основи стійкого розвитку

Насамперед впадає в око *антропоцентризм* визначення *стійкого розвитку*, тобто центральна позиція, яку займає людина в розглянутому понятті. Особливо чітко це простежується в «головному» визначенні, яке було прийняте на конференції в Ріо. Центральним у ньому є поняття «потреби людини». Можна сказати, що кінцеві потреби людини пов'язані з досягненням двох груп цілей: *фізіологічних* (спрямованих на підтримання здоров'я та виконання основних фізіологічних функцій людини як біологічного виду) і *особистісних* (пов'язаних з духовним розвитком людини як соціуму). При цьому під людиною розуміється не окремий організм чи особистість, але *біологічний вид у цілому*, або *людське суспільство*, що існує нескінченно довго.

У центрі концепції стійкого розвитку – збереження *людини* як біологічного виду та прогресивний розвиток її як особистісної сутності.

Як правило, зазначені дві групи життєво важливих потреб (фізіологічних і особистісних), що забезпечують умовно безкінечне підтримання існування людського суспільства, поєднуються словом «соціальні». Їх задоволення в сучасному суспільстві відбувається, головним чином, за рахунок діяльності економічної сфери (тобто виробничої системи і пов'язаних з нею економічних відносин). Загальновизнано, що соціальні потреби можуть задовольнятися при достатньому рівні матеріального благополуччя людей, коли задовольняються основні потреби в житлі, їжі, питній воді, одязі, засобах гігієни, інформаційного контакту з природою тощо. На основі вищезазначеного можна систематизувати найважливіші моменти, які утворюють проблематику стійкого розвитку.

Вихідні цілі. З урахуванням причинно-наслідкових зв'язків можна виділити три рівні цілей: *генеральна мета* (збереження людства) – *забезпечувальні цілі* (збереження умов, у яких може існувати і розвиватися людство) (рис. 12.1).

Генеральною метою забезпечення стійкого розвитку слід визнати *умовно безкінечне існування людської цивілізації* та її прогресивний розвиток.

Зазначена мета має два рівні виміру, або розпадається на два рівні цілей: 1) *необхідний* – фізичне виживання людини біологічної; 2) *достатній* – духовний розвиток людини соціальної. Обидва рівні надзвичайно важливі, хоча це не завжди відразу можна усвідомити.

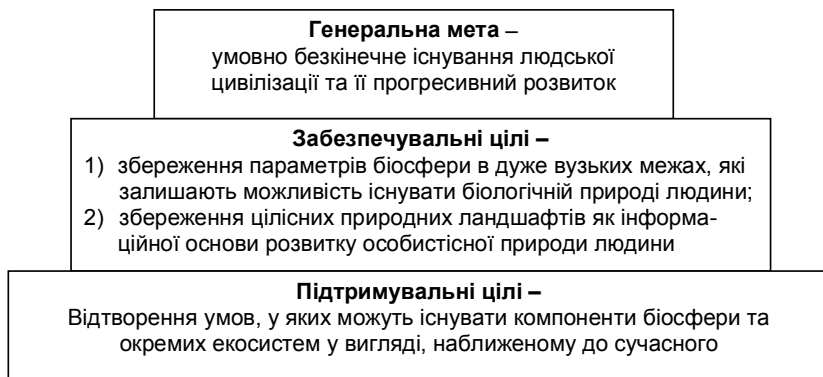


Рис. 12.1. Взаємозв'язок цілей стійкого розвитку

Примітка

Звичайно, набагато легше збагнути значення збереження біологічної природи людини. Про що можна буде говорити, якщо з якихось причин фізичне життя людини на Землі стане неможливим, як це, наприклад, колись уже трапилось з динозаврами. Але не менш жахливою буде доля людської цивілізації, якщо умови існування унеможливлють прогресивний духовний розвиток людини. Зокрема, це може статися, якщо умови існування людини стануть схожими на своєрідне поєднання інкубатора та мурашника, де головним буде лише біологічне виживання та відтворення фізіологічної сутності людини.

Забезпечувальні цілі, виходячи з зазначеного вище, мають два рівні орієнтирів: 1) збереження у досить вузьких межах *параметрів біосфери*, у яких здатна існувати біологічна природа людини (людський організм може підтримувати рівень свого гомеостазу); серед цих параметрів слід виділити ключові характеристики клімату, фізичні параметри (температура, електромагнітні чинники, космічне опромінення та ін.), склад атмосфери та води, склад ґрунтів для вирощування продуктів сільського господарства; 2) збереження цілісних природних ландшафтів, інформаційний контакт з якими життєво необхідний для відтворення особистісних властивостей соціальної людини.

Підтримувальні цілі передбачають створення (підтримання) умов, у яких може існувати біосфера та її складові екосистеми, що саме і підтримують (відтворюють) життєво важливі параметри існування людини як біологічної істоти та особистості.

Загрози стійкому розвитку

Фактори ризику для стійкого розвитку. Умовно зазначені фактори можна поділити на *неантропогенні* – тобто ті, що не залежать від самої людини, і *антропогенні* – ті, що викликані її діяльністю.

Неантропогенні фактори ризику. Причини дії неантропогенних факторів лежать поза сферою діяльності людини. Як правило, це космічні або геопланетні фактори. До них належать ті, що можуть спричинити фатальну для землян космічну катастрофу чи земні катаклізми (землетруси, виверження вулканів, природна зміна клімату Землі та ін.) або непов'язану з діяльністю людини загрозу бактеріологічного винищення людства. Як правило, можливості людини щодо контролю подібних видів ризиків обмежені, хоч у принципі і не виключаються. Здатність їх спрогнозувати та відвернути залежить головним чином від рівня розвитку науково-технічного потенціалу людства.

Антропогенні фактори ризику. Причини дії цієї групи факторів прямо чи опосередковано залежать від діяльності людини. Зазначені фактори умовно можна поділити на дві групи – прямої дії та непрямой дії.

Фактори прямої дії створюють ризик підриву стійкого розвитку людства (або взагалі ставлять під сумнів існування цивілізації) безпосередньо внаслідок дій людей. Як правило, наслідки цього бувають стислими в часі і досить наочними за своїм проявом. За формою причини подібних наслідків можуть виступати у вигляді:

- військового конфлікту та пов'язаного з ним застосування ядерної, хімічної, біологічної або екологічної зброї;
- терористичного акту з подібними до військового конфлікту проявами;
- техногенної катастрофи, яка може мати глобальні або регіональні наслідки радіаційного, хімічного, біологічного чи іншого впливу.

Не важко збагнути, що перші дві зазначені причини мають відносно *цілеспрямований* характер дій. Тобто можна говорити, що люди скоїли їх навмисне (хоча і не завжди могли реально передбачити масштаб наслідків).

Остання група причин має характер *ненавмисних* дій. Приводів до цього більш ніж достатньо. Це можуть бути незнання або невміння людини; її неконтрольований психологічний або фізичний стан; збіг у часі і просторі несприятливих обставин; випадкова подія тощо. Дії усіх зазначених факторів можуть накладатися одна на одну (як, скоріше за все, і було під час Чорнобильської катастрофи).

Основним напрямом запобігання або суттєвого зменшення факторів ризику прямої дії є застосування багаторівневої системи захисту і страхування різноманітних несприятливих факторів. Хоча небезпека дії зазначених факторів і є надзвичайно високою, існують реальні можливості їх локалізації і запобігання перш за все шляхом технічних і організаційних засобів.

Фактори непрямой дії обумовлені вторинними наслідками діяльності людини. Найбільш наявним проявом цього можна вважати екологічні наслідки господарської діяльності. Незначні на перший погляд процеси впливу на довкілля можуть з часом обернутися для людини досить важкими екологічними наслідками. Через багатofакторність, багатоланковість значну віддаленість у часі причин та наслідків зазначені фактори ризику надзвичайно важко відстежувати, прогнозувати реальні масштаби впливу на природу та людину (особливо віддалені в часі

наслідки), формувати систему попереджальних дій. Саме ця група факторів наразі становить найбільшу загрозу не тільки забезпеченню стійкого розвитку, але й самому існуванню людства. І саме ця група факторів має стати головним предметом вивчення фахівців та звичайних людей заради формування цілей і заходів забезпечення стійкого розвитку.

Звідки виникають проблеми

Основною проблемою є динамічний характер порушення стійкого стану системи «природа – суспільство». Немоżliво раз і назавжди досягти певного стану в обох підсистемах, які її утворюють, тобто в природі і суспільстві. Стан кожної з них необхідно відтворювати щомоментно. Серед основних розбалансовуючих факторів соціальної системи слід назвати:

- *постійне зростання населення.* Це один із найголовніших факторів, який невинно збільшує питоме екологічне навантаження на локальні екосистеми і всю біосферу планети в цілому. За минулі два століття на цей фактор, крім природної народжуваності населення, почало суттєво впливати значне збільшення середньої тривалості життя людини. Якщо за часів Стародавньої Греції цей показник не перевищував 18 років, за часів Стародавнього Риму – 22 роки, в епоху Відродження наближався до 35 років, у середині XIX ст. становив 40 років, то в середині XX ст. досяг 70 років (Біологический, 1989);
- *швидка якісна зміна антропогенних факторів впливу.* Види порушення природних систем (матеріальні та енергетичні інгредієнти впливу) змінюються такими темпами, що компоненти екосистеми (біологічні види та їх співтовариства) не встигають до цього пристосуватися;
- *збільшення темпів міграції населення планети.* Інтенсивне зростання комунікаційної (у тому числі, транспортної) діяльності людини значною мірою змінює природні процеси метаболізму планети (тобто обмін речовин, енергії та інформації). Природні системи не встигають перебудуватися і прилаштуватися до таких турбулентних умов. Одним із численних прикладів є перенесення баластними водами суден біологічних організмів у водні системи, де вони раніше не зустрічалися і не мають природних антагоністів. Це, зокрема, суттєво порушує біологічну рівновагу, яка існувала в Чорному морі;

- суттєве збільшення кількісного виробництва енергії на планеті. Кінець ХХ століття та початок ХХІ явно продемонстрували реальну загрозу порушення енергетичної системи планети.

Що означає підтримання стійкого розвитку

З огляду на все вищезазначене можна дійти висновку, що забезпечення стійкого соціально-економічного розвитку полягає в управлінні станом трьох систем:

- біологічної природи людини;
- біосфери;
- соціально-економічної системи.

Взаємозв'язок між трьома зазначеними системами схематично показано на рис. 12.2. Біосфера забезпечує умови існування біологічної природи людини, розвитку її особистісної (соціальної) сутності та служить середовищем для функціонування соціально-економічної системи (джерело ресурсів і середовище утилізації відходів), у якій існує сучасна людина. (Детально функції природи відносно людини розглядаються в розділі 16.) Несуча здатність біосфери та її складових екосистем може без шкоди для себе «витримати» певну кількість населення планети, точніше – того екологічного навантаження, яке спричиняє виробнича система, щоб прогнати і створити умови життя для цієї кількості населення. Якщо ж це навантаження переходить певну критичну межу, екосистеми, не витримуючи такого впливу і не встигаючи самовідтворюватися, починають руйнуватися (як це схематично показано на рис. 12.3).

Мистецтво стійкого управління зазначеними трьома системами полягає в тому, щоб зберігати незмінним стан перших двох систем і з великою швидкістю змінювати стан третьої системи так, щоб матеріаломісткість і енергоємність забезпечення життєздатності людства (у розрахунку на одну людину) зменшувалися принаймні з такими темпами, з якими зростає населення планети (рис. 12.4).

Спираючись на викладене в розділі 4, можемо сказати, що об'єктивна необхідність застосування людиною механізмів негативного зворотного зв'язку виникає стосовно тих систем, рівень гомеостазу яких не може бути змінений (якщо не теоретично, то, принаймні, практично) у межах просторово-часових параметрів, що визначають існування на Землі біосфери та людської цивілізації. До таких систем належать: 1) біосфера

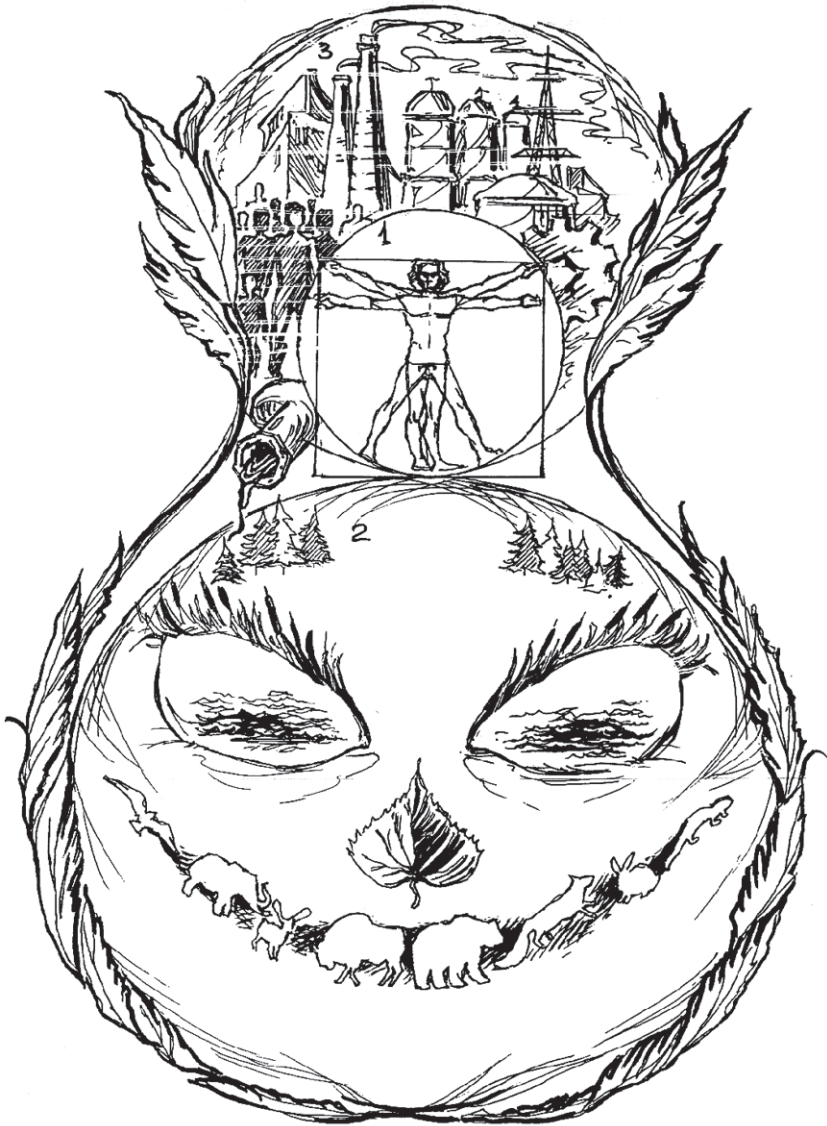


Рис. 12.2. Умовна схема взаємозв'язків між підтриманням трьох ключових систем: 1 – біологічної природи людини; 2 – біосфери; 3 – соціально-економічної системи



Рис. 12.3. Умовна ілюстрація зміни взаємозв'язків між підтриманням трьох ключових навантажень планети при перевищенні критичного рівня екологічного навантаження, яке зумовлене зростанням кількості населення і недосконалим екологічним рівнем технології

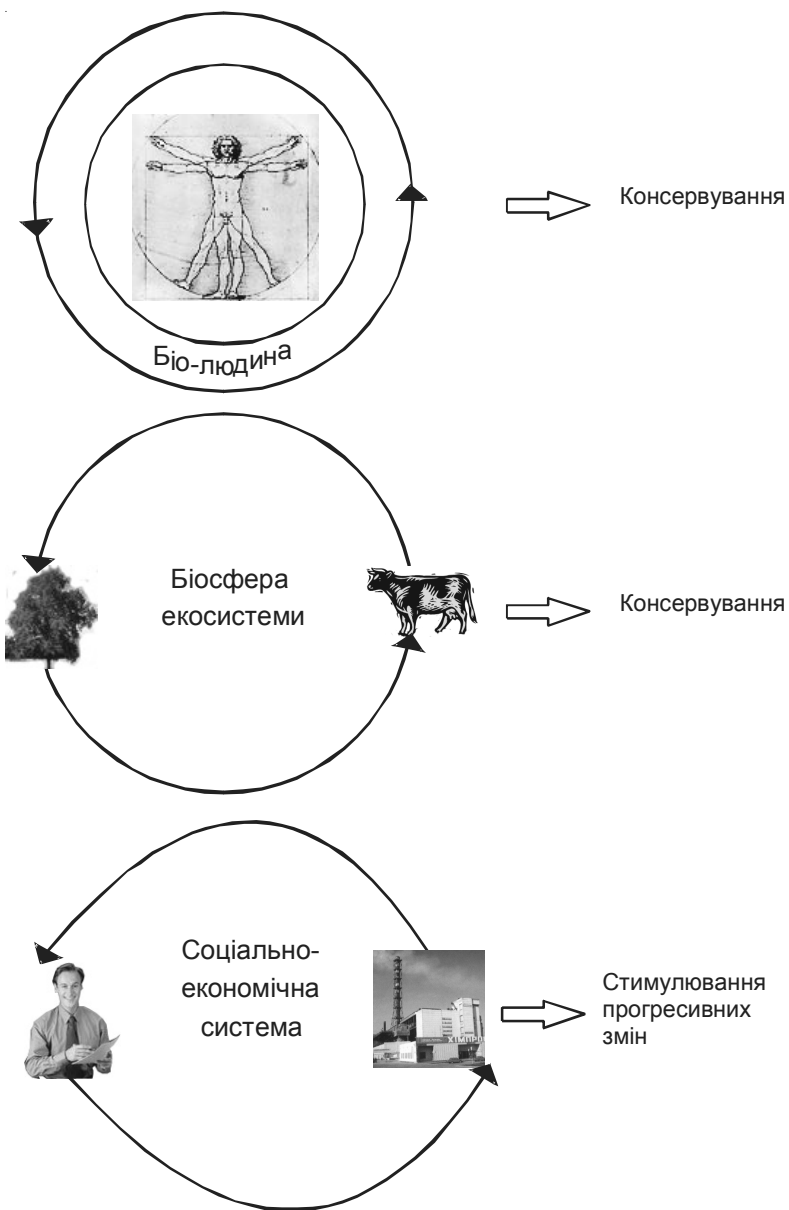


Рис. 12.4. Відмінність підходів до управління базовими системами при забезпеченні стійкого розвитку

планети та її складові екосистеми; 2) біологічна природа самої людини. Людина може існувати тільки в дуже вузькому інтервалі фізико-хімічних параметрів середовища, у яких вона була сформована природою. Відхилення цих параметрів у той чи інший бік загрожує загибеллю людської цивілізації. Збереження цього вузького інтервалу параметрів середовища мають забезпечувати механізми негативного зворотного зв'язку (обмеження, стандарти, заборони, санкції тощо).

Обмеження, пов'язані з необхідністю збереження гомеостазу біосфери і складових екосистем, на відміну від обмежень, що забезпечують гомеостаз біологічної природи людини, мають відносний характер. Зміна умов природного середовища і гомеостазу біосфери матиме фатальний характер не для самої біосфери – за кілька мільярдів років вона пережила безліч змін, зокрема, була свідком існування близько 4 млрд біологічних видів, які наразі вже зникли. Збереження існуючих природних умов і гомеостазу планетних екосистем необхідне саме для людини. Із цим пов'язана дія механізмів негативного зворотного зв'язку, спрямована на консервування природних територій (заповідників, заказників, природних парків) та обмеження екологічного впливу на компоненти природного середовища. Форми консервативних методів наведені на рис. 12.5.

Підхід, спрямований на активізацію прогресивних трансформацій, на відміну від попереднього підходу не обмежує, а, навпаки, стимулює зміни за умови, що вони сприятимуть зменшенню екодеструктивного тиску на довкілля. Такий підхід базується на застосуванні механізмів позитивного зворотного зв'язку. Саме даний підхід зумовив той процес, що перетворив людину із суто біологічної істоти на соціальну (інформаційну, особистісну) сутність, якою вона є сьогодні. Форми методів, спрямованих на прогресивні зміни подаються на рис. 12.6.

Ми вже наводили приклади великих технологічних революцій, через які людина реалізувала напрям прогресивних змін. Але було безліч і менш помітних технологічних проривів і удосконалень: значних і не дуже, маленьких і майже непомітних. Усі разом вони відігравали важливу роль, тому що, крім економічних і соціальних переваг, які вони надавали своїм винахідникам, ці зміни виконували надзвичайно значущу функцію зменшення екологічного тиску на природу.

Факти публікацій

Потреби в лісоматеріалах різко зросли в Англії на початку XVI століття, коли у зв'язку з переходом від вторинної переробки чавуну до використання

ФОРМИ КОНСЕРВАТИВНИХ МЕТОДІВ:

1. КОНСЕРВУВАННЯ: створення заповідників, заказників, національних парків – тобто територій, де обмежується вплив на природу; заборона промислу певних біологічних видів, занесених до Червоної книги.

2. ОБМЕЖЕННЯ: ліцензії на використання природних ресурсів; квоти промислу диких тварин на рівні забезпечення природного відтворення їх популяцій; стандарти на відходи або вміст шкідливих речовин у продуктах; ліміти (гранично допустимі викиди чи скиди); обмеження в часі (години, дні, сезони) роботи обладнання або промислу тварин; обмеження в кількості дітей на сім'ю тощо.

3. ЗАБОРОНИ: заборони на промисел певних видів тварин або рослин; заборони на певні види діяльності (зокрема, клонування); заборони на виробництво та застосування певних речовин (окремих пестицидів, озоноруйнівних речовин та ін.).

4. РЕГЛАМЕНТУВАННЯ: певний порядок обробки землі (зокрема, види обробки та види культур, які можна застосувати на схилах з різним кутом нахилу); порядок транспортування та зберігання екологічно небезпечних речовин; порядок застосування та перевезення біологічних видів або біологічно активних речовин тощо.

5. СТРИМУВАННЯ: економічні санкції, штрафи, підвищені ціни, мита.

Рис. 12.5. Форми консервативних методів

доменних печей почало швидко збільшуватися виробництво чавуну і сталі. Максимальна продуктивність нової технології порівняно з попередньою збільшилася в 7 разів. Однак це суттєво підірвало запаси деревини в лісах. Саме важка лісова криза змусила після 1700 р. скоротити виробництво чавуну з 25 тис. тонн до 10 тис. тонн. Після того як у середині XVIII ст. чавун почали виробляти із застосуванням кам'яновугільного коксу, його виплавка знов почала швидко зростати, досягнувши в 1805 р. рівня 250 тис. тонн, а в 1825 р. – вже 450 тис. тонн. Поступово відновлювався стан лісів. Таким чином, нова технологія відіграла роль не лише економічного фактора (Формирование, 1982).

Звичайно, напрямок прогресивних змін має і свій власний арсенал мотиваційних методів. Це перш за все економічні інстру-

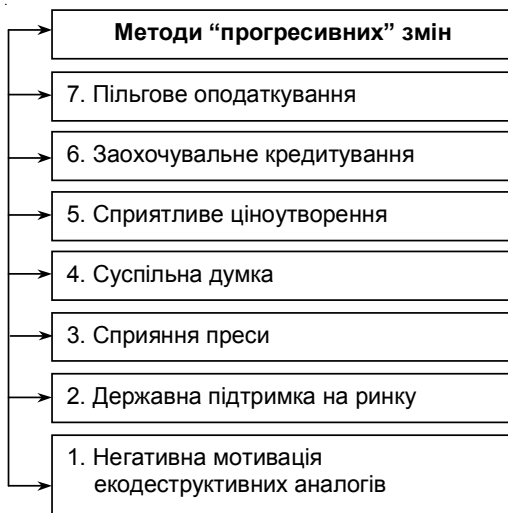


Рис. 12.6. Форми методів, спрямованих на стимулювання прогресивних змін

менти (пільгове оподаткування, заохочувальне кредитування, сприятливе ціноутворення для екологічно спрямованої продукції). На завдання екологічно спрямованого переозброєння працюють також суспільна думка, сприяння преси, адміністративні важелі та моральні стимули. Утім, навіть увесь арсенал негативної мотивації забороняючи, обмежуючи та відвертаючи екодеструктивну діяльність, починає діяти в напрямку заохочення прогресивних змін.

Сфери розв'язання проблем

Проблема забезпечення стійкого розвитку безпосередньо пов'язана з цілим комплексом економічних і соціально-економічних характеристик (виробництво національного доходу на душу населення; зайнятість населення; чисельність населення, що живе за межею бідності; рівень захворюваності; середня тривалість життя та ін.). Це означає, що параметри, які характеризують стійкий розвиток, мають охоплювати як *соціальний*, так і *економічний* вектори. Причому в кожному з них надзвичайно важливу роль для підтримання фізіологічних функцій людини

відіграють екологічні фактори (якість продуктів харчування і питної води, чистота повітря для дихання та ін.) або формування особистісних властивостей «соціо-» (інформаційний контакт із цілісними природними системами). Однак цим роль природного середовища не вичерпується. Є всі підстави для виділення самостійного *екологічного* блоку серед факторів, що формують уявлення про стійкий розвиток. Цей блок складають власне екологічні, тобто життєзабезпечувальні функції природи.

З наведеного можна дійти висновку, що проблема забезпечення стійкого розвитку лежить у площині трьох базових сфер – соціальної, економічної та екологічної (рис. 12.7).

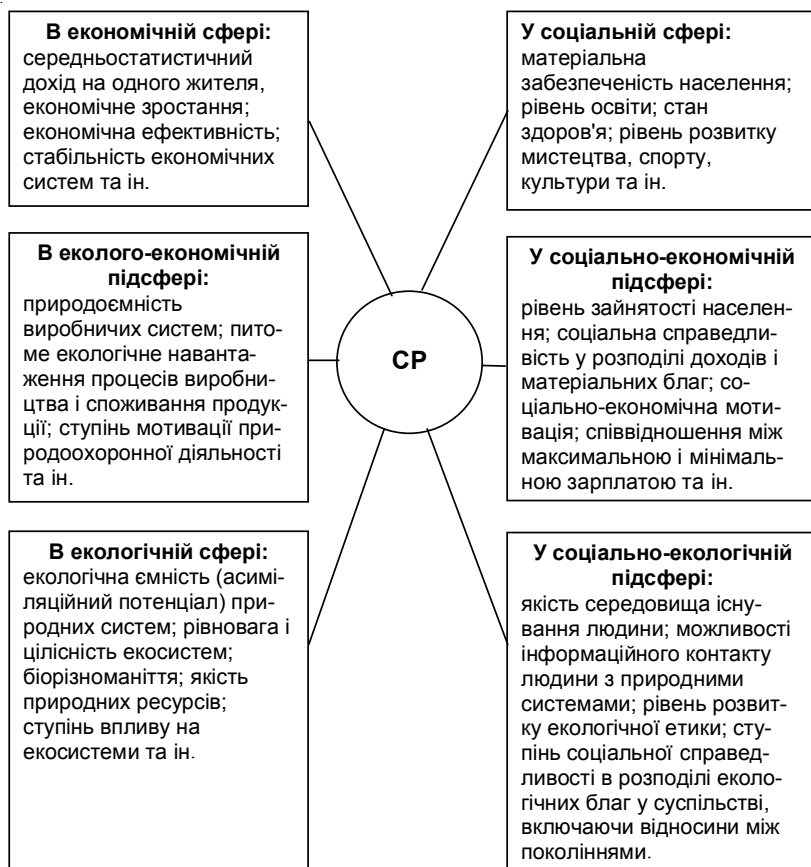


Рис. 12.7. Сфери та напрямки вирішення проблем забезпечення стійкого розвитку (CP)

Стійкий розвиток може розглядатися як один зі станів найскладнішої системи, якою є цивілізація, що розвивається на планеті в просторі і часі. Складність цієї системи колосальна, адже вона поєднує складності підпорядкованих їй підсистем – природи, суспільства, економіки. Більш того, згідно з принципом *емерджентності* («ціле більше суми його частин») симбіоз розглянутих трьох підсистем є більш складним утворенням, яке набуває принципово нових властивостей.

Завдання, яке вимагає відповіді на питання, що таке *стійкий розвиток*, так само до кінця нерозв'язне, як до кінця непізнаний світ. У цьому мінливому та імовірнісному світі відповідь на це питання має шукатися і знаходитися постійно і нескінченно – кожним новим поколінням, поки існує на Землі людство. І людство її шукає: інколи «навмання», у мороці абсолютного нерозуміння, останнім часом все частіше шляхом неухильного наближення до істини по траєкторії фундаментальних знань, які закладаються поколіннями, що торували пройденого шляху добутих фактами й набутих навичками.

Стійкий розвиток: підсумки і проблеми реалізації

Концепція стійкого розвитку вже добре відома у світі. Вона міститься майже в усіх національних екологічних програмах. На неї мусять зважати навіть її супротивники, тому що більшість розвинених країн схвалює політику, спрямовану на досягнення стійкого розвитку в масштабах міст, країн і світу в цілому. Країнам, що розвиваються, значно важче позитивно оцінити всі переваги концепції стійкого розвитку, перебуваючи у важких економічних, політичних і соціальних умовах. Однак навіть у цих країнах науковці та фахівці намагаються надати стійкий вектор усім видам екологічної діяльності.

Сьогодні, на початку XXI століття, саме час озирнутися назад, у минуле сторіччя, і оцінити результати нашої спільної діяльності як населення Землі. Природно, ми помітимо і позитивні, і негативні зміни в нашому житті. Дати їм однозначну оцінку не можна, ставлення до цих змін залежить від самої людини. Однак існують об'єктивні дані (Кайзингер, 1998; Гор, 2001; Дейлі, 2002), що можуть допомогти кожному визначитися з власною точкою зору на досягнення XX століття.

За десять років, що минули після Ріо-конференції, людство намагалось реалізувати основні цілі концепції стійкого розвитку.

Таблиця 12.1. Деякі показники соціально-економічного розвитку людства

Позитивні зміни	Невирішені проблеми
<ul style="list-style-type: none"> • Середня тривалість життя у світі зросла більш ніж на третину (48 років – у 1955 р., 66 років – у 2000 р.). • Дитяча смертність знизилась у розвинених країнах більш ніж у два рази (із 149 чол. у 1955 р. на 1000 немовлят до 64 чол. У 2000 р.). • Кількість людей, що страждають від хронічного недоїдання у розвинених країнах зменшилась удвічі (із 40% до 20%). • Грамотність серед дорослого населення збільшилась удвічі. • З 1980 року чверть населення світу (1,5 млрд чол.) живе в умовах швидкого економічного зростання. • Рівень забруднення води і повітря в розвинених країнах знизився за останні роки. 	<ul style="list-style-type: none"> • Різниця в тривалості життя людей у розвинених країнах і в найбідніших досягає близько 45 років (зокрема, 80 років – у Японії та 34 роки – у Сьєрра-Леоне). • Троє з чотирьох жителів найбідніших країн помирають у віці молодше 50 років, що є показником середньої тривалості життя XIX століття. • Смертність серед немовлят у найбідніших країнах у 50 разів перевищує цей показник у найбільш розвинених (3,9 смертей на 1 тис. народжуваних у Фінляндії та 200 – у Сьєрра-Леоне). • Близько 800 млн чоловік у світі недоїдають, а близько 500 млн чоловік хронічно голодують. • Понад 840 млн дорослих людей дотепер неписьменні. • Розрив у доходах на душу населення в розвинених країнах і країнах, що розвиваються, з 1960 р. по 1995 р. майже потроївся (з 5700 до 16 168 доларів). • Виробництво енергії у світі з 1971 р. виросло на 70% . • Менше чверті населення планети споживає три чверті її ресурсів і створює 70% усіх твердих відходів.

У 2001 році нова Всесвітня конференція з проблем довкілля і розвитку була проведена в Йоганнесбурзі (ПАР). Результатом самміту в Йоганнесбурзі було визначення п'яти головних напрямків екологоорієнтованої діяльності: 1) вода і санітарія; 2) енергія; 3) здоров'я; 4) сільське господарство; 5) біорізноманіття.



Розділ 13

Принципи забезпечення стійкого розвитку



П'ять визначальних умов прогресивного розвитку соціально-економічних систем

Розвиток будь-якої соціально-економічної системи дещо нагадує подорож мореплавців у відкритому морі, де на мандрівників щохвилини чатують небезпеки і де надзвичайно зростає значення свідомості та майстерності кожного з членів екіпажу, їхньої злагодженості, здатності синхронізувати спільні дії і виконувати команди, а також мистецтво керманічів. За таких умов ціною помилки може стати псування або повна втрата корабля, і ставкою в цій грі є життя людей.

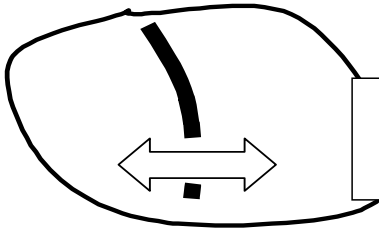
Розповідають

Один мореплавець перед далекою дорогою спитав у мудреця: «Що потрібно для успішної подорожі?» На що той вимовив п'ять слів: «Простір, час, стійкість, мета і вітер».

Будь-яка соціально-економічна система для свого довгострокового стійкого розвитку потребує п'яти визначальних умов:

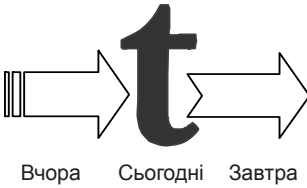
- 1) організації в просторі;
- 2) організації в часі;
- 3) забезпечення стійкості, або рівноваги всієї системи чи окремих її елементів;
- 4) спрямованості розвитку;
- 5) наявності рушійної сили.

Відповідно до цих напрямків можуть бути сформульовані п'ять груп принципів організації суспільства для забезпечення в ньому основ стійкого розвитку (рис. 13.1). Зупинимося на них детальніше.



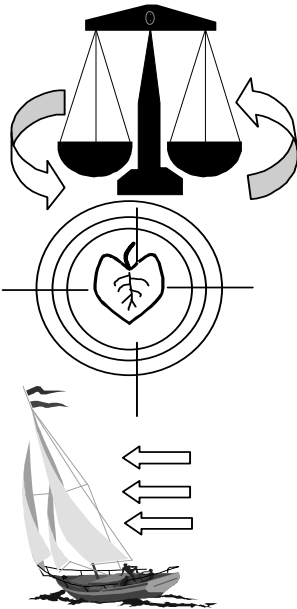
Організація в просторі

Принципи «екологічної республіки».
Поєднують:
1) жорсткий контроль та обмеження;
2) свободу саморозвитку суб'єктів



Організація в часі

Принципи «триєдності часів», або екологічної наступності поколінь». Забезпечують єдність поточних, тактичних і стратегічних цілей суспільного розвитку



Забезпечення стійкості

Принципи «екологічної стійкості». Передбачають урівноваження трьох систем: природної, виробничої і соціально-економічної

Постановка цілей

Принципи «екологічної цілі». Формують екологічно орієнтовані цілі соціально-економічного розвитку

Мотивація

Принципи «екологічно спрямованої мотивації». Обумовлюють відтворення мотивів соціально-економічного розвитку і екологізації економіки

Рис. 13.1. Групи принципів забезпечення стійкого розвитку

Принципи «екологічної республіки», або Умови координації в просторі

Розповідають

Серед водіїв поширений вислів: «Свобода кожного окремого водія на поживаленій дорозі тим повніша, чим вища його майстерність і менше свободи порушувати правила руху мають інші водії».

Принципами «екологічної республіки» умовно назвемо принципи, що забезпечують організацію соціально-економічної системи в просторі.

Чому саме республіки? Усі ми мешканці космічного корабля «Земля» з однією і єдиною системою життєзабезпечення. Це означає, що, незалежно від рівня благоустрою наших квартир, забезпечення наших міст, розвитку економіки наших регіонів і країн, ми пов'язані тісними зв'язками єдиної екосистеми, у якій протікає наше життя. Усі хімічні елементи періодичної системи, що використовує у своїй діяльності людина, перебувають у постійному кругообігу, проникаючи в усі компоненти середовища, не знаючи і не зважаючи на кордони держав, континентів, адміністративних районів. Глобальний взаємозв'язок процесів, явищ і наслідків експлуатації природного середовища сьогодні вже не потребує доказів.

Будь-який спільний фонд потребує вироблення загальних правил, обов'язкових для учасників. Ми не випадково навели міркування про свободу автоводіїв на поживаленій дорозі, де постійно змінюються умови, швидкість руху, дистанція між автомобілями різних класів, різної величини, з різною майстерністю водіїв. Справа в тому, що згадані вище співтовариства нашої цивілізації не просто існують по сусідству – вони перебувають у постійному русі: змінюються природні умови, економічна кон'юнктура, торговельні партнери, темпи розвитку, приріст населення тощо.

Разом з тим між двома наведеними прикладами існує одна дуже істотна різниця. Для водіїв і правила руху, і регулювальник, що координує рух, визначені, так би мовити, ззовні, тобто зовнішньою системою. Співтовариства ж Землі повинні самі, добровільно виробити «правила руху», яких вони потім будуть неухильно дотримуватись і, крім того, мають делегувати наділені диспетчерськими функціями органи, рішення яких будуть обов'язковими для всіх. Подібним чином відбувається формування системи управління республік, мешканці яких об'єднують

ються навколо спільної ідеї або перед обличчям небезпеки. Для мешканців «екологічної республіки» Земля спільною метою є збереження стійкого, рівноважного стану екосистеми, а загальною небезпекою – небезпека втратити такий стан.

«Екологічна республіка» – символ єдності ЕКОЛОГІЧНОЇ ДИСЦИПЛІНИ та СВОБОДИ РОЗВИТКУ.

Таблиця 13.1. Принципи суспільної організації в просторі (принципи «екологічної республіки»)

Назва принципу	Зміст
1. Екологічної конституційності	Для здійснення організації і координації екологічно орієнтованої діяльності у взаємовідносинах між соціальними суб'єктами мають бути створені законодавчі (розпорядчі) органи, єдині правила поведінки і забезпечення нормативної бази (стандартів)
2. Єдності інформаційного інструментарію	При здійсненні спільної діяльності (обмін спеціалістами, інформацією, товарами та послугами) між сусідніми суб'єктами (країнами, регіонами, містами) має витримуватися єдність інформаційного інструментарію (екологічних понять, термінів, стандартів)
3. Спільної ковдри	Спільна та індивідуальна діяльність економічних суб'єктів (країн, регіонів) має передбачати механізм збереження природних об'єктів (ресурсів навколишнього середовища спільного використання)
4. Неекспортування екологічних проблем	Будь-які екологічні проблеми мають розв'язуватися в межах території даного економічного суб'єкта. Якщо це неможливо, їх розв'язання має узгоджуватися разом із сусіднім суб'єктом (суб'єктами). Якщо і це неможливо, розв'язання проблеми має вноситися на більш високий організаційний рівень
5. Екологічної еквівалентності	У процесах речовинно-енергетичних обмінів (включаючи торговельний обмін) економічні суб'єкти (підприємства, території) повинні компенсувати один одному не тільки виробничі видатки, але й витрати екологічного характеру (збитки, додаткові витрати, упущену вигоду)
6. Екологічної індивідуальності суб'єктів	Відносини між суб'єктами (наприклад, існуючі угоди) мають забезпечувати кожному суб'єкту можливість підтримання специфічних особливостей місцевих екосистем
7. Добровільності	Приєднання суб'єктів до будь-яких угод (договорів, контрактів) у галузі навколишнього середовища здійснюється виключно на добровільній основі
8. Екологічної чесності	Суб'єкти не повинні використовувати екологічних приводів для досягнення політичних, економічних або інших цілей
9. Лібералізації торгівлі	Уряди країни не повинні перешкоджати розвитку експортно-імпортних зв'язків своїх країн, якщо вони не спричиняють шкоди національним інтересам (включаючи соціальні та екологічні наслідки)

Сторінки історії

Офіційний відділ світової історії розробки правил або законів «екологічної республіки», мабуть, можна почати з 1921 року, коли в Женеві була підписана «Конвенція про використання свинцевих білил у малярській справі». Саме дана конвенція, що передбачає використання надзвичайно токсичної речовини у виробництві, відкриває Реєстр міжнародних угод у сфері навколишнього середовища. У даний час у сфері навколишнього середовища підписано понад 200 міжнародних договорів. У більшості зазначених угод прямо або побічно присутня торгівля: або як форма здійснення міжнародної діяльності, або як засіб регулювання міжнаціональних економічних відносин, або як спосіб мотивації досягнення екологічних цілей.

Уже давно функціонують і міжнародні організації, яким жителі Землі делегували функції координації своєї діяльності в галузі природокористування. Так поступово пишеться конституція «екологічної республіки» (Регистр, 1992).

У рамках групи «екологічної республіки» можна сформулювати ряд окремих принципів, зміст яких наведений у табл. 13.1.

Слід звернути увагу на ще одну особливість. Принципи «*екологічної республіки*» покликані поєднати дві, здавалося б, несумісні речі: з одного боку, *жорсткий контроль і обмеження «руху»*, з іншого – *свободу розвитку*.

Принципи «триєдності часів», або Що передати нащадкам

Давня мудрість

«Земля нам дісталася не в спадщину – ми взяли її напрокат у нащадків».

Принципи «*триєдності часів, або екологічної наступності поколінь*», забезпечують організацію людської цивілізації в часі.

Про яку триаду або триади часу йдеться мова? Насамперед маються на увазі періоди, які умовно можна назвати «сьогодні», «завтра», «далеке майбутнє». «Сьогодні» – це час, який охоплює наші нинішні інтереси, тобто ті, що можуть хвилювати нас у поточний період (1–5 років). «Завтра» – це майбутнє, що знаходиться в межах часової досяжності поколінь, що нині живуть на Землі (можливо, від 5 до 50 років). «Далеке майбутнє» – це час, що сягає у безкінечність, тобто лежить за «обрієм» життя нинішніх поколінь. Зрештою, розглянуті принципи зводяться до *триєдності поточних, тактичних і стратегічних* цілей людства.

