

## **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

---

# Basics of Sustainable Development

The Textbook  
Edited by Prof., Dr. Leonid Melnyk



---

Sumy  
University Book  
2005

---

---

# ОСНОВИ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ

Навчальний посібник

За редакцією Л.Г. Мельника

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник для вищих навчальних закладів



---

Суми  
Університетська книга  
2005

---

УДК 330.34+316.42(075.8)  
ББК 65.013я73  
О-75

**Рецензенти:**

І.К. Бистряков, д.е.н., професор, завідувач відділу проблем використан-  
ня і охорони земельних ресурсів Ради по вивченню продуктів, Київ;  
Ю.А. Злобін, д.б.н., професор, завідувач кафедри ботаніки і фізіології  
рослин Сумського Національного аграрного університету, м. Суми;  
І.М. Потравний, д.е.н., професор кафедри екології Російської економіч-  
ної академії, Москва;  
В.М. Трегобчук, д.е.н., академік УААН, професор, заступник директора  
з наукової роботи Об'єднаного інституту економіки НАН України, Київ

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

Гриф надано Міністерством освіти і науки України.  
Лист № 14/18.2–843.1 від 15.04.05.

**О-75** **Основи стійкого розвитку: Навчальний посібник / За заг. ред.**  
д.е.н., проф. Л.Г. Мельника. – Суми: ВТД «Університетська  
книга», 2005. – 654 с.

ISBN 978-966-680-168-X

На прикладі процесів і явищ у природі і суспільстві розглядаються  
закономірності розвитку відкритих стаціонарних систем, а також взає-  
мозв'язки енергетичної та інформаційної характеристик трансформа-  
ційних процесів. Формулюються передумови прогресивного розвитку  
природних і суспільних систем. Аналізуються поняття «стійкий розви-  
ток соціально-економічних систем», базові принципи, методи та інстру-  
ментарій забезпечення стійкого розвитку суспільних систем.

Для викладачів, студентів і аспірантів вищих навчальних закладів  
різних рівнів акредитації. Навчальний посібник буде також корисним  
працівникам наукових установ і фахівцям підприємств.

ББК 65.013я73

© Мельник Л.Г., Карінцева О.І., Шевченко С.М.,  
Шапочка М.К., Бун Е., Хенс Л., Перелет Р.О.  
та ін., 2005

ISBN 978-966-680-168-X

© ТОВ «ВТД «Університетська книга», 2005

# ЗМІСТ

Вступ .....	10
-------------	----

## Частина I

### ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ

<b>Розділ 1. Поняття системи і розвитку .....</b>	<b>17</b>
1.1. Система, її стан і зміни .....	17
1.2. Поняття розвитку .....	20
1.3. Поняття порядку і хаосу .....	24
1.4. Відкритість і стаціонарність системи .....	28
<b>Розділ 2. Першооснови формування систем .....</b>	<b>35</b>
2.1. Зміст сутнісних начал природи .....	35
2.2. Креативність природи .....	44
2.3. Саморозвиток систем у світлі синергетики .....	49
2.4. Розвиток фізичних субстанцій (реальностей) природи .....	54
2.5. Гіпотези про витоки розвитку природи .....	60
<b>Розділ 3. Закономірності саморозвитку природи .....</b>	<b>65</b>
3.1. По спіралі саморозвитку природи .....	65
3.2. Про співвідношення процесів руйнування і творення в еволюції природи .....	69
3.3. Витоки пам'яті та інформації .....	75
3.4. Передумови розвитку .....	79
<b>Розділ 4. Механізми стійкості систем .....</b>	<b>91</b>
4.1. Зміст і функції системи .....	91
4.2. Механізми зворотного зв'язку .....	96
4.3. Зміст механізмів негативного зворотного зв'язку .....	99
4.4. Зміст механізмів позитивного зворотного зв'язку .....	107
4.5. Характеристики стійкості системи .....	110
<b>Розділ 5. Фактори і механізми змінюваності систем .....</b>	<b>117</b>
5.1. Фактори змінюваності .....	117
5.2. Поняття про трансформаційні механізми .....	123
5.3. Особливості біфуркаційних механізмів .....	127
5.4. Нелінійні трансформації стану системи .....	129
5.5. Цілісна картина взаємодії механізмів розвитку .....	138

<b>Розділ 6. Пам'ять системи .....</b>	<b>143</b>
6.1. Поняття про пам'ять і її функції .....	143
6.2. Роль пам'яті в процесах розвитку .....	149
6.3. Еволюція систем пам'яті .....	150
6.4. Соціальна пам'ять .....	155
6.5. Штучні види пам'яті .....	157
<b>Розділ 7. Енергетичний базис розвитку .....</b>	<b>163</b>
7.1. Поняття про енергію та її види .....	163
7.2. Енергетичний баланс системи .....	170
7.3. Енергетика організму і екосистеми .....	174
7.4. Енергетика соціальних систем .....	179
<b>Розділ 8. Інформаційна основа розвитку .....</b>	<b>187</b>
8.1. Поняття про інформаційну реальність .....	187
8.2. Рівні інформаційної реальності .....	194
8.3. Функції інформаційної реальності .....	199
<b>Розділ 9. Інформатика процесів розвитку .....</b>	<b>209</b>
9.1. Імовірнісна і випадкова основа свободи як передумова розвитку систем .....	209
9.2. Зв'язок енергії і ентропії .....	214
9.3. Імовірнісна основа ентропії та інформації .....	219
9.4. Енергетичні джерела інформації .....	222
<b>Розділ 10. Енергоентропійні основи розвитку .....</b>	<b>231</b>
10.1. Поняття про негативну ентропію .....	231
10.2. Енергоентропійний баланс .....	234
10.3. Енергоентропійні основи формування порядку .....	237
10.4. Фактори розвитку динамічних систем .....	239
10.5. Передумови прогресивного розвитку систем .....	243
<b>Розділ 11. Умови прогресивного розвитку динамічних систем .....</b>	<b>253</b>
11.1. Взаємозв'язок енергії та інформації .....	253
11.2. Інформаційна природа механізмів зворотного зв'язку і умов прогресивного розвитку систем .....	256
11.3. Про інформаційний статус ресурсів і ентропійний критерій добору .....	259

## Частина II

### **ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНО ЗБАЛАНСОВАНОГО УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМ РОЗВИТКОМ**

<b>Розділ 12. Теоретичні основи екології .....</b>	<b>271</b>
12.1. Становлення біосфери та її характеристика .....	271
12.2. Жива речовина .....	275

12.3. Екологічні фактори середовища .....	277
12.4. Екосистеми .....	283
<b>Розділ 13. Закономірності екосистемного регулювання .....</b>	<b>287</b>
13.1. Закономірності системи «організм – середовище» .....	287
13.2. Закономірності структурування та функціонування екосистем .....	293
13.3. Динаміка або зміни екосистем – сукцесії .....	298
13.4. Закономірності еволюції екосистем .....	302
<b>Розділ 14. Біорізноманіття і проблеми його збереження .....</b>	<b>305</b>
14.1. Поняття біорізноманіття, його склад і рівні .....	305
14.2. Основні причини втрати біорізноманіття .....	308
14.3. Проблеми збереження біорізноманіття .....	312
14.4. Збереження біологічного різноманіття .....	316
14.5. Показники стану біорізноманіття в Україні .....	324
14.6. Економічна оцінка біорізноманіття .....	325
<b>Розділ 15. Системна сутність людини і функції природи .....</b>	<b>331</b>
15.1. Триєдина системна сутність людини .....	331
15.2. Характеристика функцій природи .....	333
15.3. Економічні властивості природних факторів .....	337
15.4. Особливості формування ціни на природні блага .....	339
<b>Розділ 16. Сутність природних факторів і антропогенних проблем довкілля .....</b>	<b>345</b>
16.1. Класифікація природних факторів .....	345
16.2. Класифікація процесів впливу на природу .....	351
16.3. Характеристика процесів порушення природи .....	357
16.4. Антропогенні проблеми довкілля .....	359
16.4.1. Використання природних ресурсів .....	359
16.4.2. Забруднення .....	360
16.4.3. Порушення ґрунтів .....	364
16.4.4. Порушення режиму водних систем .....	370
16.4.5. Трансформація рельєфу .....	374
16.4.6. Вплив на біоту .....	376
16.4.7. Вплив на людину .....	380
16.4.8. Вплив на глобальну екосистему Землі .....	383
<b>Розділ 17. Закономірності взаємодії суспільства і природи .....</b>	<b>385</b>
17.1. Загальносистемні закономірності взаємовідносин людей і природи .....	385
17.2. Закономірності розвитку системи «людина – природа» .....	385
17.3. Закономірності соціальної екології .....	389
17.4. Закономірності природокористування .....	395
17.5. Закономірності охорони природи .....	402

<b>Розділ 18. Поняття про стійкий розвиток .....</b>	<b>411</b>
18.1. Зміст поняття «стійкий розвиток» .....	411
18.2. Цілі, завдання і проблеми стійкого розвитку .....	419
18.3. Напрями розв'язання проблем стійкого розвитку .....	426
18.4. Стійкий розвиток: підсумки і проблеми реалізації .....	433
<b>Розділ 19. Наукові і світоглядні передумови формування засад стійкого розвитку .....</b>	<b>443</b>
19.1. Вихідні будівельні блоки формування стійкого розвитку ....	443
19.2. Світоглядна і методична спадщина стародавніх цивілізацій .....	445
19.3. Біля витоків економічної науки .....	449
19.4. Здобутки неокласичної та інституціональної шкіл .....	451
19.5. Фізико-біологічні підходи в економіці .....	456
<b>Розділ 20. Принципи забезпечення стійкого розвитку .....</b>	<b>461</b>
20.1. П'ять визначальних умов прогресивного розвитку соціально-економічних систем .....	461
20.2. Принципи «екологічної республіки», або умови координації в просторі .....	463
20.3. Принципи «триєдності часів», або що передати нащадкам ..	467
20.4. Принципи «вічного колодязя», або забезпечення екологічної стійкості .....	471
20.5. Принципи екологічних цілей, або від задоволення потреб – до формування життєблагодатних комплексів .....	480
20.6. Принципи екологічної мотивації, або «хотіти, щоб уміти» .....	484
<b>Розділ 21. Моніторинг стану і динаміки природних і соціально-економічних систем .....</b>	<b>489</b>
21.1. Підходи до формування соціально-економічного та екологічного моніторингу .....	489
21.2. Цілі і завдання формування моніторингу стійкого розвитку .....	492
21.3. Екологічний моніторинг, його сутність і види .....	497
21.4. Застосування екологічних індикаторів при проведенні моніторингу .....	502
21.5. Соціально-економічний моніторинг .....	506
<b>Розділ 22. Економічний механізм раціонального природокористування .....</b>	<b>511</b>
22.1. Економічний механізм і еколого-економічні інструменти ....	511
22.2. Еколого-економічні інструменти: принципи формування і механізми дії .....	517
22.3. Форми еколого-економічних інструментів .....	525
22.4. Ринкові механізми регулювання природокористування .....	542



22.5. Практичні процедури управління екологізацією економіки та її підрозділів .....	549
<b>Розділ 23. Стратегія і тактика реалізації екологічної політики .....</b>	<b>561</b>
23.1. Поняття стратегії і тактики в екологічній політиці .....	561
23.2. Тенденції в еволюції екологічної політики .....	564
23.3. Формування сучасної економічної стратегії екологізації .....	569
23.4. Стратегія і тактика впливу на об'єкти і суб'єктів екологізації .....	576
23.5. Стратегії впливу на сфери господарювання .....	585
<b>Розділ 24. Екологічна освіта і виховання як компоненти механізму забезпечення стійкого розвитку .....</b>	<b>593</b>
24.1. Необхідність поліпшення якості екологічної освіти .....	593
24.2. Мета і принципи екологічної освіти .....	595
24.3. Етапи і зміст екологічної освіти .....	599
24.4. Екологічне виховання .....	607
24.5. Екологічна етика як невід'ємна складова стійкого розвитку .....	611
<b>Розділ 25. Особливості забезпечення стійкого розвитку при переході до інформаційного суспільства .....</b>	<b>619</b>
25.1. Інформація як базовий фактор суспільного виробництва .....	619
25.2. Базові фактори суспільних формацій .....	621
25.3. Загальні риси інформаційної формації .....	626
25.4. Екологічні проблеми інформаційного суспільства .....	630
25.5. Майбутнє починається сьогодні .....	633
Висновки .....	636
Література .....	641
Table of Contents .....	651

## ВСТУП

Наприкінці ХХ сторіччя в наше життя стрімко увірвалося 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 у 1992 році. Саме там була прийнята стратегічна концепція розвитку людської спільноти, так званий «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 і результати наступного Всесвітнього екологічного саміту в Йоганнесбурзі (2002).

Надалі стає все зрозумілішим, що однією з причин, яка перешкоджає впровадженню в наше життя ідей стійкого розвитку, є недостатнє усвідомлення глибинних основ самого феномену розвитку, його фундаментальних факторів і забезпечувальних механізмів. Парадоксом є те, 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, в кожному куточку, де присутня 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. Вперше 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. Для означення подібних явищ у різних сферах знань використовується багато споріднених термінів: революція, криза, біфуркація, катастрофа, перебудова, трансформація, 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 з 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 її прогресивного перетворення – ускладнення і підвищення рівня гомеостазу. При зменшенні обсягу вільної енергії система змушена знижувати рівень гомеостазу і спрощувати свою структуру.

Не можна сказати, що соціальні науки не приділяли увагу 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 здійснювала 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.

До недавнього часу 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 й основного координатора виробничої системи. На перший план виходить уміння 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 в ХХ столітті – завданням окремих соціологів та економістів, у наші дні стає рутинною повсякденною турботою всього людства. Жити в епо-

ху змін, управляти змінами, конструювати трансформації так, як інженер конструює деталі машини. Усе це можливе лише в тому випадку, якщо досконало знати той *предмет*, який одночасно є *умовою* (своєрідним «середовищем») *життєдіяльності*, *об'єктом управління* і *метою конструювання*. Назва йому – *феномен розвитку*.

**Предмет і завдання курсу.** «Основи стійкого розвитку» – трансдисциплінарна галузь знань, що вивчає закономірності розвитку соціальних, економічних та природних систем для забезпечення прогресу людської цивілізації за умов збереження несучої здатності біосфери.

*Метою дисципліни* є формування в студентів знань, навичок і світогляду, необхідних для прийняття рішень у їхній подальшій професійній діяльності згідно з принципами стійкого розвитку.

*Завдання дисципліни* пов'язані з вивченням закономірностей функціонування відкритих стаціонарних систем і забезпечення умов їх стійкого розвитку. До головних з них належать:

- вивчення змісту процесів розвитку систем та механізмів їх забезпечення;
- дослідження природничо-наукових і соціально-економічних передумов прогресивного розвитку систем;
- аналіз енергетичної основи еволюції природних систем і квазіенергетичного базису розвитку соціально-економічних систем;
- дослідження ролі інформаційних факторів в управлінні процесами розвитку;
- обґрунтування рішень щодо цілеспрямованої трансформації соціально-економічних систем;
- формування управлінських механізмів для реалізації рішень щодо забезпечення стійкого розвитку соціально-економічних систем.

Після вивчення курсу студенти повинні:

- *знати*: основні закономірності розвитку відкритих стаціонарних систем; механізми управління процесами розвитку, взаємозв'язок між факторами розвитку, включаючи енергоінформаційні зв'язки; умови забезпечення прогресивного розвитку; управлінські механізми забезпечення розвитку соціально-економічних систем;
- *вміти*: застосовувати інструментарій здійснення моніторингу стану і динаміки природних та соціально-економічних си-

стем; обґрунтовувати рішення, пов'язані з розвитком соціально-економічних систем; застосовувати інструментарій управління соціально-економічними системами в напрямку їх екологізації та забезпечення стійкого розвитку;

- *мати волю* (переконавання, ідеали, впевненість, бажання) впроваджувати в життя рішення, необхідні для прогресивного розвитку соціально-економічних систем, у яких випадає жити і працювати.

Ініціатива проекту видання даного навчального посібника належить ученим Сумського державного університету (СумДУ) і Центру економічних досліджень (м. Суми). На сьогодні це вже сьомий міжнародний видавничий проект, здійснений науковцями зазначеної наукової школи. Раніше було видано російською і англійською мовами два підручники (Економика, 1998; Окружающая, 1998), три колективні монографії (Методи, 2001; Методи, 2004, скорочені версії: Екологические, 2003 – російською, Environmental, 2004 – англійською; Социально-экономические, 2005), підручник (Основи, 2005).