Таблиця 13.2. Принципи організації в часі (принципи «триєдності часів»)

Назва принципу	Зміст
1. Екологічної "матрьошки"	"Всеохопною" (обов'язковою) має бути прийнята умова збереження можливості розвитку для поколінь у "далекому майбутньому". Наступною групою пріоритетів (необхідні умови) має бути незбіднення екологічного потенціалу для поколінь "близького майбутнього"; усередині цих умов існуючі покоління мають знаходити середину (умови доцільності) між своїми поточними і тактичними інтересами
2. Ненакопичення екологічних проблем	Неприпустимість залишення наступним поколінням створених і нерозв'язаних екологічних проблем (наприклад, захоронення радіоактивних відходів, виснаження ґрунтів, накопичення в ґрунтах та водоймах шкідливих речовин, складування в природі відходів, які не розкладаються, тощо)
3. Екологічних резервів	Доцільне створення своєрідних недоторканих запасів природних ресурсів або страхових екологічних фондів майбутнім поколінням на випадок непередбачених катаклізмів у межах даного або кількох співтовариств (країн, регіонів)
4. Обмеженість екологічних повноважень	Представники будь-якого покоління не повинні приймати рішення щодо експлуатації природних ресурсів або зміни природного середовища, наслідки яких можуть виходити за період активної діяльності даного покоління
5. Транзиту інформації	Має бути гарантована передача через покоління, які живуть сьогодні, екологічної та соціальної інформації від минулих наступним поколінням
6. Прогнозування наслідків	Прийняттю рішень щодо будь-яких економічних і соціальних дій має передувати прогнозування соціальних, екологічних і економічних наслідків від можливої реалізації прийнятих рішень
7. Превентивність шкоди	Усі негативні наслідки, які можуть бути спрогнозовані, мають бути попереджені (або принаймні зменшені) на проектній стадії, що може бути виражено формулою "Попереджати краще і дешевше, ніж виправляти"

Говорячи про екологічну справедливість стосовно різних поколінь, доцільно сформулювати ряд окремих принципів (табл. 13.2).

Подробиці

Принцип «екологічної матрьошки». Очевидно, було б цілком справедливим декларувати неприпустимість передачі одним поколінням іншому (або іншим) створених ним і невирішених екологічних проблем (наприклад, захоронення радіоактивних відходів, виснаження ґрунтів, нагромадження в ґрунтах і водоймах шкідливих речовин; складування в природі відходів, що не розкладаються, ін.). Наслідки таких процесів просто непрогнозовані і можуть обернутися для наших далеких нащадків реальною катастрофою (на зразок СНІДу або «озонової діри»). Найважливішими стратегічними завданнями людства

офіційно визнані: збереження біорізноманіття планети, збереження озонового шару Землі, збереження клімату планети, запобігання забруднення навколишнього середовища шкідливими речовинами, зниження енергоємності систем життєзабезпечення людини.

Будь-який біологічний вид екосистеми Землі, що здається сьогодні зовсім зайвим, може забезпечити в майбутньому виживаність землян, розкривши їм одну з інформаційних таємниць біоніки або перетворившись на життєво важливий фармацевтичний ресурс.

Факти публікацій

- У 1960 р. діти, що страждали на лейкемію, мали лише один шанс із п'яти вижити. Сьогодні такі хворі діти мають чотири шанси з п'яти завдяки лікуванню лікарськими препаратами, що містять активні речовини, виявлені в рожевому барвінку, який зустрічається в тропічних лісах Мадагаскару.
- Вартість ліків, вироблених у світі з дикорослих рослин і природних продуктів, становить близько 40 млрд дол. США на рік.
- Близько 4,5% валового національного продукту США (близько 87 млрд дол. на рік) одержують за рахунок диких видів.
- Один ген ефіопського ячменю нині захищає від жовтого карликового вірусу врожай усього каліфорнійського ячменю вартістю в 160 млн дол. США на рік (Програма, 1993).

Принцип *ненакопичення екологічних проблем*. До зазначеного в табл. 13.2 слід додати, що серед багатьох екологічних проблем слід вважати найгострішими від'ємні темпи відтворення національних природних ресурсів, або, навпаки, додатні темпи утворення відходів.

Принцип *екологічних резервів*. Дія даного принципу чимось нагадує поведінку мисливців, що залишають у лісі для своїх невідомих «наступників» хатинки з запасом їжі і палива.

Принцип *обмеження екологічних повноважень*. У третьому принципі Ріо-декларації сформульовано необхідність досягнення справедливості і взаємної відповідальності поколінь. У світлі цього здаються необґрунтованими, наприклад, укладення угод про розробку національних природних ресурсів на період понад 10–15 років (тобто термін активної діяльності одного покоління) або ж реалізація проектів, які необоротно і докорінно змінюють природне середовище регіону.

Принцип *«транзиту інформації»*. Звичайно, вчені і фахівці розглядають зв'язки нинішніх і наступних поколінь. У даному випадку йдеться про тріаду: *минуле — сьогодні — майбутнє*. Причому нинішнім поколінням відводиться відносно пасивна роль своєрідного ретранслятора, вони повинні гарантувати передачу від минулого до майбутнього якнайбільшої кількості інформації: культурної, наукової, технологічної, екологічної. Цінність даної інформації не повинна визначатися корисністю її для сьогоднішнього. Можливо, те, що може здаватися абсолютно зайвим сьогодні, що не змогли справедливо оцінити нинішні покоління, виявиться безцінним інформаційним ресурсом у майбутньому. Наступні покоління, зокрема, повинні мати можливість знати про навколишнє середовище своїх предків і особливості локальних екосистем. У цьому випадку залишаються передумови для відтворення за необхідності

екологічних факторів минулого. У зв'язку з цим відкривається новий аспект проблеми біологічного різноманіття.

Іншою гранню принципу «триєдності часів» є *оптимальне поєднання поточних і тактичних інтересів сучасників*. Ці аспекти передбачають інші принципи розглянутої групи (див. табл. 13.2). Люди завжди прагнули до економії («копійка карбованець береже», «час – гроші» і т.ін.). Але як заощадити сьогодні так, щоб завтра не довелося платити за це набагато більше, ніж заощадив?

Для того щоб виробничі системи *хотіли, вміли і мали можливість* поєднувати тактичні і поточні інтереси, необхідні організаційна система і механізм відповідної мотивації. Очевидно, у такій системі екологічні критерії мають братися до уваги як при визначенні мети розвитку суспільства, так і при виборі засобів досягнення цієї мети. З вибором мети повинні узгоджуватися *стратегічні і тактичні* інтереси, у яких повинні переважати екологічні орієнтири. Наприклад, може бути поставлена мета створення заповідників, національних парків, бальнеологічних комплексів, досягнення певних екологічних стандартів у містобудівних рішеннях тощо. На другому етапі при обґрунтуванні варіантів досягнення поставлених цілей також мають обов'язково враховуватись екологічні фактори. При цьому економічна ефективність того чи іншого варіанта має визначатися не тільки величиною понесених витрат або отриманого прибутку, але й з урахуванням величини збитків, пов'язаних із порушенням природного середовища. Техніко-економічне обґрунтування й екологічна експертиза проектів звичайно рахують інтереси, які віднесені до *тактичного* рівня, але й на цьому рівні мають братися до уваги екологічні фактори. Третій етап урахування екологічних факторів – *поточний*. Екологічні критерії мають пронизувати повсякденну діяльність людей, бути безпосередньо пов'язаними з їхніми поточними інтересами. Найбільш ефективним механізмом, що впливає на ці інтереси, є система товарно-грошових відносин. За допомогою застосування цих економічних інструментів (далі ми детальніше охарактеризуємо деякі з них) екологічні критерії мають бути доведені до кожної людини.

Принципи «вічного колодязя», або Забезпечення екологічної стійкості

Розповідають

В одному селі був колодязь. З ранку з нього стільки черпали, що вода не встигала наповнювати його, тому ввечері після роботи втомлені люди пили брудну мутну воду. В іншому селі з колодязя брали рівно стільки, на скільки він наповнювався свіжою водою, і весь день вода була чиста і прозора.

Групу принципів, що забезпечують стійкість екосистеми, об'єднаємо загальною назвою *принципи екологічної стійкості*.

Як уже було зазначено вище, здатність систем до розвитку залежить від двох, здавалося б, зовсім протилежних факторів – стійкості системи і здатності її виходити з цього стійкого стану. У тому випадку, якщо система в цілому перебуває в рівновазі і виходить з неї постійно лише в певному напрямку, досягати-меться умова динамічної рівноваги – найбільш сприятливий стан для стійкого розвитку.

Насамперед цьому мають відповідати три групи факторів, що обумовлюють суспільний розвиток: *природне середовище, продуктивні сили і виробничі відносини*. Щодо них розглянемо і три підгрупи принципів екологічної стійкості. Очевидно, вони мають будуватися таким чином: рівновага в природі забезпечується екологізованими продуктивними силами; останні – екологізованими виробничими відносинами (рис. 13.2). Розглянемо послідовно ці принципи.

У першу підгрупу під умовною назвою *неперевищення екологічних порогів* можуть бути об'єднані принципи, що визначають умови рівноваги природного середовища (табл. 13.3). Основне завдання рівноважного природокористування на сучасному етапі полягає, як бачимо, в тому, щоб навантаження на природне середовище було близьким до гіпотетичної межі самовідновлення природи. При цьому досягатиметься оптимальна, тобто найбільш стійка й економічно ефективна швидкість розвитку економіки – те, що в англійській мові називається одним словом – *sustainability*.

Подробиці

Принцип *нормування екологічних навантажень*. Екологічні нормативи (стандарту), обмежуючи екологічне навантаження на середовище (викиди і концентрації шкідливих речовин; ступінь фізичного впливу на компоненти природного середовища, ін.), повинні гарантувати неперевищення екологічних по-



Рис. 13.2. Взаємозв'язок груп принципів екологічної стійкості

рогів. У свою чергу, екологічні нормативи (станданти) повинні служити базою для оцінки необхідних кількісних і якісних характеристик товарів і послуг. М.Ф. Реймерс (1990) цілком конкретно сформулював орієнтовні значення екологічних порогів.

Екологічні порогови за Реймерсом

А. Для енергетичних систем:

- поріг тригерного ефекту («спускового гачка») – 10^{-6} – 10^{-8} разів від норми; прикладом подібного роду може бути зникаюче малий енергетичний імпульсний вплив, який приводить за принципом «спускового гачка» до лавиноподібних наслідків, які перевищують початковий поштовх на 6–7 порядків; передбачається, що таким процесом може бути залежність напруженості магнітного поля Землі від передачі електроенергії на великі відстані за допомогою високовольтних ліній електропередач;
- поріг виходу зі стандартного стану – близько 0,1–1,5% від норми;
- поріг деградації (деструкції) – десятки частки й одиниці відсотків від норми;

Таблиця 13.3. Принципи екологічної стійкості (принципи «вічного колодязя»)

Назва принципу	Зміст
1	2
Принципи неперевищення екологічних порогів	
1. Нормування екологічних навантажень	Одним з елементів регулювання природокористування мають стати екологічні стандарти, що нормують (лімітують) межі впливу на природні системи значеннями порогових навантажень, які відповідають здатності природних систем до самовідтворення (несуча здатність екосистеми)
2. Урахування реакції природи	Дозування навантаження на екосистеми має враховувати зворотну реакцію природних систем на подібний вплив
3. "Вузької ланки"	Оцінка припустимих екологічних навантажень при впливі на кілька елементів екосистеми (біологічних видів) визначається "вузькою ланкою", тобто найвразливішим елементом
4. Замикаючого ефекту	Межі можливого (допустимого) впливу на екосистеми мають визначатися з урахуванням загального (сумарного) ефекту всіх екологодеструктивних факторів
5. Природних індикаторів	Крім фізичних та хімічних параметрів природного середовища, що нормуються для цілей контролю за екологічним впливом на екосистеми, необхідно також враховувати реакцію (поведінку) об'єктів живої природи як екологічних індикаторів
Принципи єдності природокористування і природовідтворення	
6. Єдності деструкції і відтворення	Будь-який суб'єкт економічних процесів має максимальною мірою відтворювати порушені ним кількісні та якісні властивості природного середовища
7. "Замкненого ланцюга"	Окремі ланки і стадії виробництва і споживання продукції мають бути інтегровані в єдину замкнену циркуляційну систему
8. Взаємодії з природою	Матеріально-енергетично-інформаційні контакти економічної системи з природою мають відповідати специфіці матеріально-енергетично-інформаційних процесів, що відбуваються в природі
Принципи єдності економічних і екологічних цілей	
9. Економізації екологічних чинників	Показники, що характеризують вплив економіки на довкілля, мають, крім натуральних, також вартісні оцінки настільки, наскільки це можливо отримати
10. Екологізації економічних чинників	Основні економічні показники і оцінки суспільства, пов'язані з впливом на природне середовище

Продовження таблиці 13.3

1	2
11. Економічної відповідальності за екологічні ефекти	Економічні витрати, обумовлені негативним впливом на довкілля, мають компенсуватися тим економічним суб'єктом (держава, підприємство, споживач), який у даних суспільних умовах несе відповідальність за екологічні наслідки; у свою чергу, залежно від суспільних умов можуть застосовуватися субпринципи визначення адресності відповідальника: "забруднювач сплачує" (відповідач – підприємство-виробник); "споживач сплачує" (відповідальність через систему цін покладається на споживачів); "Усе суспільство сплачує" (відповідальність покладається на суспільство через систему оподаткування)
12. Інтерналізації екстерналій	Еколого-економічні наслідки діяльності кожного підприємства, що сприймаються іншими економічними суб'єктами через систему економічних важелів, мають переводитися в таку форму чинників, яка сприймається системою економічних інтересів підприємства, що спричинило ці наслідки
13. Ефективної екології	Відтворювальні процеси в економіці мають бути побудовані так, щоб з кожним відтворювальним циклом менш екологічно досконалі та ефективні економічні фактори (виробничі системи, види споживання, економічні відносини) заміщувалися на більш досконалі та ефективні
14. "Цілей – засобів"	Екологічні інтереси мають закладатися при формуванні розвитку, а економічні – при виборі засобів їх досягнення

- поріг малих доз – близько 10^{-3} разів від гострого впливу.
- Б. Для природних систем з організменним типом управління:
 - поріг виходу зі стаціонарного стану – близько 1% від норми (наприклад, внесення хімічних речовин);
 - поріг руйнування – близько 10% від норми.
- В. Для популяційних систем:
 - поріг мінімуму реакції – 10^{-6} – 10^{-8} разів від норми;
 - поріг виходу зі стаціонарного стану (коливань) – 7–18%, у середньому 10% від норми;
 - поріг поступової, але неухильної деструкції – близько 70% від середнього приросту (самопоновлення);
 - поріг катастрофічного саморозширення або самозвуження – 10^5 – 10^6 , дуже рідко 10^7 – 10^8 порівняно із середньою кількістю особин популяції. Зазначені величини приблизні і мають неодмінною умовою безперервність дії (або її досить часту періодичність) і вихідну стаціонарність природних систем (Реймерс, 1990).

Слабкий енергетичний імпульс може викликати лавиноподібну *деструкцію* енергосистеми планети, яка в мільйони разів перевищує за силою первинний вплив.

Нормативи навантажень на природне середовище мають розроблятися на основі глибокого дослідження процесів функціонування і самовідновлення глобальної екосистеми та її локальних складових.

Цілком імовірно, біосферні нормативи навантажень за рівнем їх наслідків можуть поділятися на такі групи:

- *глобальні* (наприклад, обсяг надходження тепла; обсяг вилучення біомаси, продукування кисню та ін.);
- *національні* (наприклад, надходження шкідливих речовин в атмосферу, воду, ґрунти; інтенсивність вилучення лісових ресурсів тощо);
- *локальні* (наприклад, надходження в дану водойму шкідливих речовин, вилучення з даної екосистеми популяцій і т.д.).

Основна функція нормативів навантаження на природне середовище – гарантувати стійкість екосистем, попередити їх деградацію.

Слід зазначити, що завдання визначення природних порогів є надзвичайно складним, якщо врахувати масштаби антропогенного впливу на природу.

Цифри і факти

У даний час відомо більше 10 млн хімічних речовин. Близько 70 тис. із них використовуються постійно (включаючи фармацевтичні засоби і пестициди), і близько тисячі нових хімічних речовин щорічно з'являється на ринку. Вражає не тільки номенклатура шкідливих інгредієнтів, але і їх обсяги. За рік у світі виробляється 300–400 млн тонн небезпечних відходів. Крім того, у величезних кількостях у навколишнє середовище навмисно вводяться пестициди (Міжнародний, 1992).

Для контролю за використанням і поширенням шкідливих речовин створена і працює організація «*Міжнародний реєстр потенційно токсичних хімічних речовин ЮНЕП*». У банк даних заноситься інформація про будь-які хімічні речовини, що становлять загрозу для людини або природи, але основна увага приділяється речовинам, які потрапили в робочий список хімічних речовин міжнародної значущості, який уперше був складений у 1979 р. і містив 250 найменувань.

Цей міжнародний документ регламентував також *структуру профілю даних* для нормування вмісту шкідливих речовин. Вона має 17 позицій, у тому числі:

- 1) ідентифікатори, властивості і класифікація;
- 2) виробництво (торгівля);
- 3) виробничі процеси;

- 4) застосування;
- 5) шляхи надходження в навколишнє середовище;
- 6) вміст у різних середовищах (втрати, стійкість, концентрації, шляхи надходження в організм людини);
- 7) дослідження шляхів перетворення речовини в навколишньому середовищі (біодеградація/біотрансформація, фотодеградація, гідроліз, сорбція, випаровування, окиснення, дослідження в модельних екосистемах);
- 8) частка речовини в навколишньому середовищі;
- 9) хемобіокінетика (абсорбція, розповсюдження, фактор біоконцентрації, метаболізм, виведення);
- 10) токсичність для ссавців;
- 11) дослідження специфічної дії (вплив на біохімічні процеси, канцерогенність, мутагенність, нейротоксичність, вплив на поведінку, сенсibilізація, комбінована дія, подразнення, імуноотоксичність, вплив на репродуктивну функцію, тератогенність);
- 12) вплив на організм у навколишньому середовищі (токсичність для водних організмів, токсичність для наземних організмів);
- 13) відбір, підготовка, аналіз проб;
- 14) розливи і викиди;
- 15) лікування отруень;
- 16) обробка і видалення відходів;
- 17) рекомендації (законодавчі механізми) (Международный, 1992).

Побачене

У Японії, крім хімічних стандартів впливу на навколишнє середовище (зокрема, концентрації шкідливих речовин у середовищах), існують *біологічні стандарти*, розроблені за принципом урахування третього закону екології Б. Коммонера «Природа знає краще». Наприклад, якість води прісних водойм поділяється на чотири групи, кожній з яких відповідає свій біологічний індикатор: для найчистішої – *форель*, найбруднішої – *корол*. Якщо у водоймі виявлений короп, – вона вже не може вважатися чистою... Подібні індикатори (види планктону) існують і в морській воді. Аналогічна система біологічних стандартів у поєднанні з іншими видами стандартів використовується у ФРН для управління якістю водойм. Зокрема, вони служать підставою для зміни категорії якості водойми і відповідного планування контролю та розміру економічних витрат.

Підгрупу принципів, що забезпечують продуктивним силам здатність зберігати рівновагу в природному середовищі, можна умовно об'єднати під назвою *принципи єдності природокористування і природовідтворення* (див. табл. 13.3).

У живій природі кожна ланка закономірно виростає з попередніх і одночасно створює можливість і необхідність наступних.

У виробництві, та й узагалі в циклах життєдіяльності людини кожна ланка має виступати одночасно і як споживання, і як соціально-екологічне відтворення. Зрозуміло, цього можна досягти лише в результаті докорінної зміни технології, що доцільно здійснювати за два етапи.

На *першому* (який триває нині) має відбутися перехід до маловідхідних технологій.

На *другому* – від технологій, що експлуатують природу (маловідхідних, але в цілому чужих природі), до технологій, що взаємодіють із природою.

У природі кожна ланка закономірно виростає з попередньої і одночасно зумовлює можливість і необхідність наступної. Таким чином має бути організоване виробництво.

Отже, реалізація принципів *єдності природокористування і природовідтворення* повинна означати: по-перше, еволюцію виробничих систем до технологій, які органічно взаємодіють із природою; по-друге, подолання роз'єднаності окремих виробничих ланок та інтеграцію їх у єдину виробничу рециркуляційну систему.

І, нарешті, які принципи мають бути покладені в основу формування виробничих відносин? Очевидно, їх слід об'єднати під загальною назвою принципів *єдності економічних і екологічних цілей*.

Загальне завдання цих принципів полягає в тому, щоб у систему товарно-грошових відносин разом з традиційними економічними показниками були включені екологічні оцінки, що характеризують витрати суспільства, пов'язані з використанням природних ресурсів і впливом на компоненти природного середовища.

Тільки в тому випадку, якщо економічні інтереси кожного працівника, кожного підприємства, кожного адміністративного району, кожної країни будуть тісно пов'язані з результатами їхньої екологічної діяльності, можуть створюватися економічні передумови об'єднання в межах єдиної технології процесів природокористування і природовідтворення.

Принципи екологічних цілей, або Від задоволення потреб – до формування життєблагодатних комплексів

У давнину говорили: безногий, який просувається правильною дорогою, обжене вершника, який несеться без мети.

Правильна цільова орієнтація є надзвичайно важливою умовою досягнення стійкого розвитку. Групу принципів, які формують екологічну спрямованість процесів розвитку, умовно можна назвати принципами *екологічних цілей* (табл. 13.4).

Подобиці

Принцип «економіки космонавтів». Відповідно до концепції Б. Коммонера, в «економіці космонавтів», подібно до космічного корабля, усі джерела і резервуари мають певні межі як з погляду припливу, так і відпливу. Унаслідок цього людина повинна визначити своє місце в циклічній економічній системі, що має здатність нескінченно відтворювати різні матеріальні форми.

Таблиця 13.4. Принципи екологічних цілей

Назва принципу	Зміст
1. "Економіки космонавтів"	Передбачає зміну орієнтації національних економік від кількісних показників зростання (збільшення виробництва і споживання матеріальних товарів) до показників <i>якості життя</i>
2. Життєблагодатного комплексу	Декларує необхідність переходу економічної системи від виробництва окремих матеріальних благ (виробів та послуг) до формування <i>життєблагодатних комплексів</i>
3. Гуманізації середовища	При формуванні середовища існування людина має перейти від пріоритетів економічних інтересів (у тому числі мінімізації витрат) до пріоритетності екологічних цілей (якості життя)
4. Демократизація вибору	Вибір екологічних і економічних цілей місцевих суспільств (комун, територій) має базуватися на бажанні жителів регіону
5. Інформатизація споживання	Структура суспільного споживання має розвиватися шляхом оптимізації (для країн, що розвиваються) і мінімізації (для розвинених країн) матеріально-енергетичної компоненти і розширення споживання інформаційних товарів (соціальних, культурних, екологічних)
6. "Відступаючого обр'ю"	Процес формування екологічних цілей має перебувати в постійному розвитку (одні цілі мають замінюватися іншими)

На відміну від відкритої економіки в «*економіці космонавтів*» пропускну здатність (ВВП) в жодному разі не слід розглядати як позитивний фактор, і варто було б прагнути до її скорочення, ніж до збільшення. Основна оцінка успіху економіки не виробництво і споживання, а природа, тобто *величина, якість і складність загального основного фонду*, що передбачає належний фізичний і моральний стан людини, яка є частиною системи.

Відповідно до охарактеризованого вище принципу має бути змінена вся макроекономічна система показників і національних рахунків, що сьогодні прийняті у світі.

На регіональному і локальному рівнях основним принципом реалізації *екологічної мети* має стати принцип *життєблагодатного комплексу*.

Під *життєблагодатним комплексом* розуміється призначена для життя людей об'єднана в систему сукупність створених матеріальних об'єктів, культурних цінностей, інформації, а також природних систем, що забезпечують високу якість життя (повний добробут, фізичне і духовне здоров'я, максимальне розкриття творчого потенціалу).

Обриси подібного комплексу ще тільки окреслюються в наукових публікаціях, ще не до кінця визначене саме поняття «якість життя», немає його чітких кількісних і якісних критеріїв. Зрозуміло тільки одне: у життєблагодатних комплексах має бути досягнута гармонія «першої» (природної) і «другої» (соціальної) природи, яка б давала необмежені можливості для творчості людини, її фізичного і духовного здоров'я і розвитку.

З яких «цеглинок», на базі яких критеріїв повинен створюватися життєблагодатний комплекс? Можна назвати ключові:

- критерії і нормативи матеріального добробуту;
- критерії і нормативи забезпеченості матеріальними об'єктами, призначеними для духовного розвитку;
- біосферні критерії і нормативи (гарантують стійкий рівноважний стан екосистеми);
- гігієнічні критерії і нормативи (гарантують безпеку впливу на організм людини);
- критерії і нормативи забезпеченості людини інформаційним контактом із природними системами.

Детальніше зупинимось на останньому.

Неповторність людської особистості може сформуватися тільки на тлі нескінченного різноманіття середовища існування людей. Подібні умови можуть забезпечити насамперед компоненти живої, первісної природи. У життєблагодатних комплексах відтворення компонентів природного середовища, зокрема

природних ландшафтів, набуває самостійної цінності при реалізації соціальних функцій природи.

Нормативи факторів природного середовища можуть розроблятися у двох напрямках. По-перше, за допомогою нормування можливості контакту людини з елементами природного середовища (зелені, водойми, птахів і тварин) у межах житлової зони людини (цим шляхом ідуть у Японії). По-друге, нормуванням можливості контакту людини з природними ландшафтами (ліс, поле, гори) поза житловою зоною, однак у межах досяжності (подібний підхід застосовується в Німеччині).

Слід уважно вивчити вже накопичений у містобудуванні досвід поєднання природних, архітектурних і виробничих факторів. Такими прикладами, на думку фахівців, є, зокрема, академістечко в Новосибірську, Дивногорськ поблизу Красноярська, житловий район Вільнюса Лаздинай, литовське містечко Южнайчай.

Подобиці

Принцип гуманізації середовища. На даний час економіка, як і раніше, продовжує зберігати пріоритетні позиції при формуванні середовища існування. Основним принципом прийняття рішень і надалі залишається принцип мінімізації економічних витрат, найчастіше на шкоду екологічним цілям. Наприклад, густа забудова міст продиктована бажанням заощадити кошти на комунікаціях. Це суперечить вимогам озеленення середовища, створення парків, рекреаційних зон відпочинку.

Усе, що виробляється і споживається, а отже, продається і купується – від міських забудов до предметів особистого споживання людини, має бути об'єктом уважного аналізу і проходити ретельну експертизу на предмет сумісності з людиною.

Принцип демократичного вибору. Щоб формування *життєблагодатного* комплексу не нагадувало будівництва «котловану щастя», показане в книзі А. Платонова «Котлован», жителі кожного регіону, міста, селища повинні мати можливість самостійно вибирати (звичайно, з урахуванням рекомендацій учених і фахівців), який комплекс їм потрібний, і свobodною працею, що скеровується, головним чином, економічними і соціальними стимулами, брати участь у його створенні.

Людина може бути щасливою, тільки якщо сама бере участь у виборі мети. Це важливо не тільки з погляду збереження екосистем, але й для розвитку особистісних характеристик людини, формування її екологічної моралі. Принципу тоталітарних суспільств: «Насильно зробимо людину щасливою!» – немає місця в середовищі екологічно стійкого розвитку.

Почуте

В Австралії довелося почути дивні, на перший погляд, речі. Десь у 1960-ті роки на зеленому континенті білі родини з найбагатороднішою метою почали брати на виховання дітей аборигенів. До початку 1990-х багато вихованців

уже встигли отримати прекрасну освіту, професію, добре адаптуватися до життя сучасного суспільства. І раптом, як грім серед ясного неба, пролунало повідомлення, що один за одним ці високоосвічені юнаки почали подавати судові позови на своїх благодійників. Причина – ті порушили їх права людини на самовизначення, вирвавши із середовища предків, куди вони вже не в змозі повернутися через втрату відповідних навичок.

Принцип екологізації споживання. Шлях до *життєблагодатних* комплексів проходить також і через оптимізацію структури споживання суспільства. У цьому плані заслуговує на увагу досвід скандинавських країн, де вперше спостерігається явний відхід від традиційних структур, поставлене завдання згортання нескінченного «споживацького марафону» з його безцільним марнотратством і деструктивним впливом на природу, і здійснено поворот до розвитку духовної сфери, до екології, до впровадження різноманітних соціальних програм.

Принцип «відступаючого горизонту». Будь-яка екологічна програма має бути не документом, а процесом. Важливість цього погляду не можна заперечити, не випадково це відзначено навіть у матеріалах ООН.

Екологічна програма – не документ, а процес.

Принципи екологічної мотивації, або Хотіти, щоб уміти

Менеджери говорять

Є тільки один спосіб змусити когось щось зробити – потрібно змусити захотіти це зробити.

Принципи *екологічної мотивації* – так, цілком імовірно, умовно може бути названа група принципів, покликаних додати системі внутрішньо властивої їй рушійної сили, що надає імпульс саморозвитку системи (табл. 13.5).

Розглядаючи порушену проблему, надзвичайно важливо зупинитися на двох ключових моментах:

- 1) відтворення мотивації *соціально-економічного розвитку*;
- 2) відтворення мотивації *екологічної обумовленості розвитку*.

Перша підгрупа принципів, що формують спрямованість мотивації соціально-економічного розвитку, умовно може бути названа принципами *імпульсів розвитку*. Серед основних передумов, необхідних для реалізації цієї мети, можуть бути названі:

- диференціація системи на структури, що саморозвиваються, наявність певного розходження потенціалів між компонентами систем за різними параметрами (показниками культурного, економічного, технічного розвитку);

Таблиця 13.5. Принципи екологічної мотивації

Назва принципу	Зміст
Принципи імпульсів розвитку	
1. Структур, що саморозвиваються	Ієрархічна організація суспільства має будуватися на відносно автономних (з достатньою свободою прийняття і реалізації рішень) структурах (комунах, муніципалітетах, товариствах), які самоуправляються і самофінансуються
2. Суспільного різноманіття	У суспільстві має існувати різниця потенціалів системи – соціальне та екологічне різноманіття (характеристики культурного, мовного, релігійного, технічного розвитку, природних умов)
3. Пріоритетності позитивної мотивації	У суспільстві має підтримуватися баланс позитивної (стимулюючої) та негативної (обмежуючої) мотивації при пріоритеті позитивної мотивації
Принципи екологізації	
4. "Знати – хотіти – вміти"	Необхідне постійне відтворення в суспільстві трьох взаємопов'язаних підсистем: інформаційного збудження, мотиваційного впливу і технічної реалізації
5. Екологізації інструментів мотивації	Існуючі в економіці мотиваційні інструменти мають бути скореговані для цілей екологізації економіки
6. Спрямованості в майбутнє	Дієві мотиваційні інструменти мають бути спрямовані не стільки на виправлення скоєних екологічних помилок, скільки на їх попередження в майбутньому

- створення передумов конкуренції (суперництва) окремих структурних підрозділів, що сприяє активізації *біфуркаційних механізмів* розвитку;
- формування в суспільстві пріоритетності позитивної мотивації, що сприяє здійсненню трансформаційних перетворень.

Докладно передумови соціально-економічного розвитку і пов'язані з цим форми мотиваційних механізмів розглядаються в наступних розділах.

Безумовно, потрібні в цілому процеси екологізації виробництва можуть принести позитивні результати, якщо будуть здійснюватися в умовах прагнення регіонів і підприємств до економічного розвитку, до реалізації інноваційної політики, до прискорення науково-технічного прогресу. А це, у свою чергу, вимагає, щоб існувала реальна залежність соціально-економічних показників рівня життя людей даного співтовариства від результатів їх діяльності та постійно відтворювалися (у кількісному, а головне, якісному плані) потреби підвищення якості життя. Неврівноважені даними явищами, однібічні процеси екологізації, коли люди борються за ліквідацію виробництва, не турбуючись про те,

чим їх замінити, як екологічно шкідливе зробити екологічно досконалим, можуть розвивати утриманські тенденції, вести до економічного застою і в кінцевому рахунку знижувати життєвий рівень людей і заводити в безвихідь вирішення екологічних проблем.

Другим надзвичайно важливим моментом реалізації розглянутої групи принципів є відтворення мотивів *екологічної обумовленості* (або, простіше говорячи, екологізації) соціально-економічного розвитку. Підгрупа принципів, які відповідають цьому завданню, умовно може бути названа *принципами екологізації*. Який же механізм повинен включатися і постійно працювати в цьому напрямку?

Лікарі говорять

Для того щоб забезпечити здоров'я, важливо знати, хотіти і вміти: *знати* – від чого хворієш або можеш захворіти; *хотіти* – видужати або не хворіти; *уміти* – обійти хвороби.

«Знати», «хотіти», «уміти» – по своїй суті, функції трьох основних систем, які утворюють механізм природокористування. Вони можуть бути названі системами: *інформаційного порушення, мотиваційного впливу, технічної реалізації*.

«Знати» – щодо проблем природокористування означає уявляти реальну картину порушення природних екосистем, якісно і кількісно оцінювати і прогнозувати характер природних, соціальних і економічних наслідків порушення середовища. Рівень екологічного знання залежить від наукового багажу, накопиченого суспільством, та від ступеня інформованості населення, наукової громадськості і фахівців.

«Хотіти» – передбачає властиву господарському механізму систему важелів, що створюють соціальну та економічну зацікавленість у досягненні екологічних цілей.

Функція *«уміти»* передбачає екологічні можливості технології і навички людей, тобто їх здатність виробляти продукцію і послуги, виконувати роботу з мінімальним порушенням природного середовища.

Сигнал тривоги, що генерується інформаційною системою, включає і регулює «тонус» іншої системи, яка формує комплекс заходів та інструментів (планування, адміністративні заходи, правові норми, економічні методи, соціально-психологічний вплив, навчання кадрів, виховання населення та ін.) для ліквідації екологічного неблагополуччя. Третя система формується як наслідок цих заходів. Вона покликана реалізувати на прак-

тиці дію всього природоохоронного механізму. Арсенал цієї системи – маловідходні технології, нересурсоємні виробництва, очисна і природовідновлювальна техніка й устаткування, організаційні структури і, звичайно, навички й уміння людей. Для забезпечення якості природного середовища цикл *знати – хотіти – уміти* повинен відтворюватися постійно.

Здоров'я природного середовища – запорука успіху будь-якої національної економіки. Щоб підтримувати це здоров'я, необхідно знати, хотіти й уміти. ЗНАТИ – ЩОБ ХОТІТИ, ХОТІТИ – ЩОБ УМІТИ.

Економіка не може функціонувати без системи мотиваційних інструментів. У тій чи іншій формі вони представлені в економіці будь-якого типу. Ключова ідея принципу *екологізації інструментів мотивації* – використовувати існуючий арсенал мотиваційних інструментів для досягнення цілей екологізації економічних відносин, включаючи виробництво і споживання товарів і послуг.

Наразі в багатьох країнах накопичено значний досвід використання різних економічних методів управління якістю навколишнього середовища. Головні з них ми розглянемо в наступних розділах.

Моніторинг і показники стійкого розвитку

Цілеспрямоване управління соціально-економічним розвитком з метою досягнення його стійкого стану вимагає досконалої системи моніторингу (тобто спостереження і контролю) за процесами, що відбуваються в природі та суспільстві. Як правило, такий моніторинг спирається на систему певних показників. Їх завдання – охарактеризувати поточний стан трьох систем (організму людини, біосфери, соціально-економічної системи), динаміку процесів, що відбуваються, тенденцію їх розвитку, прогноз наслідків у майбутньому, специфіку дій для досягнення бажаних цілей або відвернення небажаних наслідків тощо.

Виходячи із зазначеного, видається важливим проведення моніторингу (а отже, і розроблення відповідних показників) за шістьма напрямками:

- 1) контроль поточного стану природних і соціально-економічних систем;

- 2) контроль динаміки стану систем;
- 3) контроль рівноваги процесів, що відбуваються;
- 4) прогнозування стану систем;
- 5) контроль показників цілей-засобів;
- 6) контроль показників досягнення цілей (або відхилення від них).

Саме ці функції покликана виконувати система індикаторів стійкого розвитку, запропонована Комісією ООН зі стійкого роз-

Таблиця 13.6. Характеристика системи індикаторів стійкого розвитку, розроблена КСР

Група індикаторів	Характеристика
1	2
Екологічні	<ul style="list-style-type: none"> • викиди шкідливих речовин, показники захисту атмосфери від забруднення • обсяги споживання чистої води, показники збереження якості водних ресурсів і постачання ними, захисту океанів, морів і прибережних територій від забруднення • показники, що характеризують раціональне управління вразливими екосистемами, збереження біологічного різноманіття • частка розораних земель, показники раціонального використання земельних ресурсів • показники, що відображають результати боротьби зі спустеленням і посухами, боротьби за збереження лісів • показники розвитку сільських районів і сприяння веденню стійкого сільського господарства • показники екологічно безпечного використання біотехнологій • обсяги похованих шкідливих відходів, показники екологічно безпечного управління твердими відходами і стічними водами, токсичними хімікатами, небезпечними і радіоактивними відходами
Економічні	<ul style="list-style-type: none"> • ВВП • середня заробітна плата • капітальні вкладення в екологічну діяльність • міжнародна кооперація для прискорення стійкого розвитку • зміна характеристик споживання • фінансові ресурси і механізми • частка еколого-економічного збитку у ВВП
Соціальні	<ul style="list-style-type: none"> • тривалість життя • забезпеченість житлом • інвестиції в охорону здоров'я і соціальну сферу • боротьба з бідністю • демографічна динаміка і стабільність • поліпшення якості освіти, інформованості та виховання суспільства • захист і поліпшення здоров'я людей • поліпшення розвитку населених пунктів

Продовження таблиці 13.6

1	2
Інституційно-нальні	<ul style="list-style-type: none">• урахування питань екології та розвитку в плануванні та управлінні для стійкого розвитку• національні механізми і міжнародне співробітництво для створення потенціалу СР у країнах, що розвиваються• міжнародний інституціональний порядок• міжнародні правові механізми• інформація для прийняття рішень• посилення ролі громадськості

витку (КСР). Ця система має такі підсистеми показників: екологічні, економічні, соціальні, інституціональні (табл. 13.6).

Створення ефективної системи моніторингу соціально-економічного розвитку країни потребуватиме вирішення багатьох завдань. Насамперед, це побудова системи показників, що давала б адекватну характеристику стану й розвитку. Не менш важливим є завдання організації інформаційного забезпечення системи. Створення такої системи вимагає об'єднання зусиль фахівців у галузі економіки, екології, права, статистики та інформатики і, відповідно, усвідомлення ними важливості виконуваної роботи.



Розділ 14

*Овіяні часом ідеї
стійкого розвитку*



Складові “цеглинки” стійкого розвитку

Теорії стійкого розвитку сьогодні сприймаються як відкриття сучасної наукової думки. Водночас не слід забувати, що будь-яка споруда будується на підготовленому фундаменті із заздалегідь заготовлених матеріалів. Який же економічний фундамент теорії стійкого розвитку і з яких «цеглин» вона зводиться сьогодні? Розглянемо ряд центральних ідей розуміння стійкого розвитку.

Досягнення рівноваги. Саме поняття сталості нерозривно пов'язане з рівновагою, тобто симетричністю процесів, що зриває, зокрема, процеси: деструкції і відновлення, розподілу та інтеграції, ін. Оскільки будь-який розвиток – це рух, то рівновага повинна бути динамічною. Оскільки основною формою суспільного розвитку є виробництво, здійснюване в рамках природних систем, збалансованими (рівноважними) повинні бути три системи: природна, економічна, соціальна (при цьому визначальною є рівновага в природній системі).

Сприйняття обмежень. Основними для земної цивілізації є межі еластичності земних екосистем. Природа, будучи замикаючою ланкою виробничих процесів як на вході (ресурсна база), так і на виході (відтворення якості середовища існування, порушеного в результаті екодеструктивної діяльності), формує обмеження для економічної системи і по ланцюжку для суспільного середовища. Екологічні обмеження виступають у формі порогів впливу на екосистеми Землі.

Наявність мети розвитку. Досягнення повної рівноваги, що передбачає абсолютну симетрію процесів, які відбуваються в природі і суспільстві, теоретично означало б відсутність яких-небудь змін, «біг по колу». На практиці це вело б до застою і деградації. Саме тому стійкий розвиток, декларуючи в цілому досягнення рівноважності процесів, що відбуваються, передбачає їх часткову асиметрію, тобто цілеспрямоване виведення з

рівноваги в тому напрямку, який орієнтований на вдосконалення економіки і суспільства. Правильний вибір мети розвитку визначає успіх, неправильний прирікає на поразку. Визначення мети соціально-економічного розвитку є не що інше, як пошук контурів «світлого майбутнього» або «формули щасливого суспільства».

Прагнення до справедливості. Досягнення повної рівноваги при існуючому стані продуктивних сил і соціально-економічних відносин у світі небажане, зокрема, і тому, що це означало б консервацію всіх форм тієї нерівності, недосконалості і диспропорцій, що існують у людському суспільстві всередині одного покоління і між поколіннями. Справедливість усередині покоління і між поколіннями – насамперед, у можливості користуватися природними благами – одна з основних цілей стійкого розвитку.

Перебудова всепланетних матеріально-енерго-інформаційних потоків. Наявність жорстких матеріальних і енергетичних обмежень впливу на екосистеми залишає дуже вузький «зазор» для розвитку соціально-економічної системи, що виключає будь-яке нарощування виробництва матеріалів і енергії. Стійкий розвиток може бути досягнутий (якщо він взагалі досяжний) тільки за умови кардинальної трансформації матеріально-енерго-інформаційних потоків, що обслуговують виробничу систему. При цьому має бути істотно скорочена їх матеріально-енергетична частина і збільшена інформаційна. Практично сформована екологічна ситуація на планеті залишає тільки один шлях – фізичного і духовного вдосконалення і розвитку інформаційної індустрії. Відповідно, має бути кардинально реформована сама соціально-економічна система, включаючи зміст економічних орієнтирів, технологічних систем, стилю життя.

Автономізація управління. Різноманіття особливостей і неповторність різноманітних екосистем виключає стандартність підходу до управління ними. Тільки «відчуваючи» специфіку кожної окремої екосистеми можна знайти і утримати її рівноважний стан. З іншого боку, необхідно контролювати стан глобальної екосистеми як єдиного цілого, адже будь-яка локальна екосистема – усього лише ланка цілісного природного організму планети. Істотно має бути змінена керуюча система: при жорсткому регулюванні глобальних процесів центр ваги оперативного управління має бути перенесений на локальний рівень, який дозволяє врахувати специфіку окремих екосистем («Думати глобально – діяти локально!»).

Призначення науки, зокрема економічної, – осмислити шляхи розвитку людства, встановити стратегічні і тактичні цілі і сформуванати адекватний мотиваційний інструментарій досягнення поставлених цілей. Спробуємо проаналізувати, як людство наближалося до формулювання основних ідей стійкого розвитку.

Спадщина стародавніх цивілізацій

В історії людства можна знайти чимало повчальних прикладів, які пов'язані зі становленням стійкого розвитку. Багато з них ілюструють екологічні помилки людини, однак є і чимало досить позитивних прикладів, коли відносини людини з природою будувалися на дуже виваженій системі, яка дозволяла суспільству існувати в рівноважному стані з місцевими екосистемами протягом значних періодів часу.