#### *Автори:*

Л.Г. Мельник, д.е.н., проф., керівник колективу – вступ; 1–11; 15; 16; 18–20; 22; 23; 25; висновки; О.Г. Білявський, д.г.-м.н., проф. – 12.1; С.М. Бобильов, д.е.н., проф. (Росія) – 21.2; Е. Бун, PhD, професор (Бельгія) – 14.1–14.3; С.М. Ілляшенко, д.е.н., проф. – 20.4; 23.5; Б. Нат, PhD, професор (Великобританія) – 22.5; М.К. Шапочка, к.е.н., проф. – 17; 24; Л. Хенс, PhD, професор (Бельгія) – 14.1–14.3; В.М. Боголюбов, к.е.н., доц. – 12.1; О.І. Карінцева, к.е.н., доц. – 17; 24; О.І. Мельник, к.е.н., доц. – 23; Р.О. Перелет, к.е.н., доц. (Росія) – 14.6; В.В. Сабадаш, к.е.н., доц. – 23.5; В.І. Тарановський к.е.н., доц. – 23.4; С.М. Шевченко, к.п.н., доц. – 12.2–12.4, 13; В.Є. Борейко – 24.5; Ю.М. Дерев'янку – 17.4; Т.В. Іващенко – 22.5; Р.В. Кочубей – 22.5; О.А. Лукаш – 24.5; І.М. Махнуша – 24.5; О.О. Мельник – 18.4; В.Л. Мельник – 23.4; О.В. Шкарупа – 21, 14.4, 14.5.

Авторський колектив висловлює подяку рецензентам книги за зауваження і цінні поради, а також усім тим, хто допомагав і сприяв виданню книги.

*Частина I*

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ  
ОСНОВИ  
РОЗВИТКУ  
СИСТЕМ





## Поняття системи і розвитку

### 1.1. Система, її стан і зміни

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 ж 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 осягнути нескінченність – а світ нескінченний у своєму різноманітті. Пізнаванні –

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. Однею 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 компо-

ментів) 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 в 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, що 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 характеристик 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, ін.

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

## 1.2. Поняття розвитку

**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. Лесть вловимий спочатку рух, майже топтання на місці, поступово набирає темп. Усе більш швидкими і крутими ставали витки цього процесу. Давайте замислимося, від чого залежить стабільність і швидкість процесу розвитку.

Відповідно до енциклопедичного визначення, *розвиток* – незворотна, 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 незворотна, спрямована, закономірна зміна.

---

Дійсно, *незворотність* вберігає систему від циклічного поворотення (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 – нез'язаний, безпричинний і нескінченний набір випадків.

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

## Примітка

---

Найбільш яскравим прикладом незворотних 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 незворотні процеси нерівноважні, а отже, несиметричні в часі (тобто минуле і майбутнє несиметричні стосовно сьогодення).

Однією з перших точних наук, яка досліджувала проблему незворотності процесів у часі, була термодинаміка. Дійсно, розсіювання тепла від нагрітого тіла незворотне. Зокрема, тепло, розсіяне в просторі від нагрітої праски, уже не повернеться до неї самостійно.

В основі існування, функціонування і розвитку живої речовини лежать саме необоротні, несиметричні процеси. На сьогодні деякі вчені мають сміливість говорити про теоретичну можливість абсолютної зворотності часу навіть для рівня макросвіту. На що їх опоненти радять уявити світ, у якому б померлі люди воскресали, стаючи старими, потім молоділи, зменшувалися (тобто росли у зворотному напрямку), поверталися в утробу матері...

Із сучасних наукових теорій, присвячених проблемі незворотності часу (проблема «стріли часу»), найбільш значним є дослідження лауреата Нобелівської премії І.Р. Пригожина і його послідовників (див. напр., Пригожин і др. 2000а)

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

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

Маючи властивість незворотності, зміни системи, однак, можуть бути неспрямованими. У цьому випадку система набуває здатність змінюватися за незліченною безліччю векторів, за кожним із яких рухи будуть односпрямованими, тобто від минулого до майбутнього. З іншого боку, маючи властивість спрямованості, зміни можуть бути зворотними (симетричними).

## Примітка

---

Подібним чином (тобто до певної міри однаково у двох напрямках) може рухатися вагон, що стоїть на рейках. За умови, що останні прокладені на абсолютно рівній поверхні. Спрямованим і при цьому зворотним є рух маятника тощо.

*Незворотність* у сполученні зі *спрямованістю* можуть значною мірою прискорити розвиток системи. При цьому незворотність буде закріплювати зміни, що відбуваються, не надаючи можливості системі повернутися в попередній стан. (Так альпініст, просуваючись по вершині і закріплюючись, щоразу страхує себе від скочування вниз.) Спрямованість надає змінам найбільш ефективного характеру: попереджає безцільні хитання з боку вбік.

## Примітка

---

Прикладом того, як люди прагнуть надати змінам одночасно і незворотного і спрямованого характеру, є звичайна лійка. По-перше, вона виконує функцію своєрідної «мембрани». Добре пропускає рідину в одному напрямку і значно гірше в іншому. (Прилаштувавши нехитрий односторонній запор, її взагалі можна перетворити на повну мембрану.) По-друге, лійка направляє рух рідини в потрібному для нас напрямку і значно (часто на порядки) прискорює протікання процесів. У даному випадку – наповнюваність ємкостей.

**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 (Социологический, 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: *незворотність*, *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.

**Значеннєвий зміст терміна «розвиток».** Сам термін «розвиток» уже несе певне значеннєве навантаження, свідомо чи не свідомо 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 упорядкований, а не хаотичний, деструктивний процес.

### Примітка

---

Дуже часто в термін «розвиток» однозначно вкладається поняття саме прогресивних змін, як протиставлення поняттю «деградація». Спробуйте, наприклад, придумати протилежні за змістом поняття сполученням «особистість, що розвивається» і «економіка, що розвивається». Навіть не зовсім почесне сполучення «країни, що розвиваються» викликає, як мінімум, оптимізм.

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».

### Примітка

---

У тому разі, коли передбачаються зміни системи внаслідок дії зовнішніх факторів (зокрема, на основі цілеспрямованих дій людини), використовується інша термінологія: «перебудувати», «здійснювати дії», «змінити», «вплинути», «реалізувати план» тощо. Система ж саме «розвивається», реалізуючи власну потенцію активності. Розвиваються: живі організми, екосистеми, відносини між людьми, економічні суб'єкти і т.д.

У тих рідких випадках, коли дієслово «розвити» («розвивати») використовується без частки «-ся» («розвити швидкість», «розвити шахові фігури», «розвити успіх»), передбачається значна міра невизначеності, яка створюється умовами зовнішнього середовища. Тобто характеризується начебто поведінка системи з більш активною роллю координуючого суб'єкта, що перебуває знову ж таки всередині її самої.

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** – незворотна, 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 саморозвиток (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, – у наступному розділі.

### 1.3. Поняття порядку і хаосу

**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.



Сьогодні поняття «порядок», «упорядкованість», «підвищення впорядкованості» входять разом зі словом «розвиток», у наш лексикон серед найбільш уживаних. Однак, використовуючи в повсякденній мові ці терміни і вловлюючи інтуїтивно поверховий зміст, ми мало замислюємося над їх глибинним змістом, що немало заважає й осмисленню істинних причинно-наслідкових зв'язків у перебігу подій та процесів. Навіть в енциклопедичних словниках трактування цих термінів або відсутні взагалі внаслідок очевидності цих понять, або характеризують лише зовнішню сторону явища, не торкаючись його глибинної суті (наприклад, «порядок – це правильне ведення справи»). Тим часом, згадані поняття є одними з ключових загальнонаукових і філософських категорій, що характеризують основні процеси світобудови. Спробуємо зазирнути в глибину лише одного, здавалося б, найбільш очевидного, а насправді чи не найменш вивченого явища – *упорядкованості* систем.

**Порядок**, цілком імовірно, може бути визначений як *наявність умов для стійких* (тобто триваючих відносно довгий період часу) *спрямованих змін*. Подібними змінами можуть бути: механічний рух, фізичні чи хімічні трансформації, економічні процеси, ін. Для нас, наприклад, еталоном упорядкованого руху служить 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 і 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. Впевненість 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.

---

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, 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.

## Подробиці

---

У результаті механічної різниці потенціалів, зокрема різниці в рівні висот, відбувається механічний рух; наслідком електричної різниці потенціалів є спрямований рух електронів – електричний струм; завдяки хімічній різниці потенціалів відбуваються хімічні реакції і, нарешті, унаслідок різниці економічних потенціалів (попит-пропозиція) починається рух потоку товарів і грошей.

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

*Упорядкованість* системи у 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.

Це може відбуватися у двох випадках: по-перше, якщо існують імпульси змін (потенціал), але відсутні умови їх упорядкованості (стійкості і спрямованості). Прикладом є броунівський рух. Це відбувається, якщо вектор (напрямок) дії потенціалу постійно змінюється. Друга причина хаосу – це відсутність енергетичного потенціалу генерації змін. Подібний стан мовою фізиків називається рівноважним станом. Така ситуація, зокрема, настає, якщо всі частини системи набувають однакової температури, зарядженості, хімічних характеристик. За відсутності потенціалів відсутній і рух.

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.

### Аргументи вчених

---

Ілля Пригожин, Ізабелла Стенгерс: «Що ми маємо на увазі, коли говоримо про порядок? Що ми маємо на увазі, коли говоримо про безладдя? Наші визначення порядку і безладдя містять у собі і культурні судження, і науку. Протягом довгого часу турбулентність у рідині розглядалась як прототип безладдя. З іншого боку, кристал було прийнято вважати втіленням порядку. Але тепер ми змушені відмовитися від подібної точки зору. Турбулентна система «упорядкована» рухом двох молекул, які, будучи розділені макроскопічними відстанями (вимірюваними в сантиметрах), залишаються корельованими. Справедливе і зворотне твердження: атоми, що утворюють кристал, коливаються навколо своїх рівноважних положень, причому коливаються неузгодженим чином: з погляду мод коливань (теплового руху) кристал неупорядкований» (Пригожин и др., 2000a).

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

## 1.4. Відкритість і стаціонарність системи

**Відкритість системи.** Будь-які перетворення системи потребують від неї витрат енергії. Тим більш неминучі енергетичні витрати при трансформаціях так званого прогресивного типу (тобто від простого до складного, від нижчого до вищого і т.д.). Таким чином, *розвиток* також може трактуватися як процес накопичення і перетворення енергії.

Отже, 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 структурована (організована). 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 ж метаболізму, але вже всередині самої системи (обмін між субсистемними утвореннями) відбувається перетворення речовини і трансформація одних видів енергії в інші.

## Цифри і факти

---

Метаболізм є основою життєзабезпечення живих істот. Завдяки метаболізму відбувається вся сукупність перетворень у живих організмах. Вони забезпечують ріст, життєдіяльність, відтворення, постійний контакт і обмін з навколишнім середовищем. Завдяки метаболізму відбувається розщеплення (катаболізм) і синтез (анаболізм) молекул, що входять до складу клітинних структур і міжклітинної речовини. Наприклад, у людини половина всіх тканинних білків розщеплюється і відтворюється заново в середньому протягом 80 діб, білки печінки і сироватки крові наполовину оновлюються кожні 10 діб, а окремі ферменти печінки – кожні 2–4 години.

Метаболізм безпосередньо пов'язаний із процесами перетворення енергії: потенційна енергія хімічних зв'язків складних органічних молекул у результаті хімічних перетворень переходить в інші види енергії, яка використовується на синтез нових сполук, для підтримання структури і функцій клітин, температури тіла, здійснення роботи і т.ін. Для кожного біологічного виду характерний особливий, генетично закріплений метаболізм, визначений умовами його існування (Биологический, 1989).

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

---

*Відкритість системи – основа її енергетичного забезпечення.*

---

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

## Примітка

---

І це справді так, якщо основною функцією існування системи вважати процес її матеріального нарощування. Згадаємо, як нас зважували на початку і наприкінці зміни в піонерському таборі. Вважалося, що місяць не минув для дитини марно, якщо приріст її ваги склав декілька сот грамів. У випадку ж, якщо збільшення ваги перевищувало кілограм, піонерське літо для щасливця можна було вважати абсолютно вдалим. 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.

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. Шредингер, 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 і 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.

**Про стаціонарність і гомеостаз.** Іншу проблему, пов'язану з внутрішньою структуризацією системи та її самоорганізацією, природа вирішила на основі *стаціонарності* системи.

**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 °C 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.

### Примітка

---

Префікс «квазі-» (від лат. *quasi* – нібито, начебто) – частина складних слів, що означає «удаваний», «несправжній», «такий, що нагадує».

Стаціонарний стан, дійсно, лише зовні схожий на *рівноважний*. При останньому, згадаємо, частки знаходяться у відносному спокої, і їх характеристики тривалий час залишаються незмінними. У стаціонарному стані, хоча і досягається зовнішня подібність *стійкого (незмінного)* стану параметрів системи, проте забезпечується це впорядкованим рухом, який ні на мить не припиняється. Саме він підтримує стійку різницю потенціалів: по-перше, між системою і середовищем; по-друге між окремими частинами самої системи. Основна ж відмінність рівноважного і стаціонарного (квазірівноважного) стану системи полягає ось у чому. У рівноважній системі *врівноважені* між собою (за характеристиками параметрів) усі компоненти системи. У стаціонарній же системі всі компоненти знаходяться в стані стійкої *нерівноваги* по відношенню один до одного. Що ж тоді в системі урівноважене? Урівноважені сили впливу на кожний компонент системи (напр., підведення і відведення тепла, підвищення і падіння тиску, ін.). 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'язано 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.

### Примітка

---

При відхиленні параметрів системи від значень теоретичного оптимуму (це, зокрема, може відбуватися через зміну параметрів зовнішнього середовища) ефективність функціонування системи знижується. Чим більший інтервал відхилення, тим нижча ефективність. Якщо інтервал відхилення буде збільшуватися, система неминуче припинить своє існування (функціонування). При цьому події можуть розвиватися за одним із двох сценаріїв. Якщо параметри

середовища і системи значно нижчі від значень оптимуму, діяльність системи блокується через брак енергії для підтримання функцій системи. Якщо параметри середовища і системи істотно перевищують значення оптимуму, система руйнується через перевантаження.

Про причини цього можуть якоюсь мірою дати уявлення два приклади, що впливають з однієї і тієї ж ситуації. Побутовий прилад, розрахований на напругу 220 вольт, включається в мережу з напругою: а) 110 в; б) 380 в. У першому випадку прилад працювати не зможе через недостатнє енергозабезпечення. У другому прилад вийде з ладу. У кращому разі це відбудеться внаслідок руйнування запобіжного захисту; у гіршому – у результаті поломки самого приладу. Чому – пояснювати не потрібно.

Напруга у 220 В відображає оптимальне значення параметрів зовнішнього середовища для системи за назвою *прилад*. Їй відповідає оптимальний внутрішній енергетичний стан приладу. А взаємозв'язок характеристик внутрішніх складових приладу (потужність двигуна, параметри обмотки його ротора, опірність електропроводки тощо) і є тим, що можна умовно назвати *гомеостазом* системи «прилад». За визначенням (див. визначення гомеостазу) даний гомеостаз відрізняється від гомеостазу стаціонарних систем, що самоорганізуються, тільки двома словами (за якими прихована глибока істотна відмінність). По-перше, розглянутий гомеостаз не є *динамічним*. (Звичайно, якщо ця технічна система не забезпечена засобами саморегулювання і самоналагодження. Наш прилад не здатний змінюватися і є «застиглою» системою. Виходить, і його гомеостаз не може бути динамічним). По-друге, з цієї причини *сталість складу і властивостей системи не може бути відносною*. Вона *абсолютно постійна*, бо це задано ще виробником приладу. Розглянута система не в змозі реагувати на зміну умов зовнішнього середовища. Можна сказати, що гомеостаз приладу *сталий*, а природної системи – *стійкий*.

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 і гомеостаз системи забезпечують її стійкість і самотність.*

---

Будь-який рух чи зміна можливі тільки там, де є *різниця потенціалів*: гравітаційних, фізичних, хімічних. Де існує *відмінність*: рівнів висоти, температур, тисків, хімічних характеристик, електромагнітних потенціалів. Саме *нерівноважність* є рушійною силою будь-яких процесів, а отже, змін.

Не менш важливо, щоб ця нерівноважність була стійкою. Тобто, щоб різниця потенціалів відтворювалася постійно. Причому важливо, щоб самі значення різниці потенціалів істотно не змінювалися. Саме за таких характеристик створюються найбільш сприятливі умови усталеності процесів, що протікають, їх безперервності, незворотності, спрямованості й ефективності з погляду витрат енергії.

Усе це в кінцевому рахунку визначає швидкість перебігу процесів і темпи змін, що відбуваються. За відсутності подібних умов, тобто за постійної зміни різниці потенціалів можливі не тільки коливання темпів перебігу процесів, але навіть повна зміна їх спрямованості, за якої розвиток блокується взагалі.