Факти публікацій

Економічні суспільства в долині ріки Ніл залежали від рівноваги складної системи використання природних ресурсів. Розливи ріки забезпечували сільськогосподарські землі необхідними для ґрунту поживними речовинами. Економічні системи, що спиралися на стійке землеробство, проіснували в долині Нілу 7 тисяч років (перші поселення з'явилися тут приблизно в 5500 р. до н.е.) і були зруйновані лише в ХІХ столітті з появою сучасних технологій. Безумовно, можна говорити про правильний вибір сільськогосподарських засобів виробництва (вибір культур, знарядь праці, методів обробки землі, часу іригаційних робіт та ін.), однак він став можливим завдяки гнучкій системі економічних відносин, яка забезпечувала рівновагу інтересів виробників та інших верств населення. Відомо, зокрема, що в Стародавньому Єгипті існувала гнучка податкова система, адаптована до інтенсивності розливів річок: низькі рівні розливів – низькі мита, високі рівні розливів – високі мита (Кен, 1998).

Економічні системи, які спиралися на стійке землеробство, проіснували в долині Нілу 7 тисяч років (!).

Сумний відступ

Історія знає чимало протилежних прикладів, коли практичні дії, що стимулюються економічними засадами (часто під тиском політичної системи), за лічені роки руйнували екосистеми, які існували і, що дуже важливо, культивувалися до цього століттями. Як не згадати хрущовсько-брежнєвську цілину. Екосистема, яка успішно витримувала десятки поколінь скотарів, була зруйнована всього за 3–5 років інтенсивним землеробством. Або «подвиг» таджицьких бавовнярів, які встигли за якийсь десяток років перетворити квітучий

оазис навколо Аралу в пустелю зі смердючою «калюжею» всередині. Можливо, менш наочним, але не менш драматичним за своїми наслідками і повчальним є приклад України, де кілька десятиліть «зразкового» планового господарювання забрали понад 30% гумусу, затопили, підтопили, висушили, еродували й отруїли мільйони гектарів колись родючих земель – всесвітнього еталона чорнозему (Борщевский и др., 1998). Можна багато говорити про недосконалу техніку, про неправильну технологію обробки землі, про помилкові сівозміни і т.д. і т.ін., але все це всього лише «покірні слуги» економічних відносин, які плануванням «від досягнутого» благословили орієнтацію на результати нинішнього дня, незважаючи на наслідки навіть найближчого майбутнього, не кажучи вже про інтереси майбутніх поколінь.

Продуктивні сили стародавності – від античних часів до Середньовіччя – були дуже тісно пов’язані з природним середовищем, адже основу економічної системи складало сільськогосподарське виробництво. Не випадково, що в цей час людство впритул підійшло до усвідомлення необхідності рівноважного природокористування. З позиції сьогодення можна тільки дивуватися тим відкриттям, які здійснили мислителі та господарі стародавності у сфері «стійкого розвитку». Спробуємо тільки схематично відзначити ті ідеї економічної думки, які співзвучні сучасній концепції стійкого розвитку (Всемирная, 1987).

Факти публікацій

- Говорячи сучасною мовою, державна програма природокористування, яка зробила регулювання водопостачання основою економічних відносин у країні, була реалізована на території Стародавньої Месопотамії в Шумерському царстві ще в III тисячоріччі до н.е. Зробити це було дуже складно, тому що на відміну від Нілу, сезонність розливу якого була приблизно постійною, розливи Тигру і Євфрату відбувалися часто раптово, завдаючи великої шкоди. Це, напевно, можна порівняти зі збитком від нинішніх надзвичайних ситуацій. Проте завдання регулювання було вирішене настільки успішно, що й через 2000 років(!) на тій самій території, але вже в іншій державі (Нововавілонському царстві) рукописи повідомляють про великі успіхи в матеріальному виробництві і розвитку товарно-грошових відносин. Завдяки реконструкції іригаційної системи непередбачені розливи Євфрату припинилися, людям вдалося підкорити природну стихію примхливої ріки (Всемирная, с. 52–65).
- Прообраз «національних економічних рахунків», причому з урахуванням природних факторів, з’явився в тій самій Стародавній Месопотамії ще в III тисячоріччі до н.е. Господарські архіви древніх держав містять численні документи «економічної звітності». У рамках державного обліку здійснювалося обмірювання сільськогосподарських полів, що відображалося в спеціальних земельних кадастрах, у яких вказувався не тільки перелік ділянок, але і якість оброблюваної землі, а також особливості місця її розташування (Там само, с. 54).

- Перша спроба трактування *поняття справедливості* на базі соціально-економічних відносин, у тому числі стосовно землі, між різними соціальними групами: власниками, рабами, найманими робітниками – здійснена в Старому Заповіті Біблії (Там само, с. 69).
- *Питання добробуту* прямо пов'язуються з прагненням і умінням проводити активну політику з розвитку землеробства і освоєння нових земель у священній книзі стародавніх персів «Авесті» (I тис. до н.е.). Якщо ж людина занедбає землю, її чекає бідність. Простежується і зворотний зв'язок: бідність призводить до запустіння земель, тому аскетизм прямо засуджується (Там само, с. 71–74).
- У трактатах стародавніх персів з'являються найважливіші компоненти, що формують благополуччя людського співтовариства. *Природа – першооснова добробуту суспільства; природно-антропогенні системи мають існувати нескінченно; «суспільство вільне від усякого гноблення».* Суспільство повинне забезпечити всім громадянам *вільний розвиток*. Саме ці якості закладав Мані у свою «Землю Світла» (Іран, III ст. до н.е.). «Усе прекрасне породжене землею: пагорби охайні, красиві, суцільно вкриті квітами рясними; дерева, плоди яких не падають, не гниють і не знають червоточини; джерела, які вічно виливають божественну вологу, що наповнює все царство Світла, луги і гаї; незліченні будинки і палаци... які існують нескінченно, від віку до віку... Земля Світла безмежна... вона вільна від найменшого гноблення, у ній немає нужденності і збитку, тут кожний пересувається як хоче, і живе за своєю вільною волею». (Там само, с. 75).
- *Гармонія інтересів поколінь* розглядається як економічна основа стійкості розвитку суспільства в працях Конфуція (Китай, VI–V ст. до н.е.) (Там само, с. 95).
- *Час починає розглядатися як економічна категорія: «Мудрість правителя – у помірності, умінні не віднімати в хлібороба час, необхідний для роботи на своєму полі»* (Мен-цзи, Китай, XVIII–XII ст. до н.е.) (Там само, с. 98).
- Висувається *концепція прогресивного розвитку суспільства*, здійснюється спроба пов'язати чисельність народонаселення з виробництвом матеріальних благ. Хань Фей вважав, що головна причина змін у суспільстві – зростання населення: «...у стародавності земних плодів і коренів було багато, оскільки людей було мало» (Китай, 233 до н.е.) – це сказано за 2000 років до Мальтуса і майже за 2200 років до Ріо-конференції, яка прийняла концепцію стійкого розвитку(!) (Там само, с. 103).
- *Необхідність відповідності знярядь праці характеру ґрунту* (Китай, 81 р. до н.е. – думка, що, на жаль, дотепер не сприйнята в нашій країні) (Там само, с. 104).
- *Ідея державного регулювання, ринкової економіки для цілей стійкого стану – майже дослівна фраза(!) із трактату «Гуань-цзи»* (Китай, IV ст. до н.е.) (Там само, с. 105).
- *«Щоб управляти землею, держава має знати її природні властивості».* Це не із сучасного підручника з сільського господарства, а з того ж Гуань-цзи. Там же рекомендується більш гнучко сформулювати податкову

систему: рівень «оподаткування має відповідати якості землі». Таким чином, йдеться про створення земельного кадастру (Там же, с. 105).

- «Загальна вигода і загальна любов», крім того «загальна користь — як сума окремих інтересів», напевне, обов'язково мають з'явитися в сучасних принципах стійкого розвитку, а поки що це рядки з трактату Мо Ді (Мо-цзи) (Китай, V ст. до н.е.) (Там само, с. 109).
- Розвиток особливої форми соціально-економічної і політичної організації суспільства-поліса (міста-держави) дозволяв ще в Стародавній Греції реалізовувати ідеї автономного управління локальними екосистемами («думати глобально — діяти локально») у межах федеральної держави (Греція, VII–VI ст. до н.е.) (Там само, с. 113).

Можна припустити, що багато з наведених вище ідей були сформульовані в умовах локальної екологічної кризи, яку переживало людське суспільство на той момент у даному куточку земної кулі. Однак кризу вдавалося перебороти, і людство надовго забувало про своє відкриття, поки не було змушене повертатися до нього знову з настанням нового екологічного конфлікту. Співзвучність тих чи інших ідей стародавності сучасним принципам стійкого розвитку пояснюється схожістю конфліктів між людиною і природою. Відмінності полягають у тому, що нинішній конфлікт набув форми глобальної екологічної кризи.

Біля витоків економічної науки

Засновники економічної науки. Якщо говорити безпосередньо про економічну науку, то більшість дослідників погоджується з думкою, що її начала слід шукати в працях давньогрецьких філософів, зокрема, Арістотеля (IV ст. до н.е.). Саме він є основоположником відразу двох концепцій поняття вартості: виходячи з *витрат праці* і на підставі суб'єктивних оцінок *корисності товару* (Аникин, 1979, с. 21–22). Обидва ці підходи надзвичайно важливі в питаннях формування економічної оцінки природних ресурсів.

Багатство природи — ця звична сьогодні фраза (яка тільки в наші дні набула економічного наповнення у формі вартісної оцінки природних ресурсів) — була вперше введена в науковий обіг гігантом середньовічної філософської думки Хомою Аквінським (1225–1274). Він вважав, що багатство поділяється на природне (наприклад, плоди землі) і штучне (золото і срібло). Земельна рента є мірою природного багатства (Костюк, 1997, с. 15).

«Труд є батьком багатства, а земля — його мати».

Важко знайти економічний підручник, який не цитує цю фразу Вільяма Петті (1623–1687). На жаль, протягом багатьох років це залишалося лише декорацією, блиск якої затьмарював геніальність відкриття, зробленого вченим. Суть його у відповідності й рівноправності природних і трудових факторів при формуванні вартості продукції. Це стає зрозуміло, якщо прочитати В. Петті більш уважно.

3 першоджерела

«Оцінку всіх предметів варто було б привести до двох природних знаменників – землі і праці. Нам слід було б говорити: цінність корабля або сюртука дорівнює цінності такої-то і такої-то кількості землі, такої-то і такої-то кількості праці, тому що і те і інше – і корабель, і сюртук – створені землею і людською працею» (Петті, 1940, с. 165). На жаль, проблема економічної оцінки природних факторів (землі) і рівного (нарівні з працею) їх урахування в економічній системі не вирішена і дотепер. Від успіху вирішення цього завдання значною мірою залежить успіх реалізації цілей стійкого розвитку.

Класична економічна школа. Витратною концепцією економічної оцінки природних ресурсів сучасна економічна школа зобов'язана класичній школі, засновниками якої називають Адама Сміта (1723–1790) і Давида Рікардо (1772–1823). Саме ця школа обґрунтувала концепцію трудової теорії вартості, відповідно до якої мінова вартість товару визначається витратами його виробництва, тобто рентою (яку платять за землю), прибутком, заробітною платою і ціною сировини. *«Заробітна плата, прибуток і рента суть три первинних джерела як усякого доходу, так і всякої мінової вартості»* (Смит, 1993). Саме на фундаменті класичної школи вже в наші дні була розвинута витратна концепція оцінки природних благ, дуже популярна в соціалістичних країнах.

3 першоджерела

Класична школа сформулювала також ще один вектор вартісної оцінки, який можна успішно застосовувати саме до природних ресурсів і на який, на жаль, мало звернули увагу неокласики. Цей вектор – ступінь дефіцитності. «Товари, яким притаманна корисність, отримують свою цінову вартість із двох джерел: своєї рідкості і кількості праці, яка потрібна для виробництва» (Рікардо, 1993).

З класичною школою пов'язані також К. Маркс і Т. Мальтус, які належать до найбільш відомих економістів.

3 першоджерела

К. Маркса, напевне, можна назвати економістом, якого найбільше цитували в країнах колишнього соціалістичного табору (що, втім, ще не є показником ступеня його дослідженості). Колись гучна риторика апологетики «єдино правильного вчення» змінилася на не менш інтенсивну кампанію з протилежним знаком. На жаль, і перше, і друге рідко сприяє усвідомленню істини. Цілком імовірно, найважливіші думки в працях Маркса ще мають бути досліджені. Не виключено, що деякі ідеї, що народилися, можливо інтуїтивно, в моменти прозріння і надовго випередили час, не були до кінця усвідомлені і самим автором. Хіба мала якийсь сенс у часи «основоположника» теза про «засоби виробництва суспільного користування»? Вона стала зрозумілою лише через сто років з появою інформаційної економіки. Тільки такий засіб виробництва, як *інформація*, невідомий в часи першого марксиста, надає можливість використовувати його одночасно нескінченній кількості виробників. Або до чого міг привести в ХІХ столітті заклик до *безкласового суспільства*? Після 1917 року світ зміг у цьому переконатися наочно. Разом з тим перспектива безкласового суспільства можлива тільки в межах концепції «*космічного корабля Земля*» і за формування основ інформаційного суспільства. Якщо зацікавлений читач зможе перебороти «алергію», пов'язану з ім'ям К. Маркса, він знайде дуже багато свіжих думок саме щодо проблематики стійкого розвитку (Маркс К., Енгельс Ф. Т. 3, с. 26–43; т. 20, с. 384–496; т. 23, с. 10, 515; т. 25, ч. 2, с. 337; т. 32, с. 45; т. 42, с. 92, 116–118).

Томас Роберт Мальтус (1766–1834) став першим економістом взагалі і представником класичної школи, у працях якого, зокрема, природні обмеження розглядалися як одні з основних факторів економічної системи. Мальтус висловив припущення, що за відсутності перешкод населення зростає в геометричній, а виробництво параметрів споживання – в арифметичній прогресії, що може призвести до кризи перенаселення і, висловлюючись сучасною мовою, соціальної та екологічної криз. Усі висновки основної праці Мальтуса «Досвід про закон народонаселення» – наслідок із цих припущень.

-
- Маркс писав про **ЗАСОБИ ВИРОБНИЦТВА СУСПІЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ** за 100 років до появи інформаційної економіки.
 - Мальтус уперше почав розглядати **ПРИРОДНІ ОБМЕЖЕННЯ** як фактор економічної системи.
-

У літературі докладно проаналізоване значення теорії Мальтуса як своєрідного застереження людству. Мальтус як представник класичної школи бачив шляхи вирішення зазначених суперечностей у пошуку стану економічної рівноваги. Мальтус часто стверджував, що він не є супротивником росту населення: «Вороги, з якими я борюся, суть порок і бідність. Заради ослаблення дій цих страшних супротивників я пропоную встановити між населенням і продовольством таке співвідношення, яке не викликало б боротьби між ними» (Мальтус, 1993). (Як не провести паралель зі стійким розвитком!)

Здобутки неокласичної та інституціональної шкіл

Неокласична школа, основоположниками якої були У. Дже-вонс (1835–1882), М. Вальрас (1834–1910) і К. Менгер (1840–1921) у даний час домінує в західній думці. Принципові позиції цієї школи, які відрізняють її від попередників, можна сформулювати таким чином:

- *концентрація на споживчій вартості товару* – саме переваги споживачів визначають обмін на ринку (у класичній школі визначальним фактором були витрати праці у виробника);
- *обмеженість ресурсів* – ресурси є обмеженими і в умовах конкуренції розподіляються між економічними суб'єктами; уперше для економічної теорії обмеженість стає не «екзотикою», як у Мальтуса, а звичайною, нормальною умовою економічного життя;
- *рівновага* – у центрі теорії – поведінка виробника, який максимізує свій прибуток, і споживача, який максимізує свою корисність від придбання благ;
- *неоднаковість вартісних оцінок різних одиниць одного й того самого товару* – кожна подальша (гранична/«маржинальна») одиниця товару відрізняється від попередньої витратами праці виробника і корисністю у споживача (класична школа спиралася на середні вартісні показники); саме це відкриття було назване «маржинальною революцією»; навіть у радянській науці, що в цілому ігнорувала «маржинальність» в економіці, вона використана в концепції замикаючих витрат на природні ресурси.

Таким чином, з деяким спрощенням можна сказати, що класична теорія економічного накопичення капіталу (зростання прибутку на капітал) була замінена концепцією загальної рівноваги в економічній структурі.

Аналізуючи першоджерела

З погляду формування екологічно обумовлених напрямків економічної теорії надзвичайно важливо те, що неокласики вирішили низку теоретичних питань, які підготували ґрунт для раціонального природокористування 1990-х. Основні з них наведені нижче.

- Поява поняття «*рівновага*» серед основних предметів вивчення економічної теорії.
- Відкриття Дж.Б. Кларком закону спадної *граничної продуктивності*, окремим випадком якої є «*закон віддачі*», або «*закон спадної родючості*», А. Маршалла. В інтерпретації Дж.Б. Кларка, який відкрив закон,

за незмінної капіталоозброєності завжди існує такий обсяг виробництва, при перевищенні якого гранична продуктивність праці починає знижуватися з кожним знову залученим працівником, і навпаки, при незмінній чисельності працюючих після досягнення певного оптимального рівня продуктивності гранична продуктивність праці може підвищуватися тільки завдяки росту капіталоозброєності. Фактично дане відкриття підготувало плацдарм для включення компонентів науково-технічного прогресу в теоретичні парадигми, які описують співвідношення людини і природи (Кларк, 1992).

- Зміна інтерпретації капіталу, включення в це поняття «людського капіталу» («здібності людини так само важливі, як засоби виробництва і будь-який інший вид капіталу») дозволила А. Маршаллу сформулювати закон зростаючої віддачі: «У той час як роль, яку відіграє у виробництві природа, виявляє тенденцію до скорочення віддачі, роль, яку відіграє в ньому людина, виявляє тенденцію до зростання віддачі. Закон зростаючої віддачі: збільшення обсягу витрат капіталу і праці звичайно зумовлює вдосконалення організації виробництва, що підвищує ефективність використання праці і капіталу» (Маршалл, 1993). Відкриття цього закону надзвичайно важливе для формування напрямів розв'язання суперечностей між виробництвом і природою.
- Поява принципово нового розділу економічної теорії (соціально-економічної динаміки), який характеризує процеси, що впливають на багатство і добробут людей за умови, коли суспільство змінює форму і способи діяльності (Кларк, 1992). Серед одного з п'яти видів змін, що destabilізують економіку, Дж.Б. Кларк називає збільшення населення. Таким чином, економічна наука формує передумови для врахування прийдешніх змін, які викликані поряд з іншими і екологічними причинами. У зв'язку з цим велике значення має наслідок так званого «принципу Парето»: коли економіка досягає оптимуму Парето (стан, при якому поліпшити становище будь-кого з учасників обміну неможливо без того, щоб не погіршити стану хоча б одного з інших), то подальше поліпшення будь-яких із важливих показників можливе тільки внаслідок глибокого структурного зрушення (Pareto, 1971)... Мимоволі хочеться додати: «Але не за рахунок експропріації, за принципом: «грабуй награвоване!».
- Включення в систему цілей розвитку економіки разом із традиційними економічними компонентами (дохід, прибуток) низки соціальних цінностей (вільний час, умови праці і відпочинку, можливості творчого розвитку та ін.). Зокрема, А. Маршалл прозорливо пов'язував збільшення значення вільного часу із зростанням темпів змін у навколишньому світі і підвищенням ролі творчої праці. Як три життєво необхідні речі для повної віддачі в праці він назвав «свободу, надію і зміни» (Маршалл, 1993). Значення цих факторів стане зрозумілим після 70-х років ХХ ст. у зв'язку з концепцією переходу від «ковбойської економіки» до «економіки космонавтів» і необхідності формування нової системи цінностей, пов'язаної з розвитком поняття «якість життя».
- Поставлено проблему досягнення соціальної справедливості шляхом перерозподілу доходів у суспільстві. Зокрема, Артур Пігу («Економічна теорія добробуту», 1924) пропонував державі скорегувати недосконалість ринкового механізму (наприклад, для запобігання роздуван-

ня цін монополіями) шляхом застосування системи економічних інструментів (податкових важелів, субсидій, кредитних механізмів, платежів, ін.) (Pigou, 1997). Слід зазначити, що подібну мету перерозподілу доходів для досягнення соціальної справедливості задовго до Пігу ставив К. Маркс і його послідовники, але засоби досягнення цієї мети знаходилися аж ніяк не економічні. Обидва ці досягнення «неокласицизму» – як мета, так і засіб – будуть належним чином оцінені екологами у 80–90-ті роки ХХ сторіччя. Еколого-економічний інструментарій буде взятий на озброєння в більшості країн. Досягнення соціальної справедливості стосовно природних благ стане однією зі складових стійкого розвитку.

Неокласики вперше органічно включили в економічну теорію ОБМЕЖЕННЯ, РІВНОВАГУ, ВИГОДУ СПОЖИВАЧА, ЗМІНИ і СВОБОДУ.

За винятком окремих фрагментів, екологічні фактори не були сприйняті неокласиками того періоду. Не будучи гармонічною складовою економічної моделі, екологічна компонента навіть «заважала» реалізації основних цілей, передбачених теорією.

Примітка

Зокрема, з погляду неокласичної економіки, зростання населення є надзвичайно позитивним фактором, тому що забезпечення повної зайнятості призводить до збільшення попиту, росту економіки внаслідок зростання ВВП на душу населення. Інакше кажучи, чим більше людей – тим більше споживання, а отже, виробництва. Процеси перенаселення, виснаження ґрунтів та інші пов'язані з ростом населення екологічні ефекти випадають з теорії, доводять очевидність її обмеженості використанням у короткострокових моделях.

Разом з тим, вважаючи необхідним збереження ринку як головного регулюючого механізму в суспільстві, неокласики вирішили найважливіші теоретичні питання, що підготували ґрунт для розвитку екологічно орієнтованих напрямків економічної науки.

Інституціоналізм. На початку ХХ століття на протипагу посиленню монополістичних тенденцій виник новий напрямок економічної думки, який дістав назву інституціоналізму, що можна розцінювати як своєрідну альтернативу неокласицизму. Якщо неокласики виходять з тези про досконалість ринкового механізму і саморегуляції економіки (що у свою чергу базується на пріоритеті економічних інтересів), то інституціоналізм рушійною силою економіки поряд з матеріальними стимулами вважає також духовні, моральні, правові та інші фактори (при

цьому різні інтереси не поділяються на первинні і вторинні і не протиставляються один одному).

Аналізуючи першоджерела

Представники інституціоналізму зробили свій внесок у формування передумов стійкого розвитку. Основні з них сформульовані нижче.

- Поява в системі мотивів діяльності *homo economicus* – «економічної людини» (визначення американського економіста Торстена Веблена в «Теорії дозвільного класу», 1899 р.) (Веблен, 1984) цілого комплексу неекономічних факторів (традиції, моральні норми, прагнення до престижу, ін.). Саме в силу цих неекономічних інтересів значна роль у регулюванні економічної діяльності належить інститутам, що здійснюють вплив на поведінку людини: держава, родина, моральні і правові норми. Ця теза належним чином оцінена сучасними «зеленими» інститутами: партіями, асоціаціями і навіть релігійними угрупованнями.
- Використання угод як засобів вирішення конфліктів між різними економічними суб'єктами і укладання угод. Причому, на думку Джона Коммонса («Інституціональна економіка», 1924 р.), учасниками домовленостей все частіше будуть виступати профспілки і союзи підприємців. Крім того, держава повинна виступати не тільки як арбітр, але і як сила, що змушує виконувати прийняті за договором зобов'язання. Ці положення є необхідними в наші дні, коли угоди стали однією з основних форм вирішення екологічних конфліктів як на міжнародному, так і на внутрішньонаціональному рівнях (Commons, 1931).
- Обґрунтування Р. Маррісом (Marris R. The Economic Theory of «Managerial Capitalism», N. Y., 1964) зміни основної мети управлінських структур корпорацій. Учений доводить, що головним для них є не максимізація прибутку, а «стійкий темп зростання», спрямований насамперед на збільшення активів. На думку Р. Марріса, мотиви керівників впливають на поведінку фірми ще більше, ніж характер ринку (Белл, 1999, с. 126).
- Включення довгострокових планів і централізованого макроекономічного регулювання в систему управління економічними суб'єктами. Ускладнення й укрупнення виробництва, на думку Джона Кеннета Гелбрейта («Нове індустріальне суспільство», 1961), сприяє розвитку довгострокового планування. Поведінка сучасної ринкової економіки усе більше визначається великими корпораціями, які випускають складну техніку: автомобілі, літаки, системи зв'язку, засоби обробки інформації. Тільки на основі чіткого довгострокового планування роботи можна заздалегідь укладати контракти на наукові і конструктивні розробки, постачання сировини і комплектуючих. Подібний підхід заклав основу екологічно орієнтованого планування, яке, у свою чергу, спиралося на розробку прогнозів і програм соціально-економічного розвитку (Galbraith, 1967).
- Формування гіпотези про перехід функції координації економічного управління суспільством до інтелектуального суспільного прошарку, так званої «техноструктури», до якої належать учені, фахівці з технологій, управлінці, фінансисти та ін. У вже згаданій роботі Гелбрейт висловив думку, що влада завжди переходить до того фактора виробництва, який найменш доступний і який найскладніше замінити. Спочатку це були

природні фактори (наприклад, земля, надра), потім капітал, а тепер «це сукупність людей, які мають різноманітні технічні знання, досвід, здібності, що необхідні для сучасної промислової технології і планування» (там само). Інакше кажучи, йдеться про **інформацію**. Цю ідею людство має ще належним чином оцінити в майбутньому, коли здатність інтелектуального потенціалу людства запобігти екологічній катастрофі набуде життєво важливої цінності (Там само).

ІНСТИТУЦІОНАЛІСТИ усвідомили ІНФОРМАЦІЙНІ
ФАКТОРИ як активну компоненту економічної системи.

Фізико-біологічні підходи в економіці

У зв'язку з формуванням цілей стійкого розвитку нового звучання набули праці вчених, пов'язані з обґрунтуванням оптимального екологічного навантаження виробничих структур на екосистеми, яке б відповідало несучій здатності або ємності останніх. Праці цього характеру мають велику історію (якоюсь мірою до них можуть бути віднесені вже згадані праці Мальтуса). Можливо, роль подібних досліджень зростатиме в міру загострення проблеми виживання землян у майбутньому. У тісному зв'язку з фізико-біологічною економікою знаходяться роботи українського вченого *С. Подолинського* (1850–1891) (наприклад, монографія «Праця людини і її відношення до розподілу енергії», 1880), який вивчав енергетичні потоки в сільському господарстві. Поєднання енергетичної і трудової теорії вартості було вагомим внеском *Подолинського* в розвиток знань.

3 першоджерела

Подолинський показав, що праця може збільшити акумулювання енергії на Землі, тобто врахування енергії в праці дало наукове обґрунтування трудової теорії вартості. *Подолинський* визначив, що людина має здатність переводити в мускульну роботу 20% енергії, отриманої нею з їжі, тобто ККД людини більше, ніж парової машини. Таким чином, *Подолинський* довів можливість визначити необхідні мінімальні умови для виживання людини на Землі за допомогою аналізу енергетичних потоків і підвищення ККД використання енергії. За *Подолинським*, мета трудової діяльності – збільшити акумулювання сонячної енергії на Землі, а не просто трансформувати в роботу вже акумульовану (заощаджену) на Землі енергію (як у випадку використання, наприклад, енергії вугілля, частина якої неминуче розсіюється в просторі). Зокрема, *Подолинський* визначив «працю як таку витрату мускульної сили людини або використаних людиною тварин і машин, результатом якої є збільшення енергії Сонця, що акумулюється на Землі» (*Подолинський*, 2000).

Збільшення ВІЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ на Землі – призначення людства.

У формуванні сучасної концепції стійкого розвитку значною є роль наукової спадщини іншого українського вченого В.І. Вернадського (1863–1945) (Вернадский, 1975, 1977).

3 першоджерела

Вернадському належать думки про геологічну роль живої речовини і людської діяльності в еволюції Землі внаслідок збільшення активної енергії, яка накопичується біосферою: «Людство в цілому стає потужною геологічною силою...».

У концепції «ноосферного розвитку» Вернадським фактично було визначено завдання формування стійкого розвитку і відповідальності людства за перебудову «біосфери в інтересах вільно мислячого людства як єдиного цілого» («Несколько слов о ноосфере», 1944).

Великим ученим сформульована і головна умова забезпечення «ноосферного розвитку», яка ще не до кінця усвідомлена сучасною наукою, – забезпечення «автотрофності людства». Це означає можливість людини самостійно виробляти всі життєво необхідні їй ресурси (включаючи їжу), синтезуючи з неорганічних сполук органічні речовини та використовуючи енергію сонця або енергію хімічних реакцій (стаття «Автотрофность человечества», 1925).

У 1970-ті роки широкої популярності набувають праці Говазда і Елізабет Одум про енергетичну концепцію вирішення екологічних суперечностей (наприклад, Е. Одум «Стратегія екосистемного розвитку», Odum, 1976; Одум и др., 1978).

3 першоджерела

У роботах Г. і Е. Одум цього періоду викладається економічна сутність енергетичних процесів, принципів розвитку, оцінюється роль і вплив енергії на життя людства, на стан природного середовища. Учені ще в середині 1970-х років сформулювали концепцію стійкої економіки: «Стійкому стану економіки притаманні свої специфічні характеристики – скорочення робочого часу, соціальна взаємодія і надання людині всіх можливостей для відновлення своїх сил».

У 1996 році вийшла нова робота Генрі Одума «Екологічний облік: енергія і прийняття рішень у галузі навколишнього середовища». Досліджуючи нову характеристику – «емергію» (пишеться через букву «м» і символізує «енергетичну пам'ять» – *energy memory*), матеріалізовану у виробничих товарах енергію, – учений аналізує трансформаційні процеси в екологічних системах (Odum, 1996).

Одним із перших, хто звернув увагу на проблему зміни економічної парадигми з метою вирішення екологічної проблеми

виживання людства, напевне, можна вважати американського економіста Кеннета Боулдінга. У 1972 році, за 20 років до конференції в Ріо, він опублікував статтю «Економіка майбутнього космічного корабля Земля» (російською мовою роботу перекладено в 1977) (Боулдинг, 1977). Завдання, яке було сформульоване Боулдінгом, полягає в переході від «ковбойської економіки» до «економіки космонавтів».

3 першоджерела

К. Боулдинг характеризував назріваючу якісну зміну виробництва як перехід від економіки, що побудована за принципом відкритої системи, до економіки, яка працює в режимі замкненої системи, або, як її називає автор, «економіки космонавтів». Відкрита система має необмежені запаси сировини і «резервуари відходів», які здатні приймати відходи в необмеженій кількості. Цей тип економіки автор називає «ковбойським», тому що саме це слово асоціюється з безкраїми рівнинами, безрозсудним і споживацьким способом життя.

В «економіці космонавтів», подібно до космічного корабля, «усі джерела і резервуари мають певні межі як на вході (вихідні ресурси), так і на виході (утилізація відходів)». Основний показник успіху відкритої економіки – її пропускна здатність, тобто обсяг матеріально-енергетичної маси товарів, які вона переводить з ресурсів у відходи. Приблизна міра пропускної здатності – валовий національний продукт (ВНП).

На відміну від відкритої економіки «в «економіці космонавтів» пропускну здатність в жодному разі не слід розглядати як позитивний фактор, і варто було б прагнути скоріше до її скорочення, ніж до її збільшення. Основною оцінкою успіху економіки буде не виробництво і споживання, а природа, тобто величина, якість і складність загального основного фонду, який включає фізичний і моральний стан людини, що є частиною системи» (Боулдинг, 1977).

Перехід від КОВБОЙСЬКОЇ ЕКОНОМІКИ до ЕКОНОМІКИ КОСМОНАВТІВ – одна з передумов стійкого розвитку.

За рік до згаданої статті Боулдінга вийшла робота Георгежу-Роеджена (Georgescu-Roegen, 1971), яка розвиває концепції інтеграції природних і суспільних наук в обґрунтуванні напрямків розвитку. Зокрема, автор запропонував застосувати закони фізики до економіки через біофізичні обмеження економічної діяльності. Пізніше даний підхід був поширений і на етичні обмеження: справедливість між поколіннями і справедливість у відносинах між мешканцями різних регіонів планети.

Серед учених, внесок яких у розвиток зазначених проблем слід розглянути, не можна не згадати ім'я видатного російсько-го вченого-енциклопедиста радянської епохи М.Ф. Реймерса.

3 першоджерела

Своєрідним запереченням прихильникам «необмеженого прогресу» за рахунок виробництва енергії є *шість екологічних обмежень* («порогів») Реймерса, три з яких пов'язані з впливом на енергетику Землі (Реймерс, 1990) (докладніше див. у наступному розділі).

Основний науковий внесок М. Реймерса полягає в тому, що він пов'язав у єдину екологічну систему природу, суспільство та економіку. У цій системі будь-який компонент природного світу (за Реймерсом, «*інтегрального ресурсу*») стає істотним компонентом економічної системи. І навпаки, економіка перетворюється з надсистеми в ланку замкнутого інтегрального середовища. З цією метою в 1970–1980-ті роки Реймерс систематизував 240 гіпотез, законів, правил, принципів, зробив майже 250 узагальнень (Реймерс, 1994). Однак головне відкриття ученого людство, напевно, має оцінити в майбутньому. Основний природний ресурс – *інформація*. Саме вона визначає швидкість і шляхи соціально-економічного розвитку людства.

За Реймерсом, «*інформація – один з найважливіших природних ресурсів і одночасно суспільних надбань, оскільки весь розвиток людства – результат освоєння і переробки інформації, яку одержує з навколишнього середовища і накопичує суспільство*» (Реймерс, 1980).

Своєрідною програмою для людства є сформульовані Реймерсом етапи зміни співвідношень між економічними та екологічними цілями:

Економічні цілі без екологічних обмежень;
економічні цілі з екологічними обмеженнями;
екологічні цілі з економічними обмеженнями;
екологічні цілі без економічних обмежень.

Який із шляхів розвитку економіки відповідає даній формулі – людство дасть відповідь у майбутньому.



Розділ 15

Закономірності екосистемного регулювання



Закономірності функціонування організму та взаємодії між організмом і середовищем

Вивчення закономірностей взаємодії між організмом і середовищем поклало початок нової науки – екології, яка зародилася в глибинах біології. Щоб підійти до осмислення зазначених закономірностей, треба зрозуміти кілька базових моментів. Розглянемо їх за допомогою схеми (рис. 15.1).

1. Будь-який організм є відкритою стаціонарною системою, яка може існувати, лише підтримуючи певний рівень свого *гомеостазу* (тобто відносно стабільного інтервалу параметрів свого стану). Щоб це відбувалося, організм повинен постійно здійснювати *метаболізм*, тобто обмін речовинами, енергією та інформацією:

- по-перше, між організмом і зовнішнім середовищем;
- по-друге, між клітинами всередині самого організму.

2. Зовнішнє середовище – це не якась аморфна маса. Воно саме є певним ієрархічним рівнем іншої відкритої стаціонарної системи – екосистеми. Екосистема теж має свій певний рівень *гомеостазу* (тобто відносно вузький інтервал потоків речовини, енергії та інформації, які через неї проходять). Він визначається складом екосистеми: набором і кількістю біологічних видів (тварин і рослин) та неживої речовини (мінералів, води, газів тощо), у якій відбуваються процеси відтворення екосистеми.

3. Організм, що розглядається, є не якимось зовнішнім об'єктом, а активним компонентом екосистеми, до якої він належить і яка є для нього зовнішнім середовищем. Взаємодія між організмом і зовнішнім середовищем полягає в тому, що:

- по-перше, організм є, умовно кажучи, *суб'єктом* впливу, тобто своєю діяльністю він сприяє зміні стану екосистеми;
- по-друге, організм є *об'єктом* впливу середовища, яке діє на організм, сприяючи зміні його стану або поведінки.

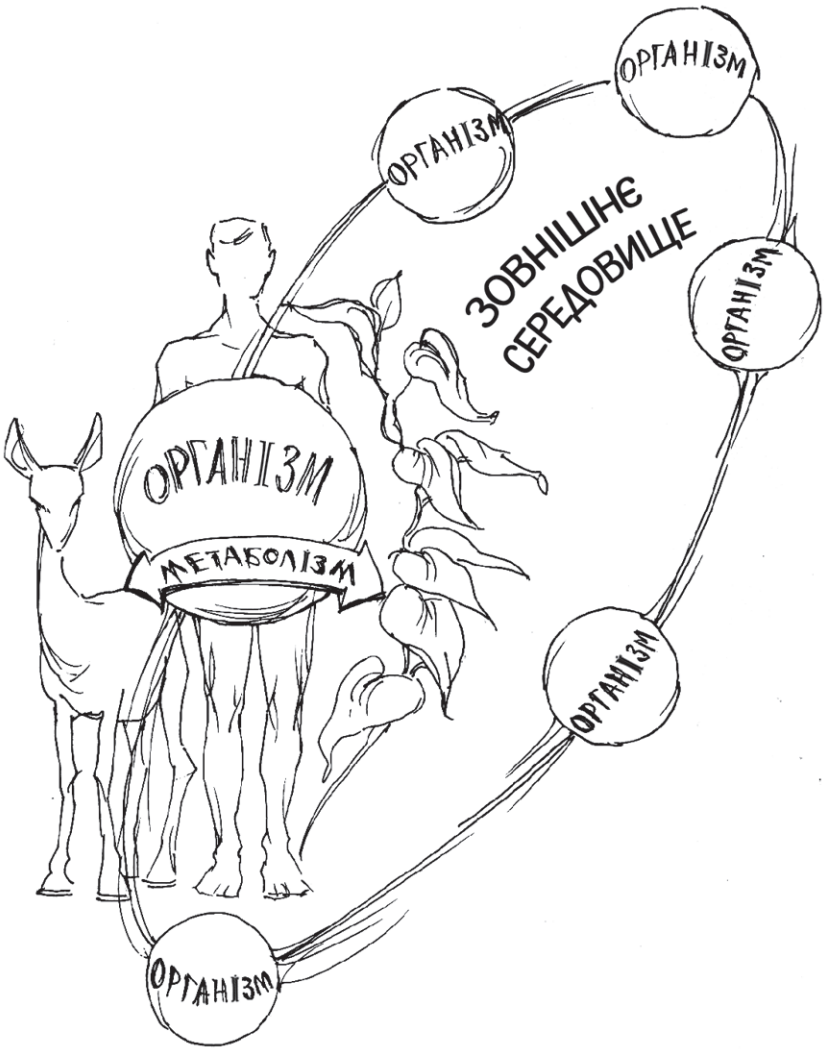


Рис. 15.1. Схема реалізації зв'язків між організмом і зовнішнім середовищем

Таблиця 15.1. Зміст основних закономірностей, що характеризують процеси функціонування організму та взаємодію між організмом і зовнішнім середовищем

Назва	Формулювання (зміст)
1	2
Закономірності функціонування і адаптації організмів	
Правило екологічної індивідуальності (Л.Г. Раменського)	Кожний вид є специфічним за екологічними можливостями адаптації. Двох ідентичних видів не існує; кожна особина має еколого-генетичну специфіку та індивідуальність – відмінність лише в кількісних чинниках
Аксиома адаптованості (екологічна аксіома Ч. Дарвіна)	Кожний вид – адаптований лише до певної, специфічної для нього сукупності умов існування – екологічної ніші
Екологічне правило (С.С. Шварца)	Кожна зміна умов існування прямо чи опосередковано викликає відповідні зміни в способах реалізації енергетичного балансу організму
Теорема (афоризм) про “харчування” організму від’ємною ентропією (Е. Шредінгера)	Упорядкованість організму (особини) вища, ніж навколишнього середовища, і він (організм) віддає в це середовище більше неупорядкованості, ніж отримує
Теорема збереження впорядкованості (І.Р. Пригожина)	У відкритих стаціонарних системах ентропія не збільшується – вона падає доти, доки не досягає мінімальної сталої величини, яка завжди більша нуля
Принцип Ле Шательє – Брауна	При зовнішній дії, що виводить систему зі стану стійкої рівноваги, ця рівновага зміщується в тому напрямку, де ефект зовнішньої дії послаблюється
Теорема (афоризм) Хааса	Організм живиться негативною ентропією, тобто енергетична цінність їжі вища, ніж продуктів дисиміляції (тобто відходів). Або: організм існує доти, доки має позитивний енергетичний баланс
Закон відносної незалежності адаптації	Висока адаптивність до одного з екологічних факторів не забезпечує такого самого ступеня пристосованості до інших умов життя (навпаки, вона може обмежувати ці можливості залежно від фізіолого-морфологічних особливостей організму)
Енергетичне правило поверхонь	Відношення кількості тваринного тепла, що продукується особиною, до одиниці площі поверхні її тіла приблизно однаково; відношення продукованого особиною тваринного тепла до одиниці площі її тіла (відносна тепловіддача у всіх організмів збільшується зі зменшенням розмірів організмів)
Загальні закономірності системи “організм – середовище”	
Закон єдності організму і середовища	Життя розвивається внаслідок постійного обміну речовиною та інформацією на основі потоку енергії в сукупній єдності середовища і організмів, що його населяють
Принцип екологічної відповідності	Форма існування організму завжди відповідає умовам його життя

Продовження таблиці 15.1

1	2
Правило відповідності умов середовища мешкання генетичній обумовленості організму	Вид організмів може існувати доти і настільки, наскільки навколишнє середовище відповідає генетичним можливостям пристосування цього виду до коливань і змін
Закон максимуму біогенної енергії (ентропії) (В.І. Вернадського – Е.С. Бауера)	Будь-яка біологічна або біокосна (з участю живого) система, перебуваючи в рухомій (динамічній) рівновазі з навколишнім середовищем і еволюційно розвиваючись, посилює свій вплив на середовище. Її тиск зростає доти, доки не буде обмежений зовнішніми факторами (надсистемами або іншими конкурентами того самого рівня ієрархії) або відбудеться еволюційно-екологічна катастрофа (організм руйнує власне середовище, вимирає, біоценоз порушується і якісно змінюється)
Закон тиску середовища мешкання, або обмеження росту (Ч. Дарвін)	Нащадки однієї будь-якої без винятку пари особин, розмножуючись у геометричній прогресії, намагаються заповнити всю земну кулю, але існують обмеження, які не допускають цього явища. Саме ці обмеження настільки впорядковані, що дають можливість сформулювати значну кількість правил, принципів і законів
Закон сукупної (спільної) дії факторів, або закон ефективності (Е. Мітчелліха – Б. Бауле – А. Тінемана)	Взаємозв'язок екологічних факторів та їх взаємне посилення і ослаблення визначають їх дію на організм і успішність його життя. При цьому важливі не тільки дії ззовні, але й фізіологічний стан організму. (Сукупність факторів діє сильніше за все на ті фази розвитку організмів, які мають мінімальну здатність до пристосування.)
Закон обмежувальних (лімітуючих) факторів (Ф. Блекмана)	Фактори середовища, які мають в конкретних умовах песимальне (найгірший поріг дії фактора) значення, особливо утруднюють (обмежують) можливості існування в даних умовах, усупереч і незважаючи на оптимальну сукупність інших окремих умов
Закон толерантності (В. Шелфорда)	Лімітуючим фактором розвитку організму (виду) може бути як мінімум, так і максимум екологічної дії, а діапазон між ними визначає величину витривалості (толерантності) організму до даного фактора
Правило Геодекяна	Жіночий організм більш чутливий до факторів середовища в ході еволюції виду, ніж чоловічий, а чоловічий – до індивідуальних факторів впливу
Закон рівнозначності всіх умов життя	Усі умови середовища, що необхідні для життя, відіграють рівнозначну роль
Окремі закономірності в системі “організм – середовище”	
Закон(и) мінімуму (Ю. Лібіха)	Будь-який фактор, який є в дефіциті, визначає успішність життя, або: успішність росту і величина врожаю с/г рослини залежить від речовини, яка міститься в ґрунті в мінімумі порівняно з іншими необхідними речовинами, або: витривалість організму визначається найбільш слабкою ланкою в ланцюгу його екологічних потреб, або: життєві можливості організму лімітуються екологічними факторами, кількість і якість яких наближається до необхідного організмові мінімуму

Продовження таблиці 15.1

1	2
Правило взаємодії факторів, або закон відносної компенсації факторів (Е. Рюбеля)	Дефіцит певного фактора може бути у відносних межах компенсований дією іншого фактора (наприклад, нестача світла при фотосинтезі може компенсуватися підвищеною концентрацією CO ₂ – фактично ж компенсується зменшення інтенсивності процесу фотосинтезу підвищенням концентрації вихідної сировини)
Правило заміщення екологічних умов (В.В. Альохіна)	Будь-яка умова зовнішнього середовища до певної міри може замінюватися іншою (наприклад, макрокліматична дія може компенсуватися біокліматичною – вічнозелені види ростуть під захистом верхніх ярусів рослинності)
Закон (правило) фазових реакцій	Малі дози токсичної речовини діють як стимулятор, а великі концентрації пригнічують організми або викликають їх загибель

На дію (зміну стану) зовнішнього середовища організм може реагувати двома шляхами:

- а) *адаптаційним*, коли організм, використовуючи механізми зворотного зв'язку (негативного або позитивного), пристосовується до змін довкілля, зберігаючи себе як біологічну сутність;
- б) *біфуркаційним*, коли організм використовує можливості пристосування до змін довкілля свого біологічного виду в майбутніх поколіннях (завдяки реалізації механізмів мінливості, спадковості, добору в майбутніх поколіннях).

Закономірності екосистемного регулювання були систематизовані видатним російським ученим-енциклопедистом М.Ф. Реймерсом (Реймерс, 1990, 1994) за такими ключовими напрямками:

- утворення систем (13 законів, аксіом, принципів, правил);
- внутрішній розвиток систем (12);
- термодинаміка систем (9);
- ієрархія систем (5);
- відношення «система – середовище»(8);
- фізико-хімічні та молекулярно-біологічні основи існування живого (9);
- розвиток біосистем (7);
- адаптація біосистем (5);
- функціонування системи «організм – середовище» (21);
- розвиток популяції (21);
- географія видів (23);
- розповсюдження співтовариств (11);
- енергетика біоценозів (10);

- утворення і функціонування біоценозів (23);
- утворення і функціонування екосистем (9);
- динаміка екосистем (10);
- біосферне регулювання (14);
- еволюція біосфери (13).

Зміст деяких із зазначених закономірностей, що характеризують процеси функціонування організму та особливості взаємозв'язків між організмом і середовищем, показані в табл. 15.1.

Закономірності утворення і функціонування екосистем

Як було зазначено вище, зовнішнє для будь-якого організму середовище виступає теж як самостійна відкрита стаціонарна система, яка функціонує за своїми власними закономірностями.

Екосистема – це сукупність співтовариства живих організмів та їхнього середовища мешкання, об'єднаних у єдине функціональне ціле, що утворюється на основі взаємозалежності і причинно-наслідкових зв'язків, які утворюються між окремими екологічними компонентами (Реймерс, 1990).

Таким чином, в екосистемі органічно поєднуються біологічні (живі) і косні (геологічні) компоненти.

М.Ф. Реймерс згадував понад 35 закономірностей, які характеризують процеси, що відбуваються в екосистемах. Основні з них показано в табл. 15.2.

Таблиця 15.2. Закономірності функціонування екосистем

Назва	Вид
1	2
Популяційні закони	
Правило об'єднання в популяцію (С.С. Четверикова)	Унаслідок того, що будь-яка популяція має певну генетичну, фенотипічну, статтевікову та інші структури, вона не може складатися з меншої кількості індивідів, ніж необхідно для забезпечення стабільної реалізації цієї структури і стійкості популяції до факторів зовнішнього середовища. Вихід за межі мінімуму загрожує популяції загибеллю: вона буде не спроможна самовідновитися
Закон (правило) популяційного максимуму (Ю. Одум)	Абсолютна кількість особин популяції обмежена добутком максимуму густоти популяції на життєпридатну для популяції площу мешкання
Теорія лімітів популяційної чисельності (Х.Г. Андреварті – Л.К. Бірча)	Чисельність природної популяції обмежена виснаженням (вичерпанням) харчових ресурсів і умов розмноження, недоступністю цих ресурсів і надто коротким періодом прискорення росту популяції

Продовження таблиці 15.2

1	2
Правило харчової кореляції (В. Уїні – Едвардса)	У ході еволюції виживають тільки ті популяції, швидкість розмноження яких скорельована з кількістю харчових ресурсів середовища мешкання
Принцип скупчення (агрегації) особин (В. Оллі)	Скупчення (агрегація) особин посилює конкуренцію між індивідами, але сприяє виживанню групи в цілому
Теорема (принцип) А. Ніколсона	Популяції є стабільними системами, які здатні протидіяти факторам зовнішнього середовища і контролювати ці фактори (компенсувати зміни) змінами своєї густоти населення
Розповсюдження видів у межах ареалу	
Принцип екологічної індивідуальності видів	Кожен вид просторово розповсюджений відповідно до своїх генетичних, фізіологічних та інших біологічних особливостей і має глибоко специфічні відносини з факторами середовища, у тому числі з іншими видами
Принцип екологічної компліментарності	Усі компоненти будь-якої екосистеми настільки тісно пов'язані один з одним, що складають єдине цілісне функціональне утворення. Тобто окремих компонент не може існувати незалежно від інших. Складові частини екосистеми пов'язані харчовими відносинами, взаємно доповнюють одна одну і одночасно залежать одна від одної
Закон життя (Ю.М. Куражковського)	Постійне існування організмів у будь-якому обмеженому просторі можливе лише в екологічних системах, усередині яких відходи життєдіяльності одних видів організмів утилізуються іншими видами
Закон збереження життя	Життя може існувати лише в процесі руху крізь живе тіло потоку речовини, енергії та інформації. Припинення руху в цьому потоці припиняє і життя
Закон односпрямованості потоку енергії	Загальний енергетичний потенціал продуцентів (зелених рослин), поступово просуваючись по харчових ланцюгах від консументів першого порядку до кінцевого хижака, розсіюється при диханні або разом з біомасою передається на кожну наступну ланку. Редуценти отримують найменшу кількість енергії і передають на початкову ланку продуцентам лише 0,25–0,35% від початкової кількості
Закон динамічної рівноваги	Речовина, енергія, інформація і динамічні якості окремих природних систем (у тому числі й екосистем) та їх структури взаємопов'язані настільки, що будь-яка зміна одного з показників викликає супутні функціонально-структурні кількісні і якісні зміни, зберігаючи загальну суму речовинно-енергетичних, інформаційних і динамічних властивостей систем, де такі зміни відбуваються

1	2
Закон екологічної кореляції	Усі живі і неживі компоненти екосистеми функціонально відповідають один одному – зникнення одного з них безумовно спричинить виключення із системи інших, тісно з ним пов'язаних. Виникають функціональні зміни, які спрямовані на компенсування таких змін і втримання динамічної рівноваги екосистеми. Місце компонента, що випав, займає інший компонент, привносить в екосистему нові біотичні та абіотичні зв'язки
Правило оптимальної компонентної доповнюваності	Жодна екосистема не може самостійно існувати при будь-яких штучно створених значному і постійному надлишку або нестачі одного з екологічних компонентів. Такий надлишок або нестача завжди визначається «нормою», яка забезпечує стан рівноваги екосистеми, склалася протягом тривалої еволюції та не порушує загального балансу систем більш високого порядку

Закономірності зміни екосистем

Однією з важливих особливостей екосистем є динамічність. Будь-яка екосистема перебуває в постійному русі, весь час відтворюючи свій стан у просторі та часі шляхом постійної мінливості величезної кількості факторів, у тому числі біологічних видів, які утворюють дану екосистему, кількісних показників популяції, зв'язків між особинами та видами тощо. Ще раз підкреслимо, що будь-яка екосистема – це відкрита стаціонарна система, яка весь час взаємодіє з факторами зовнішнього середовища. Вона має свій гомеостаз, який визначається станом стійкої, тобто відносно незмінної рівноваги. Але ця рівновага має динамічний характер, тобто підтримується за допомогою постійної мінливості живої речовини.

Відносна стабільність стану екосистеми спостерігатиметься лише в певному діапазоні умов. Якщо навіть один із факторів виходить за межі своєї дії, то екосистема починає змінюватися. Одні види зникають (або зменшують свою кількість), інші – з'являються (або збільшують свою присутність). Відповідно перебудовуються трофічні (харчові) зв'язки між видами. Такі перебудови – трансформації – називають *сукцесіями*. *Первинними сукцесіями* називають формування систем на стерилізованій території, наприклад, після виверження вулкану, тривалих пожеж тощо. *Вторинні сукцесії* виникають при заміщенні попередніх, а також унаслідок змін умов середовища природним або

Таблиця 15.3. Закономірності динаміки екосистем

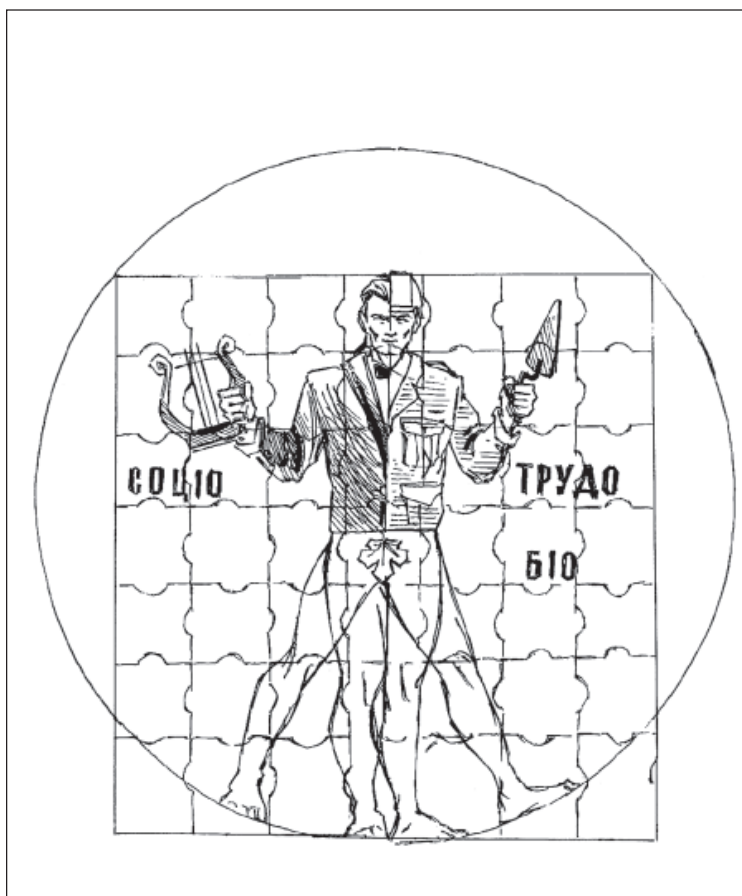
Назва	Зміст
1	2
Принцип сукцесійного заміщення	На життєвому просторі, де є харчовий субстрат, угруповання живих організмів поступово формують ряд екосистем, які зрештою переходять у стан клімаксу, тобто відносно стійкої рівноваги, де процеси асиміляції врівноважені деструктивними процесами
Закон послідовності проходження фаз розвитку	Фази розвитку природної системи можуть слідувати лише в еволюційно закріпленому (історично та екологічно обумовленому) порядку, звичайно від відносно простого до складного, як правило, без випадання проміжних етапів (але, можливо, з дуже швидким їх проходженням); закон є логічним наслідком діалектичної історичності природи: ніщо не може спершу вмерти, а потім народитися. Зокрема, щоб виростити хвойний ліс, необхідно, щоб попередньо відбулася певна зміна лісових культур
Закон сукцесійного уповільнення	Процеси, що відбуваються в зрілих екосистемах, мають тенденцію до уповільнення темпів
Правило сукцесійного моніторингу	Чим глибше порушення середовища певного простору, тим на більш ранніх стадіях завершується сукцесія
Закон еволюційно-екологічної необоротності	Екосистема, що втратила частину своїх елементів або замінила їх на інші, не може повернутися до попереднього стану. При винищенні одного або кількох видів екосистема практично не може відновити попередній стан, оскільки ті види, що залишилися, утворюють нові зв'язки, у них формуються нові адаптації
Закон упорядкованості заповнення простору і просторово-часової визначеності	Заповнення простору всередині природної системи через взаємодію між її підсистемами впорядковано таким чином, що дає можливість досягти стаціонарного стану системи з мінімальними суперечностями між частинами всередині неї. Це унеможливає тривале існування "непотрібних" природі випадковостей, у т.ч. створених людиною
Принцип системної доповнюваності	Підсистеми однієї природної системи у своєму розвитку забезпечують передумову для успішного розвитку і саморегуляції інших підсистем, які входять в ту саму систему
Закон самоконтролю і саморегуляції живого (четвертий закон екодинаміки Ю. Голдсмита)	Живі системи і системи під управлінським впливом живого здатні до самоконтролю і саморегулювання в процесі адаптації до змін у навколишньому середовищі. Голдсміт інтерпретує його і стосовно до життя суспільства
Правило автоматичного підтримання глобального середовища мешкання (впливає з біохімічних принципів В.І. Вернадського)	Жива речовина в ході саморегуляції та взаємодії з абіотичними факторами автоматично підтримує середовище мешкання, придатне для її розвитку

Продовження таблиці 15.3

1	2
Закон мінімуму дисипації (розсіювання) енергії (Л. Онсагера)	За ймовірного розвитку процесу в певній множині напрямків, допустимих початками термодинаміки, реалізується той, який забезпечує мінімум дисипації енергії (або мінімум зростання ентропії)
Закон історичного розвитку біологічних систем (Е. Бауера)	Розвиток біологічних систем є результатом збільшення їхньої зовнішньої роботи, впливу цих систем на середовище
Принцип перервності і неперервності розвитку біосфери	Процес повільної еволюційної зміни організмів закономірно переривається фазами бурхливого розвитку і вимирання практично без перехідних форм. Спостерігається каскадний процес "еволюції еволюцій" на кожному рівні ієрархії природних систем. Діє лінгвістичний принцип С.Е. Шноля для генетичного рівня біосистем: йде відбір не "букв", а "слів" і "речень" – ієрогліфів та їх сполучень, які визначаються більш високою ієрархічною системою. У цьому разі природний добір йде серед природних систем, потребуючи значно менше часу. Подібний касетний бігеоієрархічний принцип в еволюції міг викликати прискорення в її ході. Не виключено, що вони були настільки значні, що проміжних форм практично не існувало. Еволюція йшла як "масова хвороба" – одночасно з'являлося багато однакових мутантів
Правило збільшення інтеграції біологічних систем (І.І. Шмальгаузена)	Біологічні системи в процесі еволюції стають більш інтегрованими (взаємопов'язаними), набуваючи все більш розвинених регуляторних механізмів, щоб забезпечити таку інтеграцію

штучним шляхом. Основний зміст закономірностей, яким підпорядковується динаміка екосистем, наведено в табл. 15.3 (Реймерс, 1990, 1994).

Поява в природі людини як соціальної сутності, значно змінює характер процесів, що відбуваються в біосфері та її екосистемах. Залишаючись біологічної істотою та об'єктом біосфери (а отже, підкоряючись усім наведеним закономірностям), людина набуває надзвичайної сили як суб'єкт природи, який діє на довкілля, надзвичайно швидко змінюючи властивості екосистем і характер процесів метаболізму в біосфері.



Розділ 16

*Системна сутність
людини і функції
природи*



Триєдина системна сутність людини

Перш ніж перейти до розгляду функцій природного середовища, слід відзначити своєрідну триєдність самої людини:

- людина як біологічна істота – фізіологічний організм – є частиною природного середовища;
- людина як суспільна сутність – особистість – є частиною суспільства, елементом соціальної природи;
- людина як трудовий фактор – робоча сила – є компонентом економічної системи.

Природні фактори стосовно людини виконують функції, які умовно можуть бути поєднані в чотири основні групи¹ (рис. 16.1).

1. *Фізіологічні функції* підтримують життя людини як біологічного організму («біо-людини»).
2. *Соціальні функції* забезпечують формування людини як особистості («соціо-людини»).
3. *Економічні функції* визначають діяльність економічної системи, у тому числі відтворення людини як трудового ресурсу («трудо-людини»).
4. *Екологічні функції* формують, регулюють і підтримують стан екосистеми, у якій живе людина.

Хоча три людини (біо-, соціо-, трудо-) існують в одному тілі, вони значною мірою відрізняються за своїми життєвими потребами, функціями і мотивами життєдіяльності.

¹ Існують також інші підходи до класифікації функцій природи. Наприклад, Rudolf S. De Groot (De Groot, 1992) поєднує їх у чотири групи: функції регулювання (16 одиниць), у тому числі регулювання хімічного складу атмосфери, енергобалансу, клімату, підтримання рівноваги тощо; функції підтримання (5 – забезпечують середовище людини, це житлові, сільськогосподарські умови, енергоперетворення, реакція людини, природозахисні властивості); продуктивні функції (11 – виробництво кисню, води, палива, сировини та матеріалів, генетичної інформації, орнаментних ресурсів тощо); інформаційні функції (5 – джерело естетичної, духовної, історичної, культурної та культурно-освітньої інформації).

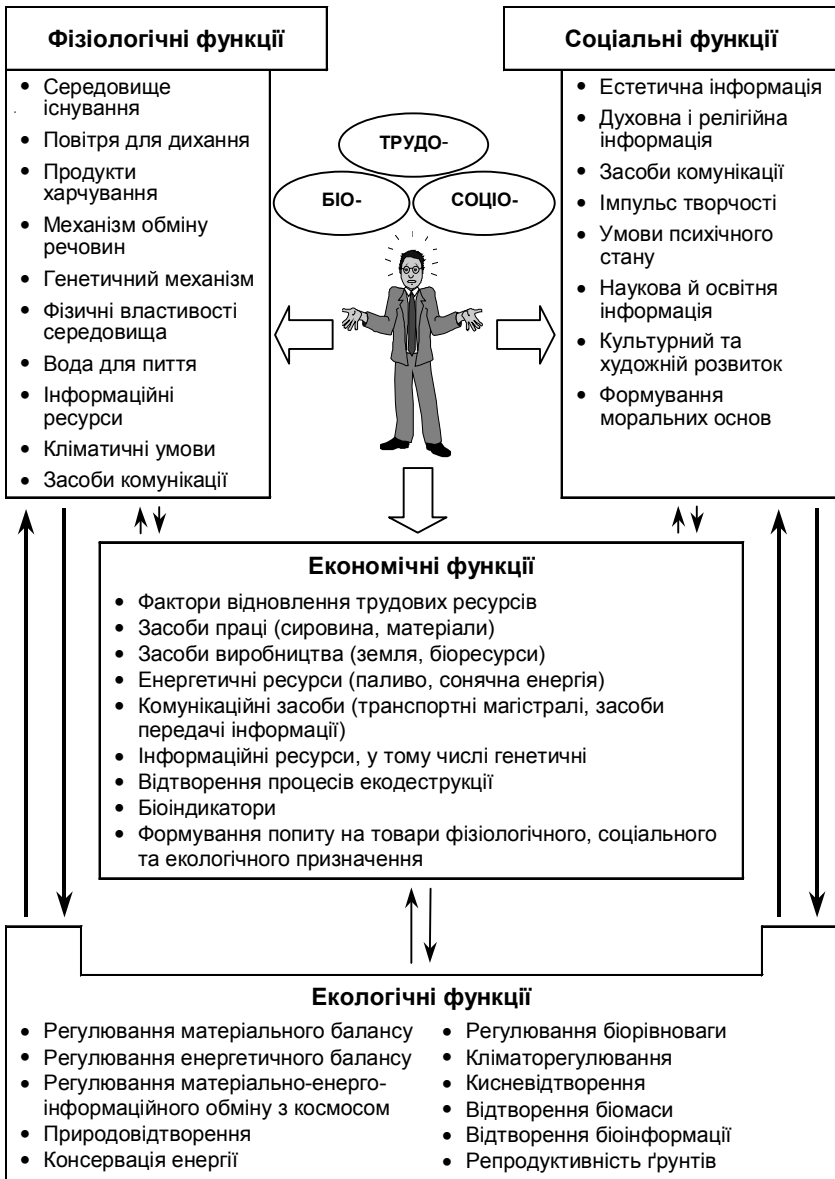


Рис. 16.1. Функції природи

Потреби «*біо*-» спрямовані на задоволення потреб у їжі, воді, повітрі для дихання, можливості продовжувати свій рід, фізіологічному комфорту (температура, тиск, вологість, ін.) Потреби «*соціо*-» пов'язані з формуванням особистості і реалізацією соціальних інтересів. Потреби «*трудо*-» обумовлені досягненням певних економічних цілей (максимізації прибутку, зниження витрат, збільшення продуктивності праці).

Напевно, кожний не вагаючись може назвати відмінності у функціях і мотивах діяльності людини. Фізіологічну людину підштовхують страх, голод, інші закладені в ній інстинкти: людиною «соціо-» керують обов'язки, прагнення до самовираження, суспільне визнання та ін.; мотиви людини «трудо-» – прагнення отримати вигоду, зробити кар'єру тощо.

Безумовно, це дуже спрощена схема, адже описана тріада – це не просто сума складових, але надзвичайно складна система – даремно людину називають «мікрокосмосом». Успіхи, як і невдачі, «трудо-людини» багато в чому залежать від фізичного здоров'я «біо-людини» і творчих здібностей людини «соціо-». Так само останні два компоненти тісно пов'язані з тими екологічними функціями, які виконує людина на виробництві.

Необхідно підкреслити екологічну та економічну обумовленість тісного зв'язку як компонентів, що складають тріаду людини, так і функцій природи стосовно людини. Передумови розв'язання суперечностей між зазначеними складовими людини полягають у тому, що економічні результати можуть забезпечуватися, головним чином, шляхом реалізації фізіологічних і соціальних потреб людини, що, у свою чергу, залежить від успіхів економічної системи.

Характеристика функцій природи

Фізіологічні функції. Проблему фізіологічних потреб людини зазвичай значно спрощують, звужуючи до чистих продуктів, незабрудненої питної води, неотруєного повітря. Звичайно, усі ці аспекти надзвичайно важливі і заслуговують на увагу. Але не меншу вагу мають інші чинники, які, на жаль, традиційно значно менше висвітлюються в літературі.

(1) Людина – це складна біологічна система, що функціонує в дуже вузькому інтервалі фізико-хімічних параметрів, який, за влучним виразом відомого письменника І. Єфремова, наче «лезо бритви», відокремлює нестачу необхідних агентів (речовини, енергії, інформації) від їх надлишку (забруднення). («Трохи

менше цукру в крові – втрата пам'яті, смерть; трохи більше – втрата пам'яті, смерть». Те саме стосується інших елементів системи Менделєєва, а також фізичних параметрів: температури, тиску, шуму тощо).

(2) Значну роль у регулюванні енергозабезпечення відіграють фізичні властивості середовища, зокрема, електромагнітні параметри. Російський учений О.Л. Чижевський, наприклад, ще в 1920-ті роки довів, що для підтримання життя тварин недостатньо тільки чистого повітря – необхідна певна кількість іонізованого кисню (Чижевский, 1973).

(3) Чутливість організму людини до зміни фізичних параметрів середовища часто значно перевищує вразливість від зміни хімічних властивостей (див., наприклад: Колотило, 1999; Куклев, 2001; Бугаев, 2001). Це створює досить серйозну небезпеку. Той феномен, що техногенні катастрофи останнім часом відбуваються значно частіше, деякі спеціалісти пояснюють вразливістю людського фактора в умовах несприятливих електромагнітних аномалій. Реакцією економічної системи на недооцінку цих обставин є недостатній рівень витрат коштів на забезпечення нормальних умов життєдіяльності згідно з повним спектром параметрів середовища. Наслідками цього стають високі соціальні витрати (людські жертви, втрата здоров'я) і значні економічні збитки.

Соціальні функції. На відміну від фізіологічних, соціальні функції природи головним чином обумовлені інформаційним контактом людини з природними комплексами. Природа є еталоном естетичних критеріїв. «Цей літак не літатиме, тому що він некрасивий!» – відомий авіаконструктор, сам того не усвідомлюючи, підкреслив, що людина діє (творить) за законами краси природи. Усе, що створила природа, – досконале. Природа дає імпульс творчості і заряд оптимізму (після ночі обов'язково настає світанок, після зими – весна). Природа вчить мудрості (все взаємопов'язане: будь-яка подія є наслідком причини) і дає уроки етики (у природі надзвичайно рідкі випадки вбивства заради вбивства, природа також навчає згуртованості: виживають більш дружні зграї, де кожний індивід готовий на самопожертву заради колективної безпеки). Формування повноцінної особистості можливе тільки за умови *інформаційного контакту* не просто з елементами живої природи – рослинами, тваринами, але з *цілісними екосистемами*. Без цього відбувається духовне спустошення людини.

Екологічні функції є основою трьох інших. Будь-яка екосистема є системою життєзабезпечення людини, суспільства та економіки. Як і організм людини, людське суспільство та його

виробничі системи пристосовані до дуже вузького інтервалу властивостей екосистеми. Будь-яка їх зміна, ініціатором чого в більшості випадків є сама людина, веде до значних негативних соціальних і економічних наслідків. Це диктує певні умови функціонування економічної системи:

- Діяльність людини не повинна переходити порогів самовідновлення природних екосистем.
- У випадках перевищення природних можливостей самовідновлення виробництво повинне нести витрати на відтворення порушених властивостей.
- У тому разі, коли територіальна система чи економічний суб'єкт використовують екологічний потенціал сусідньої території чи суміжного суб'єкта (тропічні ліси, що продукують кисень; ріки, що живлять озера, тощо) і зацікавлені в його збереженні, вони повинні відшкодувати витрати на підтримання екосистеми, включаючи втрачену вигоду від стримування економічного зростання.
- У разі необхідності кардинальної зміни екосистеми суспільство має виділяти кошти на збереження природних еталонів (заповідників, заказників) заради збереження можливості за потреби повернути втрачені властивості.

Економічні функції. Економічні функції природи є тією єдиною основою, що дозволяє факторам природного середовища отримувати економічну оцінку. Серед економічних функцій природи найбільш очевидними є ті, що забезпечують потреби *виробничого* середовища. Їх умовно можна поєднати в три основні підгрупи:

- задоволення *потреб у ресурсах*: матеріальних, енергетичних, інформаційних, комунікаційних, редуційних (останнє, зокрема, визначається асиміляційним потенціалом природи);
- формування умов для *відтворення фізіологічних кондицій* людини як трудового ресурсу;
- формування умов для *відтворення особистісних властивостей* людини як трудового ресурсу.

Як бачимо, перша підгрупа економічних функцій пов'язана з екологічними функціями природи. Друга і третя підгрупи – з фізіологічними і соціальними потребами людини і, отже, з відповідними функціями природи. Саме цей взаємозв'язок формує «місток» між *фізіологічними, соціальними та екологічними* функціями природи – з одного боку, і *економічними* функціями – з іншого.

Зазначені три підгрупи не вичерпують економічних функцій природи. Ще одна підгрупа непрямо пов'язана з потребами у фізіологічних, соціальних і екологічних функціях природи.

Річ у тім, що коли люди достатньою мірою усвідомлюють потреби в цих функціях, починається формування попиту на відповідні групи предметів і послуг. А попит, як відомо, є рушієм економіки. Зокрема, фізіологічні *потреби в чистому середовищі* змушують створювати екологічно орієнтовані засоби (моніторингові системи, очисне устаткування, заходи рекреаційного характеру тощо). Соціальні потреби в *інформаційному контакті з природними ландшафтами* формують попит на відповідні роботи і послуги (облагородження ландшафтів, екотуризм тощо). Об'єктивна необхідність підтримання *екологічної рівноваги* змушує нести витрати відповідної спрямованості (створення заповідників, заказників, національних парків, екологічний моніторинг, проведення заходів з дослідження і збереження біологічних видів та ін.), включаючи втрачену вигоду від стримування промислового і сільськогосподарського розвитку на певних територіях (особливо тих, які можна вважати «вузькими ланками» екосистем планети).

Таким чином, об'єктивна природа фізіологічних, соціальних і економічних потреб лежить в основі *бажань людини платити* за відповідні властивості компонентів природного середовища (зокрема) і природні блага (в цілому). Саме на основі цих потреб формується *ринок екологічно обумовлених товарів і послуг*. Саме ці потреби змушують інвестувати значні кошти в підтримання екологічної рівноваги планети і збереження біологічного різноманіття. Усе разом – як ринок, так і цільові інвестиційні потоки – формує підґрунтя для розвитку економічних оцінок природного середовища. Тільки на основі економічних оцінок можна щось купувати і продавати, планувати фінансову діяльність.

Разом з тим слід підкреслити: економічні оцінки можуть отримати тільки економічні функції природи. Інші функції природи (фізіологічні, соціальні, екологічні) можуть мати вартісну оцінку лише через їх взаємозв'язок з економічними функціями. І теоретично, і практично такі оцінки – усього лише своєрідний відбиток зазначених функцій на площину економічних функцій природи.

Вартісну оцінку можуть отримати **ТІЛЬКИ економічні** функції природи. Економічна оцінка фізіологічних, соціальних і економічних функцій – це лише оцінка їх відбитка на площині економічних функцій. В економічному плані фізіологічні, соціальні та екологічні функції природи **БЕЗЦІННІ**.

Примітка

Жодна з функцій природи, крім економічної, у відриві від останньої не може отримати грошову оцінку. У цьому розумінні всі ці функції – безцінні. Ми не можемо дати грошову оцінку здоров'я людини, її настрою чи таланту, але ми можемо через цілком конкретні вартісні показники (наприклад, ринкові ціни чи собівартість) виразити економічну цінність продукції, яка з'явилася завдяки зусиллям людини, її натхненню чи таланту. Так само, як можемо оцінити й утрачену вигоду від втрати всього цього внаслідок погіршення здоров'я, емоційного спаду або нереалізованого потенціалу людини. В обох випадках це буде лише оцінка людини як робочої сили, але аж ніяк не оцінка її як фізіологічного організму чи особистості.

Класифікація природних факторів

Природний фактор – будь-який фактор (предмет, явище, рушійна сила процесів, умови їх перебігу), що діє незалежно від людини та без її участі або пов'язаний з її біологічною сутністю: безпосередня дія природного фактора в певних межах може змінюватися, але цілком не знімається впливом соціальних факторів, включаючи техногенну дію (Реймерс, 1990).

Соціальний фактор – фактор, що є результатом функціонування людського суспільства.

Під **соціальним середовищем** слід розуміти штучне матеріальне і психологічне (інформаційне) оточення людини. **Природне середовище** в сукупності із **соціальним середовищем** створюють **навколишнє середовище** людини. В англійській і українській мовах знайшлися для цього дуже вдалі терміни: відповідно «environment» і «довкілля». Дефініційна основа, пов'язана з трактуванням навколишнього середовища, формувалася головним чином у 1960–1970-ті роки.

До 1980-х років традиційним підходом до класифікації природних факторів був їх розподіл на **природні ресурси** і **природні умови**.

Основним критерієм подібної класифікації була економічна роль природних факторів у суспільному виробництві.

Під **природними ресурсами** традиційно розуміють тіла і сили природи, що на даному рівні розвитку продуктивних сил можуть бути використані в суспільному виробництві.

Під **природними умовами** розуміють тіла і сили природи, які мають істотне значення для життя і діяльності людського суспільства, однак безпосередньо або побічно не залучені до сфери виробничої чи невиробничої діяльності людей (наприклад:

клімат, космічні промені і т.д.) (див.: Минц, 1972; Блехцин и др., 1981). К.Г. Гофман основним критерієм віднесення природного фактора до природного ресурсу вважав його *змінюваність після використання в продуктивній діяльності людини* (Гофман, 1977).

Принципово новий підхід до класифікації природних ресурсів запропонував М.Ф. Реймерс (1994). Його концепція становить собою комбінацію функціональної та екологічної класифікацій і базується на понятті *інтегрального ресурсу*, що розглядається як системне утворення, яке експлуатується різними господарськими галузями і підтримує життя на Землі. Більше 76 компонентів, які входять до нього, утворюють інтегральні та комплексні сукупності (табл. 16.1). Слід звернути увагу на той факт, що до складу ресурсів М.Ф. Реймерс відносить різні види порушення (забруднення) середовища. Вони перетворюються у невід’ємні компоненти реальних екосистем. Найчастіше екодеструктивні процеси спричиняють додаткові економічні витрати. Однак нерідко вони можуть бути використані і використовуються як корисний ресурс. Зокрема, теплове забруднення обігріває міста (звичайно температура урбанізованих територій на 1–2 °С вища, ніж за їх межами); штучні водоймища значно «пом’якшують» клімат континентальних регіонів; пилове забруднення полів сприяє прискоренню розтавання сніжного покриву, що може сприятливо позначатися на врожаї; збудники хвороб можуть використовуватися для створення вакцин, що підвищують імунітет, тощо.

Сьогодні все докільця перетворилось на *єдиний інтегральний ресурс*, який інтенсивно використовується людиною.

Більш повне використання людиною природних факторів, перетворення їх на *єдиний інтегральний ресурс* обумовлюють формування нового підходу класифікації. Оскільки практично всі елементи природи так чи інакше використовуються чи можуть бути використані людиною (потенційні природні ресурси), вважається більш доцільним розглядати природні фактори за їх відношенням до виконуваних функцій.

- Якщо природні фактори розглядаються при їх використанні в суспільному виробництві, доцільно застосовувати термін «природні ресурси».
- Якщо природні фактори виконують екологічні, фізіологічні і соціальні функції, слід вживати терміни «природні умови», «довкільця» або «навколишнє природне середовище».

Для характеристики узагальнюючого поняття, що охоплює природні ресурси і природні умови, на нашу думку, слід

Таблиця 15.1. Склад інтегрального природного ресурсу (Реймерс, 1994)

Група	Види ресурсів	
1	2	
Енергетичні ресурси (разом 16 од.)	Сонячна радіація Космічні промені Геотермальна енергія Потенційна і кінетична енергія Атмосферна електрика Біоенергія	Земний магнетизм Енергія атомного розпаду Енергія хімічних реакцій Енергія природного палива (5 од.) Енергія ядерного синтезу Теплові, радіаційні та електромагнітні забруднення
Газово-атмосферні (6 од.)	Гази атмосфери Гази гідросфери Озоновий екран Газові забруднення	Фітонциди та інші леткі біогенні речовини Газові домішки неатмосферного походження
Водні (11 од.)	Атмосферна волога Океанічні і морські води Озера, водоймища, ставки Текучі води (річок глибинного стоку) Гідрогеологічні ресурси Тимчасові малі замкнені водойми (калюжі, малі озерця і т.ін.)	Ґрунтова волога Волога, зв'язана в рослинах і тваринах Хіміко-механічна здатність океанів і морів Рідкі забруднення (штучно привнесена волога в екосистемах)
Ґрунтово-геологічні (11 од.)	Ґрунти і підґрунтя Виходи гірських порід Ґрунтові забруднення (напр., засолення)	Ландшафтні структури (гори, рівнини, захисні гірські бар'єри тощо) Корисні копалини Ерозія Ґрунтів
Біологічні (рослин, тварин, мікроорганізмів) (19 од.)	Генетико-видовий склад Біомаса Фотосинтетична активність рослин Біопродуктивність Системно-динамічні якості Біологічні забруднення	Здатність до очищення та інші властивості в природних системах, включаючи виробництво вільного кисню Роль тварин як санітарів, поглиначів хімічних речовин, запильників та ін. Господарська продуктивність тварин Хіміко-фізична активність мікроорганізмів та ін.
Кліматичні (2 од.)	Природні кліматичні ресурси	Місцевий (змінений) клімат

Продовження таблиці 16.1

1	2	
Рекреаційні ресурси (3 од.)	Умови для життя людей Умови для відпочинку	Лікувальні ресурси
Антропо-екологічні (3 од.)	Соціально-антропологічні ресурси	Генетичні ресурси Епідемії та хвороби
Інформаційні (2 од.)	Природні еталони	Історична інформація
Ресурси простору і часу (3 од.)	Простору (територіальні, водні, повітряні, включаючи космос)	Часу Ресурси загального екологічного балансу

вживати термін *природне середовище*. Таким чином, одні й ті самі елементи природи можуть бути класифіковані в одному випадку як *природні ресурси*, в іншому – як *природні умови*.

Класифікація природних факторів, осмислення їх ролі в розвитку людини і суспільства, а також у формуванні економічних структур дає змогу глибше зрозуміти сутність процесів порушення природи. Оскільки усвідомити, *що втрачаєш*, можна, тільки чітко зрозумівши, *що маєш*, то для цього необхідно ясно з'ясувати роль і функції природних компонентів, які стають об'єктом антропогенного впливу.

Класифікація процесів впливу на природу

Як правило, будь-яке свідоме перетворення людиною природи має своєю метою поліпшення умов життя людини. Через це й помітні насамперед саме позитивні, з погляду людини, процеси. Однак кожна з перемог людини над природою має, за словами Ф. Енгельса, «у другу і третю чергу зовсім інші, непередбачені наслідки, що дуже часто знищують значення перших» (Маркс и Енгельс, т. 20). Існування негативних наслідків господарської діяльності людини змушує вчених і господарників приділяти значну увагу їх вивченню, прогнозуванню, урахуванню в управлінських рішеннях.

Антропогенним (від грец. *anthropos* – людина, *genes* – народжений) *впливом на природу* слід вважати будь-які процеси зміни природи, обумовлені діяльністю людини. Визнаючи певну умовність поділу процесів *антропогенного впливу* на «гарні» і «погані» (будь-яке втручання сучасної людини в природу несе більшою чи меншою мірою як творення, так і руйнування), слід

усе-таки відзначити, що існують і суб'єктивні, і об'єктивні передумови подібної класифікації.

Нейтральні терміни-поняття звичайно характеризують тільки напрямки, характер, вид процесів діяльності людини, безпосередньо пов'язаних зі зміною компонентів природи. При цьому поза увагою залишаються можливі наслідки таких змін. Прикладом може служити ціла низка термінів у різному сполученні зі словом «природа»: *використання* (наприклад, природокористування – використання природи), *освоєння*, *перетворення*, *зміна*, *споживання*, *господарювання*. Умовно до групи нейтральних можна віднести терміни *підкорення*, *вторгнення*, *втручання*, які внаслідок властивого їм відтінку агресивності мають дещо негативний підтекст. З 1960-х років цього ж негативного забарвлення (однак з іншої причини) почав набувати колись нейтральний термін *вплив* (на природу). Причина цього – сам характер діяльності людини, що набирає все більш деструктивної спрямованості.

Негативні терміни-поняття характеризують процеси антропогенної зміни природи, які оцінюються конкретними суб'єктами як *негативні* для людини, об'єктів її життєдіяльності чи компонентів природного середовища. Як правило, на відміну від попередньої групи, ці терміни передають ставлення людини не до процесів господарської діяльності, а до їх наслідків. Це різні процеси *порушення*, *руйнування*, *забруднення природного середовища*.

Процес погіршення стану довкілля під впливом антропогенної діяльності може бути визначений терміном *порушення природного середовища*. Цей процес містить у собі такі можливі дії:

- забруднення, у тому числі інтоксикацію (тобто види забруднення, що викликають деградацію біологічних компонентів довкілля) і засмічення (перевантаження природного ландшафту нешкідливими безпосередньо для біологічних об'єктів компонентами);
- руйнування пейзажу (пейоризацію);
- порушення (деструкцію) ландшафту;
- роз'єднання (взаємну ізоляцію елементів екосистеми);
- знищення біологічних об'єктів.

Позитивний вплив на природу звичайно характеризується двома групами понять. Перша передає захисну (пасивну) спрямованість діяльності людини, покликану законсервувати існуючий стан довкілля. Не випадково в англійській мові схожі з цим поняття (зокрема, у розумінні охорони чи захисту природи) дуже часто передаються терміном *conservation* (консерва-

ція). Друга група понять характеризує активні дії, спрямовані на поліпшення властивостей природного середовища.

Існують кілька підходів до обґрунтування критеріїв оцінки процесів антропогенного впливу на природу і віднесення їх до класу нейтральних, негативних або позитивних.

Фізико-біологічний підхід формується на основі оцінки зміни екологічних функцій природи. Як показано в (Мельник, 2003), *прогресивний розвиток екосистем* відбувається тоді, коли перебіг процесів у природних системах веде до збільшення кількості вільної енергії. Наслідком цього є збільшення різноманіття системи, поява нових ієрархічних рівнів. І навпаки, коли зміни в екосистемах ведуть до зменшення в них вільної енергії, спостерігається їх збідніння, звужується різноманіття, скорочуються трофічні ланцюги тощо. Фактично це означає *деградацію* природних систем.

Відповідно *позитивними* змінами природного середовища слід вважати такі зміни, які сприяють прогресивному розвитку екосистем, а *негативними* – ті, що ведуть до їх деградації.

З даною концепцією оцінки характеру антропогенного впливу, як бачимо, пов'язані визначення екологічної рівноваги та її порушення.