### **Примітка**

---

Уявимо собі, що може відбутися при зміні (збільшенні чи зниженні) значення будь-якого параметра системи на певну величину. В умовах динамічної рівноваги системи (що передбачає урівноваженість дії різних сил) це може привести до порушення симетричності дії сил, що може змінити і спрямованість самих процесів. Скажімо, зниження рівня води в ріці може привести до того, що в неї спрямуються води інших джерел. На якийсь час може змінитися навіть звичайний напрямок течії ріки. Утім, подібному наслідку може передувати й інша причина. Відомі Санкт-Петербурзькі повені були викликані тим, що при сильних вітрах з моря швидкість плину Неві (із суші в затоку) сповільнювалася до критичних значень: води затоки починали надходити в ріку, змінюючи напрямок її течії.

В обох випадках вихідна кількісна зміна параметрів системи спричиняла якісну зміну результатів процесів, коли змінювався навіть знак їх спрямованості.

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

Термін «гомеостаз(ис)» запропонував У. Кеннон у 1929 році для характеристики станів і процесів, що забезпечують стійкість організму. Однак ідея про існування фізіологічних механізмів, спрямованих на підтримання сталості внутрішнього середовища організму, була висловлена ще в другій половині ХІХ ст. К. Бернаром. Він розглядав стабільність фізико-хімічних умов у внутрішньому середовищі як основу свободи і незалежності живих організмів у зовнішньому середовищі, яке знає постійних змін.

Виникнення життя на Землі, поява одноклітинних організмів були пов'язані з формуванням і безупинною підтримкою в клітині протягом усього життя специфічних фізико-хімічних умов, які відрізняються від умов навколишнього середовища. У багатоклітинних організмів з'являється внутрішнє середовище, у якому перебувають клітини різних органів і тканин, відбувається розвиток і удосконалення механізмів *гомеостазу*. У ході еволюції формуються спеціалізовані органи кровообігу, дихання, травлення, виділення й ін., що беруть участь у підтриманні *гомеостазу*.

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

## Першооснови формування систем

### 2.1. Зміст сутнісних начал природи

**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, втім, 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 природи.

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 в якості об'єктивних (види речовинної природи), і в якості суб'єктивних (наприклад, людська особистість) сутностей.

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*.

**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 тайнством* 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. Різниця лише в тому, що в першому випадку Бог визнається абсолютно, а в другому – умовно, як невідома (а можливо, і в принципі невідома) 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 відзначалося, 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 тайнством* 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 і таких сутностей, як частинки, атоми, молекули, тобто енергії і речовини.

Сучасна наука, проникнувши в глибини матерії, виявляється, 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, щільність, температури 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 у природних сутностей 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 теплопровідності, 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 є процеси самоорганізації *відкритих стаціонарних систем*.

Відкриття явищ самоорганізації в неживій природі (нагадаємо, що поштовхом до цього послужила реакція Білоусова – Жаботинського) дає можливість по-новому поглянути на ряд процесів 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 феномена 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 в систему «з колективною поведінкою»).

Феномен *синергії* є одним із найменш вивчених у науці. Тут ми зупинимось більш докладно на явищах, що лягли 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 декількох 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 цілого ряду 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, у силу незбагненності вихідних явищ незбагненим є і результуючий феномен синергетизму.

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

*Інтеграція* (від лат. *integratio* – з'єднувати) – поняття, що означає об'єднання окремих частин у ціле.

*Диференціація* (від лат. *differentia* – різниця, розходження) – поділ, розчленування цілого на різні частини, форми і рівні.

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.

Як основні інструменти інтеграції і диференціації природа використовує *притягання і відштовхування*.

Цей інструментарій на різних етапах еволюції реалізується природою за допомогою різних форм взаємодії компонентів матерії.

Ми не ставимо тут перед собою мету глибокого занурення в зміст фізичних процесів різних форм взаємодії матерії. Це доля фізиків. Висловимо лише припущення: навіть тоді, коли будуть досконально досліджені процеси взаємодії елементарних частинок, що формують властивості речовини, навряд чи перестануть бути загадкою джерела тих явищ, завдяки яким виникли самі частинки (а в кінцевому рахунку, і матерія).

Очевидно, у цій діалектичній єдності і боротьбі двох суперечностей – *поєднуваного і поділюваного* – полягає креативна функція природи, яка реалізується в постійно відтворюваних процесах розвитку.

**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 такий 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 саморуїнування 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 наповнину 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 самотутнє.

---

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).

## 2.2. Креативність природи

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 принципово 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 ро-

боти 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 крутяться, 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 англломовного 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, що 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 частки з нульовою масою, які несуть у собі властивості енергії;
- елементарні частки з ненульовою масою, які несуть у собі властивості речовини;

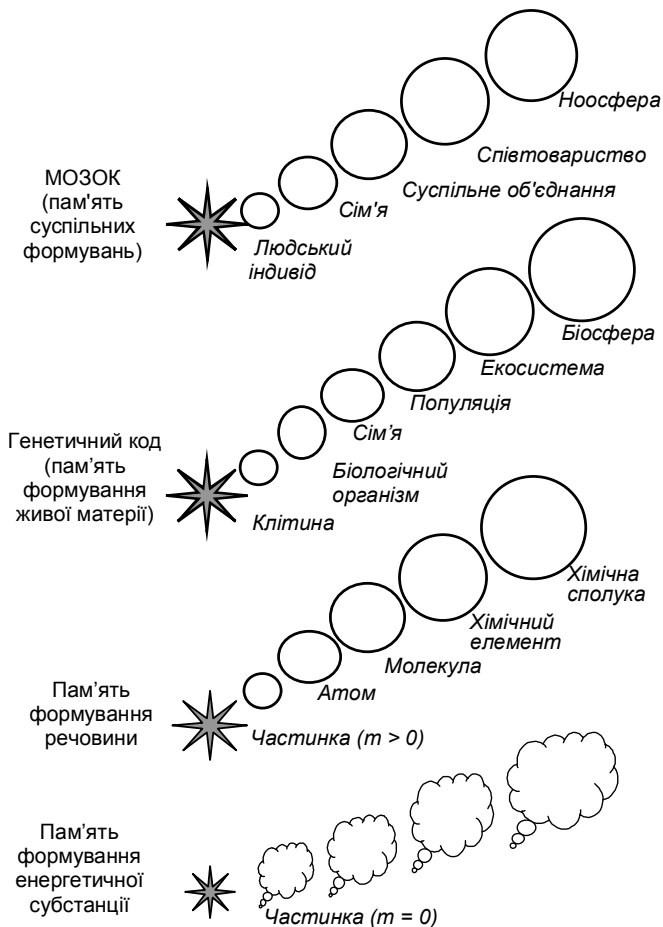


Рис. 2.1. Гіпотетична схема формування сутностей природи

- 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.

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 протікають в атомах і молекулах, можуть реалізовуватися не інакше, як внаслідок руху на рівні *елементарних частинок* і т.д.

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 ж 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 у інших тварин діяльність мозку головним чином підпорядкована обслуговуванню матеріального тіла (Алексеєнко и др., 1997).

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

- особливості гомеостазу;
- форми метаболізму;



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

## Подробиці

---

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, ін. У біологічного організму – температура тіла, кров'яний тиск, склад крові та інших рідин в організмі, ін. 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, вся 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.

## 2.3. Саморозвиток систем у світі 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?

### Примітка

---

У процесах еволюції можна відзначити цікаву особливість: усе, що було створено природою, було попередньо випробуване нею, виношене «на внутрішньоутробному» рівні. Так, процеси розмноження пупкуванням «відрепетировані» на кристалізації. Появі інтелекту й абстрактному мисленню людини передував розвиток випереджальної (тобто заснованої на прогнозуванні) розумової діяльності вищих тварин. Навіть виробнича діяльність людини,

виявляється, має свого аналога-попередника. Життєдіяльність колоній багатьох видів мурах несе ознаки суспільно-трудової діяльності. Тут переважає не збирання, а саме виробнича діяльність з її основними атрибутами: *споживанням* результатів праці; *цілеспрямованим культивуванням біологічних видів* (посадка і вирощування спеціальних грибів); *постадійним виробництвом* (збір кормів – листя, переробка подрібнюванням, годівля грибів і на-решті їх збір); *спеціалізацією праці* (на всіх зазначених стадіях трудові функції виконуються лише спеціалізованими групами мурах).

Можливо, як і у вищенаведених випадках, стаціонарність і гомеостаз були попередньо випробувані ще до появи життя на Землі? Тоді і виникнення на планеті самого життя, основу якого складає саме *стаціонарність*, починає виглядати закономірним етапом еволюції природи.