Під *екологічною рівновагою* розуміють баланс природних чи змінених людиною компонентів і природних процесів, що створюють середовище та забезпечують тривале (умовно нескінченне) існування даної екосистеми. Відповідно порушення екологічної рівноваги – це зміна в процесах взаємодії та в складі компонентів і елементів екосистеми, що веде в остаточному підсумку до її заміни іншою екосистемою на тривалий чи умовно нескінченний термін (Реймерс, 1990).

Економічний підхід до оцінки антропогенних процесів впливу на природу ґрунтується на зміні корисності використання факторів природного середовища в суспільному виробництві. Таким чином, *позитивними* змінами можуть вважатися такі, що збільшують інтегральну економічну оцінку компонентів даної екосистеми. У розряд *негативних* попадають зміни, що знижують економічну корисність факторів природного середовища і, отже, їх інтегральну економічну оцінку. Носієм такого підходу можна вважати поняття збільшення/зменшення продуктивності (природних ресурсів, екосистем, компонентів природи) (Долішній та ін., 1998; Балацкий, 1979; Веклич, 2000; Методи, 2004).

Фізіологічний підхід базується на здійсненні фізіологічних функцій природи, що вимагають підтримання параметрів середовища в надзвичайно вузьких інтервалах. Звичайно,

застосування даного підходу до класифікації змін на позитивні і негативні пов'язані із значними труднощами, оскільки межа між ними тонка, мов лезо бритви. Адже для організму людини добре тільки те, що перебуває в межах нормальних значень властивостей середовища – що потрапляє в зазначене «лезо бритви». Непродумане «поліпшення» відповідних параметрів може погіршити фізіологічні функції природи. Отже оцінку змін природного середовища за фізіологічним критерієм необхідно проводити з надзвичайною обережністю. Тут переважають поняття: оздоровлення (середовища); оптимізація (властивостей середовища за певним параметром – температурою, вологістю, електромагнітними показниками тощо). Термінами поліпшення, погіршення (якості довкілля) звичайно оперують тільки у випадку відхилення властивостей середовища від оптимальних параметрів.

Соціальні функції природного середовища базуються винятково на використанні інформаційної цінності компонентів природного середовища для розвитку особистості. Хоча останнім часом виникають спроби стандартизувати і ці властивості природного середовища (головним чином на урбанізованих територіях, наприклад, у Японії стандартизується рівень озеленення освоєваних територій, наявність «живності» у місті, ін.), напевно чи найближчим часом можна чекати появи інтегральних якісних показників (не кажучи вже про кількісні), що дали б змогу підвести об'єктивну базу під соціальну (інформаційну) оцінку змін середовища. Поки що соціальний погляд на природу обумовлюють головним чином суб'єктивні оцінки. Зокрема, такі поняття, як *облагородження/окультурення* (ландшафтів) означають наближення природних систем (у тому числі і зруйнованих раніше людиною) до стану, сприятливого (в інформаційному відношенні) для життя і діяльності людини, її духовного розвитку.

Пам'ятаючи про певну умовність, спробуємо дати оцінку основних видів процесів порушення природного середовища (табл. 16.2).

Незалежно від критеріальної основи та функціонального призначення, всі наведені оцінки так чи інакше мають під собою також економічний «підтекст». Це означає, що будь-які процеси «порушення» чи «поліпшення» якості довкілля безпосередньо чи опосередковано пов'язані з економічними втратами або вигодами, навіть якщо ці економічні показники не «уловлюються» формальною системою економічних розрахунків.

Таблиця 16.2. Основні види порушення природного середовища

Форма порушення 1	Вид порушення 2
I. Використання природних ресурсів	<p>1. <i>Вилучення природних ресурсів:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • невідновних; • відновних; • території <p>2. <i>Виснаження (вичерпання) природних ресурсів</i></p>
II. Порушення якості компонентів природного середовища	<p>3. <i>Забруднення:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • механічне; • хімічне; • фізичне (теплове, світлове, шумове, електромагнітне та ін.); • радіоактивне; • біологічне; • інформаційне <p>4. <i>Порушення ландшафтів</i></p> <p>4.1. <i>Порушення ґрунтів:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • ерозія; • висушування; • підтоплення; • переущільнення; • забруднення; • засолення <p>4.2. <i>Порушення режиму водних систем:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • зарегулювання стоку рік; • вилучення води; • зміна русел рік; • зміна екосистем, що підтримують водні системи <p>4.3. <i>Зміна рельєфу місцевості і вплив на геосистему:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • формування котлованів і заглиблень; • формування відвалів і насипів; • руйнування (усунення) природних геологічних об'єктів (гір, скель, пагорбів, ярів); • пневмовплив на геосферу
III. Вплив на людину і біоту	<p>5. <i>Вплив на біоту</i></p> <p>5.1. <i>Прямі процеси впливу на біоту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • винищування тварин; • знищення рослин <p>5.2. <i>Непрямі процеси впливу на біоту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • блокування шляхів міграції тварин і рослин; • ускладнення (блокування) репродуктивних функцій; • порушення умов існування рослин і тварин; • спрощення екологічних зв'язків; • гіпертрофія популяцій деяких біологічних видів; • порушення екологічної рівноваги привнесенням чужорідних даній екосистемі екологічних видів

Продовження таблиці 16.2

1	2
IV. Вплив на глобальну екосистему Землі	6. Процеси впливу на організм людини
	6.1. Процеси прямого впливу на організм людини (виробничий і побутовий травматизм)
	6.2. Процеси непрямого впливу на організм людини: • погіршення якості умов життя і діяльності людини (склад повітря, температура, вологість і т.д.); • погіршення якості їжі і питної води (забруднення харчових ланцюгів і питної води)
	7. Зниження інформаційної цінності природних систем і психологічний вплив на особистість людини
	8. Зміна енергетичної системи Землі: • зміна клімату Землі; • зміна електромагнітної системи Землі 9. Зміна буферних захисних систем Землі (наприклад, зменшення озонового шару)

Іншою стороною економічного змісту цих процесів є те, що будь-яке цілеспрямоване поліпшення якості середовища передбачає планування конкретних результатів і відповідне вкладання конкретних коштів.

Економічні властивості природних факторів

Економічна наука оперує специфічним, властивим тільки їй термінологічним апаратом. При цьому кожне використовуване поняття несе певне смислове навантаження, що характеризує властивості розглянутого предмета чи явища, його місце в системі економічних відносин. Найбільш суттєвим моментом є відношення до процесу формування вартості й прибутку. З урахуванням цього можна сформулювати основні економічні властивості природних факторів.

Природний капітал. Природні фактори можуть виконувати функції *капіталу*. Відповідно до енциклопедичного визначення, «капітал – це: а) те, що здатне приносити дохід; б) ресурси, створені людьми для виробництва товарів і послуг; в) вкладене в справу джерело функціонування у вигляді засобів виробництва» (Економическая, 1999).

Природні фактори відповідають основним позиціям наведеного визначення, хоча і з певними зауваженнями. Дійсно, вся сукупність природних факторів, які використовуються у

виробничому комплексі (інтегральний природний ресурс), так чи інакше *приносить дохід* тим економічним суб'єктам, що використовують природу в економічних цілях.

Природа – КАПІТАЛ, бо вона здатна приносити дохід тим, хто її використовує.

У виробництво залучено, як було показано вище, значну кількість матеріальних компонентів планети і практично всі властивості природного середовища – механічні, хімічні, фізичні, які людина навчилася використовувати (зокрема, клімат, гравітаційне поле Землі, її електромагнітне поле та ін.).

Засіб виробництва, предмет праці. Природні фактори можуть виступати у формі *ресурсів, створених людьми для виробництва товарів і послуг*. Зокрема, саме праця людини часто лежить в основі відтворення лісових угідь, сільськогосподарських земель, зрошувальних чи транспортних каналів, а іноді й інших природних об'єктів (озер, ландшафтних утворень, місць гніздування птахів і мешкання тварин тощо), які можуть виступати засобами виробництва товарів і послуг (у т.ч. транспортних, рекреаційних, туристичних). Говорячи про це, слід, однак, зауважити, що праця лише частково служить джерелом відтворення зазначених природних факторів. Іншим джерелом є сама природа. Згадаємо, що, за влучним визначенням В. Петі, «праця – батько багатства, земля – його мати». І, нарешті, немає сумніву, що природні фактори (наприклад, ліс, земля, надра) можуть виступати у вигляді *засобів виробництва* чи *джерел засобів виробництва*.

Споживна вартість природних факторів визначається їх здатністю задовольняти будь-які потреби людини, виконувати певні функції. З цією здатністю поєднується поняття «природних благ». Під *природними благами* ми розуміємо *фактори природного середовища, які здатні задовольняти фізіологічні, соціальні та економічні потреби людини, а також виконувати екологічні функції*. Споживна вартість природних благ лежить в основі бажання (у багатьох випадках воно обумовлене необхідністю) платити за природні фактори.

Природні блага є СПОЖИВНИМИ ВАРТОСТЯМИ, бо вони задовольняють потреби людини.

Властивості товару. Як відомо, *товар* – це об’єкт купівлі-продажу, а отже, предмет реалізації ринкових відносин між продавцями і покупцями (див., наприклад, Экономическая, 1999). Фактором природного середовища притаманна здатність задовольняти потреби людини. Завдяки цьому вони можуть ініціювати бажання людини платити за це, отже, стають об’єктом купівлі-продажу.

Особливості формування ціни на природні блага

Значний вплив на *ціну попиту* такого специфічного товару, яким є природні фактори, справляє форма і ступінь мотивації потреби в даних природних благах. Саме вони визначають *еластичність* попиту і, відповідно, впливають на його ціну.

Примітка

Під еластичністю попиту розуміють *відносну зміну обсягу попиту під впливом зміни будь-якого фактора (частіше – ціни) на 1%* (Экономическая, 1999). Зокрема, виділяють кілька типів еластичності попиту стосовно зміни ціни товару, у тому числі: *абсолютно еластичний попит* (попит припиняється за будь-якої зміни ціни); *еластичний попит* (зміна попиту значно перевищує зміну ціни); *попит із пропорційною еластичністю* (зміна попиту пропорційна зміні ціни); *нееластичний попит* (реакція попиту значно менша зміні ціни); *абсолютно нееластичний попит* (попит практично не реагує на зміну ціни).

Факторами, що впливають на *цінову еластичність*, є: а) наявність благ-замінників: чим більше в блага замінників, тим більш еластичним буде попит на дане благо; б) питома вага блага в бюджеті споживача: чим вона вища, тим більш еластичний попит; в) розмір доходу: чим заможніший покупець, тим менше він звертає увагу на зміну цін; г) якість товару: чим якісніший товар, тим менш еластичним є попит на нього; д) ступінь необхідності блага: попит на предмети першої необхідності менш еластичний, ніж на предмети розкоші; е) розмір запасу: чим більший запас даного блага в споживача, тим більш еластичний попит на нього; ж) очікування споживача: передбачуване збільшення дефіцитності блага знижує еластичність попиту (Экономическая, 1999).

Аналіз факторів еластичності стосовно природних благ дозволяє зробити кілька висновків.

Перше. Більшість природних благ, які виконують фізіологічні функції (наприклад, питна вода, повітря для дихання, необхідні продукти харчування тощо), практично *не мають благ-замінників*. Саме вони в обсягах, необхідних для виконання зазначених функцій, становлять (чи мають становити) предмети нееластичного попиту. Без них просто неможливе життя

людини. Про що це свідчить? Насамперед про те, що не можна заощаджувати на цьому виді природних благ. Там, де через низьку платоспроможність населення не спроможне забезпечити себе зазначеними благами, про це повинні потурбуватися держава чи органи місцевої адміністрації. Підкреслюємо ще раз, що мова йде: по-перше, про природні блага певної якості (склад компонентів, рівень чистоти), по-друге, про певні обсяги даного блага, що покривають фізіологічні потреби. Розв'язання цієї проблеми (з відповідним фінансовим забезпеченням) має бути одним із першочергових завдань. На практиці це означає, що потреби в такому природному ресурсі, як вода, будуть частково задовольнятися (заміщатися) іншими видами ресурсів (капіталу), а саме шляхом використання додаткового обладнання і електроенергії.

Друге. Незамінність даного виду природних благ для фізіологічних потреб населення не означає їх незамінності в економічних системах. Тут вони можуть вважатися відносно замінними. Наприклад, водоемні технології можуть бути замінені на рециркуляційні технології, а водоемні товари і послуги – на неводоемні. У цьому плані попит на більшість природних благ, які використовуються у виробництві і побуті, є значною мірою еластичним. Це може бути використане з метою зниження природоємності економічних систем через застосування цінового інструментарію.

Примітка

Щоправда, для реалізації зазначеної мети слід спершу розв'язати проблему диференціації фізіологічних і економічних потреб у природних благах. Наприклад, має бути розділене споживання питної і технічної води. Це можна здійснити різними шляхами, у тому числі технічними засобами, нормуванням або будь-яким іншим методом.

Третє. Для природних благ, які виконують соціальні функції (тобто формують особистісні якості людини), ступінь нееластичності попиту (інакше кажучи, готовність людини платити, навіть незважаючи на підвищення ціни) буде тим вищим, чим глибше усвідомить людина значення цих функцій у її житті чи в розвитку її дітей. У даному випадку йдеться про предмети і послуги, що забезпечують інформаційний контакт людини з цілісними природними системами. Це, з одного боку, відтворені працею людини самі природні об'єкти, «привнесені» в середовище проживання людини: острівці природних ландшафтів, дерева, кущі, газони, квіти, представники фауни (птахи на деревах,

риби у фонтанах, звірі в парку та ін.). З іншого боку, це різні види послуг (транспортні, туристичні, сервісні), які дозволяють реалізувати інформаційний контакт із дикими чи наближеними до диких природними ландшафтами.

Побачене

- У Японії, з її колосальним рівнем урбанізації, потреба в інформаційному контакті з компонентами живої природи посилюється ще й дефіцитом останніх. Це змушує японців іти на значні витрати заради отримання інформаційного контакту з природними благами. Мрія більшості японців, те, що вони вважають «предметом першої необхідності», – зелений дворик поруч із будинком. Площа дворика відповідає рівню добробуту власника будинку: від кількох квадратних метрів до декількох соток. Незалежно від розміру, характерною рисою такого двору (чи дворика) є спрямованість на моделювання всієї природи Японії в мініатюрі: з каменями, скелями, «містками через прізви», джерелами-колодязями і, звичайно, пишною японською зеленню. Але головне багатство зелених садків – це квіти. Вони посаджені з таким розрахунком, щоб цвітіння тривало цілорічно, щоб квіти передавали одна одній естафету навіть протягом доби: одна закривається, інша розпускається. Утримання дворика стає господарю “в копійчку” (якщо можна так сказати стосовно японців). Дуже дорого коштують камені, розсада. Крім того, хоча б раз на місяць необхідно запрошувати садівника, який здійснює аранжування квітів і рослин. Причому зелений двір розміщується так, щоб туди виходило якнайбільше кімнат будинку.

Для задоволення цієї ж мети, тобто інформаційного контакту з природою, призначені й інші предмети і послуги, що за своїм значенням наближаються в японців до товарів першої необхідності. Це крихітні дерева бансай, які з величезним задоволенням тут культивують. Японці виставляють їх у горщиках прямо на вулицях своїх міст. Це живі кольорові короли у фонтанах, штучні річки довжиною від кількох десятків до сотень метрів, що біжать (а насправді «прокачуються» по колу підземними насосами) парками і вулицями міст Японії. Нарешті, це свята і церемонії, що дбайливо зберігаються: милування природою, милування снігом (для більшої частини Японії це надзвичайне явище), милування цвітінням сакури тощо. Усе це – джерело життєдайного контакту з природою і... дуже значна стаття витрат сімейного бюджету. Узимку суботніми вечорами вагони метро й автобуси забиті людьми з гірськолижним спорядженням. Ані його вага, ані ціна (яка дорівнює ціні кольорового телевізора чи персонального комп'ютера) не можуть зупинити щасливих власників, що прямують з міста в гори на снігові островці заради інформаційного контакту з природою.

- У Німеччині набуло поширення створення *біотопів*, тобто ділянок землі, наближених за складом рослинності і представників тваринного світу до ландшафтів дикої природи. Біотопи організуються муніципалітетами (наприклад, міський ставок, максимально наближений до умов дикого озера), установами (зарості «дикої природи» на подвір'ї фірми), готелями (газони, чагарники, гнізда співочих птахів) і навіть приватними власниками будинків (імітація фрагментів «первинного» луку чи лісу в садибі або поруч із нею). Крім природної інформаційної цінності, біотопи мають свою економічну

ціну, яка відзначається досить значними капітальними (одноразовими) і точними витратами.

Ведучи мову про врахування еколого-економічних оцінок у системі товарно-грошових відносин, ще раз нагадаємо про ті властивості природних благ, що обмежують сферу використання економічних показників для вирішення екологічних проблем.

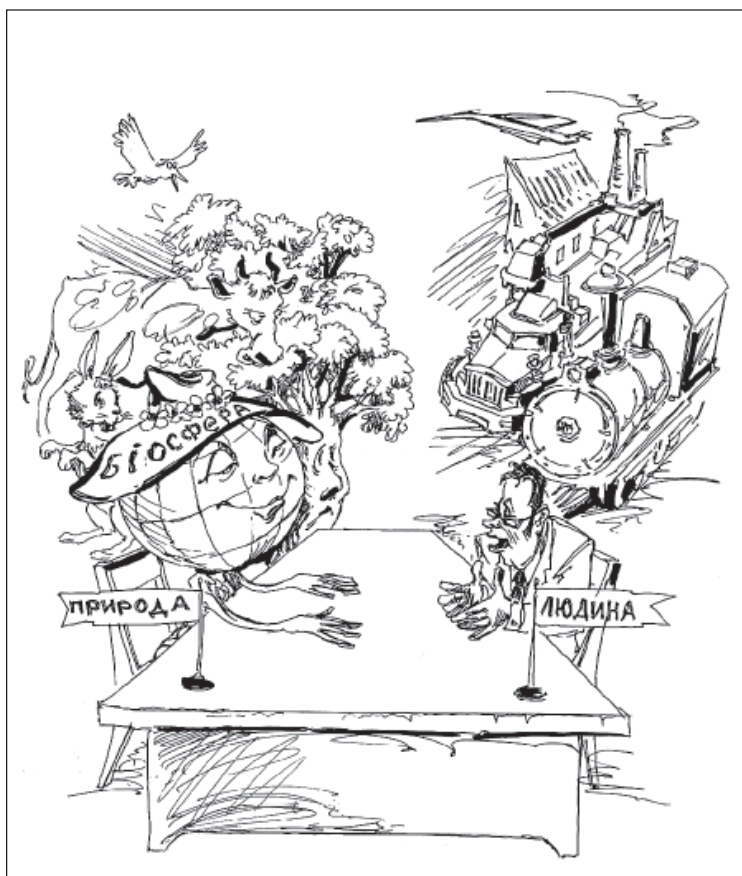
- Фізіологічні, соціальні та екологічні функції природи *безцінні* в економічному значенні, тобто не можуть мати вартісної оцінки. Це виключає можливість регулювання їх використання за допомогою економічних показників. Економічно оцінювати, а отже і регулювати, можна лише незначну частку економічних функцій природи, яка непрямо пов'язана з трьома згаданими групами функцій.
- Природні фактори, що забезпечують зазначені функції, в умовах планети *не можуть бути штучно відтворені через діяльність економічної системи*. Відповідно, економічна система не може повною мірою взяти відповідальність за регулювання їх використання.
- Більшість зазначених функцій *не можуть бути заміщені*, тобто компенсовані через залучення інших форм капіталу (зокрема, використанням будь-яких матеріальних ресурсів чи додаткової праці).
- Значна частина природних факторів *не дозволяє їх відчуження* (установлення форм власності). Такі природні блага, як клімат планети, її захисні (буферні) системи, атмосферне повітря, водна система, біосферні компоненти, електромагнітне поле Землі та інші, – є надбанням світового співтовариства і не можуть бути предметом купівлі-продажу.

Примітка

Усе це, втім, не означає, що екологічні функції зазначених природних благ не можуть використовуватися економічною системою і навіть частково (у чому ми переконалися вище) опосередковано продаватися за допомогою інших товарів і послуг. Цей своєрідний статус загальної (всепланетної) власності на зазначені природні фактори супроводжується і відносною доступністю їх використання будь-якими жителями чи економічними суб'єктами планети. Ця доступність у поєднанні з транскордонним характером зазначених природних благ, їх взаємозв'язком і взаємозумовленістю, а найголовніше, високою вразливістю, обумовлюють високий ступінь виникнення ризику внаслідок господарської діяльності, екодеструктивних явищ, різних за ступенем наслідків (аж до катастрофічних) і за масштабами дій (аж до глобальних). Усе разом змушує створювати глобальну систему екологічної безпеки, мобілізуючи неекономічні (організаційні, адміністративні, соціальні) методи:

встановлення квот природокористування; використання системи обмежень, ліцензій, пільг; введення екологічних стандартів; застосування санкцій до порушників; екологічне виховання та освіта тощо.

Неможливість всеохопного застосування ринкових інструментів до регулювання споживання вищезгаданих природних благ не виключає, що подібні важелі не можуть частково використовуватися в тих сферах господарювання, де це можливо і доцільно. Зокрема, вони успішно «вирішують» проблеми зниження матеріаломісткості та енергоємності (а отже, значною мірою і природоємності) продукції. У деяких країнах ефективно застосовується система продажу «прав на забруднення». Використовуються також інші механізми.



Розділ 17

Закономірності взаємодії суспільства і природи



Закономірності “людина – природа”

Дослідження і врахування в практичній діяльності закономірностей взаємовідносин між соціальною і природною системами є дієвим інструментом управління суспільним розвитком. Дослідження і систематизацію закономірностей взаємодії суспільства і природи здійснив М.Ф. Реймерс, узагальнивши їх за чотирма ключовими напрямками (табл. 17.1):

- закономірності системи „людина – природа” (10 законів, правил, принципів);
- закономірності соціальної екології (15);
- закономірності природокористування (21);
- закономірності охорони середовища життя (16).

На основі деяких з наведених закономірностей, на думку М.Ф. Реймерса, можна зробити певні висновки. Зокрема, висновки з правила *мири перетворення* можна сформулювати таким чином:

1. Одиниця ресурсу (відновного) може бути отримана лише протягом деякого періоду часу, обумовленого швидкістю функціонування системи. Протягом цього періоду не можна переходити рубежі екологічних обмежень.
2. Проведення господарських заходів раціональне лише в рамках деяких оптимальних розмірів. Вихід за ці рамки знижує їх ефективність.
3. Діяльність, що спрямована на перетворення довкілля, не повинна виводити природні системи зі стану рівноваги через надлишок якогось із компонентів, які утворюють середовище. Тобто, якщо це необхідно, потрібна достатня компенсація у вигляді первісних природних систем, наприклад, оптимальна лісистість.
4. Перетворення природи (якщо воно невідновне) дає локальний чи регіональний вигравш за рахунок погіршення певних

Таблиця 17.1. Закономірності системи “людина – природа”

Назва	Зміст
Правило історичного зростання продукції внаслідок сукцесійного омолодження екосистем	У певних межах сукцесійне омолодження екосистем (наприклад, оранка) може збільшувати їх біологічну продуктивність. Факти показують, що цей шлях підвищення продуктивності сільського господарства вичерпався; це зумовлює необхідність переходу до закритих індустріальних систем землеробства
Закон бумерангу, або закон зворотного зв'язку взаємодії між людиною і біосферою (П. Дансеро), інакше – четвертий закон Б. Коммонера: «Ніщо не дається даром»	Людині завжди доводиться розплачуватися за ті зміни, які вона привносить у навколишнє природне середовище. За Б. Коммонером, усе, що було взято з глобальної екосистеми працею людини, має бути повернено. “Платежі за цим векселем неможливо відвернути, їх можна лише відстрочити”
Закон незамінності біосфери В.І. Вернадського	Тільки біосфера може забезпечувати стійкість навколишнього середовища. Тому скорочення природної біоти в обсязі, що перевищує граничне значення, позбавляє навколишнє середовище стійкості, яка не може бути відновлена шляхом проведення природоохоронних заходів
Закон оберненості біосфери П. Дансеро	Біосфера прагне до відновлення екологічної рівноваги тим сильніше, чим більший тиск на неї.
Закон необерненості взаємодії людина – біосфера	Природні відновні ресурси, перетворюються на невідновні ресурси в разі перевищення можливостей їх відтворення
Закон спадної віддачі А. Тюрго – Т. Мальтуса	Підвищення питомого вкладення енергії в агросистему після досягнення певної величини не дає адекватного пропорційного збільшення її продуктивності (урожайності). Іншими словами, падіння енергетичної ефективності сільсько-господарського виробництва є неминучим, до цього спричинює заміна ручної праці механічною, а природної родючості ґрунтів – штучною
Правило міри перетворення природних систем	У ході експлуатації природних систем не можна переходити деякі межі, що дозволяють цим системам зберігати властивості самопідтримання (самоорганізації та саморегуляції). Надсистема більш високого рівня ієрархії може підтримувати деякі підсистеми зруйнованої системи нижчого рівня, але не спроможна відновити їх

показників на суміжних територіях чи в біосфері в цілому. (Це є наслідком законів бумерангу і необерненості та взаємодії в системі “людина – природа”.)

5. Природні ланцюгові реакції ніколи не обмежуються зміною речовини та енергії, але впливають на динамічні якості природних систем.

6. Технічні системи впливу в кінцевому підсумку (у тривалому інтервалі часу) завжди менш економічно ефективні, ніж природні. Тут слід звернути увагу на **принцип природності або правило старого автомобіля**: з часом еколого-економічна ефективність технічних пристроїв, що забезпечують «жорстке» управління природними системами і процесами, знижується, а економічні (матеріальні, трудові, грошові) витрати на їх підтримання зростають. Зрозуміло, технічні пристрої, які старіють, зрештою стають нерентабельними і їх необхідно замінювати. Водночас самовідновні природні системи являють собою «вічний» двигун, і не потребують економічних вкладень доти, поки ступінь тиску на них не перевищує їхніх можливостей до самовідновлення.

Наслідком чинності закону бумерангу і правила міри перетворення природних систем є **правило демографічного насичення**: у глобальній чи регіонально ізольованій сукупності кількість народонаселення завжди відповідає максимальній можливості підтримання його життєдіяльності, включаючи всі аспекти сформованих потреб людини. Недотримання цього правила призводить до різкого дисбалансу у взаєминах людина – природа, що може спричинити демографічну катастрофу. Однак на протипагу цьому правилу діє **правило прискорення історичного розвитку**, яке полягає в тому, що чим стрімкіше під впливом антропогенних факторів змінюється середовище існування людини та умови ведення господарства, тим скоріше відбуваються зміни в соціально-екологічних властивостях людини, економічному й технічному розвитку суспільства. Антропогенний вплив, з одного боку, впливає і змінює середовище існування людини, а з іншого – є рушійною силою створення механізмів, що прагнуть його поліпшити (наприклад, очисні споруди, ресурсо- і природозберігаючі технології, наукомісткі виробництва, демографічне регулювання та ін.).

Закономірності соціальної екології

При реалізації соціально-екологічної політики надзвичайно важливу роль відіграють закономірності соціальної екології. Вони характеризують, яким чином екологічні наслідки діяльності людини впливають на напрямки соціально-економічного розвитку (табл. 17.2).

Визнаючи величезне значення концепції ноосфери В. Вернадського, більшість учених доходять висновку, що вона може

Таблиця 17.2. Основні закономірності соціальної екології

Назва	Зміст
Правило соціально-екологічної рівноваги (М.Ф. Реймерса)	Суспільство розвивається доти й остільки, оскільки зберігає рівновагу між своїм тиском на середовище і відновленням цього середовища – природним і штучним. Внаслідок того, що зовнішні умови історичного розвитку – середовище життя людей і функціонування їхнього господарства – зруйновані або значно порушені, відтворення природних ресурсів і підтримання соціально-екологічної рівноваги потребують значних матеріальних, трудових і грошових ресурсів
Принцип культурного управління розвитком (В.Г. Горшкова)	Культура (релігія, традиції, звички, етика) відповідають цілям підтримання рівноваги між суспільством, що розвивається, і середовищем його розвитку
Закон історичної (соціально-екологічної) необерненості	Процес розвитку людства як цілого не може йти від більш пізніх фаз до початкових, тобто суспільно-економічні формації, певним чином взаємодіючи з природним середовищем і природними ресурсами, не можуть змінюватися у зворотному напрямку. Хоча окремі елементи соціальних відносин (рабство, яке відродилося в епоху сталінізму) в історії повторювалися, як і уклад господарювання (повернення від осілого до кочового господарства в Західному Сибіру), але загальний процес залишається односпрямованим, як і еволюція
Закон ноосфери В.І. Вернадського	Біосфера неминуче перетвориться в ноосферу, тобто сферу, де розум людини відіграватиме домінуючу роль у розвитку системи “людина – природа”. Іншими словами, хаотичний саморозвиток, заснований на процесах природної саморегуляції, буде замінено розумною стратегією, що ґрунтується на прогнозно-планових принципах і регулюванні процесів природного розвитку

розглядатися як певний концептуальний контур, який потребує подальшої деталізації. Саме така деталізація відбувається зараз у формі наповнення поняття “стійкого розвитку” конкретним змістом, який має певну просторово-часову адресність.

Закономірності природокористування та охорони середовища життя

Ключовими моментами формування закономірностей природокористування і охорони середовища життя є обмеженість природних ресурсів, системність природи в самій людині, суспільстві й довкіллі, а також стаціонарність зазначених трьох систем. Розглянемо основні закономірності, що стосуються природокористування та охорони середовища (табл. 17.3).

Таблиця 17.3. Закономірності природокористування і охорони середовища життя

Назва	Зміст
1	2
Закон обмеженості (вичерпності) природних ресурсів (М.Ф. Реймерса)	Усі природні ресурси (і природні умови) Землі не є безмежними. Це обумовлено їх безпосередньою вичерпністю або спричинене змінами навколишнього середовища, яке стає непридатним для життя і діяльності людини
Закон відповідності між розвитком продуктивних сил і природно-ресурсним потенціалом суспільного прогресу (М.Ф. Реймерса)	Завжди спостерігалася відповідність між розвитком продуктивних сил і природно-ресурсним потенціалом суспільного прогресу. Кризові ситуації можуть виникати при дисбалансі не тільки в правій, але й у лівій частині наведеної нижче динамічної системи: природно-ресурсний потенціал \rightleftharpoons продуктивні сили \rightleftharpoons виробничі відношення. Ця динаміка, в підсумку, є зовнішньою причиною суспільного розвитку, який зазнав численних екологічних криз
Правило основного обміну	Будь-яка велика динамічна система в стаціонарному стані використовує приплив енергії, речовини та інформації, головним чином для свого самопідтримання і саморозвитку. Таке положення діє і в екосистемах, і в господарських структурах
Закон падіння природно-ресурсного потенціалу	У рамках однієї суспільно-економічної формації, способу виробництва та одного типу технологій природні ресурси стають усе менш доступними і потребують збільшення витрат праці та енергії на їх вилучення, транспортування, а також відтворення. Такий ринок обов'язково сформується, що вже має місце в розвинених країнах світу. При наближенні природно-ресурсного потенціалу до суспільно-неприйнятної рівня зміниться технологія і суспільна реакція, тобто остаточно складеться нова суспільно-економічна формація. Саме так відбувається утворення постіндустріального («інформаційного») суспільства, для якого характерні найвища значимість адекватної інформації та наукоємності галузей господарства
Правило (неминучих) ланцюгових реакцій «жорсткого» управління природою	«Жорстке», як правило, технічне управління природними процесами спричиняє ланцюгові природні реакції, значна частина яких виявляється екологічно, соціально та економічно неприйнятними в тривалому інтервалі часу. Техногенні зміни обумовлюють дію закону внутрішньої динамічної рівноваги і значне збільшення енергетичних витрат. Економічні цілі, до яких прагнуть люди, часто опиняються в тіні потужних ланцюгових реакцій (прикладом є проект перерозподілу річкових вод між Сибіром і Середньою Азією)

Продовження таблиці 17.3

1	2
Правило «м'якого» управління природою	«М'яке» управління природними процесами, їх спрямування в русло законів природи є більш ефективним, ніж бруральне техногенне втручання. Таке управління побудоване на стимулюванні корисних природних ланцюгових реакцій, у тому числі процесів відновлення та поновлення ресурсів (наприклад, біологізовані методи ведення «органічного» сільського господарства). Тільки природні системи забезпечують стабільність, стійкість і надійність глобальної біосфери. У працях Одумів показано, що максимальний урожай (і загалом еколого-соціально-економічний ефект) може бути отриманий при певному поєднанні природних і перетворених людиною екосистем
Закон зменшення природоємності готової продукції	Питомий вміст природної речовини в усередненій одиниці суспільного продукту історично неухильно зменшується
Закон збільшення темпів обороту залучених природних ресурсів	В історичному процесі розвитку світового господарства швидкість оборотності залучених природних ресурсів (вторинних, третинних і т.д.) невинно зростає на тлі відносного зменшення обсягів їх залучення в суспільне виробництво (щодо зростання темпів самого виробництва)
„Залізні закони” (П.Р. Ерліха)	<ol style="list-style-type: none"> 1. В охороні природи можливі тільки успішна оборона або відступ. Наступ неможливий: вид або екосистема, один раз знищені, не можуть бути відновлені. 2. Триваюче зростання народонаселення та охорона природи принципово суперечать одне одному. 3. Економічна система, охоплена манією росту, і охорона природи також принципово протистоять одне одному. 4. Не тільки для всіх інших організмів, але й для людства смертельно небезпечним є уявлення про те, що при виробленні рішень щодо використання Землі слід брати до уваги лише найближчі цілі і негайне благо Homo sapiens. 5. Аргументи щодо естетичної цінності різних форм життя, щодо того інтересу, який вони становлять самі по собі, або заклики до співчуття стосовно наших, можливо, єдиних живих супутників у космосі в основному залишаються непочутими. Охорона природи має вважатися питанням добробуту і в більш далекій перспективі – виживання людини (Реймерс, 1994)
„Екологічні” закони – (формули) Б. Коммонера	<ul style="list-style-type: none"> • усе пов'язано з усім; • усе має кудись подітися; • природа знає краще; • ніщо не дається даром
Закон збільшення наукоємності суспільного розвитку (М.Ф. Реймерса)	Через ускладнення взаємовідносин у системі „природа – людина” відбувається зростання значення інформації (знання). Однією з форм цього є формування ноосфери

Основний висновок, який можна зробити, аналізуючи історію відносин людини з природою: найбільшою помилкою людини було те, що людство не створювало механізму, який би дозволив йому «вписатися» в природу, а навпаки, робило все, щоб «піднятися» над нею, «перемогти» її. Ставши велетнем, людина побачила, що це згубно для неї якщо не зараз, то вже в найближчій перспективі. І якщо люди екологічно не порозумнішають, вони приречені. Єдиним виходом із цього має бути глибоке усвідомлення, а головне, урахування в практичній діяльності людини закономірностей, які характеризують процеси, що відбуваються в природі і суспільстві. Тільки так людство зможе гармонізувати свої стосунки з природою і зробити крок до досягнення стійкого соціально-економічного розвитку.

Урахування принципів екосистемної організації при формуванні соціально-економічних структур

Сьогодні, коли країни з перехідною економікою намагаються знайти більш ефективні схеми управління, безумовно, великого значення набуває вивчення досвіду провідних країн щодо впровадження ринкових схем. Однак важливо не тільки знати ті чи інші форми ринкових механізмів, але й розуміти глибинну природу перебігу процесів. У цьому плані досить цінним є аналіз механізмів регулювання природних екосистем, що дає можливість з'ясувати причинно-наслідкові зв'язки процесів, які відбуваються в природі, і вивчити джерела фантастичної ефективності природних систем. Подібний аналіз допоможе знайти відповіді на питання про причини недосконалості механізмів регулювання суспільних систем і про умови, необхідні для досягнення стійкого розвитку при переході до інформаційного суспільства.

Тут доречно звернути увагу на принципи екосистемного управління. Біосфера Землі є цілим, що містить комплексні взаємозалежні компоненти і має характерні системні властивості. Серед основних слід виділити такі:

- *самоорганізація* (тобто самопідтримання процесів обміну речовиною, енергією та інформацією між окремими компонентами, що утворюють систему);
- самопідтримання *гомеостазу* (тобто стану динамічної рівноваги фізико-хімічних процесів);
- *саморегуляція* (внесення необхідних корективів і регулювання механізмів у відповідь на зміни, що відбуваються);

- *саморозвиток* (забезпечення умов для самовідтворення і вдосконалення системи).

Зазначені властивості забезпечуються цілим рядом механізмів, головними з яких можна назвати: ієрархічну організацію системи; взаємозв'язок між компонентами системи; природний добір; екологічні обмеження.

Під *ієрархічністю* розуміється функціональна супідрядність елементів цілого (його підсистем) у порядку від нижчого до вищого. Ієрархічність притаманна як усій біосфері в цілому, так і окремим її складовим. Ієрархія екосистем принципово відрізняється від ієрархії класичних командно-адміністративних систем у суспільстві. Основна відмінність обумовлена тим змістом, який в обох системах вкладають у поняття «підпорядкованість».

Для *командних управлінських структур* це означає виконання підлеглими розпоряджень вищого рівня. Найголовнішим («центральною») тут є верхній рівень: президент фірми, глава держави та ін. Саме цей рівень своїми *командами* визначає поведінку всієї системи. Функції керівників нижчих рівнів передбачають: по-перше, адаптацію директивних указівок верхнього рівня до місцевих умов; по-друге, і це головне – реалізацію цих команд на нижчих рівнях. Останнє означає і мотивацію, і контроль за виконанням, і оцінку ступеня виконання, і аналіз причини можливого невиконання. Третя функція – забезпечення зворотного інформаційного зв'язку, тобто збір і передачу від нижнього рівня верхньому інформації про ситуацію внизу та реакцію виконавців на команди згори. Одна з відмітних ознак організаційних структур командного типу – наявність *директивного адресного* планування (наприклад, що, кому, у які строки, у якій номенклатурі, у яких обсягах, за яку ціну необхідно виконати). На противагу цьому в ієрархічних системах подібні проблеми успішно вирішуються на найнижчому рівні. Скажімо, у ринкових умовах рішення з усіх зазначених питань приймаються і виконуються самими суб'єктами підприємницької діяльності.

Для ієрархії *природних екосистем підпорядкованість* означає те, що нижчий рівень є ланкою верхнього рівня, який, у свою чергу, є вузлом більш загальної конструкції (див., наприклад, рис. 17.1). Причому всі ці вузли, кожний з яких є ієрархічним рівнем, формуються, образно кажучи, на основі «свободної кооперації», яка будується на принципах *взаємовигідності*, *взаємодоповнюваності* і *взаємообумовленості*. Екосистеми найнижчого рівня (ЕС-1) як самоорганізовані, відносно замкнені системи утворюються в результаті симбіозу живих організмів

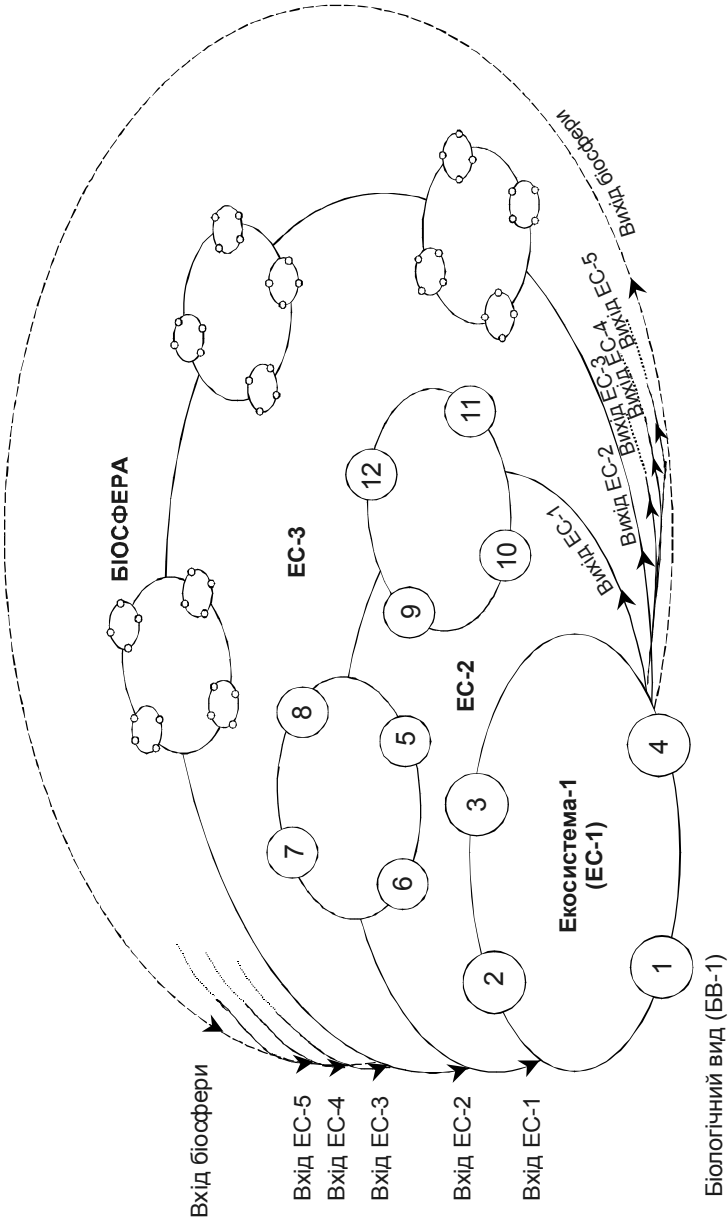


Рис. 17.1. Ієрархічна організація екосистем

(співтовариств продуцентів, консументів і редуцентів). За допомогою свого «входу» і «виходу» кожна з цих екосистем взаємодіє відповідно з «виходом» і «входом» інших екосистем того самого рівня, утворюючи відносно замкнену екосистему більш високого рівня (ЕС-2). Таким чином, рівень за рівнем (ЕС-3; ЕС-4 та ін.) екосистеми утворюють єдину біосферу. Це найвищий ієрархічний рівень організації екосистем на Землі. Однак не можна сказати, що це головний, центральний рівень загальної системи. Тому що в біосфері *центром* є кожний з біологічних організмів. Найменша з бактерій, що переробляє залишки лева, будучи «імператором» власних функцій, має не меншу значущість у процесі самопідтримання життя в екосистемі, ніж сам «цар звірів». Таким чином, екосистемі притаманна унікальна властивість *біоцентризму*, коли центр системи перебуває одночасно в кожному з біологічних організмів. Отже, у біосфері «центр – скрізь, периферія – ніде».