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 приписують цілеспрямоване створення (одноразовий акт – «креацію») конкретних біологічних видів Творцем.

## Примітка

---

Як уже зазначалося, синергетику визначають як науку, що вивчає структури з *«колективною поведінкою»*. Причому йдеться не тільки про колективи людей (хоча і вони перебувають в загальному ряді науки про самоорганізацію систем), скільки про *структури неживої речовини*, яка веде себе, враховуючи здатність до власної самоорганізації, як живі організми (!). Синергетика змушує вважати, що виникнення життя на Землі є закономірним процесом. У тому розумінні, що воно за певних умов просто не могло не виникнути. (Що, втім, не робить цей феномен ані менш чудесним, ані менш загадковим.)

*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. Ягодинського (Ягодинский, 1985).

В один із весняних днів 1951 р. до редакції солідного хімічного журналу в Москві надійшла стаття «Періодично діюча реакція та її механізм». На редколегії робота була сприйнята осудливо. Ще б пак! Адже в ній пропонувалося щось на зразок хімічного аналога вічного двигуна: при змішуванні певних реактивів 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 якимось у лабораторію «на хвилинку», пробув біля експериментального столу весь робочий день. Прощаючись, 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, поведилися, 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 частинок.

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

## Подобиці

---

У своїх дослідженнях І.Р. Пригожин спирався на описані Б. Білоусовим і О. Жаботинським хімічні реакції самопідтримання гомеостазу, тобто «хімічного годинника», про який ми уже вели мову вище. Разом зі своїми співробітниками Пригожин побудував математичну модель таких реакцій. Теоретичною основою моделі стала нелінійна термодинаміка, що вивчає процеси, які відбуваються в нелінійних нерівноважних системах під впливом випадкових енергетичних порушень – так званих флуктуацій.

Структури і системи, що виникають при цьому, І.Р. Пригожин назвав *дисипативними*, оскільки вони утворюються за рахунок дисипації, або розсіювання енергії, яка використовується системою для вилучення з навколишнього середовища нової, свіжої енергії. Фактично термін *дисипативна стру-*

ктура є синонімом поняття *відкрита стаціонарна система*. За дослідження з термодинаміки дисипативних структур І.Р. Пригожину була присуджена Нобелівська премія з хімії.

Ще один відомий теоретик самоорганізації німецький учений М. Ейген переконливо довів, що відкритий Ч. Дарвіном принцип добору продовжує зберігати своє значення і на мікромісцях. Тому він мав усі підстави стверджувати, що генезис життя є результатом процесу *природного добору*, що відбувається на молекулярному рівні. Він показав, що складні органічні структури з адаптаційними характеристиками виникають завдяки еволюційному процесу добору, у якому адаптація (тобто пристосування до умов зовнішнього середовища) оптимізується самими структурами. Передумовами для здійснення такої самоорганізації макромолекул є взаємодія системи із середовищем або відкритість для обміну речовиною й енергією, автокаталіз (тобто самоприскорення реакцій, що є основою самовідновлення систем), мутації (мінливість) і природний добір.

Зазначені приклади аж ніяк не висчерпують всього різноманіття явищ самоорганізації неживої природи. Більш того, синергетика теоретично обґрунтувала і пояснила цілий ряд давно відомих явищ, які вважалися загадковими. Подібним прикладом у гідродинаміці служить утворення в підігрітій рідині (починаючи з деяких значень температури) шестикутних чарунок Бернара, названих за ім'ям вченого, що описав їх ще в 1900 році (Дубнищева і др., 1998). Відомі також: виникнення тороїдальних вихорів (вихорів Тейлора) між обертовими судинами (Физический, 1995), феномен саморегуляції метеопроцесів, виявлений на початку 1960-х рр. Е. Лоренцом (Рузавин, 1999) і навіть явище саморегуляції хімічних мікронних «флюїдів» на дрібних крапельках води (туману), внаслідок чого над обробленим пестицидами полем повисає невидимий токсичний туман (Виленский, 2000).

О.І. Олемської і О.В. Хоменко описують навіть «колективну поведінку» дефектів, що визначають пластичність твердих тіл.

## **Факти публікацій**

---

«У реальних умовах пластичність твердих тіл обумовлена, як правило, еволюцією ансамблю дефектів кристалічної будови – вакансій, міжвузлових атомів, дислокацій, меж розділу, пор, включень тощо. Однак за інтенсивного

зовнішнього впливу густота дефектів стає настільки високою, що вони поводяться колективно, зрозуміти їх поведінку можна лише на основі концепції потенційного рельєфу, що перебудовується» (Олемской и др., 2001).

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.

Отже, синергетика наочно продемонструвала той факт, що потенція до самоорганізації властива всьому різноманіттю природи Землі, включаючи неживі речовини і надбіологічні структури. Однак важливо не тільки, а можливо, не стільки це. Головне, що синергетика змогла пояснити механізми самого процесу самоорганізації матерії. Які ж основні особливості виникнення порядку з хаосу? А саме так: «Порядок із хаосу» – назвав Нобелівський лауреат І. Пригожин одну зі своїх книг, написану в співавторстві з І. Стенгерс. Спробуємо відповісти на це питання в наступному розділі.

## 2.4. Розвиток фізичних субстанцій (реальностей) природи

**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 скласти 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. В силу 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.

Щоб розпочати аналіз еволюції механізмів саморозвитку природи, необхідно спочатку спробувати осмислити загальні закономірності, що обумовлюють напрямок самих еволюційних змін.

Для початку повторимо ті вихідні умови впорядкованості систем, що ми вже з'ясували раніше. Процес самоорганізації матерії реалізується через формування у певному місці простору передумов *упорядкованості*. Це передбачає наявність у даному місці простору: по-перше, *енергетичного потенціалу*, здатного викликати зміни (рух); по-друге, інформаційної програми, що направляє в просторі і часі реалізацію даного енергетичного потенціалу.

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

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 сформулювати 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.

## Подоби

---

Як усі ми добре знаємо, речовина складається з молекул, молекули – з атомів, атоми – з ядер. Навколо останніх обертаються електрони, розташовані на певних орбітах.

*Електрон* – перша елементарна частинка, відкрита у фізиці; матеріальний носій найменшої маси і найменшого електричного заряду в природі. Він був відкритий англійським фізиком Дж. Томсоном у 1897 році. «Електрон» у перекладі з грецької означає *янтар*. Цей термін був обраний тому, що електричний заряд електрона домовилися вважати негативним, як і заряд наелектризованого янтарю. Античастинка електрона – позитрон відкрита в 1932 році.



У 1924 році французький фізик Л. де Бройль висловив геніальне припущення (підтверджене згодом експериментально), що електрон, як і інші матеріальні мікрооб'єкти, має не тільки корпускулярні, але й хвильові властивості. Інакше кажучи, він – і частинка, і хвиля.

Електрон обертається не тільки навколо ядра атома, але також, умовно кажучи, навколо своєї осі. Такий рух у фізиці називають *квантовою дзигою*. Обидва види руху відрізняються найскладнішою конфігурацією. Параметр, що характеризує власний момент кількості руху елементарної частинки, називається *спином* (від англ. *spin* – обертатися). Цей рух має квантову природу і не пов'язаний з переміщенням частинки як цілого. Трохи спрощуючи, можна сказати, що електрон може знаходитися начебто одночасно в різних точках простору на орбіті навколо ядра. Властивості частинки змінюються також залежно від напрямку її обертання. Подібна несиметричність називається *хіральністю*. Інакше кажучи, властивості частки залежать від того, в яку сторону відбувається обертання: у ліву чи праву. Характерною рисою руху частинки у *квантовій дзигі* є дискретна (тобто стрибкоподібна) зміна її властивостей (на відміну від безперервного характеру зміни стану звичайної дзиги).

Молекула являє собою зв'язану систему ядер і електронів, між якими діють, зокрема, електричні (кулонівські) сили (притягання і відштовхування). Однак уся сукупність сил взаємодії частинок виявляється значно складнішою. Наприклад, неможливо простою електромагнітною взаємодією пояснити існування молекул, що складаються з однакових атомів (наприклад,  $H_2$ ). Виявляється, що властивість антисиметрії, обумовлена електронною хвильовою функцією, так змінює характер взаємодії електронів, які знаходяться біля різних ядер, що замість відштовхування починають діяти сили притягання.