ІЄРАРХІЯ, у якій немає другорядних ролей,
але всі дійові особи – головні герої!
ІЄРАРХІЯ, де немає розподілу на рядових і генералів,
але кожний рядовий – генерал!
ІЄРАРХІЯ, кожний новий рівень якої тільки
піднімає значення рядового трудівника!
Керована система, що одночасно
є й *керівною* – тому що сама
управляє собою!
Керована система, де є тільки один
керівник – ПОРЯДОК СВІТОВУДОВИ!
Хіба це не гідна захоплення загадка
Природи?!

Тільки системи, організовані за біосферним принципом, здатні до виживання в природі й суспільстві. Саме цей принцип «вдалося» реалізувати ринку, де кожен споживач стає «царем». Дуже важливо осмислити значення принципу біоцентричності в організації екосистем будь-якого рівня. Це означає, що в центрі системи має знаходитися найнижчий рівень ієрархії системи, який визначає її життя, динаміку і розвиток. Ієрархічна організація біосфери – ще одне з інформаційних чудес Природи.

Екосистемна організація дає змогу вирішити одне з управлінських завдань, що є нерозв'язним у рамках командної економіки. Річ у тім, що відповідно до одного з принципів кібернетики *складність керівної системи має бути вища за складність*



керованої системи. У природі керівною системою є екосистема будь-якого рівня, керованими – її структурні елементи. Таким чином, природа блискуче вирішила, здавалося б, нерозв'язне завдання: сполучення біоцентризму (коли кожний біологічний вид є центром екосистеми) з екосистемним управлінням (коли вся екосистема управляє цими центрами).

Командна система з її централізованим управлінням виявилася в «інформаційній пастці». Навіть найгеніальніший керівник – одноосібно чи з будь-яким командним апаратом – ніколи не зможе перевершити інформаційну складність керованої ним системи. На успіх він може розраховувати тільки в тому випад-

ку, коли йому вдається максимально задіяти потенціал *самоуправління* системи, тобто наблизити її управління до умов екосистемної організації. Кількісно відмінність двох ієрархій може бути охарактеризована різницею між системами інформаційно-го забезпечення.

Інформаційна система в структурах *класичного командного менеджменту* являє собою перевернутий трикутник (вершиною вниз). Максимальним обсягом інформації має володіти найвищий рівень. Він повинен контролювати поведінку всієї системи аж до найнижчого її рівня. А отже, повинен мати достатню для цього інформацію. Мінімальний обсяг інформації мають рядові виконавці, адже вони тільки виконують розпорядження вищих рівнів.

Навіть якщо «верховний керівник» не вдаватиметься в деталі роботи нижчих рівнів (наприклад, Сталін намагався контролювати виробництво кожного літака, танка, фільму і навіть книги), все одно для прийняття принципових рішень на центральному рівні необхідно обробляти колосальний обсяг інформації. У Радянському Союзі діяльність кожного підприємства цілком замикалася на центральні органи (Держплан, Держпостач, Держкомцін та ін.).

Примітка

Із страховиськом централізованого управління молода Радянська республіка вперше зіштовхнулася навесні 1918 року після націоналізації всієї промисловості країни. Відтепер держава звалювала на свої ще слабенькі плечі відповідальність за вирішення економічних проблем кожного підприємства – аж до кустарної майстерні, включаючи *вибір номенклатури, пошук замовників, постачання, ціноутворення, збут, організацію систем господарування, а також вирішення соціальних проблем*. Усі зусилля керівництва країни шляхом нарощування бюрократичного апарату компенсувати дефіцит інформації для «ручного» управління економікою закономірно виявлялися неспроможними, що, зрештою, і привело до краху економіку держави.

Однак проблема обумовлена не тільки дефіцитом інформаційного забезпечення. Не менш важливим є те, що в командній системі відсутні умови для самоорганізації, не діють механізми природного добору найбільш живучих «організмів» системи. За час існування радянської держави не розорилося жодного підприємства. Нескінченні реорганізації в поєднанні з фінансовими ін'єкціями роками реанімували нежиттєздатні економічні структури. Більшість із них становили колгоспи і радгоспи країни. Інтуїтивно ці пороки командної системи відчував М.С. Хрущов, коли гарячково намагався «поліпшити» директивне

управління: то скасуванням міністерств і створенням самокерованих територіальних раднаргоспів, то реформуванням обкомів. На жаль, ці заходи були несумісні з прагненням зберегти централизоване управління.

Зовсім інша ситуація спостерігається в *екосистемних ієрархиях*, де найбільший обсяг інформації концентрується на нижчих рівнях. Вони здатні до самоорганізації і можуть вирішувати всі проблеми індивідуальної і субсистемної організації. По-перше, кожний біологічний організм несе в собі індивідуальний *генетичний код*, який визначає інформаційну програму поведінки. По-друге, взаємозв'язок окремих організмів інформаційно закріплений *організаційним порядком* даної екосистеми, тобто її своєрідним «геномом». По-третє, *природний добір* працює в напрямку інформаційного вдосконалення біологічних видів і, відповідно, усієї екосистеми. Чим вищий рівень ієрархії, тим менший обсяг інформації необхідний для забезпечення його організації. Адже його система функціонує в автоматичному режимі («інформаційний трикутник» вершиною догори). Класична *командна ієрархія* та *екосистемна* самокерована ієрархічна система є «полярними» формами організаційних структур. У суспільних організаціях можна зустріти своєрідні поєднання цих двох начал. Наприклад, жорсткі командні структури можуть бути значною мірою «пом'якшені» делегуванням повноважень нижчим рівням.

Форма організації системи визначає її здатність до прогресивного розвитку. Аналіз закономірностей зміни екосистем показує, що у відносно стабільних умовах функціонування, коли не витрачається зайва енергія на компенсацію турбулентності, *екосистеми, які мають значне внутрішнє різноманіття, витісняють більш прості екосистеми*. Критерієм прогресивності еволюції екосистеми і біосфери в цілому є темпи нарощування в них *вільної енергії*. Збільшення вільної енергії, таким чином, виконує дві, здавалося б, протилежні функції. З одного боку, це чинник, що стабілізує систему. Адже вільна енергія посилює стійкість системи, її здатність до саморегуляції і підтримання стану динамічної рівноваги. З іншого боку, накопичення підвищеної кількості вільної енергії викликає нестабільний стан системи, веде до її самозбудження, результатом чого є перетворення на систему вищої складності, яка більшою мірою відповідає даній кількості вільної енергії. Це явище людина повинна враховувати у своїй діяльності, пов'язаній як із впливом на екосистеми, так і з організацією соціальних структур. Штучне

спрощення системи знижує кількість генерованої вільної енергії в системі і веде до її деградації.

Коротко уроки природи можна сформулювати таким чином:

- життєздатність – через самоорганізацію;
- керованість – через децентралізацію;
- ефективність – через різноманіття;
- прогрес – через нагромадження вільної енергії;
- удосконалення – через природний добір.

Це надзвичайно важливо засвоїти в нинішніх умовах України. Тільки в такому разі можна розраховувати на прогресивний розвиток суспільства та успішне вирішення економічних, соціальних і екологічних проблем.



Розділ 18

Стратегія і тактика реалізації екологічної політики



Поняття стратегії і тактики в екологічній політиці

Екологічний стан будь-якого економічного суб'єкта (країни, регіону, підприємства) обумовлюється його цілеспрямованою екологічно орієнтованою діяльністю. У цьому зв'язку доцільно зупинитися на трьох ключових поняттях, пов'язаних з управлінням екологічною сферою діяльності, а саме: *екологічна політика, екологічна стратегія і екологічна тактика*.

Усі три поняття передбачають міру впорядкування в просторі й часі певних видів діяльності. У першому наближенні їх можна було б розмежувати таким чином. *Політика* передбачає, по-перше, високий (як правило, найвищий) рівень економічного суб'єкта (зокрема, держави або міждержавного утворення); по-друге, системне, комплексне погодження дій (а не окремі заходи); по-третє, найбільш принципово важливу і укрупнену лінію поведінки.

Екологічна стратегія. Сутність стратегії можна коротко виразити через дві ключові функції, які вона забезпечує:

- визначення *цільової настанови*, перспективних напрямків і траєкторії руху даного господарського суб'єкта в часі й просторі;
- створення *динамічної моделі* доцільної, системної діяльності людей, що враховує вплив факторів зовнішнього і внутрішнього середовища.

Екологічна тактика – це засоби та методи, лінія поведінки, що використовується в екологічній політиці для досягнення стратегічних цілей. На відміну від стратегії тактика – це більш деталізоване, спеціальне планування, схема дій, можливі сценарії розвитку конкретної ситуації протягом обмеженого періоду (як правило, менше одного року).

Еволюція екологічної політики

Здійснювати ту чи іншу політику можна, тільки якщо для цього існують необхідні передумови: соціальні, економічні, технологічні.

Соціальні передумови виникають тоді, коли соціальні інтереси, культурний рівень і особисті бажання людей сприяють виникненню екологічних потреб (передумови «необхідності»).

Економічні передумови створюються тоді, коли в економічній системі виникають економічні умови та організаційні механізми, що забезпечують для виробника економічну вигідність процесів екологізації (передумови «ефективності»).

Технологічні передумови виникають, коли у виробничій системі накопичуються достатні технічні засоби реалізації екологічних потреб (передумови «можливості здійснення»). Економічні й технічні передумови формують групу «передумов достатності».

Протягом усієї історії людства майже до Другої світової війни екологічна політика базувалася, головним чином, на використанні асиміляційного потенціалу самої природи. Дії людей у кращому випадку обмежувалися створенням певних захисних бар'єрів між джерелом екодеструкції (наприклад, забруднення) і самою людиною. Частіше за все в ролі такого бар'єра виступала сама природа. Зокрема, так створювалися, та й зараз створюються, лісозахисні смуги. Головним же екологічним методом, на який спиралися всі захисні заходи, було розчинення (тобто зменшення концентрації) забруднюючих агентів шляхом їх розсіювання в довкіллі. Саме таким було основне призначення димових труб, саме на цьому й досі базується попереднє очищення шкідливих скидів у водойми. Повоєнний розвиток індустрії настільки збільшив деструктивний тиск на екосистеми планети, що природа вже не може забезпечити відновлення якості своїх компонентів. Це змушує шукати нові напрямки реалізації екологічної політики.

Еволюція природоохоронних заходів привела до послідовного розвитку чотирьох базових напрямків екологічної політики, які дістали символічні назви:

- 1) «кінця труби»;
- 2) «маловідходних технологій»;
- 3) «підвищення ефективності»;
- 4) «зміни стилю життя».

Перший напрямок базується на використанні очисних споруд на кінцевих стадіях виробничих процесів (звідси і назва напрямку).

Другий напрямок використовує маловідходні технології, комплексну переробку сировини, корисне використання відходів при збереженні основної номенклатури та обсягів промислового виробництва. Унаслідок цього обсяги шкідливих речовин зменшуються в ході самого виробництва – ще до кінцевих стадій.

Третій напрямок полягає в зменшенні потреб у матеріальних та енергетичних ресурсах. З'являється можливість скорочувати не обсяги шкідливих речовин або екодеструктивних процесів, а виробництв, які є джерелом їх виникнення. Ресурсозбереження досягається вже завдяки зміні технологій у сфері споживання при збереженні його базової структури, тобто виробів та послуг, якими користуються люди. Зокрема, при збереженні базової структури транспортних комунікацій можуть з'явитися нові, більш ефективні транспортні засоби: автомобілі, потяги і літаки, які будуть споживати вдвічі або втричі менше палива на одиницю шляху. Можуть істотно змінюватися основні принципи, форми будівництва та конструкції будівель, але завдяки новим конструкційним матеріалам приміщення та споруди стануть набагато легшими, міцнішими й теплішими, а витрати на їх утримання істотно зменшаться.

Четвертий напрямок пов'язується зі зміною стилю життя людей і відповідно структури споживання виробів та послуг. Головним тут є перехід у пріоритетах споживання від матеріальних до інформаційних товарів і послуг.

Подобиці

Можна орієнтовно дати часову оцінку періодів вищезгаданої екологічної трансформації виробничих систем, що була свого часу здійснена розвиненими країнами. *Перший період* («бум екологічних споруд») пов'язується із 1970-ми роками, *другий період* (застосування маловідходних технологій) припав, головним чином, на 1980-ті роки, *третій період* (підвищення ефективності) почався у 1990-ті роки. Початок *четвертого періоду*, можливо, слід очікувати наприкінці нинішнього десятиріччя.

Невтримна повоєнна індустріалізація 1950-х років призвела до глибокої екологічної кризи, яка була усвідомлена в 1960-ті роки і викликала адекватну реакцію суспільної думки і вчених. Хвиля «зеленого» руху 1960-х років змусила суспільство мобілізувати максимум матеріальних і фінансових ресурсів на запобігання або компенсацію негативних екологічних наслідків, які породжувалися виробничою системою. До середини 1970-х років вдалося досягти деякого пом'якшення екологічної ситуації в розвинених країнах шляхом масового застосування очисного обладнання. Разом з тим ставала все більш очевидною непомірна ціна, яку змушене було сплачувати суспільство за порівняно скромні екологічні перемоги. Вартість очисного обладнання почала наблизитися до рівня витрат на основне виробниче устаткування. Іншою проблемою стало те, що очисні споруди не можуть докорінно вирішити

екологічну проблему, переводячи один вид забруднення в інший (адже вловлені речовини потрібно кудись подіти). Більш того, ці споруди самі є своєрідним джерелом забруднення, адже вони потребують витрат значної кількості матеріальних і енергетичних ресурсів, виробництво яких знов-таки веде до екологічної деструкції. Довго витримувати такий надмірний тягар не змогли навіть економіки багатих країн. До кінця 1970-х років тактику «кінець труби» поступово почала витисняти тактика впровадження маловідхідних технологій. Вона дала змогу значно знизити потребу в очисних спорудах і одночасно підвищити ефективність використання виробничих систем. Саме тому частка екологічних витрат у загальному обсязі виробничих витрат у 1980-ті роки почала скорочуватися: вони просто були вже не потрібні.

Першим етапом екологізації технології було вдосконалення очисного обладнання, підвищення його якості й надійності, значне зменшення вартості. Далі справа дійшла безпосередньо до технологічних систем. Інакше кажучи, екологічні програми розвинених країн переорієнтувалися від боротьби за очисні споруди до боротьби проти необхідності очисних споруд. На підприємствах постає завдання перетворення виробничого процесу в екологічно чистий, який різко зменшує кількість відходів. Крім того, приділяється увага розробці й випуску екологічно чистих товарів, тобто таких, які і протягом їх використання, і після того, як цей термін закінчиться, не забруднювали б і не руйнували довкілля.

На початку 1990-х створюються передумови для нового етапу розвитку науково-технічного прогресу в галузі екологізації. Основна особливість даного етапу може бути охарактеризована словами «підвищення ефективності».

Науково-технічна революція на новому етапі розвитку значно змінила соціально-економічні передумови екологізації, які можна сформулювати таким чином: значне збільшення варіантності вибору у сферах виробництва і споживання; збільшення функціональності економічних систем та їхніх складових; значне зменшення енергоємності і матеріаломісткості одиниці продукції.

У 1972 р. світ був схвильований фактами доповіді групи вчених під керівництвом Д. Медоуза Римському клубу «Межі зростання». У доповіді йшлося про реальну небезпеку, що загрожує людству та екосистемам Землі внаслідок безжалюї експлуатації природних ресурсів і забруднення довкілля.

У 1995 р. вийшла нова доповідь Клубу «Фактор чотири. Подвоєння багатства, дворазова економія ресурсів» («Factor Four: Doubling Wealth – Halving Resource Use»). Її автори Е. Вайцеккер, Е. Ловінс, Л. Ловінс пропонують нові вирішення екологічних проблем шляхом революційного підвищення ефективності систем життєзабезпечення людського суспільства. Російською мовою книжковий варіант доповіді вийшов у 2000 р. під назвою: «Витрат – половина, віддача – подвійна» (Вайцеккер и др., 2000).

Основну концепцію підходу до вирішення проблем розкрито вже в назві. «Фактор чотири» – це калькований переклад з

англійської: «помножити на чотири». Основну думку авторів можна простежити на одному з прикладів (яких у книзі безліч): зниження *питомого* (на 100 км) *використання* автомобілем пального удвічі дає змогу його власникові ще й удвічі підвищити рівень обсягу споживання за рахунок зекономлених енергоресурсів. Разом це й дає вчетверо більший (фактор чотири) результат на одиницю витрачених ресурсів, що зафіксовано в субназві російського перекладу книги (М., 2000): «витрат – половина, віддача – подвійна». Слід зауважити, що реальний ефект подібних рішень виявляється, як правило, ще вищим. Зокрема, до вже згаданих ефектів варто додати зниження вдвічі економічного збитку від забруднення середовища при експлуатації автомобілів та ще й не менш ніж дворазове зниження збитків від забруднення середовища на стадіях виробництва палива (або ефект від зменшення імпорту палива і до того ж зниження економічної залежності країни).

Факти публікації

Лише кілька прикладів з названої книги переконують у реальності пропонованого підходу.

- З 1963 по 1986 рік у США пересічний легковий автомобіль став економічнішим у 2 рази – з 17,8 до 8,7 літра бензину на 100 км. У середині 1980-х років виробники автомобілів створили десятку нових моделей, що поєднали в собі досить традиційні характеристики і давали подвійну чи потрійну економію палива (з 17 до 3,5 л на 100 км). Причини того, що подібні автомобілі не стали масовим явищем, мають не технічний, а економічний і соціальний характер (відсутність адекватної мотивації).
- Експлуатація експериментальних будинків у США, Швеції, Німеччині дала змогу одержати дивовижні ефекти. Економія енергії, необхідної для виконання функцій обігріву і забезпечення життєдіяльності, становить понад 90%, причому економія енергії на опаленні досягає 99%. Практично для підтримання нормальної температури достатньо «пасивного сонячного тепла» та енергії, що виділяється при інших функціях життєдіяльності. «Супервікна» забезпечують теплоізоляцію, рівноцінну 12 листам скла; вони пропускають 75% видимого світла і половину всієї сонячної енергії. Свіжого повітря – скільки завгодно. Воно попередньо підігрівається в теплообмінниках, які забезпечують повернення 75% тепла, що за звичайних умов виноситься повітрям з будинку через вентиляцію. Денне світло надходить з усіх боків, забезпечуючи 95% необхідного освітлення; надекономні лампи зберігають 75% енергії, необхідної для додаткового освітлення. Яскравість лампи регулюється залежно від наявності денного світла. А коли в кімнаті нікого немає, вони просто вимикаються. Холодильник споживає тільки 8%, а морозильна камера – 15% звичайної кількості електроенергії.

Мабуть, найважливіше у двох наведених прикладах – це низькі витрати, які забезпечили такий ефект. Енергозберігаючі моделі машин коштують, як

правило, не дорожче, а дешевше звичайних. А додаткові витрати на енергозберігаючі конструкції будинків виявляються нижчими за річну вартість зеконномленої енергії. Окупивши себе за перші десять місяців, додаткові витрати на енергозбереження забезпечуватимуть ефект, якого вистачить на оплату утримання всього будинку протягом багатьох десятиліть. До речі, очікуваний термін експлуатації будинку в десять разів перевищує аналогічний показник звичайних будинків (Вайцеккер, 2000).

Розвиток сфери виробництва екологічних товарів і послуг надзвичайно важливий не тільки з екологічних міркувань. Він стає високорентабельною сферою економічної діяльності, формуючи один із найбільш доходних видів підприємництва.

Суспільне виробництво є базисом соціально-економічного розвитку. Основу суспільного виробництва становлять економічні процеси, пов'язані з виробництвом і споживанням товарів і послуг. Можна стверджувати, що формування екологічно збалансованого розвитку і забезпечення національної екологічної безпеки в будь-якій країні неможливе без екологізації суспільного виробництва.

Під *екологізацією економіки* слід розуміти цілеспрямований процес перетворення економіки, зорієнтований на зменшення інтегрального екодеструктивного впливу процесів виробництва і споживання товарів і послуг у розрахунку на одиницю сукупного суспільного продукту. Екологізація здійснюється через систему організаційних заходів, інноваційних процесів, реструктуризацію сфери виробництва і споживчого попиту, технологічну конверсію, раціоналізацію природокористування, трансформацію природоохоронної діяльності, які реалізуються як на макро-, так і мікроекономічних рівнях.

Доцільно підкреслити принципову відмінність понять «*екологізація*» та «*природоохоронна діяльність*». Перше поняття ширше за змістом, ніж друге. Зокрема, природоохоронну діяльність можна вважати складовим елементом системи трансформаційних процесів народногосподарського комплексу, які кваліфікуються як *екологізація*.

Таким чином, хоча *екологізація* і включає процеси *природоохоронної діяльності*, вона концептуально від неї відрізняється. Природоохоронна діяльність спрямована на охорону компонентів середовища від забруднення та іншого екодеструктивного впливу, тому вона фактично використовується для пом'якшення екологічної недосконалості існуючих технологій і сприяє консервації технічних принципів, за якими вони працюють. Екологізація ж означає процес постійного екологічного вдосконалення, який спрямований на ліквідацію екодеструктивних

факторів, а відповідно, і потреби в спеціальних природоохоронних заходах.

Повертаючись до визначення екологізації, слід зауважити, що воно містить ще одне ключове поняття – інтегральний екодеструктивний вплив.

Під *інтегральним екодеструктивним впливом* розуміють приведені до єдиної критеріальної бази результати негативних наслідків впливу процесів виробництва та споживання предметів і послуг на людину і природні системи.

Рівень екологізації може бути визначений за допомогою таких видів чинників:

- економічні показники;
- енергетичні показники;
- земельні показники (*footprint*);
- показники порівняння;
- наявність чи відсутність екологічно «гарячих» місць.

Процес екологізації виробництва має бути системою, що постійно відтворює основні взаємопов'язані і взаємообумовлені системні елементи. До основних компонентів відтворювального механізму екологізації народногосподарського комплексу можуть бути віднесені:

- відтворення екологічного попиту;
- відтворення екологічно орієнтованої виробничої основи;
- відтворення екологічно орієнтованих людських факторів;
- відтворення мотивів екологізації.

Схематично система відтворення зазначених елементів нами показана на рис. 18.1. Зупинимося більш докладно на кожному з них.

Відтворенням *екологічного попиту* слід вважати постійну діяльність з формування потреб в екологічних товарах, а також створення фінансових можливостей реалізації цих потреб.

У свою чергу, *екологічними товарами* можна вважати виробу і послуги, виробництво і споживання яких сприяє зниженню інтегрального екологічного впливу в розрахунку на одиницю сукупного суспільного продукту. Екологічні товари є однією з форм екологічних інновацій, яка втілюється в споживчих виробках і послугах.

Ведучи мову про відтворення екологічних потреб, доцільно визначити найважливіші економічні умови екологізації народногосподарського комплексу.

Перше. Зменшення матеріально-енергетичного обсягу споживання товарів не повинне вести до зниження якості обслуговування життєвих потреб людини. Інакше може виникнути



Рис. 18.1. Схема відтворювального механізму екологізації економіки

непрогнозований компенсаційний потік виробів і послуг для латання «проривів» у споживчих стандартах. Виробництво цих товарів може звести нанівець очікувані екологічні успіхи.

Друге. Відмова від споживання екологічно недосконалих видів продукції має компенсуватися збільшенням споживання екологічно спроможних товарів таким чином, щоб загальний грошовий обсяг продажу виробів і послуг, а отже, і їх виробництво не зменшилися (в ідеалі вони мають постійно зростати). Це надзвичайно важливо, бо виробництво залишається єдиним джерелом існування людей у сучасному світі. Навіть незначне його зниження може привести через існуючі численні

зв'язки до дуже відчутних соціально-економічних наслідків. Серед них – зниження життєвого рівня людей, зростання безробіття тощо.

Крім того, зменшення виробництва національного доходу може послабити науково-технічний потенціал, зменшити наповнюваність бюджетів різних рівнів, що, зрештою, може спричинити погіршення можливостей розв'язання екологічних проблем. Таким чином, *відтворення попиту* на екологічні товари (вироби і послуги) є головною ланкою екологізації економіки.

Таблиця 18.1. Еволюція екологічних потреб

Типи екологічних потреб	Види товарів
I. Засоби природозахисного характеру	<p>1.1. Засоби для запобігання екодеструктивного впливу (очисне обладнання, технології захисту ґрунтів тощо)</p> <p>1.2. Засоби для ліквідації наслідків порушення середовища (засоби для дезактивації ґрунтів, технології рекультивації земель та ін.)</p> <p>1.3. Засоби для захисту людини, технологічних і природних систем від шкідливого впливу екодеструкцій (фільтрація води перед вживанням, кондиціонери повітря, захисні покриття та ін.)</p> <p>1.4. Засоби для підвищення імунітету людини або опірності екосистем до негативного впливу екодеструктивних факторів</p>
II. Товари екологічного вдосконалення технологічних систем	<p>2.1. Екологічно ефективні елементи технологічних систем</p> <p>2.2. Роботи і послуги, що сприяють екологічному вдосконаленню технологічних систем (НДР, ДКР, консалтингові послуги, роботи з модернізації тощо)</p>
III. Товари, що підвищують ефективність життєвого циклу виробів і послуг	<p>3.1. Товари (у т.ч. інформаційний сервіс), що дають змогу замінити "брудні" вироби і процеси "чистими"</p> <p>3.2. Товари, що сприяють економії матеріальних і енергетичних ресурсів</p> <p>3.3. Технології, що забезпечують зниження ресурсомісткості товарів</p> <p>3.4. Засоби, що сприяють рециркуляції відходів</p>
IV. Товари екологізації стилю життя	<p>4.1. Освіта та інформаційний сервіс (екологічне навчання, консалтинг тощо)</p> <p>4.2. Засоби для підтримання біорізноманіття і стійкості екосистем</p> <p>4.3. Засоби, що сприяють збільшенню інформаційного контакту людини з природними системами (створення національних парків, зелених зон, екотуризм тощо)</p> <p>4.4. Засоби, що сприяють духовному і фізичному розвитку людини</p>

Третє. Формування попиту на екологічні товари відбувається через формування трьох взаємозалежних економічних елементів: *потреб, інтересів і можливостей.*

Потреби – це відчуття необхідності в певних видах продукції (у тісному зв'язку з притаманними їм властивостями, характеристиками якості, функціями). Будучи усвідомлені конкретними людьми чи колективами, потреби перетворюються в *інтереси*, тобто спонукальні мотиви придбання товарів. *Попитом* же є інтереси, підкріплені фінансовими можливостями.

Очевидно, можна прогнозувати чотири основні стадії еволюції екологічних потреб (табл. 18.1).

Таблиця 18.2. Напрямки формування екологічної орієнтації персоналу

Напрямок	Зміст
Підбір співробітників з певними якостями	Прийом фахівців, що не потребують додаткових витрат на професійну підготовку і мають: а) широкий спектр знань у галузі природокористування; б) високі моральні якості; в) здатність нестандартно мислити. Прийом менеджерів, спроможних сполучати діяльність з екологізацією виробництва з упровадженням нововведень. Тимчасовий прийом на роботу фахівців з охорони навколишнього середовища для вирішення короткострокових екологічних завдань і "гарячих" проблем
Навчання кадрів	У ході навчання повинні набуватися знання: а) з конкретних напрямків екологізації; б) екологічних аспектів маркетингу
Екологічний тренінг і перепідготовка	Під час перепідготовки мають формуватися навички: а) здійснення вигідних продажів екологічної продукції; б) роботи в умовах екологічних перетворень та інноваційних змін; в) мінімізації витрат на досягнення цілей екологізації
Виховання персоналу	Метою виховання є формування: а) переконаності в необхідності для суспільства екологізації виробництва; б) здатності підтримувати і розвивати екологічний імідж організації; в) готовності працювати в непередбачених ситуаціях, долати труднощі
Формування правових норм	Визначення відповідальності за екологічні види діяльності
Регламентация діяльності	Формування системи стандартів, заборон, обмежень, дозволів
Формування системи заохочень і покарань	Розробка системи матеріального і морального заохочення/покарання за певні результати екологічної діяльності
Інформування	Доведення до персоналу: а) значення мети екологізації; б) конкретного стану справ на підприємстві; в) вигоди екологізації і незручностей/недоліків її відсутності; г) стану справ на ринку екологічної продукції
Контроль	Перевірка виконання персоналом екологічних функцій

Під *відтворенням екологічно орієнтованих інновацій у виробничій сфері* слід розуміти генерування наукових ідей, формування інформаційних матеріалів, створення технічних засобів технологічних рішень, що сприяють розвитку екологічно обумовлених виробничих систем.

Під *відтворенням екологічно орієнтованих людських факторів* слід розуміти постійно відновлювані процеси здійснення виховних, освітніх, тренінгових та інформаційних програм і заходів, що спрямовані на формування у виробників і споживачів продукції світогляду, знань, навичок і бажань, достатніх для реалізації завдань екологізації національної економіки. У табл. 18.2 систематизовано напрямки формування екологічних якостей у персоналу виробничої сфери.

Під *відтворенням мотивів екологізації* розуміють постійно відновлюваний процес створення організаційних, соціальних і економічних умов, що формують прагнення людей ставити і досягати цілі екологізації національної економіки.

Мотиваційний інструментарій – це система адміністративних, екологічних і соціально-психологічних інструментів, що забезпечують вплив на окремих людей і колективи для досягнення цілей екологізації.

Здійснення послідовних інноваційних процесів екологізації соціально-економічного розвитку можливе тільки в тому випадку, якщо економіка країни та її структурні підрозділи зможуть сформувати відтворювальні механізми, що забезпечать безупинний перебіг процесів. У даному випадку навмисно використана термінологія «відтворювальний механізм» (а не, скажімо, комплекс заходів). Це підкреслює необхідну і життєво важливу умову – існування постійно відновлюваних і безупинно повторюваних економічних передумов, що забезпечують наявність імпульсів і рушійних мотивів, адекватних соціальній та економічній ситуації в країні.

Стратегія і тактика впливу на об'єкти і суб'єктів екологізації

Управління процесами екологізації передбачає формування основних компонентів керованої системи, тобто тих об'єктів чи суб'єктів економічної системи, на які спрямований управлінський вплив, а також механізмів, за допомогою яких він здійснюється.

У кожному конкретному випадку механізм реалізації завдань екологізації передбачає формування чотирьох взаємозалежних

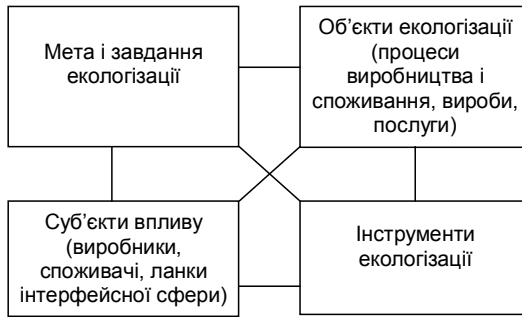


Рис. 18.2. Схема механізму реалізації завдань екологізації

системних компонентів, що, умовно кажучи, утворюють «квадрат» управлінського механізму екологізації (рис. 18.2): 1) мету і завдання екологізації; 2) об'єкти екологізації; 3) суб'єкти екологізації; 4) інструменти екологізації.

1. Мета і завдання екологізації. Це стратегічні цілі і тактичні завдання, які ставляться на кожному конкретному етапі екологізації і, зрештою, є відправним моментом формування трьох інших компонентів «квадрата» екологізації.

Метою екологізації може бути усунення або зменшення дії одного чи кількох екодеструктивних факторів з п'яти груп, охарактеризованих у попередніх розділах. Це може бути: запобігання надходженню в компоненти навколишнього природного середовища або трофічні ланцюги тієї чи іншої шкідливої речовини; зменшення процесів, що ведуть до порушення ландшафтів, тощо.

Примітка

Кожна мета може досягатися різними шляхами. Зокрема, зменшення забруднення атмосфери сполуками сірки можна досягти встановленням очисних споруд у межах існуючої технології, а можна заміною виробничого обладнання технологічними системами маловідходного виробництва. Існує також багато інших шляхів. Наприклад, відмова від використання палива, що має високий вміст сірки, або організація його попереднього очищення. Можна, зрештою, відмовитися (цілком або частково) від використання продукту, при виробництві якого виникає «джерело» забруднення атмосфери. Тим самим усувається потреба в даному виді виробництва взагалі та в необхідності атмосферозберігаючої діяльності зокрема. Саме останній напрямок і має бути покладений в основу екологізації економіки.

Конкретизація цілей екологізації дає змогу сформулювати конкретні завдання *трансформації господарського комплексу*, зокрема:

- реструктуризація економіки, галузей і регіонів;
- перепрофілювання підприємств;
- усунення (зменшення) потреби в екологічно несприятливих видах продукції чи послуг;
- заміна екологічно несприятливих техпроцесів;
- зниження ресурсомісткості продукції тощо.

На підставі аналізу джерел вітчизняної і зарубіжної літератури (Oosterhuis *ect.*, 1996; Environmental, 1996) можуть бути сформульовані основні *принципи*, на яких має будуватися визначення завдань екологізації.

Серед найважливіших слід відзначити принципи: *інтегрального підходу*, що обумовлює необхідність урахування інтегрального ефекту дій у всьому ланцюжку циклу виробництва і споживання продукції; *орієнтації на причини*, що передбачає ліквідацію причин, а не боротьбу з наслідками; *поділу відповідальності*, що обумовлює встановлення адресності і ступеня відповідальності суб'єктів і об'єктів екодеструктивної діяльності; *адекватності інструментарію*, що передбачає формування мотиваційного інструментарію, який відповідає даним обставинам; *системного підходу*, що передбачає вплив на всі об'єкти і суб'єкти екологізації, які прямо чи побічно можуть сприяти досягненню цілей екологізації; *максимальної ефективності*, що обумовлює досягнення конкретних цілей екологізації з мініма-

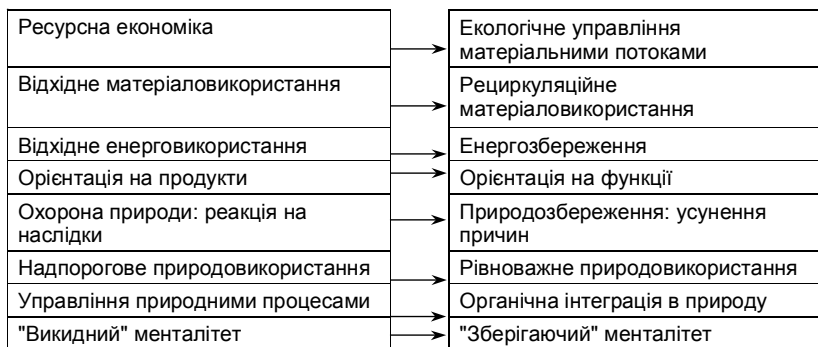


Рис. 18.3. Схема концептуальних напрямків формування завдань екологізації

льними витратами та отриманням максимальної віддачі коштів, спрямованих на розв'язання поставлених завдань.

Зазначені принципи в поєднанні з аналізом найбільш гострих проблем екодеструктивного впливу у виробничо-споживчому циклі дають змогу визначити основні напрямки і завдання екологізації господарського комплексу (рис. 18.3) (Oosterhuis *et al.*, 1996).

2. Об'єкти екологізації. Під *об'єктами екологізації* слід розуміти предмети, процеси і явища, які створюють причини екодеструктивного впливу і які передбачається трансформувати для досягнення цілей екологізації. Інакше кажучи, *об'єктами екодеструктивного впливу* можуть виступати процеси виробництва і споживання продукції або самі продукти (вироби, послуги, корисна робота), застосування (використання) яких створює причини екологічних наслідків.

Примітка

Предметами екодеструктивного сприйняття можуть вважатися ті реципієнти (люди, тварини, рослини, об'єкти діяльності людей), які сприймають вплив екодеструктивних факторів.

На основі відібраних напрямків можуть бути запропоновані три базові і три проміжні стратегії для визначення *об'єктів екологізації* (рис. 18.4).

Згадані базові стратегії можуть бути класифіковані таким чином. Стратегія I: *зменшення потреби в продукті*. Стратегія II: *зміни в продукті* для підвищення рівня його екологічності. Стратегія III: *зміни у використанні продукту* для підвищення екологічності процесів споживання та утилізації відходів споживання.

Стратегія I полягає у відмові від споживання певних продуктів або в зменшенні потреби в будь-яких видах продуктів; останнє означає зниження матеріаломісткості споживчого попиту; це пов'язано безпосередньо із завданнями екологізації, адже виготовлення будь-якого виробу так чи інакше пов'язане з виробництвом матеріалів чи енергії, а отже, побічно є причиною екодеструктивного впливу. Пріоритетним напрямком слід вважати відмову від екологічно несприятливих продуктів або заміну їх на більш чисті. Наслідком цієї стратегії можуть бути зменшення матеріаломісткості та енергоємності продукції, удосконалення структури споживання, відмова від товарів і послуг, які не є життєво необхідними для людини.

Стратегія II стосується будь-яких змін у продукті, у тому числі зменшення шкідливості ресурсів (зокрема, шляхом заміни

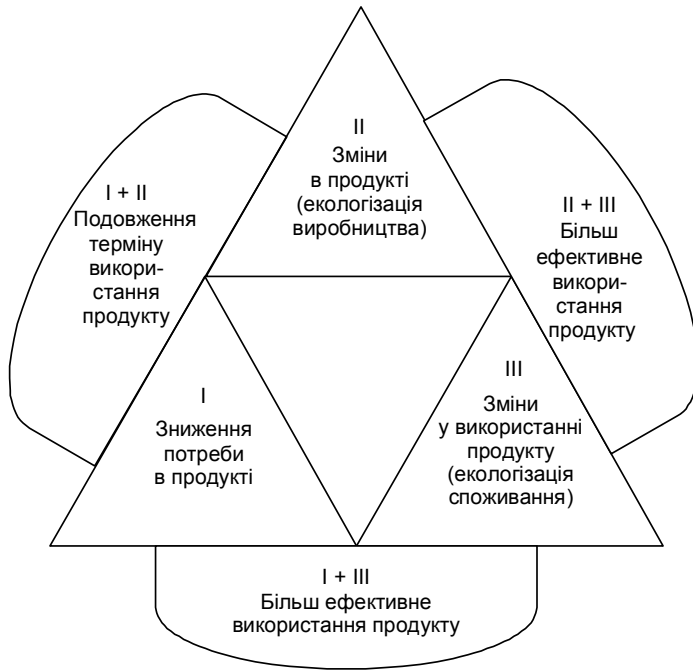


Рис. 18.4. Інноваційні стратегії визначення об'єктів екологізації

шкідливих ресурсів на менш шкідливі) та/або процесів, що використовуються для виробництва даного продукту. Окремо можна говорити про усунення тих властивостей самих продуктів, що можуть створювати екологічну небезпеку на стадії споживання продукту.

Стратегія III стосується всіх видів змін у процесі використання продукції, що зменшують процеси екодеструктивного впливу. До подібних змін можуть бути віднесені: впровадження прийомів екологічно безпечного використання виробів; обмеження в просторі й часі застосування даної продукції в тих сферах, де її використання може спричинити особливо небезпечні екологічні наслідки. Один із аспектів – застосування таких методів споживання, які б сприяли екологізації відходів споживання.

Як проміжні стратегії можуть бути сформульовані підходи, що ґрунтуються на комбінації зазначених трьох базових стратегій.

Субстратегія I + II: зміни в продукті. Обумовлює подовження життєвого терміну продукту (збільшення терміну служби,

поліпшення ремонтопридатності, підвищення якості, міцнісних характеристик, розширення функціонального ряду виробів, ін.).

Субстратегія II + III. Удосконалення процесів використання відходів споживання; передбачає будь-які зміни, що екологізують стадію життєвого циклу, наступну після фази споживання продукту, тобто інновації, які змінюють методи його утилізації або рециркулювання, включаючи конструктивні рішення в самому продукті, які б полегшували утилізацію відходів (або підвищували рівень рециркуляції) даної продукції після завершення життєвого циклу виробу.

Субстратегія I + III: підвищення ефективності використання продукції. Передбачає застосування режимів ощадливості і раціональної експлуатації виробів, ін.

3. Суб'єкти впливу. Аналіз потенційно можливих суб'єктів (які та на яких впливають) дає змогу виділити кілька груп «дійових осіб» процесу експлуатації, *тобто підприємства, організації та фізичні особи*, які так чи інакше відповідають за процеси екологізації. На *стратегічному* рівні всі вони якимось чином є об'єктами впливу, сприймаючи кінцеві цілі екологізації і реалізуючи головну ідею, настанови, мотиваційні сигнали, що надходять від генерального суб'єкта (особи, групи посадовців або органу), який здійснює екологічну політику. На *тактичному* рівні частину названих суб'єктів умовно можна вважати керівними. Вони, конкретизуючи завдання екологізації, починають здійснювати функції впливу на інших суб'єктів, умовно керованих. Цю їх керованість, втім, не слід плутати з підлеглістю. Вона означає лише те, що в процесах екологізації ці суб'єкти зазнають управлінського впливу з боку умовно керівних суб'єктів. Усе це стане зрозумілішим, коли ми більш конкретно визначимо їхні функції. У свою чергу, керовані суб'єкти умовно можна поділити на *первинні* і *вторинні*, а керівні – на *забезпечувальні* та *впливаючі*.

Керівні суб'єкти. *Первинні (безпосередні) суб'єкти* – це ті, які безпосередньо несуть відповідальність за процеси екологічної деструкції. До цієї групи можуть бути віднесені виробники і споживачі продукції, торгіві, транспортні організації, що здійснюють переміщення продукції від виробника до споживача, а також підприємства, які проводять збір, переробку, захоронення або рециркуляцію відходів.

Вторинні (непрямі) економічні суб'єкти – це ті, які впливають на *первинних* економічних суб'єктів і можуть сприяти прийняттю рішень останніми в напрямку реалізації політики екологізації. До даної групи можуть бути віднесені організації, які

є будь-якими формами об'єднання первинних суб'єктів. Вони можуть виконувати функції наукового, інформаційного, освітнього забезпечення, у тому числі певні управлінські функції (відомства, асоціації виробників, торгіві фірми, асоціації споживачів, центри перепідготовки кадрів, галузеві НДІ і КБ).

Керівні суб'єкти. *Забезпечувальні суб'єкти* – це ті, що формують правове або мотиваційне поле впливу на керованих суб'єктів. До цієї групи належать державні урядові органи, організації територіального адміністративного управління.

Впливаючі суб'єкти – це ті, що можуть здійснювати вплив на поведінку трьох зазначених вище груп суб'єктів. До даної групи можуть бути віднесені неурядові організації, засоби масової інформації, освітні й виховні установи тощо.