Ядра атомів утворені з так званих *адронів* (від грец. *hadros* – сильний; у даному випадку означає: «той, хто бере участь у сильній взаємодії»). В основному це *протони* і *нейтрони*. Кожний із протонів і нейтронів, у свою чергу, складається із ще більш дрібних частинок, що називаються *кварками*. Кварки «склеюються» усередині протона або нейтрона під впливом так званих сильних взаємодій, які відбуваються внаслідок обміну між цими кварками й антикварками частинками, що називаються *глюонами* (від англ. *glue* – клей). Саме ці глюони з'єднують кварки в адрони (Физический, 1995).

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* (Новий, 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.

## Подобици

---

У природі відомі чотири види сил (у порядку зменшення): сильні, електромагнітні, слабкі і гравітаційні взаємодії. *Сильні* взаємодії – це сили, які реалізуються за допомогою обміну глюонами. Ці взаємодії в ядрі приводять до того, що протони і нейтрони утримуються всередині ядер. Так звані *ядерні сили* – це вже начебто вторинні стосовно зазначених сильних взаємодій види реалізації поля. Ядерні сили виникають через те, що протони і нейтрони мають специфічну енергетичну потенцію. Вона характеризується спеціальним квантовим числом, або зарядом. Володіння цим зарядом і приводить до взаємодії за допомогою обміну глюонами.

Наступний вид взаємодії – *електромагнітні сили*, які нам добре відомі з повсякденного життя. Їх роль – утворювати атоми, притягуючи електрони і ядра один до одного.

Взаємодія, менш відома для широкої аудиторії, але звичайно, дуже добре відома фахівцям, – це *слабка* взаємодія. Вона забезпечує взаємодію деяких частинок між собою. Зокрема, якщо нейтрон знаходиться у вільному стані, він розпадається на протон, електрон і електронне антинейтрино. Але всередині ядер йому енергетично більш вигідно залишатися вільним, тобто не розпадатись, тому що це найбільш вигідна енергетична конфігурація. Тут виявляється взаємодія електромагнітних і слабких сил, тому що якщо електрон стане протоном у ядрі, то взаємодія однаково заряджених протонів приведе до збільшення енергії ядра. Тому нейтрон перебуває в ядрі в стабільному стані. Слабкі взаємодії надзвичайно важливі. Зокрема, процеси на Сонці, наприклад вуглецево-водневий сонячний цикл, мають свою першооснову в слабких взаємодіях. Саме слабкі взаємодії приводять до виділення енергії на Сонці.

І останній вид сил, що оточують нас, – це *гравітаційні* взаємодії, унікально слабкі порівняно з усіма іншими видами взаємодій. Правда, в останні роки ХХ століття фізики обґрунтували умови взаємодії частинок, при яких гравітаційні сили можуть багаторазово зростати (Е.Е. Боос, д.ф.-м.н.; І.П. Волубуєв, д.ф.-м.н., програма Гордона, НТВ, тема: «Розмірність простору в мікросвіті», 28.04.03).

Інтенсивність кожного виду взаємодії визначається *константами зв'язку*. Зокрема, для *електромагнітної* взаємодії константою зв'язку є електричний заряд (Физическая, 1995).

**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 багатшарового 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 первинно: матерія чи інформація, так само важко, як і на питання, що було раніш – 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 «багатшарового пирога» і подивуватися винахідливості і витонченості знахідок Природи – справа цілком реальна.

## 2.5. Гіпотези про витоки розвитку природи

**Природа неоднорідності.** Повернемося до завдання впорядкування Всесвіту, яке, скоріше за все, «вирішує» Природа (у тому числі і в 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.

Сьогодні вже важко уявити, що Всесвіт міг колись бути однорідним (він міг мати більшу або меншу густину, температуру або інші характеристики, залишаючись при цьому однорідним, тобто всі частини простору мали однакові параметри). Сьогодні кожний зі шкільної лави знає, що все у світі складається з молекул і атомів. А ті, у свою чергу, – з елементарних частинок, «цеглинок» Всесвіту. Усе це – основи дискретного устрою світобудови (від лат. *discretus* – розділений, переривчастий), коли світ виявляється розділеним на окремі, значною мірою відмінні одна від одної, частини. Причиною, що породила дискретність матерії і призвела до виникнення речовини, стали, скоріше за все, поля. Однак і самі поля вже знаменують порушення однородності світобудови. Адже передаються вони теж елементарними частинками, які, щоправда, ще не мають маси покою. Як і коли виникли вони?

### Наукова гіпотеза

---

Відповідно до моделі І. Пригожина, виникнення матерії почалося з хаосу, коли не було навіть простору-часу, але було щось високоорганізоване, що послужило причиною сплеску ентропії. (Якщо є щось, стабільність неможлива. Виникає спонтанна флуктуація (енергетичне порушення – Прим. авт.). За спонтанної флуктуації поля починається спонтанний процес утворення частинок. Перші частинки були нестабільними, без маси спокою і з найкоротшим часом існування. (Пригожин и др., 2000).

Мабуть, залишалося б лише робити припущення про можливість існування колись на початку існування Всесвіту якоїсь

однородної праматерії, первинного *континууму, ефіру*, або, користуючись науковою термінологією, *фізичного вакууму*, коли б не несподіване відкриття астрофізиків наприкінці ХХ століття. Можливо, цей фізичний вакуум нікуди і не зникав, а спокійнісінько наповнює наш Всесвіт і сьогодні.

## Аргументи вчених

---

Ю.Н. Єфремов, д.ф.-м.н.; А.Д.Чернін, д.ф.-м.н.: «Це приголомшливе відкриття зробили астрономи... спостерігаючи галактики... Відстань між галактиками збільшується. В останні кілька років з'ясувалося, що Всесвіт розширюється, причому із прискоренням. А розширюватися з прискоренням він може тільки з однієї-єдиної причини – присутності у Всесвіті вакууму з дуже високою густиною. Коли ми говоримо «вакуум», ми, як правило, маємо на увазі порожнечу. Але це не порожнеча. Це, звичайно, дуже сильно розріджене середовище. Але все-таки це середовище, густина якого в середньому по Всесвіту така, що маса цієї субстанції перевищує сумарну масу всіх інших невакуумних видів матерії, включаючи так звану темну матерію.

За величиною прискорення розширення Всесвіту можна вимірити густину енергії вакууму. Виявилось, що близько 70% маси, або, краще сказати, густини енергії Всесвіту визначається саме цим самим вакуумом... 70% усього, що бачимо у Всесвіті, це практично ще не вивчений вакуум. Але й цього ще мало... Ще 27% теж належать, загалом, невідомо чому... Природа цієї субстанції, що складає приблизно 27% від загальної маси Всесвіту, залишається невідомою дотепер... Скоріш за все, це якийсь новий вид елементарних частинок. Слабко взаємодіючі масові частинки, які ще мають бути відкриті... Ще 2% припадає на міжзоряний, міжгалактичний газ речовини, з якої зроблені зірки... І лише 1% становить маса всіх зірок і планет Всесвіту» (Програма Гордона, НТВ, тема «Всесвіт і людина», 25.06.2003).

Втім, можливість існування фізичних субстанцій, так само як і їх властивості, – предмет дослідження фізиків. Нас же більше цікавить питання, які механізми використовує Природа для реалізації саморозвитку.

**Парадокс «першої частинки».** Як ми вже згадували, 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 невідомо змінилася в ході формування Всесвіту... Чи він і сьогодні продовжує благополучно існувати паралельно з нами як черговий рівень «динамічної матрешки» світобудови, що відіграв свою роль на певному витку еволюції природи і посів своє функціональне місце. (Особисто авторів більше подобається друга версія... У тому числі, і з суто егоїстичних міркувань. Просто хочеться сподіватися, що саме людство збереже місце на своєму рівні «матрешки», після того як виконає свою історичну місію, створивши над собою черговий рівень зі штучної матерії, що саморозвивається.)

Але для наших міркувань важливо 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?» вперше 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 зараз, з «хаосу»). І цей крок Природа зробила, як вважають учені, саме створивши першу частинку. Згодом із них формувалися складні сполучки (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.

**Еволюційне значення розвитку.** Замислимося тепер над еволюційним значенням того, що сталося. Створивши першу частинку, Природа змогла вирішити складне і парадоксальне завдання. Справа в тім, 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, поки здійснюватиметься такий обмін (метаболізм) із зовнішнім середовищем. І частинка такий обмін здійснює, якщо вона залишається частинкою.

Парадокс полягає в тому, що таку діяльність у змозі 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 відкриту стаціонарну систему, – одному Богу відомо! У даному випадку ця розхожа фраза, цілком імовірно, стає носієм істини...

---

Парадокс природи: щоб бути елементарною, частинка має бути складною...