Зазначені групи суб'єктів умовно утворюють чотири кола розв'язання проблеми екологізації, починаючи з першого, найближчого кола, яке формують первинні суб'єкти.

Примітка

Систему суб'єктів екологізації можна умовно подати у вигляді чотирьох концентричних «орбіт», що розташовуються навколо об'єктів екологізації. На *першій*, найближчій до об'єктів, розміщені *первинні суб'єкти*; вони можуть впливати безпосередньо на об'єкти екологізації. На *другій «орбіті»* розташовуються *вторинні суб'єкти*; вони можуть впливати на первинних суб'єктів. На *третьій «орбіті»* розташовані *суб'єкти системи управління*; вони формують цілі і завдання, правове поле і механізми мотивації, спрямовані на первинних і вторинних суб'єктів. На *четвертій «орбіті»* розміщуються *суб'єкти, що формують інформаційно-емоційне поле*, яке сприяє вирішенню завдань екологізації. Вони впливають на всіх суб'єктів, що потенційно можуть виявитися причетними до вирішення проблем екологізації.

4. Інструменти екологізації. Основною функцією інструментів є формування системи мотивів для досягнення цілей екологізації.

Інструменти екологізації

Економічні інструменти – це засоби (заходи, методи, ва-
желі) зміни фінансового стану економічних суб'єктів. За допомогою економічних інструментів можна, впливаючи на спонукальні мотиви діяльності суб'єктів господарювання, регулювати товарно-грошові відносини на рівні підприємства, території, національної економіки і навіть транснаціональних систем.

Економічні інструменти умовно можуть бути диференційовані на три взаємозалежні і взаємообумовлені групи: *ціни за ресурси, економічні вигоди, перерозподільні платежі/виплати*.

Еколого-економічні інструменти – це засоби (методи, заходи, важелі) впливу на фінансовий стан економічних суб'єктів з метою орієнтації їхньої діяльності в екологічно сприятливому напрямку.

Механізм дії еколого-економічних інструментів передбачає вплив на економічні інтереси суб'єктів господарювання за допомогою зміни витрат і вигід, які виникають за різних сценаріїв поведінки зазначених суб'єктів. При цьому застосування *перерозподільних платежів/виплат* відіграє роль *регулюючого* механізму. Саме за допомогою цих інструментів здійснюється вплив на інтереси економічних суб'єктів.

Коли мова йде про економічний інструментарій, як приклад називають переважно такі найбільш відомі інструменти: *податки, кредити, платежі, субсидії*. Однак це лише «видима частина айсберга» тих надзвичайно складних механізмів, що забезпечують дію інструментів у складі економічної системи. Серед окремих компонентів цих механізмів можна назвати: порядок (правила) вилучення коштів у суб'єктів-донорів; ставки вилучення; виконавців, що здійснюють процедуру вилучення; виконавців, які контролюють процедуру вилучення; економічну (чи іншу) відповідальність за порушення встановлених правил; порядок розподілу вилучених коштів; ставки розподілу коштів; суб'єктів, що здійснюють функції зберігання і розподілу коштів, та ін. Навіть з цього переліку видно, що сама по собі реалізація економічних інструментів потребує певних витрат.

З певною мірою умовності форми еколого-економічних інструментів наведено на рис. 18.5.

По відношенню до причин екодеструктивного впливу мотиваційні інструменти можна розділити на дві групи: інструменти *прямої мотивації* та інструменти *непрямої мотивації*.

Інструменти *прямої мотивації* орієнтовані безпосередньо на об'єкти екологізації: або самі фактори екодеструктивного впливу (тобто процеси, шкідливі речовини тощо), або продукти і послуги, які є носіями екодеструкції (тобто їх виробництво і споживання пов'язане зі шкідливим впливом на середовище).

Примітка

Наприклад, такі інструменти, як платежі, екологічне маркування (зокрема, вмісту шкідливих речовин), орієнтовані на екодеструктивні фактори, а еко-



Рис. 18.5. Форми еколого-економічних інструментів

логічні податки на продукти (наприклад, пестициди, мінеральні добрива, батарейки, ін.) пов'язуються відповідно з предметами і послугами, що є носіями екодеструкції.

Інструменти *непрямої мотивації* орієнтуються не на показники екодеструктивної діяльності, а на продукти і послуги, що побічно можуть створювати умови для досягнення цілей екологізації (наприклад, завдяки обмеженням поширення певних товарів і послуг, гарантіям якості тощо).

Дія мотиваційних інструментів може поширюватися на весь життєвий цикл виробу або акцентуватися на певній стадії циклу чи окремому критерію.

Примітка

Інноваційні процеси, що відбуваються сьогодні в економіці розвинених країн, вносять свої зміни і в управління процесами екологізації.

На нинішньому етапі екологізації вкотре змінюється спрямованість інвестиційної політики. Якщо в 60–70-ті роки ХХ ст. вона була націлена на розробку засобів захисту навколишнього середовища від забруднення; у 70–80-ті ХХ ст. – на розробку маловідходних технологій; то у 1990-ті роки вона була спрямована на розробку незбиткоємних видів продукції, створення високоєфективних інтегральних систем і відповідну реструктуризацію виробничих секторів економіки і споживчого ринку.

Розвиток територіального самоврядування відкрив дорогу для врахування індивідуальних особливостей екосистем і формування територіальних комплексних систем виробництва і споживання продукції.

Таблиця 18.3. Пріоритетні інструменти екологізації виробництва і використання батарейок у деяких розвинених країнах (Б – Бельгія, Нм – Німеччина, Д – Данія, І – Італія, Нд – Нідерланди, Ш – Швейцарія, ЄС – Європейський Союз)

Захід/інструмент	Напрямок політики		
	зниження відходності продуктів	зміни в продукті	зміни в ставленні до продукту
<i>Інструменти прямого впливу</i>			
Нормування вмісту ртуті		Нм, І, Д, Нд, Ш	
Обов'язковість рециркуляції вмісту батарейок		Нм, Нд, Ш	Нм, Нд, Ш
Обов'язковість повернення батарейок			Нм, Д, Нд, Ш
Регламентування правил			Ш
Обов'язки споживача			Ш
Регламентация переробки відходів батарейок			Нм, І, Д
<i>Економічні інструменти</i>			
Оснащення устаткуванням для збору використаних батарейок			Нм, І, Д, Нд, Ш
Субсидії для НДР і ДКР		Д	
Платежі	Б	Б	Д, Ш
Оплата депозитних систем			І, Нд, Ш
<i>Обов'язкові інформаційні інструменти</i>			
Обов'язкове маркування		Нм, І, Д, Нд,	Нм, І, Нд, Д
<i>Добровільні інформаційні інструменти</i>			
Екомаркування	Нм	ЄС, Нм	ЄС, Нм
Рекомендації	Нм, Ш	Нм, Ш	Нм, Ш
<i>Добровільні угоди</i>			
Самозобов'язання виробників/імпортерів батарейок		Нм, Д, Нд	Нм, Нд, Ш
Добровільне оснащення установками для збору батарейок			Нм, І

Адекватно змінюється механізм управління інноваційними та інвестиційними процесами, значно розширюється діапазон застосованих мотиваційних інструментів і зростає складність методів управління. Вони, як правило, реалізуються не на одному з принципів: «забруднювач сплачує», «споживач сплачує» і «все суспільство сплачує», – а на їх поєднанні.

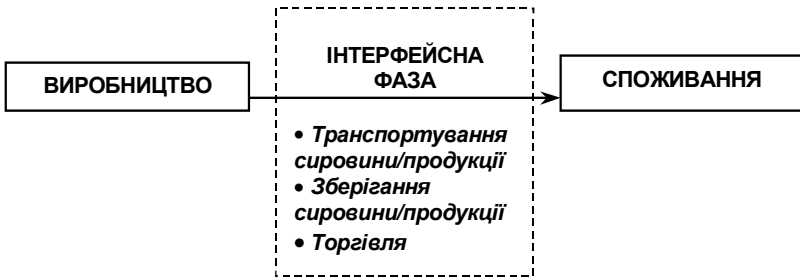
Як приклад можна навести факти використання деяких мотиваційних інструментів в розвинених країнах для управління екологічною спрямованістю інноваційних процесів. Різноманіття можливого інструментарію у вирішенні такої екологічної проблеми, як утилізація використаних батарейок, охарактеризоване в табл. 18.3.

Констатуючи важливість усіх чотирьох основних компонентів мотиваційного механізму – цілей і завдань, об'єктів, суб'єктів та інструментів, необхідно виділити значення суб'єктів екологізації. Даний компонент має перебувати постійно в полі зору і під час аналізу, і під час вибору інших трьох. Саме стосовно суб'єктів і з урахуванням їхніх можливостей мають формуватися мета і завдання екологізації, відбиратися найбільш прийнятні об'єкти. Кожний умовний цикл чергового інноваційного процесу екологізації має закінчуватися впливом на суб'єкти за допомогою конкретного мотиваційного інструментарію. Однак з іншого боку, кожний із трьох інших компонентів мотиваційного механізму здатний впливати на вибір суб'єктів екологізації в тому напрямку, у якому діє мотиваційний інструментарій (зокрема, платежі краще діють на виробників-забруднювачів, а податки – на споживачів). І дуже важливо, щоб реалізація цього впливу знаходила найбільш ефективний шлях досягнення цілей екологізації.

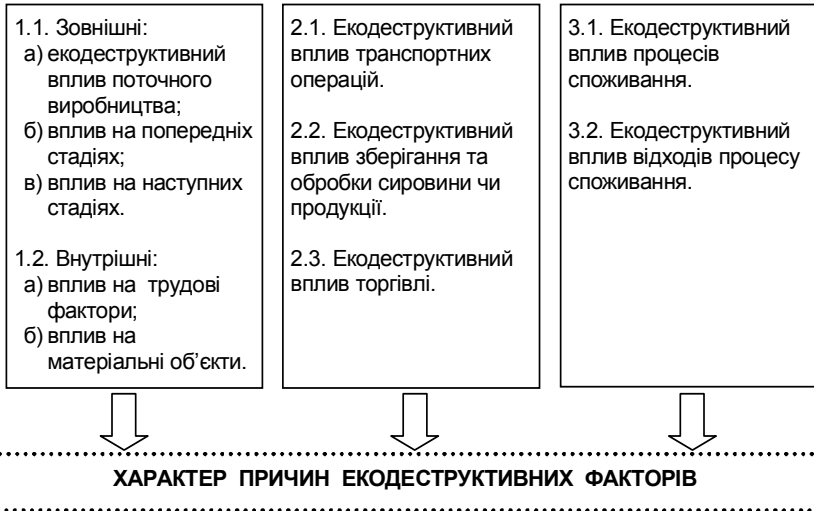
Стратегії впливу на сфери господарювання

Як відомо, у ринкових умовах механізми регулювання економічних відносин між суб'єктами господарювання реалізуються через взаємодію попиту та пропозиції. Вплив на ці два компоненти ринку і сферу, що пов'язує їх, є важливою передумовою формування вихідних стратегічних схем управління процесами екологізації. В літературі з проблем екологізації (Oosterhuis *et al.*, 1996) традиційно згадуються три ключові стратегії впливу на економічних суб'єктів з метою реалізації цілей екологізації економіки: 1) вплив на пропозицію; 2) вплив на попит; 3) вплив на взаємозв'язок між виробниками і споживачами. Схематично це показано на рис. 18.6.

1. Стратегія впливу на пропозицію. У спеціальній літературі подібна стратегія пов'язується зі словом «штовхати». Суть її у



ЕКОДЕСТРУКТИВНІ ФАКТОРИ



- Обумовлені виробником
- Обумовлені інтерфейсною сферою
- Обумовлені споживачем

Рис. 18.6. Схема реалізації стратегій впливу на суб'єкти з метою екологізації економіки

формуванні системи мотиваційного впливу (кредитні й податкові пільги, дотації, інші економічні стимули, екологічні стандарти, доведення інформації про розширення екологічних потреб тощо), яка б підштовхувала виробників до переходу на «зелену» продукцію.

Подобици

Екодеструктивні фактори сфери виробництва умовно можуть поділятися на дві підгрупи: зовнішні стосовно даного виду виробництва та внутрішні.

Зовнішні, у свою чергу, можуть бути поділені на три групи: а) фактори поточних стадій виробництва; б) фактори попередніх стадій виробництва; в) фактори наступних стадій виробництва.

Фактори *поточних стадій* характеризують процеси екодеструктивного впливу на поточних стадіях виробництва. Дані процеси завдають шкоди сферам, що перебувають поза межами даного виробництва. До подібних екодеструктивних факторів належать забруднення атмосфери через труби, скидання забруднюючих речовин у водойми, порушення ландшафтів, процеси, пов'язані з утилізацією відходів даного виробництва.

Фактори *попередніх стадій* характеризують екодеструктивні фактори, які пов'язані з попередніми стадіями виготовлення виробів (виконання послуг), але обумовлені саме поточним виробництвом. Зокрема, саме технологічний рівень даного виробництва визначає необхідність у тих чи інших вихідних матеріалах, їх кількісні показники, питомі чинники їх використання на одиницю продукції, а також показники енергоємності. Виробництво всіх вихідних ресурсів на попередніх стадіях так чи інакше пов'язане з порушенням природного середовища, негативним впливом на соціально-екологічну систему. Таким чином, *поточна* стадія виробництва побічно є «відповідальною» за виникнення екодеструктивних факторів в інших періодах суспільного виробництва і споживання. Це обумовлює можливість і необхідність контролювати екодеструктивний вплив не тільки в поточному виробництві, але й на попередніх його стадіях. Це дуже важливий момент для формування системи показників екологізації та їх урахування в процесі екологізації виробництва. Наприклад, якщо в даному виробництві відмовитися від використання матеріалів, видобуток і виготовлення яких призводять до значного забруднення навколишньої природи, це буде значно більш ефективним «природоохоронним заходом» у масштабах країни, ніж використання дорогих очисних споруд у виробництві самих ресурсів. У зв'язку з цим досить цікавим є досвід провідних зарубіжних фірм, що ставлять за мету максимальне використання для свого виробництва вихідних матеріалів, вироблених з поновлюваних ресурсів, відтворення яких постійно може відбуватися в природі.

Фактори *подальших* стадій виробництва пов'язані з майбутніми стадіями використання виробничих продуктів. Зокрема, недоліки конструкції виробів спричиняють проблеми з їх утилізацією після завершення терміну служби, ускладнюють рециркуляцію відходів. І, навпаки, екологічно конструктивний виріб дозволяє розвивати рециркуляційні технології. Наприклад, в Україні значні проблеми виникають з утилізацією автомобільних шин з металокордом. До цього часу ця проблема остаточно не вирішена, і це спричинює скупчення неперероблених шин. У Японії проблему вдалося розв'язати вже на стадії шинного виробництва шляхом створення спеціальної конструкції шин, з яких легко видаляється металокорд після закінчення терміну служби покришок. У цій країні висувають високі вимоги саме до конструкції виробів з погляду придатності їх до демонтажу й утилізації на постреалізаційній стадії.

Внутрішні екодеструктивні фактори сфери виробництва можна класифікувати залежно від об'єкта їх впливу. Вони можуть впливати: а) на людину; б) на матеріальні об'єкти виробничої системи.

Екологічна недосконалість виробництва з погляду впливу на організм людини може обумовлювати шкідливі умови праці, зокрема підвищену (знижену) температуру, вологість, шум, вібрацію, контакт зі шкідливими речовинами, польовий вплив, ризик високого травматизму, смертності. Шкідливий вплив екодеструктивних факторів на матеріальні об'єкти може вести до прискореного спрацювання основних фондів, до псування оборотних засобів, аварій, простоїв і, як наслідок, – збитків, недовироблення продукції та упущеної вигоди.

2. Стратегія впливу на попит. У спеціальній літературі ця стратегія символічно характеризується словом «тягти». Асоціативно це добре сполучається з моделлю «виробничо-споживчого поїзду». Впливаючи на попит, можна «витягти» і ланки екологізованого виробництва, яке буде обслуговувати відповідні потреби. Суть цієї стратегії полягає в тому, щоб економічно змусити або психологічно переконати споживача переходити на більш екологічно спроможну продукцію.

Подобиці

Екодеструктивні фактори сфери споживання можуть бути обумовлені кількома причинами: по-перше, екодеструктивним впливом безпосередньо *процесів споживання*; по-друге, екодеструктивним впливом *відходів процесів споживання*.

За характером причин екодеструктивні фактори сфери споживання можна поділити на дві групи: а) фактори, обумовлені властивостями і конструктивними особливостями споживчих виробів і послуг; б) фактори, обумовлені поведінкою споживачів.

Властивості і конструктивні особливості товарів є надзвичайно важливими компонентами екологічного впливу на людину. Зокрема, наявність шкідливих речовин у продуктах харчування може становити загрозу здоров'ю людини. Значна шкода може спричинитися екологічною недосконалістю будівельних матеріалів, де вміст токсичних речовин у різних покриттях, облицювальних і лакофарбових матеріалах значно збільшує ризик виникнення різних хвороб. Серйозну небезпеку створюють шумове, електромагнітне, вібраційне, радіаційне забруднення, що його спричиняють різні електро побутові прилади, устаткування, обладнання, транспортні засоби. Особливо суворо ми маємо бути вимоги щодо екологічної чистоти товарів для дітей.

Особливістю зазначених причин екодеструктивного впливу є те, що вони обумовлені екологічною недосконалістю продукції, закладеною ще на стадії виготовлення. Споживачі практично не в змозі ліквідувати зазначені негативні властивості товарів. Однак із цього не випливає, що споживач не може взагалі впливати на цю групу екодеструктивних факторів своєю поведінкою.

Фактори, обумовлені поведінкою споживачів, умовно можуть бути поділені на дві групи – фактори пасивної поведінки і фактори активної поведінки.

Фактори *пасивної поведінки* пов'язані з можливістю відмови споживачів від придбання екологічно несприятливої продукції. Таким чином, споживач може сприяти зниженню попиту на зазначені види продукції і тим самим створювати умови для процесу екологізації і переходу на нові екологічно якісні види продукції. Однак, щоб це відбувалося, необхідні певні передумови:

- поінформованість споживачів про можливу екологічну шкідливість;
- спроможність людей усвідомити необхідність відмови від продукції, що несе екологічний ризик;
- наявність альтернативних чистих замінників;
- економічна вигідність переходу на чисті замінники або економічна (купівельна) спроможність придбання більш дорогої чистої продукції.

Таким чином можуть бути створені необхідні і достатні передумови екологізації виробництва і споживання. Дані умови одночасно визначають напрямки мотиваційного впливу для досягнення цілей екологізації.

Фактори *активної поведінки* пов'язані з умінням і бажанням споживачів грамотно використовувати (експлуатувати) споживчі товари. Грамотне використання може до певної міри пом'якшити екологічну недосконалість багатьох видів продукції. Так само неправильна експлуатація може приводити до екологічних проблем навіть при використанні сприятливих в екологічному плані товарів. Зокрема, споживач може нехтувати обмеженнями, стандартами, що забороняють використовувати в житлових приміщеннях матеріали і вироби, призначені для промислової зони (лінолеум, ДСП, азбест тощо); порушувати стандарти при експлуатації виробів (виходити за граничні температурні режими і т.ін.); використовувати технічну тару для зберігання продуктів харчування.

Необхідними умовами ліквідації або зменшення екодеструктивних факторів є:

- екологічна грамотність споживачів;
- екологічна поінформованість;
- навички споживачів;
- свідомість і дисципліна споживання;
- контроль з боку держави за дотриманням екологічних стандартів.

3. Стратегія впливу на взаємозв'язки між виробниками і споживачами («інтерфейсна стратегія»). Суть стратегії – в екологізації проміжних ланок, що з'єднують конкретних виробників і споживачів. До форм реалізації даної стратегії слід віднести: вплив на комунікаційні шляхи, екологізацію торгових механізмів, маркетингові дослідження, розвиток інформаційних систем тощо. Застосування саме цієї стратегії дозволило багатьом країнам розв'язати життєво важливі екологічні проблеми. Заборона на торгівлю рідкісними тваринами або виробами з них оберігає фауну багатьох африканських держав. Японія змогла очистити вулиці своїх міст від смогу завдяки введенню суворих нетарифних бар'єрів (екологічних стандартів) на імпортовані транспортні засоби. Україна вже протягом кількох років має список заборонених для ввезення чи транзиту через територію країни токсичних та небезпечних відходів; суттєві тарифні і нетарифні бар'єри використовуються при імпорті автомобілів.

Подобиці

За характером виникнення можна виділити три основні компоненти інтерфейсної сфери: *торгівлю, транспортні операції, зберігання продукції*.

Торгівля. Сама сфера торгівлі не спричинює суттєвого забруднення середовища. Однак потенційно вона є дуже потужним фактором (регулятором) вирішення екологічних проблем. Цьому сприяє та вирішальна роль, яку відіграє торгівля в регулюванні потоків товарів і коштів. Найчастіше екологічні проблеми, які важко розв'язати, впливаючи на виробничу чи споживчу сфери, легко можуть бути вирішені за допомогою торгових механізмів. Зокрема, це може бути досягнуто введенням різних тарифних (експортно-імпортного мита, різного виду податків, ін.), а також нетарифних (ліцензування і стандартизація продукції тощо) бар'єрів.

Завдяки торговим механізмам у вітчизняній і світовій практиці вдалося вирішити багато екологічних проблем. Зокрема, завдяки забороні неконтрольованого ввезення будь-яких сільськогосподарських продуктів Австралія значно знизила небезпеку екологічних катастроф біологічного характеру.

Транспорт. Транспортна сфера сама є джерелом екодеструктивної дії. Можна виділити фактори прямого і непрямого сприяння зниженню екологічного впливу транспортних операцій.

Фактори прямого сприяння пов'язані з підвищенням екологічної та економічної ефективності роботи транспортних засобів. Ці заходи пов'язані з інноваційними процесами, що ведуть до вдосконалення двигунів, застосування альтернативних видів палива, удосконалення інфраструктури транспортних магістралей, віддалення останніх від населених пунктів, цінних природних об'єктів, рекреаційних комплексів.

Фактори непрямого сприяння пов'язані зі зниженням обсягу транспортних перевезень. Це може бути досягнуто шляхом удосконалення структури постачальників і споживачів продукції, вибору оптимальних, з погляду географії, транспортних перевезень, найкращого розміщення продуктивних сил на території країни, вибору оптимальних розмірів підприємства. Для України, зокрема, актуальною проблемою є вдосконалення інфраструктури переробки сільськогосподарської продукції.

Транспортна сфера повинна виконувати ще одну дуже важливу еколого-економічну функцію – формувати компенсаційні і страхові фонди, що підвищують екологічну безпеку транзитних транспортних перевезень. Для України цей фактор є надзвичайно важливим, тому що до 70% вантажів, які перетинають кордони України (автотранспортом, залізничним, водним транспортом), мають транзитний характер. Через територію країни проходить значна кількість транспортних трубопроводів. Повітряний простір України інтенсивно використовується авіацією різних країн. Правильно сформована система платежів та інших економічних інструментів не тільки дала б змогу компенсувати еколого-економічні збитки, але й створила б умови для накопичення коштів під технічне переозброєння транспортних систем, удосконалення інфраструктури, вирішення цілого ряду екологічних проблем, пов'язаних із транспортними операціями.

Є ще одна екологічна транспортна проблема. Небезпека походить з боку самих вантажів, що перевозяться. У цьому плані екологічні проблеми обумовлюються двома факторами: *по-перше*, через неякісне упакування

(контейнерування) вантажів відбувається їх висипання, витікання, випаровування; по-друге, існують можливості виникнення аварій при надзвичайних ситуаціях. Зокрема, забруднення середовища нафтопродуктами обумовлене головним чином аваріями при їх транспортуванні (аварії танкерного флоту, трубопроводів, залізничні катастрофи). Відповідно, очевидними є й напрямки зниження екодеструктивного впливу транспортних операцій: підвищення якості упакування вантажів, підвищення безпеки транспортних перевезень.

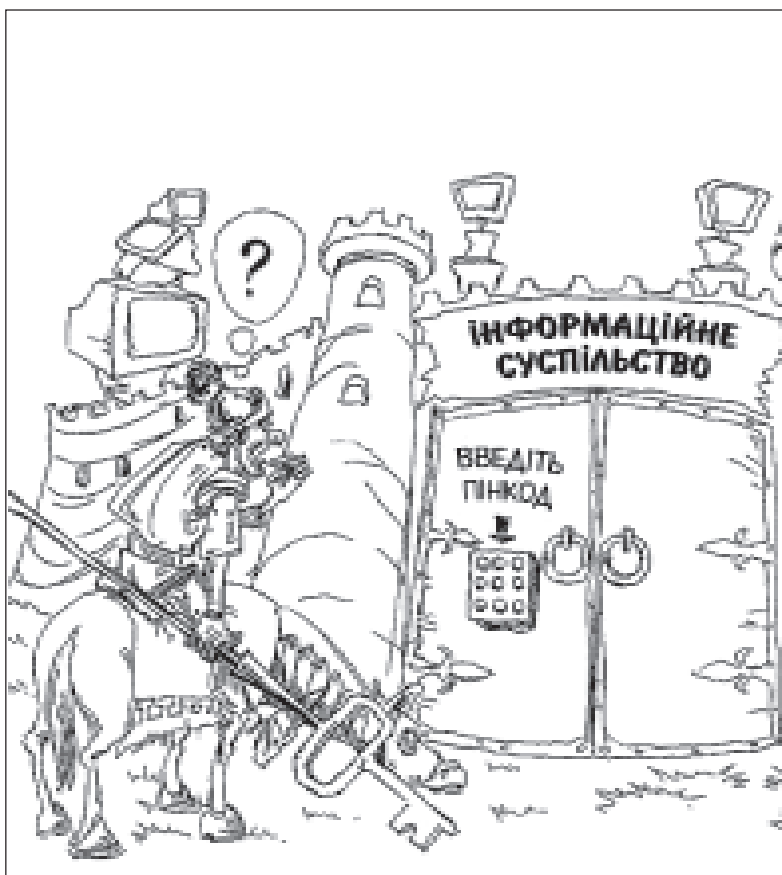
Зберігання сировини/продукції. Характер екодеструктивного впливу цієї сфери діяльності має багато спільного з характером екодеструктивних процесів на транспорті. Основними причинами негативних екологічних наслідків тут є: 1) недоброякісність упакування (затарювання) продукції, що зберігається; 2) ризик виникнення надзвичайних ситуацій (аварії, катастрофи, руйнування ємкостей, ін.); 3) контакт людей з екологічно небезпечними інгредієнтами при обробці і затарюванні вантажів тощо.

Примітка

Для України розглянута сфера діяльності є досить важливою з огляду на ту загрозу, яку створює тривале збереження сільськогосподарських отрутохімікатів і мінеральних добрив. Основна проблема полягає в низькій якості упакування й незадовільному облаштуванні місць зберігання. Часто екологічно токсичні вантажі зберігаються в розірваних мішках (а іноді й просто незатареними насипами), у тимчасових складах, які незадовільно охороняються, а головне, мають погані умови зберігання, часом навіть під відкритим небом. Подібні умови не забезпечують належного зберігання токсичних речовин, унаслідок чого вони потрапляють у ґрунт і ґрунтові води.

Тільки країна, яка належним чином використовує всі три стратегії, може розраховувати на реальні успіхи в справі екологізації. Умови для цього створюються при *реструктуризації* економіки, коли одночасно змінюються виробнича основа, базові групи споживчих товарів і характер інтерфейсної сфери.

Незважаючи на значну кількість чинників, що характеризують різні сторони виробничо-споживчого циклу, існує спільний для них фактор, що зв'язує воедино, здавалося б, розрізнені економічні процеси. Цим єдиним фактором є людина. Говорячи про екологізацію попиту, пропозиції, торгівлі, комунікацій тощо, ми насамперед маємо на увазі екологізацію відносин між людьми в основних фазах виробничо-споживчого циклу. Аналізуючи екологізацію виробництва і споживання, ми розуміємо, що вона може бути реалізована тільки конкретними людьми, їхньою працею, знаннями, навичками, бажаннями. Тому екологізація економіки передбачає, насамперед, екологізацію людей, потреби яких вона покликана задовольняти і зусиллями яких вона це здійснює.



Розділ 19

Стійкий розвиток в інформаційному суспільстві



Інформація як базовий фактор суспільного виробництва

При переході до інформаційного суспільства інформація стає базовим фактором суспільного виробництва. При цьому під інформацією слід розуміти фундаментальне природне начало, яке несе в собі характерні ознаки предметів і явищ природи (а, отже визначає зв'язки між об'єктами і явищами природи), як це розкривається в розділі 8.

Формування інформаційної індустрії обумовлене рядом обставин.

По-перше, тим, що інформація дедалі більше набуває рис продуктивної сили. З'являється все більше технологій, де інформація є і засобом виробництва, і робочим тілом, і предметом праці (комп'ютерні технології; сільське господарство, засноване на постійному відновленні генетичного матеріалу; кіно- і відео-індустрія та ін.).

По-друге, заміна ручної праці розумовою означає в той же час інформатизацію економіки.

По-третє, глобалізація суспільного життя підвищує роль комунікаційних засобів (прикладом є Інтернет).

По-четверте, інформатизація економіки на практиці означає постійне підвищення ефективності виробництва й удосконалення його екологічного рівня.

По-п'яте, посилення позицій людини «соціо-» зумовлює збільшення потреби в інформаційних товарах і послугах (розвиток туризму; масове захоплення фотографією, мистецтвом, спортом, домашнім квітникарством та ін.).

Таким чином, у технологіях інформаційного суспільства реалізовуватиметься формула: *робити інформацію з інформації інформаційним началом людини за допомогою інформаційних засобів для інформаційного начала людини.*

Факти публікацій

- «...У прийдешньому десятилітті все «заповнять» комп'ютери – не тільки великі, але й «одночипові» мікрокомп'ютери, що змінюють навіть наші будинки. Автомобілі, побутова техніка, різні прилади і все інше буде приводитися в дію мікрокомп'ютерами, що мають швидкодію до десяти мільйонів команд за секунду» (Белл, 1999).
- «Нові інформаційні технології є не просто інструментами, які потрібно застосувати, але процесами, які потрібно розробляти. Користувачі і творці можуть об'єднатися в одній особі. Так, користувачі можуть захопити контроль над технологією, як у випадку з Інтернетом. Звідси випливає тісний зв'язок між соціальними процесами створення і маніпулювання символами (культурою суспільства) і здатністю робити і розподіляти товари і послуги (продуктивними силами). Уперше в історії людська думка стала безпосередньою продуктивною силою, а не просто вирішальним елементом виробничої системи» (Кастельс, 2000).

У технологіях майбутнього на перше місце висувається «інформаційне креслення», ноу-хау ідей. Їхнє втілення обіцяє стати менш складним заняттям.

Примітка

Напевно, найбільш яскравий образ інформаційної економіки авторові довелося зустріти в шкільному творі років десять тому в гімназії міста Суми. У своєму фантастичному оповіданні учениця 8-го класу «посилає» дітей на канікули подорожувати на космічному кораблі. У дорозі в дитячого екіпажа закінчилися продукти харчування. Юних туристів неминуче очікувала б голодна смерть, якби події відбувалися не у XXI столітті. Діти не розгубилися. Настроїли свої «космічні радари» на планети, повз які пролітали, і стали зчитувати з них інформацію про місцеві овочі і фрукти. А відтворити їх у реальності на бортовому реакторі було справою техніки. На щастя, біомаси на кораблі з його оранжереями вистачало. Та цей приклад не тільки ілюстрація можливостей інформаційних технологій, але й своєрідна характеристика менталітету молодого покоління, що фактично вже мислить категоріями майбутнього.

Уже сьогодні реальністю стає генна інженерія, завтра може початися ера *нанотехнологій*. Останні передбачають матеріалізацію («зборку») необхідних виробів (від продуктів харчування до засобів життєзабезпечення) на молекулярному й атомарному рівнях. Уперше про таку перспективу заявив нобелівський лауреат Річард Фейнман у 1959 році.

Учені пророкують появу нанореакторів і нанозаводів величиною з молекулу через 50 років, тобто практично протягом життя одного покоління. Якщо це відбудеться, людство впритул наблизиться до реалізації ідеї великого українського вченого В.І. Вернадського про «автотрофність» людства. Це означає

можливість людини самостійно виробляти всі життєво необхідні речовини (включаючи їжу), синтезуючи їх з неорганічних сполук. Це, до речі, означало б і вирішення сучасних екологічних проблем: будь-які шкідливі сполуки могли б або відновлюватися до вихідного стану, або використовуватись як вихідна сировина.

Підсумовуючи, можна сказати, що інформація виконує в економічній системі найважливіші функції, виступаючи в ролі всіх її ключових компонентів. Серед них можна назвати такі:

- сировина виробничих процесів;
- засіб праці;
- предмет праці;
- готова продукція;
- засіб споживання;
- капітал (джерело одержання прибутку);
- товар (об'єкт купівлі-продажу);
- об'єкт власності;
- засіб захисту.

Роль інформаційних форм економічної системи неухильно зростає в сучасному житті суспільства. Це визначається, по-перше, збільшенням частки вартості інформаційного компонента в загальному обсязі засобів виробництва і предметів споживання і, по-друге, підвищенням ролі функцій, які виконує інформація в економічній системі.

Утім, «прийдешня епоха не настільки вже й безхмарна», і вже сьогодні можна передбачати значні соціальні й екологічні проблеми, які вона несе із собою.

Базові фактори суспільних формацій

Кінець другого тисячоліття людство зустрічало цілим спектром криз: ресурсних, економічних, фінансових, соціальних, екологічних. За гаданої автономності і незв'язаності усі вони є наслідками того самого явища, назва якому «вичерпання соціально-економічних форм розвитку суспільства в рамках існуючих природно-ресурсних і екологічних умов».

Дослідження показують, що саме природно-ресурсні кризи були основними «винуватцями» і першопричинами будь-яких малих і великих соціально-економічних революцій, які відбувалися в різних куточках планети. За словами М. Реймерса, *«завжди спостерігалася відповідність між розвитком продуктивних сил і природно-ресурсним потенціалом суспільного*

прогресу» (Реймерс, 1994). Кризові ситуації, вважав учений, виникають при дисбалансі динамічної системи.

Щоб ефективно управляти сьогоденням, потрібно добре передбачати майбутнє. У свою чергу, вірогідність прогнозу можна забезпечити тільки на основі глибокого ретроспективного аналізу закономірностей плину процесів у минулому. Для здійснення еколого-економічного аналізу надзвичайно важливо простежити зміни ключових параметрів соціально-економічної системи в рамках трьох базових суспільних формацій: двох у ретроспективі й однієї в перспективі:

- *постнеолітична епоха* (від зародження заснованого на праці людини сільськогосподарського виробництва – скотарства і землеробства – до початку промислової революції);
- *індустріальна епоха* (від початку промислової революції до наших днів);
- *постіндустріальний період* (формується в наш час).

Аргументи вченого

«До нинішніх часів людство пережило дві величезні хвилі змін, і кожна з них в основному знищувала більш ранні культури або цивілізації і заміщала їх таким способом життя, що був незбагнений для людей, які жили раніше. Перша хвиля змін, викликана 10 тисяч років тому впровадженням сільського господарства, потребувала тисячоріч, щоб викоренити саму себе. Друга хвиля – розвиток промислової цивілізації – зайняла всього лише 300 років. Сьогодні історія виявляє ще більше прискорення, і цілком імовірно, що третя хвиля пронесеться через історію і завершиться протягом кількох десятиліть» (Тоффлер, 1999).

Проаналізуємо соціальну, економічну та екологічну логіку процесів, що відбуваються, і спробуємо передбачити майбутню траєкторію соціально-економічного розвитку. При цьому зосередимо увагу на змінах, що відбуваються:

- у відносинах людини і природи;
- у самій людині;
- у факторах виробництва;
- у виробничих відносинах.

Зазначений аналіз можна виконати, лише дослідивши природу трансформаційних процесів, що відбуваються в змісті базових факторів, які формують контури суспільних формацій.

З урахуванням виконаного аналізу порівняльна картина трьох зазначених формацій подана в табл. 19.1.

Підкреслимо одну важливу деталь: у формуванні і трансформації зазначених вище факторів вирішальну роль відігравав і

Таблиця 19.1. Базові економічні, соціальні та екологічні параметри трьох соціально-економічних формацій

Параметр	Формація		
	постнеолітична	промислова	інформаційна
Базові природні субстанції	речовина	енергія	інформація
Домінантна субсистема в тріаді людини	біо-	трудо-	соціо-
Переважні функції природи	фізіологічна, екологічна	економічна	соціальна, екологічна
Переважний тип споживання	матеріальний	матеріально-енергетичний	інформаційний
Базові фактори виробничої системи	праця/природа	машина	інформація
Базові фактори структуризації суспільства	праця/земля (природа)	капітал	інформація
Координуючий клас (соціальна група) у суспільстві	рабовласники, феодалі	буржуазія	інтелектуальна еліта
Базова форма виробничих відносин	силовий примус	економічна угода	вільна праця
Домінантний тип відносин "людина – природа"	залежність людини від природи	спроби підкорення природи	гармонійні відносини
Основна причина екологічної кризи	виснаження продуктивного потенціалу природи	руйнування відбудовного потенціалу, надвиробництво енергії	надвиробництво інформації, інформаційне руйнування природи

продовжує відігравати інформаційний компонент. *Інформація* складає глибинну суть усіх предметів і явищ природи, з якими доводиться мати справу людині. *Інформація* є основою конструювання людиною будь-яких виробничих систем і процесів. І тим більше *інформація* є «локомотивом» будь-яких трансформаційних процесів у суспільстві. Навіть поява перших примітивних знарядь праці може без будь-якого перебільшення розцінюватися як *інформаційна революція*, що ознаменувала колосальний інтелектуальний прорив людини, необоротно видозмінила сферу знань людини, її спосіб життя та інформаційне середовище буття.

Такі самі підстави вважатися інформаційними революціями (хоча й на іншому рівні) мають також інші знакові віхи історії людства, зокрема, *неолітична* та *індустріальна* революції. Вони змінювали насамперед *інформаційний зміст* усіх базових факторів, що формують контури виробництва і суспільних відносин.

Аналізуючи зазначені вузлові характеристики суспільного розвитку, спробуємо виділити основні закономірності еволюції людини і суспільства, дослідити об'єктивні передумови процесів, що відбуваються в суспільстві і природі.

Загальні риси інформаційної формації

Та соціально-економічна система, до якої сьогодні рухається людство, може цілком обґрунтовано називатися *інформаційним суспільством* (постіндустріальним суспільством, суспільством знань).

Інформаційним суспільством може бути названа соціально-економічна формація, у якій виробництво та споживання інформації складає основу економічної системи і формування суспільних відносин (рис. 19.1).

В інформаційному суспільстві виробничий базис складають інформаційні засоби виробництва. Саме завдяки їм виробничі



Рис. 19.1. Особливості виробничих систем в інформаційній економіці (ІЕ)

системи набувають принципово нових властивостей (рис. 19.1). Основними продуктами споживання (а отже, і виробництва) стають інформаційні товари та послуги, приклади яких подаються на рис. 19.2. Унаслідок інформатизації сфер виробництва і споживання значно змінюються характерні ознаки середовища життя людини (рис. 19.3).

Виникнення передумов, у яких може сформуватися інформаційне суспільство, має цілком об'єктивний характер. Загальні риси ситуації, у якій можуть проявитися контури інформаційного суспільства, дуже яскраво відображені К. Боулдінгом в образі «економіки космонавтів» (Боулдінг, 1977).

Інформація – єдиний продукт, виробництво якого можна нарощувати безмежно в умовах наявності матеріальних меж. Основні особливості інформаційного суспільства можуть бути охарактеризовані таким чином.

Інформація стає ключовим природним фактором, на якому концентрується суспільне виробництво. Інформація – єдина природна субстанція, добування (сканування) якої із середовища не завдає прямого збитку природі. Більш того, це значною мірою робить непотрібним вилучення із середовища речовини й енергії. Добування і використання інформації природи в кінцевому рахунку означає засвоєння тих принципів, за якими функціонують природні системи. Учатися в природі – це означає підвищувати ефективність техногенних систем. Адже ефективність процесів природного метаболізму на кілька порядків вища, ніж виробничих процесів. А головне, природа живе замкнутими циклами. Тут кожна ланка є продовженням попередньої і початком наступної. «Розробка інформаційних надр» природи дозволить вирішити обидва завдання: значно підвищити ефективність виробничих систем і гармонійно вписатися в процеси обміну екосистем Землі.

Цифри і факти

У природі жири і вуглеці окиснюються в живих організмах при температурі близько 37 °С, у виробництві для цього потрібна температура 400–500 °С.

Синтез аміаку з молекулярного азоту в промислових умовах здійснюють за температури 500 °С і тиску 300–350 атм. А мікроорганізми без особливих труднощів проводять реакцію при звичайній температурі й атмосферному тиску (Лапо, 1987).

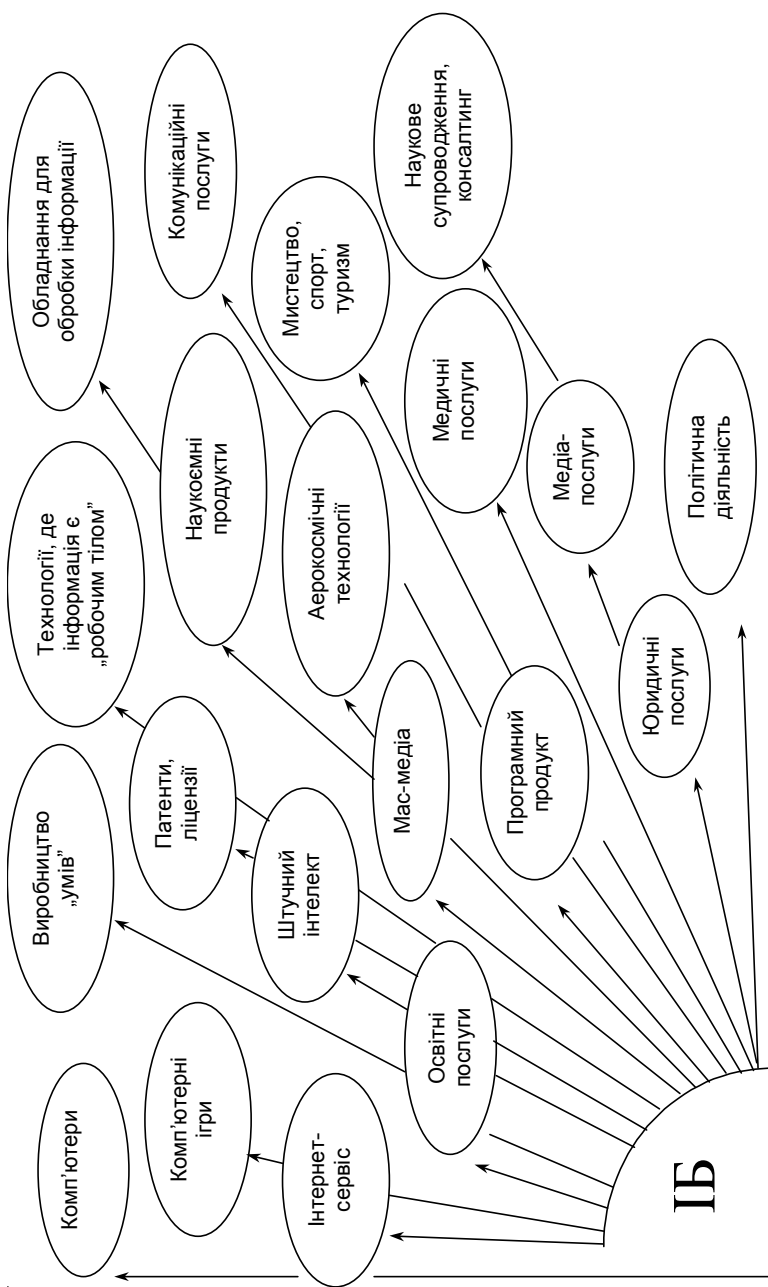


Рис. 19.2. Приклади виробництва інформаційних благ – ІБ (товарів і послуг)



Рис. 19.3. Зміни економічного середовища людини

Наведені факти переконливо свідчать про те, що інформація про принципи організації живої природи могла б стати джерелом колосальної економії енергоресурсів.

На відміну від виробничого споживання матеріалів або енергії, що призводить до збільшення ентропії, використання інформації дає протилежний ефект: підвищує організованість, упорядкованість навколишнього середовища і зменшує ентропію. Саме тому, зокрема, ЕОМ як знаряддя праці і машина для обробки інформації може розглядатися, за виразом болгарського економіста І. Ніколова, як діалектичне заперечення всіх попередніх знарядь праці, призначених для обробки речовини й енергії (Ніколов, 1986).

Подобици

Деякі дослідники вказують на те, що *ентропія* (тобто ступінь непорядкованості) при споживанні природних ресурсів збільшується з ростом масштабів їх

залучення в економічний оборот. Дане розуміння в тій чи іншій формі визнають усі визнані в наш час економічні доктрини і так чи інакше пояснюють цей факт, називаючи його *законом тенденції норми прибутку до зниження*, або *законом спадної продуктивності капіталу*. Тут, однак, потрібне істотне застереження: зазначене розуміння справедливе за умови, що технічний базис залишається тим самим. Радикально нові технологічні рішення відрізняються від колишніх більш високою ефективністю використання речовини і енергії. Тому і збільшення ентропії при споживанні людиною матеріалів і енергії не може продовжуватися нескінченно: періодично великомасштабні технологічні зрушення супроводжуються зниженням матеріалоемності та енергоемності виробничих процесів і, отже, зменшують ентропію шляхом *інформатизації* виробничих систем (Экологическая, 1994; Нижегородцев, 1994).

Нагадаємо, що одним із перших цю унікальну властивість інформації помітив видатний російський учений радянської епохи М.Ф. Реймерс. Як одне із визначень інформації він сформулював таке: *«один із найважливіших природних ресурсів і одночасно суспільне надбання, оскільки весь розвиток людства – результат освоєння і переробки інформації, одержуваної з навколишнього середовища і накопичуваної суспільством»* (Реймерс, 1980).

Підсистемна сутність *«соціо-»* у міру формування інформаційного суспільства має всі шанси стати лідером тріади людини. Це відбудеться за наявності певних передумов:

- якщо буде знято гостроту проблем задоволення першорядних фізіологічних потреб людини (насамперед тих, що забезпечують нормальний обмін речовин в організмі) і можна буде сконцентруватися на розвитку фізичних можливостей, закладених у її тілі;
- якщо можна буде частково *«розвантажити»* *«трудо-»* і визволити *«соціо-»* від виконання економічних функцій для всебічного розвитку особистості;
- якщо трудові функції розвинуться за складністю і привабливістю до рівня мистецтв, щоб праця перетворилася в найпершу життєву необхідність;
- якщо сам *«соціо-»* зможе піднятися у своєму розвитку, затвердивши в суспільстві ідеї гуманізму або, користуючись теологічною термінологією, *«закон любові»*.

«Соціо-» виростає з *«трудо-»* так само, як свого часу *«трудо-»* виріс із *«біо-»*. На відміну від останніх двох названих підсистем людини її *«соціо-»* живиться винятково *інформацією*; цим може пояснюватися і пріоритетність у майбутньому інформаційних функцій природи в їх загальному комплексі.

Крім того, відмітною рисою *«соціо-»* є його потреба в цілних екосистемах. Соціальні функції природи можуть повною

мірою реалізуватися тільки при контакті людини з природними ландшафтами у всій їх складності і різноманітті. Це знімає суперечність між функціями природи стосовно людини («соціальні функції») і необхідними для її (природи) самоорганізації («екологічні функції»).

Пріоритет соціальних і екологічних функцій природи може забезпечити загальну гармонію всього спектра функцій. Еволюція пріоритету різних груп функцій природи обумовлюється складними процесами, що відбуваються в суспільстві й економіці.

Екологічні проблеми інформаційного суспільства

Найбільш істотні, на наш погляд, соціально-екологічні проблеми можна схематично позначити таким чином.

Руйнування інформаційного коду існуючого матеріального світу. Існуюча природа (у тому числі й сама людина) складається з матеріальних сутностей (атомів, молекул, клітин, організмів, екосистем), у яких рух матеріально-енергетичних потоків реалізується за створеними і закріпленими природою інформаційними кодами-програмами. Людина, втручаючись у навколишній світ, перебудовує сформовані природні системи. Це може бути трансформація ландшафтів, внесення сторонніх інгредієнтів у сформований кругообіг речовини й енергії (а це означає і введення нової інформації) або, навпаки, вилучення якихось інгредієнтів (існуючої інформації). Наслідком усіх цих процесів є поряд з іншим порушення інформаційних програм, функціонування матеріальних об'єктів існуючого світу. В останні роки набуло поширення і активно вживається поняття «*вірус*». Це не випадково, тому що вірус і являє собою ту сутність, що руйнує інформаційні програми функціонування матеріальних або ідеальних об'єктів. Так, біологічний вірус, порушуючи інформаційний код матеріальних організмів, викликає хвороби; комп'ютерний вірус руйнує нематеріальні (ідеальні) програми комп'ютерного забезпечення.

Примітка

Ще одним прикладом порушення інформаційного коду є «хвороби» функціонування економічних систем. У будь-якому суб'єкті господарювання (країні, регіоні, компанії) потоки матеріальних субстанцій (речовини, енергії, людей) визначаються грошовими потоками. У свою чергу, грошові потоки регулюються економічним механізмом. Саме він визначає ту інформаційну програму, за якою функціонує економічна система. Помилки формування

економічного механізму (зокрема, податкових, цінових, кредитних інструментів, зарплати, пенсійної і банківської систем, прав власності, ін.) подібно до своєрідного «економічного вірусу» здатні спричинити важкі хвороби економічної системи (що, зокрема, ми в даний час спостерігаємо в Україні). Наслідками подібного «вірусу» можуть бути: «тіньовизація» економіки (наприклад, в Україні у 2000–2001 році вона оцінювалася в 60–70%, а наприкінці 2004 року – у 50–55%) через помилки в оподаткуванні; гіпертрофія матеріалоємних секторів промисловості через відсутність ефективного інструментарію стимулювання інноваційної діяльності; блокування попиту через неплатоспроможність населення; несприятливий інвестиційний клімат через високі процентні ставки кредиту і багато чого іншого.

Виробництво нової інформації. Уже на етапі індустріальної епохи людина зіштовхнулася з проблемами виробництва принципово нових видів інформації, обумовлених створенням невідомих природі матеріальних (а отже, матеріально-інформаційних) сутностей (нові речовини, біологічні види, комунікаційні шляхи, процеси і явища). У нинішню епоху можливості людини щодо виробництва нових видів інформації зростають лавиноподібно. Досить згадати, наскільки активно сьогодні людина втручається у свята святих – генетичний код. Від мудрості людини залежить, наскільки успішно зможе вона обійти спокуси, створювані науково-технічною революцією, і пройти тонкою гранню між вигодою передбачуваних ефектів і небезпекою інформаційного руйнування природи. Сьогодні є достатньо прикладів інформаційного застереження (СНІД, атипова пневмонія, епідемії хвороб тварин і багато іншого).

Формування сутностей, що саморозвиваються. Уже сьогодні людина не тільки виробляє нову інформацію – вона створює інформаційні і матеріально-інформаційні сутності, що мають спроможність до саморозвитку. Траєкторії подібного розвитку і їх можливі наслідки найчастіше передбачити, а отже, і контролювати повністю людина не може. Зокрема, за деякими припущеннями, вірус, що викликає атипову пневмонію, існував (або був модифікований людиною) давно. Наслідки дії вірусу, які ми спостерігаємо сьогодні, – це результат непередбачених мутацій вірусу (можливо, у тому числі під впливом діяльності людини). Темпи його еволюції значно випереджають такі для біологічних організмів Землі. Ще одним прецедентом можуть стати програми саморозвитку техногенних матеріально-інформаційних систем – роботів.

Примітка

Переглядаючи черговий науково-фантастичний фільм, у якому герой накачує собі в пам'ять гігабайти чужої інформації (як, наприклад, у фільмі «Джонні Мнемонік») або збирає себе з матеріалу, схожого на розпиту ртуть (як у фільмі «Термінатор-2»), або сам влізть з усією своєю свідомістю всередину комп'ютера (як у фільмах «Газонокосильник» або «Нірвана»), мало хто пов'язує ці вигадки з конкретними технічними розробками, що ведуться починаючи з останньої чверті ХХ століття. Йдеться в даному випадку не про комп'ютерну графіку і побудовану з її допомогою так звану «віртуальну реальність», а про більш серйозний і багатообіцяючий предмет – *нанотехнології*.

Будь-яка нова технологія має бути, насамперед, економічно вигідною, а виробництво деталей молекулярних машин традиційними методами органічного синтезу потребує гігантських капіталовкладень і далеко не завжди взагалі можливе. Саме тому однією з основних вимог до молекулярних машин є здатність відтворювати самих себе. Як тільки будуть отримані перші такі машини, вони відразу ж почнуть робити як свої копії, так і інші молекулярні машини. У результаті цього мікросвіт машин почне жити своїм автономним життям, потребуючи від нашого макросвіту лише сировини, енергії і загального управління (утім, останнє не обов'язково). Фактично розвиваючи молекулярну *нанотехнологію*, людство, яке ще не встигнуло розібратися зі своєю власною біологією і її численними хворобами, наважилося на створення нової небілкової (хоча і вуглецевої) форми життя, що має бути цілком зрозуміла і підконтрольна людському розумові. Але чи буде? Як тут не згадати Франкенштейна і Термінатора!

Зростання залежності людини від комп'ютерних систем. Швидкості процесів, які відбуваються в людському суспільстві, досягли таких меж, що людина вже неспроможна контролювати їх перебіг. І обсяг інформації, що переробляється, і тим більше високі темпи прийняття рішень уже давно знаходяться за межами фізичних можливостей людини. Це давно стало очевидним у транспортних, комунікаційних, енергетичних, банківських системах. У свою чергу, можливості комп'ютера теж обмежені. Вони не можуть вийти за межі того алгоритму, які заклала людина задовго до реального ходу подій. Будь-яка несподівана ситуація, не передбачена програмістом, не може контролюватися і комп'ютером. Коло замикається. Наслідками цього стають численні техногенні аварії і катастрофи, найстрашнішою з яких став Чорнобиль.

Зростання залежності людини від надійності технічних систем. Проблема полягає не тільки в залежності людини від ство-

рених нею ж інформаційних систем. Іншу загрозу становить зростання потужності техногенних систем. Ця потужність має не тільки енергетичні обриси. Сьогодні людина (найчастіше через комп'ютер) контролює фактори, що легко можуть привести до катастрофи глобального масштабу внаслідок хімічних, біологічних, електромагнітних та інформаційних засобів впливу. Уразливість людської цивілізації постійно підвищується. Вона може бути врівноважена лише випереджальним ростом систем захисту. Дай Боже, щоб так лишалося завжди.

Синергетичні ефекти інновацій. Усі вищезгадані процеси і явища, взаємодіючи між собою, ведуть до формування навколишнього середовища, яке зовсім не знайоме людині. Це стосується житлового середовища, виробничих систем, засобів комунікації, відносин між людьми. Усе це разом формує нове середовище існування з новими екологічними проблемами. Досвіду життя і діяльності в подібних умовах людина не має, тому що нове середовище є безпрецедентним.

Зростання темпів інновацій. Ще одна екологічна проблема виникає через небачені темпи зміни середовища. Людині доводиться жити не тільки в середовищі, відмінному від того, у якому жили її предки. Її власне середовище постійно змінюється. З'являються нові засоби праці, процеси, матеріали. Правила і стандарти повинні постійно складатися заново. Виникає необхідність нової дисципліни – екології змін.

Відносини людини з природою. Знаходження людиною своєї автотрофності дає підставу говорити про можливість усунення антагоністичних суперечностей між людиною і природою з урахуванням тих екологічних проблем, про які ми говорили вище. При цьому створюються передумови для реалізації висунутої Вернадським концепції «ноосферного розвитку». Великим ученим фактично було сформульоване завдання стійкого розвитку і відповідальності людства за «перебудову біосфери в інтересах вільно мислячого людства як єдиного цілого» (Вернадский, 1975, 1977).

Необхідно підкреслити, що зняття антагонізму у відносинах людини і природи може відбутися тільки за умови реалізації сформульованого П.П. Бобровським постулату: «Усе для людини, як і людина для всього» (Бобровский, 1973).

Можна припустити виникнення нових соціально-екологічних проблем, безпрецедентних за складністю і характером. Уже сьогодні можна прогнозувати багато екологічних проблем, що будуть пов'язані з надвиробництвом інформації, неспроможністю людини витримати лавиноподібне зростання інформації і новими суперечностями між підсистемами в тріаді людини. У

цьому зв'язку доведеться переосмислити саме поняття екології та екологічних проблем. Особливу тривогу викликає зростання залежності систем життєзабезпечення людини від інформаційних комплексів. Уразливість життя людини виявляється прямо пов'язаною з надійністю і вірогідністю інформації.

Слід зазначити, що, незважаючи на футуристичний характер, розглянута тема набагато більш приземлена і злободенна, ніж може видатися на перший погляд. Діти, що народжуються сьогодні, житимуть у зовсім іншому світі. Економічна система, соціальні відносини, види занять, культурне і навіть мовне середовище вже найближчого майбутнього значно відрізнятимуться від існуючих у наші дні. Виховуючи, навчаючи і тренуючи підростаюче покоління, необхідно мати уявлення про контури середовища, у якому тому доведеться жити. Проблема цілеспрямованої трансформації суспільства особливо актуальна для України, яка змушена буде за лічені роки подолати дистанцію в цілу епоху. Поки ще не втрачені можливості розвитку інформаційної економіки країни та її інтелектуальний потенціал, залишається шанс на вибір правильних орієнтирів.

ПІСЛЯМОВА

Соціально-економічний розвиток є однією з форм еволюції природи. Наявність загальних закономірностей розвитку природних і економічних систем дає можливість використовувати уроки природи для вдосконалення механізмів управління процесами трансформації суспільних структур. Досвід природи, спресований нею у своїх творіннях – предметах і процесах – може послужити вирішенню завдань підвищення ефективності функціонування антропогенних систем.

Людині волею долі дарована небачена раніше в земній природі ступінь свободи – свободи жити, діяти, творити. Ця свобода виникає не від можливості порушувати закони природи, а від уміння їх осягати. Усвідомлюючи закономірності розвитку, людина отримує можливість у своїй уяві випереджати хід часу і реальні процеси, що відбуваються в ньому.

Людину називають творцем свого майбутнього не тому, що вона вільна з жорсткою визначеністю «ліпити» його зі стандартних «цеглин» сьогодення. На жаль, людині не дано вирватися з вірогіднішого світу випадкових змін. Але вона може відкрити силою свого передбачення завісу стохастичності подій, що відбуваються. А розгледівши контури майбутнього, людина отримує можливість свідомо перебудовувати себе і елементи свого оточення так, щоб більш вміло обійти прийдешні «кручі та вири» ріки часу, максимально використовуючи «енергію тенденції» процесів, що прискорюються. Людина саме тому *творець* свого майбутнього, що в її силах, у тому числі, створювати саму себе відповідно до запитів плінного часу. Завдання це колосальної складності. Воно під силу тільки тим, хто здатний *знати, хотіти і уміти* вже сьогодні те, що вимагатиме завтрашній день.

У цьому життєво важливому інформаційному багажі одним із ключових компонентів є знання про природу процесів *розвитку*. Останні досягнення сучасних наук і, у першу чергу синергетики, переконують у єдності і взаємозв'язку процесів розвитку систем неживої та живої природи, суспільства. Соціально-економічні системи: сім'я, підприємство, територіальне утворення,

національна економіка – на рівні суспільного розвитку роблять свій внесок у єдиний процес еволюції природи.

Оснoву процесів розвитку *відкритих стаціонарних систем*, до яких належать і всі зазначені соціально-економічні системи, складають явища *метаболізму* і *гомеостазу*. Завдяки *метаболізму*, обмінюючись речовиною, енергією та інформацією із зовнішнім середовищем, система черпає енергію для своєї життєдіяльності. Цей процес здійснюється тільки за умови підтримання гомеостазу, тобто стійкої різниці фізико-хімічних потенціалів системи із середовищем. Життєдіяльність системи і підтримання її гомеостазу неминуче пов'язані з необоротним розсіюванням (дисипацією) енергії. В основі існування будь-якої системи лежить боротьба за підвищення ефективності використання енергії, зниження рівня її дисипації на одиницю корисної роботи. Саме ці характеристики обумовлюють природний добір систем, що веде природа. Власне процес розвитку являє собою послідовну зміну гомеостазів системи: від менш ефективних до більш ефективних.

Передумовою *прогресивного* розвитку системи є накопичення в ній «вільної енергії». У цьому випадку система отримує можливість підвищити рівень свого гомеостазу, ускладнивши свою структуру і збільшивши інтенсивність процесів метаболізму. Глибинний зміст процесу прогресивного розвитку полягає в підвищенні *інформативності* системи, тобто в її здатності здійснювати роботу, *зменшуючи ентропію* системи. Саме цей процес послідовно реалізується в ході еволюції природи.

Процесами свого розвитку система управляє через механізми зворотного зв'язку. Механізми *негативного* зворотного зв'язку дозволяють підтримувати рівень гомеостазу. При цьому компенсація впливу зовнішнього середовища забезпечується тим, що система змінює свої характеристики в бік, зворотний напрямку впливу. За допомогою механізмів *позитивного* зворотного зв'язку система трансформує стан свого гомеостазу в тому самому напрямку, у якому діє фактор середовища.

Об'єктивна необхідність застосування людиною механізмів негативного зворотного зв'язку виникає стосовно тих систем, рівень гомеостазу яких не може бути змінений (якщо не теоретично, то, принаймні, практично) у межах просторово-часових параметрів, що визначають існування на Землі біосфери та людської цивілізації. До таких систем належать: 1) біосфера планети та її складові екосистеми; 2) біологічна природа самої людини. Людина може існувати тільки в дуже вузькому інтервалі фізико-хімічних параметрів середовища, в яких вона була сфо-

рмована природою. Відхилення цих параметрів у той чи інший бік загрожує загибеллю людської цивілізації. Збереження цього вузького інтервалу параметрів середовища мають забезпечувати механізми негативного зворотного зв'язку (обмеження, стандарти, заборони, санкції тощо).

Обмеження, пов'язані з необхідністю збереження гомеостазу біосфери і складових екосистем, на відміну від обмежень, що забезпечують гомеостаз біологічної природи людини, мають відносний характер. Зміна умов природного середовища і гомеостазу біосфери матиме фатальний характер не для самої біосфери – за кілька мільярдів років вона пережила безліч змін, у тому числі, була свідком існування близько 4 млрд біологічних видів, які наразі вже зникли. Збереження існуючих природних умов і гомеостазу планетних екосистем необхідне саме для людини. З цим пов'язана дія механізмів негативного зворотного зв'язку, спрямована на консервування природних територій (заповідників, заказників, природних парків) та обмеження екологічного впливу на компоненти природного середовища.

Стосовно соціально-економічної системи припустиме застосування механізмів як негативного, так і позитивного зворотного зв'язку. Призначення перших – зменшити екологічний тиск суспільних систем на природні компоненти. Такими, зокрема, є заходи, пов'язані з обмеженням народжуваності населення. Разом з механізмами негативного зворотного зв'язку всебічного поширення мають набувати механізми позитивного зворотного зв'язку, пов'язані з перебудовою гомеостазу соціально-економічних систем. Головна спрямованість такої перебудови – зменшення матеріаломісткості й енергоємності виробничих систем при одночасному збільшенні їх потужності для поліпшення задоволення потреб населення. Це може статися лише за умов підвищення інформаційної складової виробничих процесів.

Усі свої життєві функції, так само як і реалізацію механізмів негативного і позитивного зворотного зв'язку, будь-яка система здійснює, витрачаючи енергію в межах енергетичного балансу. Витрати енергії не можуть перевищувати її надходження в систему. Інакше створюються умови саморуйнування системи.

З волі Творця людина прийшла в цей світ «панувати» над природою. Мистецтво управління повною мірою залежить від інформаційного контролю існуючих матеріально-енергетичних процесів. Чим «розумніший» (інформативніший) управлінський вплив, тим більш раціональною є траєкторія розвитку системи і тим менш енергоємними будуть процеси управління. Закон – «добуток сили на розум є величина постійна» – у природі дійсно

існує. Енергія – інформативна, а інформація – енергетична. Усі предмети і явища природи розрізняються за своїм енергетичним та інформаційним статусом, створюючи багатоспектральну інформаційно-енергетичну картину світу. Лише розгледівши і усвідомивши її, можна опанувати секрети згаданого закону й осягнути мудрість управління процесами розвитку. Ця мудрість записана природою в процесах і явищах, що виникають щомиті в усіх на очах. Але тільки одиниці її можуть це побачити.

Природою створені міради чудес, але, мабуть, одне з найбільших серед них чудових – феномен *прогресивного саморозвитку*. Розвитку, що здійснюється через перманентні процеси відтворення саморегуляції і самоорганізації природних систем. «Життєздатність – через самоорганізацію; керованість – через децентралізацію; прогрес – через накопичення вільної енергії; ефективність – через різноманіття; удосконалення – через природний добір» – ось ті уроки розвитку систем, які людина повинна почерпнути з «підручників» природи, щоб одержати перепустку в майбутнє.

Мистецтво людини управляти природою – це, у тому числі, і майстерність управління її власною природою, тобто тією тріадою сутностей («*біо – соціо – трудо*»), яка дарована людині. Можливо, ця системна єдність *фізіологічного, особистісного і творчого* начал людини – необхідний інструмент для виконання найважчої й найвідповідальнішої місії творця прогресу, у якій людина покликана здійснювати функції *матеріального існування, інформаційного контролю і творчої побудови*.

Суспільний розвиток – один з етапів еволюції природи, а постіндустріальне (інформаційне) суспільство, у яке стрімко втягується людство, – його чергова віха. В інформаційному суспільстві людина одержує можливість максимальної реалізації своєї інформаційної сутності, коли інформаційно гармонізована трудо-людина за рахунок інформаційно обумовлених засобів виробництва задовольнятиме особистісні потреби інформаційної системи людини «соціо-». При цьому суттєво знижується матеріаломісткість і енергоємність процесів виробництва і споживання одиниці суспільного продукту.

Протягом всього існування цивілізації людство невпинно намагалось знаходити засоби забезпечення стійкого розвитку. Останнім часом такі пошуки активізувалися. Напрацьований цілий арсенал механізмів, методів, інструментів і процедур, спрямованих на забезпечення стійкого розвитку.

Аналіз характеру процедур екологічного управління змушує звернути увагу на одну їх важливу особливість. Усі вони

послідовно і закономірно наближаються до уніфікації процесів управління трансформаціями соціально-економічних систем. Якщо раніше людина стандартизувала характеристики *стану* (наприклад, параметри чи властивості систем), то сьогодні вона змушена здійснювати стандартизацію *процесів*, які характеризують перехід одного стану системи в інший, тобто *зміну станів*. І якщо раніше основним завданням стандартів у природо-користуванні було *вберегти систему* від екологічно несприятливих змін, то сьогодні завдання принципово змінюється: *вберегти зміни системи* від несприятливих *тенденцій*. Зокрема, формування управлінських процедур природокористування (від екологічної експертизи і екоаудиту до стандартів ISO 14 000) переконує нас у цьому.

Побудова інформаційного суспільства, до чого стрімко наближається людство, крім усього іншого, означає швидку зміну (яка до того ж постійно прискорюється) гомеостазів соціально-економічних систем, включаючи глобальне людське співтовариство. «Життя в епоху змін» перетворюється з епізоду в постійний неминучий стан людства на Землі. На зміну парадигмі «*навчити*» чи «*навчитися*» приходять парадигма «*навчити навчитися*». Цей акцент на *динаміку* процесів екологізації простежується, зокрема, у двох управлінських процедурах, а саме: стандартах серії ISO 14 000 і «Local Agenda – 21». У першому документі це зафіксовано у відносності та постійній зміні екологічного рівня, на досягнення якого має бути спрямована організація (що впроваджує стандарти), у другому – у девізі: «Програма – це не документ, а процес!».

Важливою особливістю розглянутих процедур є те, що вони не просто стандартизують процес управління трансформаціями, а перетворюють їх на процеси удосконалення систем. Це означає, що на тлі антропогенного руйнування і деградації природних систем Землі зародилися острівці *екологічного творення*. І вплив цих екологічно творчих процесів починає зростати. Ці процеси надають підстави для оптимістичних прогнозів щодо екологічного майбутнього Землі й забезпечення стійкого розвитку людства.

З появою людини природа знайшла суб'єкта процесів розвитку. Людині дарована свобода не тільки діяти, але й вибирати. Людству делегована відповідальна функція «добору». Однак, ставши суб'єктом добору, сама людина (точніше її вміння робити вибір) продовжує залишатися об'єктом природного добору. Тому від знань людини, її ефективних дій, правильності рішень, моральних принципів залежить, чи вибере Природа саму людину.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Г.Н. Энергоэнтропика. – М.: Знание, 1983. – 192 с.
2. Алексеенко И.Р., Кейсевич Л.В. Последняя цивилизация? Человечество. Общество. Природа. – К.: Наукова думка, 1997. – 416 с.
3. Аникин А.В. Юность науки: жизнь и идеи мыслителей-экономистов до Маркса. – 3-е изд. – М.: Политиздат, 1979. – 367 с.
4. Анчаров М.Л. Самшитовый лес // Приглашение на праздник: Романы и повести. – М.: Художественная литература, 1986. – С. 10–298.
5. Баладин Р.К. Перестройка биосферы. – Минск: Высшая школа, 1981. – 192 с.
6. Баладин Р.К. Экология: Человек и природа. – М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2001. – 350 с.
7. Балацкий О.Ф. Экономика чистого воздуха. – К.: Наукова думка, 1979. – 296 с.
8. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования. – М.: Academia, 1999. – 956 с.
9. Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М.С. Гиляров. – М.: Сов. энциклопедия, 1989. – 864 с.
10. Блехцин И.Я., Минеев В.А. Производительные силы СССР и окружающая среда. – М.: Мысль, 1981. – 214 с.
11. Бобровский П.П. Место и роль эволюционной идеи в биологии (логико-методологический аспект). – К.: Издательское объединение «Высшая школа», изд-во при Киевском ун-те, 1973. – 180 с.
12. Бобылев С.Н. Экономическое развитие и экологический фактор // Экология и экономика природопользования. – М.: Закон и право, ЮНИТИ, 1998. – С. 138–157.
13. Борщевский П.П., Нижник Е., Чумак Л.Ф. Эколого-экономические проблемы развития сельского хозяйства Украины / Экономика природопользования. – К.: Наукова думка, 1998. – С. 203–206.
14. Боулдинг Б. Экономика будущего космического корабля // Новые идеи в географии. – М.: Прогресс, 1977. – Вып. 3: Экология и экономика.
15. Бугаев А.Ф. Эниология человека. – М.: КСП+, 2001. – 320 с.
16. Вайцеккер Э., Ловинс Л. Фактор четыре. Затрат – половина, отдача – двойная. Новый доклад Римскому клубу. – М.: Academia, 2000. – 400 с.

17. Веблен Т. Теория праздного класса. – М.: Прогресс, 1984. – 120 с.
18. Веклич О.А. Теоретико-концептуальные основы «экологической» характеристики ресурсосбережения // Механізм регулювання економіки. – 2000. – № 1. – С. 17–25.
19. Вернадский В.И. Живое вещество. – М.: Наука, 1978. – 358 с.
20. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Успехи биологии. – 1944. – № 18; Вып. 2. – С. 113–120.
21. Вернадский В.И. Размышления натуралиста. – Кн. 1. Пространство и время в неживой и живой природе. – М.: Наука, 1975. – 175 с.
22. Вернадский В.И. Размышления натуралиста. – Кн. 2.: Научная мысль как планетное явление. – М.: Наука, 1977. – 191 с.
23. Волькенштейн М.В. Энтропия и информация. – М.: Наука, 1986. – 192 с.
24. Всемирная история экономической мысли. В 6 т., / МГУ им. М.В. Ломоносова / Гл. ред. В.Н. Черковец. – М.: Мысль, 1987. – Т. 1. 606 с.
25. Гавриш О. Кривые зеркала цивилизации // Зеркало недели. – 2002. – № 18 (393). – С. 13.
26. Гелбрейт Дж. Индустриальное общество. – М.: Транзит «Книга»; СПб: Terra Fantastica, 2004. – 602 с.
27. Гофман К.Г. Экономическая оценка природных ресурсов в условиях социалистической экономики. – М.: Наука, 1977. – 234 с.
28. Долішній М.І., Кравців В.С. Економічний розвиток і екологічна безпека: шлях України // Проблеми сталого розвитку України. – К.: Наукова думка, 1998. – С. 69–80.
29. Дубнищева Т.Я., Пигарев А.Ю. Современное естествознание: Учебное пособие. – Новосибирск: ЮКЭА, 1998. – 160 с.
30. Каstellьс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. – М.: ГУ ВШЭ, 2000. – 608 с.
31. Кён Й. Устойчивое развитие: перспективы и проблемы / Экономика природопользования. – К.: Наукова думка, 1998. – С. 147–174.
32. Кларк Д.Б. Распределение богатства. – М.: Экономика, 1992. – С. 48–53.
33. Корсак К.В., Плахотник О.В. Основы екології: Навч. посіб. – К.: МАУП, 1998. – 228 с.
34. Косинов Н.В., Гарбарук В.И., Сидоренко Г.В. Материя и вещество // Физический вакуум и природа. – 2002. – № 5. – С. 3–10.
35. Костюк В.Н. История экономических учений. – М.: Центр, 1997. – 224 с.
36. Куклев Ю.И. Физическая экология. – М.: Высшая школа, 2001. – 357 с.
37. Кэрролл Л. Сквозь Зеркало и что там увидела Алиса, или Алиса в Зазеркалье // Приключения Алисы в Стране Чудес / Пер. с англ. Н. Демуровой. – М.: Правда, 1985. – С. 141–295.

38. Лапо А.В. Следы былых биосфер. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Знание, 1987. – 208 с.
39. Ларуш Л.Х. (мл.). Вы на самом деле хотели бы знать все об экономике? – М.: Шиллеровский институт – Украинский университет в Москве, 1992. – 208 с.
40. Мальтус Т.Р. Опыт о законе народонаселения // Мальтус Т., Кейнс Д., Ларин Ю. Антология экономической классики. – М.: МП «Эконов-Ключ», 1993. – С. 3–134.
41. Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. – 2-е изд. – Т. 20. – С. 495–496.
42. Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. – Т. 3; 20; 23; 25, ч. 2; 32; 42.
43. Маршалл А. Принципы экономической науки: В 3 т. – М.: Прогресс, 1993.
44. Международный регистр потенциально токсических химических веществ. – Женева: ЮНЕП, 1992. – 32 с.
45. Мельник Л.Г. Экономика развития. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2000. – 450 с.
46. Мельник Л.Г. Екологічна економіка. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2002. – 346 с.
47. Мельник Л.Г. Фундаментальные основы развития. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2003. – 288 с.
48. Методи оцінки екологічних витрат / За ред. Л.Г. Мельника, О.І. Карінцевої. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2004. – 288 с.
49. Минц А.А. Экономическая оценка естественных ресурсов. – М.: Мысль, 1972. – 302 с.
50. Могилевский В.Д. Методология систем: вербальный подход. – М.: ОАО «Изд-во «Экономика», 1999. – 251 с.
51. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. – М.: Молодая гвардия, 1990. – 351 с.
52. Нижегородцев Р. Об информационной экономике // Российский экономический журнал. – 1994. – № 4. – С. 118–121.
53. Николов Т.Г. Долгий путь жизни: Пер. с болг. – М.: Мир, 1986. – 167 с.
54. Новый иллюстрированный энциклопедический словарь / Ред. кол.: В.И. Бородулин, А.П. Горкин, А.А. Гусев, Н.М. Ланда и др. – М.: Большая российская энциклопедия, 1998. – 656 с.
55. Одум Г., Одум Э. Энергетический базис человека и природы. – М.: Прогресс, 1978. – 380 с.
56. Перельман А.И. Земная кора и биосфера. – М.: Знание, 1985. – С. 9.
57. Петти В. Экономические и статистические работы (1940) // Всемирная история экономической мысли. – М.: Мысль, 1987. – Т. 1. – С. 165.
58. Подолинський С.А. Вибрані твори. – К.: КНЕУ, 2000. – 328 с.
59. Подолинський С.А. Труд человека и его отношение к распределению энергии // Слово. – Т. 4–5. – СПб, 1880. – С. 135–211.

60. Программа действий. Повестка дня на 21 век и другие документы Конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении. – Женева: Центр «За наше общее будущее», 1993. – 70 с.
61. Регистр международных договоров и других соглашений в области окружающей среды. – Найроби: ЮНЕП, 1992. – 32 с.
62. Реймерс Н.Ф. Азбука природы: микроэнциклопедия биосферы. – М.: Знание, 1980. – 207 с.
63. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
64. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
65. Рикардо Д. Начала политической экономии и налогового обложения // В. Петти, А. Смит, Д. Рикардо. Антология экономической классики – М.: МП «Эконов-Ключ», 1993. – С. 39–473.
66. Рожен А. На пороге нанолента // Зеркало недели. – 2003. – № 2 (427). – 18 января. – С. 14.
67. Рудий Б. Ілюзія «твердості» матерії // Науковий світ. – 2003. – № 6. – С. 15–16.
68. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов // Антология экономической классики. – М.: МП «Эконов-Ключ», 1993. – С. 79–396.
69. Социологический энциклопедический словарь. На русском, английском, немецком, французском и чешском языках / Под ред. Г.В. Осипова. – М.: ИНФРА-М, НОРМА, 1998. – 488 с.
70. Тоффлер Э. Третья волна. – М.: Изд-во «АСТ», 1999. – 784 с.
71. Урсул А.Д. Информация. – М.: Наука, 1971. – 296 с.
72. Физический энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Сов. энциклопедия, 1995. – 9284 с.
73. Философский энциклопедический словарь / Гл. редакция: Ильичев Л.Ф., Федосеев П.Н., Ковалев С.М., Панов В.Г. – М.: Сов. энциклопедия, 1983. – 840 с.
74. Формирование окружающей среды и экономика природных ресурсов. – М.: Прогресс, 1982. – С. 27–29.
75. Христианство: Энциклопедический словарь: В 3 т. / Под ред. С.С. Аверинцева (гл. ред.) и др. – М.: Науч. изд-во «Большая Российская энциклопедия». – 1995. – Т. 3. – 783 с.
76. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. – М.: Мысль, 1973. – 350 с.
77. Шюда В. Ex Nihilo // День. – 2001. – № 139, август. – С. 5.
78. Шредингер Э. Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки. – Ижевск: Редакция журнала «Регулярная и хаотическая динамика», 1999. – 96 с.
79. Экоинформатика. Теория. Практика. Методы и системы / Под ред. В.Е. Соколова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 520 с.

80. Экологическая экономика: перспективы применения экономических инструментов в области охраны окружающей среды в Германии, России и Украине. – М.: Евразия, 1994. – Т. 1. – 103 с.; Т. 2. – 96 с.
81. Экономическая энциклопедия / Гл. ред. Л.И. Абалкин. – М.: ООО «Изд-во «Экономика», 1999. – 1055 с.
82. Ягодинский В.Н. Ритм, ритм, ритм! Этюды хронобиологии. – М.: Знание, 1985. – 192 с.
83. Bekes F. and C. Folke. Investing in cultural capital for sustainable use of natural capital // Investing in natural capital: the ecological economics approach to sustainability / Jansson A.M., Hammer M., Folke C. and R. Costanza (eds). – Island Press, Washington, 1994. – P. 128–149.
84. Commons J.R. Institutional Economics. – AER, 1931.
85. Environmental Policy in Europe: Industry, Competition and the Policy Process / Edited by F. Leveque. – Cheltenham, UK: Edward Elgar, 1996. – 218 p.
86. Galbraith J.K. The New Industrial State. – NY, 1967. – 327 p.
87. Georgescu-Roegen N. The entropy law and the economic process. – Cambridge: Harvard University Press, 1971. – 125 p.
88. Lotka. Elements of physical biology. – Baltimaurt, 1925. – P. 406.
89. Odum H.T. and E.P. Odum. Energy Basis for Man and Nature. – NY: MC Graw – Hill Book Company, 1976. – 380 p.
90. Odum H.T. Environmental accounting: energy and environmental decision making. – NY: John Wiley and Sons, Inc., 1996. – 370 p.
91. Oosterhuis F., Rubik F., Scholl G. Product Policy in Europe: New Environmental Perspectives. – Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996. – 306 p.
92. Pareto, Vilfredo. Manual of Political Economy, 1971 (цит. по: Блауг М. Экономическая мысль в ретроспективе. – М.: Дело ЛТД, 1994. – С. 540–543).
93. Pigou A.C. Economics of Welfar // Classics in environmental studies. – The Hague, The Netherlands: International Books, 1997. – P. 47–56.
94. Pimentel D. Human Demography and Environmental Resources // Sustainable Development / Editors: B. Nath, L. Hens, D.A. Devuyt. – Brussels: VUB Pres, 1996. – P. 111–136.
95. Reid W.V. and K.R. Miller (1989). Keeping options alive / The scientific basis for conserving biodiversity. – Washington, DC: World Resources Institute, 1989. – 324 p.

Навчальне видання

Мельник Леонід Григорович

Основи стійкого розвитку

Навчальний посібник для післядипломної освіти

Директор видавництва Р.В. Кочубей
Головний редактор В.І. Кочубей
Технічний редактор Н.Ю. Курносова
Дизайн обкладинки і макет В.В. Гайдабрус
Комп'ютерна верстка Д.І. Іовенко, О.В. Бердинських
Комп'ютерний набір В.В. Лук'яненко, Т.В. Могиленець,
Т.В. Цимбал

ТОВ «ВТД «Університетська книга»
40030, м. Суми, вул. Кірова, 27, 5-й пов.
E-mail: publish@book.sumy.ua

Відділ реалізації
Тел./факс: (0542) 21-26-12, 21-11-25
E-mail: info@book.sumy.ua

Підписано до друку 20.02.06.
Формат 60x90 $\frac{1}{16}$. Папір офсетний. Гарнітура Скулбук.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 22,9. Обл.-вид. арк. 22,02.
Тираж 500 прим. Замовлення № 1421

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 489 від 18.06.2001

Надруковано відповідно до якості наданих діапозитивів
у ПП «Принт-Лідер»
Україна, 61070м. Харків, вул. Рудика, 8

Книги д.е.н., професора Л.Г. Мельника, що вийшли за останні роки

- Экономика развития: Учебное пособие. – 2000. – 450 с.
- Экологическая экономика: Учебник. – 2001. – 350 с.
- Методы решения экологических проблем: Монография. – 2001. – 462 с. (в соавторстве, под ред. Л.Г. Мельника)
- Екологічна економіка: Підручник. – 2002. – 346 с.
- Екологічна економіка: Підручник. – 2-ге вид., випр. і доп. – 2003. – 348 с.
- Экономика предприятия: Учебное пособие. – 2002. – 632 с. (в соавторстве, под ред. Л.Г. Мельника)
- Экономика предприятия: Конспект лекций: Учебное пособие. – 2002. – 400 с. (в соавторстве)
- Экономика предприятия: Краткий конспект лекций: Учебное пособие. – 2003. – 129 с. (в соавторстве)
- Економіка підприємства: Підручник. – 2003. – 412 с. (у співавторстві, за ред. Л.Г. Мельника)
- Фундаментальные основы развития: Монография. – 2003. – 288 с.
- Информационная экономика: Учебное пособие. – 2003. – 288 с.
- Экономика информации и информационные системы предприятия: Учебное пособие. – 2004. – 400 с. (в соавторстве и под ред. Л.Г. Мельника)
- Методи оцінки екологічних втрат: Монографія. – 2004. – 288 с. (у співавторстві, за ред. Л.Г. Мельника)
- Экологические издержки производства в Украине: Научное издание. – 2003. – 72 с. (в соавторстве, под ред. Л.Г. Мельника)
- Environmental Costs of Production in Ukraine. – 2004. – 35 p. (in co-authoring, edited by L. Melnik)
- Социально-экономические проблемы информационного общества: Коллективная монография. – 2005. – 430 с. (в соавторстве, под ред. Л.Г. Мельника)
- Экономика и информация: экономика информации и информация в экономике: Энциклопедический словарь. – 2005. – 384 с.
- Основи стійкого розвитку: Навчальний посібник. – 2005. – 654 с. (у співавторстві, за ред. Л.Г. Мельника)
- Основи стійкого розвитку: Практикум. – 2005. – 354 с. (у співавторстві, за ред. Л.Г. Мельника і О.І. Карінцевої)
- Тайны развития (не очень серьезная книга об очень серьезном). – 2005. – 378 с.
- Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням: Підручник. – 2005. – 760 с. (у співавторстві, за ред. Л.Г. Мельника)

Адреса:

СумДУ, кафедра економіки, вул. Римського-Корсакова, 2,
Суми, 40007, Україна

leon@cable-tv.sumy.ua