---

### Примітка

З появою першочастинки почав реалізовуватися триєдиний механізм взаємодії сутнісних начал Природи (енергія – інформація – синергія), що є відображенням механізму Божественної Трійці. Правда, і сама частинка не могла б виникнути без цього механізму, матеріалізуючи самим своїм існуванням тріаду зазначених сутнісних начал природи.

Відтворенням феноменів стаціонарності і відкритості загадки Природи не обмежуються, і ми до них ще повернемося... Зараз же, напевно, доречно підбити деякі підсумки огляду перших кроків творчості Природи (якщо наші вихідні припущення якоюсь мірою відповідають дійсності).

Формування перших частинок стало знаменним етапом еволюції природи. Їх значення надзвичайно важливе:

- вперше з'явилися *відкриті стаціонарні системи*, здатні створювати у певному місці простору різницю енергетичних потенціалів (перший крок до емансипації енергетичної потенції природи);
- з'явилася першооснова *інформації* (перше щось, що відрізняється від іншого);
- виникла основа реалізації *синергетичного феномену* (вперше з'явилося щось, що може об'єднатися з чимось);
- почалася реалізація *триєдності сутнісних начал* (енергія – інформація – синергія), які можна вважати відображенням Божественної Трійці;
- включилися *механізми зворотного зв'язку*, що забезпечують існування і розвиток матеріальних об'єктів; це ті механізми, за допомогою яких частинки реагують на зміну умов зовнішнього середовища;
- сформувалися передумови дії *біфуркаційних механізмів* еволюції (тобто механізми розгалуження напрямків розвитку); вони формують можливості *природного добору* (виникає різноманіття, з якого можна вибрати);
- з'явилася перша *хвиля* (адже частинки мають хвильові властивості), а з нею властивість нелінійності і засіб синхронізації окремих частин простору.

Даний перелік можна продовжувати ще довго. Адже поява першої частинки знаменувала собою початок взагалі будь-яких змін (з'явилося щось, що може змінюватися). Це також є початком *необоротних* перетворень. Вони почалися з першої ентропійної *дисипації* енергії. А це, поряд з іншим, означає, що була запущена *стріла часу*, і став формуватися *простір*. Світ починав набирати рис матеріальності. Нарешті, це початок *імовірності* й *невизначеності* світу (зі свободою частинки реагувати на зміни середовища світові було даровано свободу змінюватися).

Але відбулося ще одне явище, якому слід приділити особливу увагу: почала реалізовуватися і розвиватися пам'ять Природи – основа формування інформації.



## Закономірності саморозвитку природи

### 3.1. По спіралі 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, чи 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 матеріального макросвіту (аж до планет і зірок);

- макрооб'єкти, з яких формуються космічні системи;
- космічні мегасистеми – галактики і Всесвіт.

## Гіпотеза

---

Перші частинки були нестабільними елементарними утвореннями, що мали найкоротший час існування і не мали маси спокою. Пригожин ототожнює їх з чорними міні-дірами, що розпадаються на звичайну матерію і випромінювання.

Поява і розпад перших частинок створюють передумови до виникнення простору-часу. Пропорційно швидкості народження частинок починається виробництво ентропії. У результаті перетворення простору-часу (виробництва ентропії) виникають стабільні частинки, які існують донині.

Отже, послідовність народження матерії виглядає таким чином: спонтанна флуктуація → точка біфуркації → чорні міні-діри → простір-час → частинки (Пригожин и др., 2000а).

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.

## Аргументи вченого

---

Олександр Чалий: «Біологами виявлені й описані гриби-слизивици, названі соціальними амебами. І ось чому. Коли слизивици мають харчування, вони існують ізольовано – як фермери в сільському господарстві. Але варто з'явитися «ознакам голоду», – амеби агрегуються в спіральні структури, своєрідні «артілі». Як це відбувається? Кожний голодний слизивик-одинак починає в режимі певних імпульсів виділяти хімічні речовини: морфоген і АМФ – циклічний аденозинмонофосфат. Така просторова мітка і дозволяє амебам об'єднуватися, відшукувати одна одну, виявивши деяку подобу соціальної поведінки.

Синергетичне забарвлення має і магія натовпу (аж до бунтів і заворушень), і обстановка атаки в бою («Коли на смерть ідуть, співають...»), і панічний жах, і позитивний емоційний резонанс у студентській аудиторії і

театральному залі. Але це те, що лежить на поверхні. Синергетика надає можливість моделювати таку самоорганізацію» (Чалий, 2000).

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.

### Аргументи вченого

---

«...Ми дуже багато знаємо про властивості кисню і водню і, звичайно, знаємо, що їх сполука – вода – утворюватиме систему, молекула якої складається з двох атомів водню й одного атома кисню. Але ми зовсім безпомічні в поясненні властивостей цієї системи. Чому, наприклад, густина води певний час, як і інших речовин, збільшується разом зі зниженням температури? Але нижче 4 °С градусів вона зменшується. У чому секрет такої аномалії? Чи можна складання цієї системи, що має назву *вода*, цілком пояснити відомими нам законами фізики та хімії і редукувати вивчення властивостей води до вивчення атомарного рівня її компонентів? На таке питання ми поки що не маємо відповіді» (Моїсеев, 1990).

**Дивергенція чи конвергенція?** Розглянуті процеси самоорганізації характеризуються безупинним ускладненням і ростом різноманіття організаційних форм матерії. Відомий учений М.І. Моїсеев (Моїсеев, 1990) назвав зазначену тенденцію законом *дивергенції* (від лат. *divergo* – відхиляюся, відходжу; звідси, напевно, англ. *diversity* – різноманіття).

Ми переконалися, що цей закон справедливий однаковою мірою на різних етапах розвитку матерії: добіологічному, біологічному і надбіологічному.

### Примітка

---

Існує й інший погляд на процеси еволюції природи. Прихильники іншої точки зору відкидають *дивергенцію*. Наприклад, у біології послідовники академіка

Л.С. Берга утверджували можливість *конвергенції*, тобто сходження форм (Моисеев, 1990).

Логіка прихильників конвергенції стає зрозумілою, якщо ознайомитися в Інтернеті з дискусією православних священиків. Точніше, це полеміка прихильників конвергенції з їхніми опонентами. Стисло цю полеміку можна охарактеризувати таким чином. Прихильники дивергенції (до них, до речі, належав і О. Мень), вважають, що божественний задум реалізується шляхом розгортання програми (коду) самоорганізації світобудови.

Прихильники ж конвергенції вважають, що світ був створений Богом у всьому різноманітті і довершеності шляхом цілеспрямованого акту творення (креації). Уся ж подальша еволюція природи є процесом її поступової деградації і руйнування. Відповідно, все складне спрощується, а різноманіття «укрупнюється» (поєднується) до більш простих і примітивних форм. Наслідком такого процесу є істотне уповільнення розвитку, скорочення кількості наукових і технічних відкриттів, що, на думку прихильників концепції, ми спостерігаємо в наш час. (Можливо, до такого «уповільнення» можна віднести науково-технічну революцію останніх десятиліть ХХ століття – телебачення, авіа-техніка, космічні технології, комп'ютер, лазер, Інтернет, нанотехнології і багато іншого – що буквально за кілька десятиліть до невпізнанності змінило наше життя?)

Мабуть, найбільш радикально висловили позицію прихильників конвергенції співробітники Московського інституту медико-біологічних проблем РАН Олександр Белов і Володимир Вітальєв. Відповідно до їх теорії, мавпи і всі інші живі організми аж до рослин і найпростіших виникли від... людини. Цей шлях розвитку, що докорінно відрізняється від теорії Дарвіна, учені назвали інволюцією.

За теорією Белова – Вітальєва, «людина розумна» не лише існувала в один час із динозаврами, древніми синьо-зеленими водоростями, але і з'явилася раніш усіх живих організмів. Тільки завдяки своїм нерозумним прагненням і потягам людина почала деградувати в мавпу, з мавпи в інших звірів, потім у земноводних, риб, найпростіші організми аж до рослин і одноклітинних, – вважають учені (Обезьяна, 2001).

Навіть якщо це якийсь науковий жарт, він проте дуже повчальний, тому що стосується цілком серйозних проблем, доводячи наукову концепцію до логічного завершення. Серед багатьох питань, що виникають до авторів теорії, хочеться виділити лише деякі. Зокрема, як і Червоній Шапочці, цікаво дізнатися: «Чому такі зуби, вуха, ноги та... інші органи потрібні були людині, яка жила серед мікробів і амеб?». Утім, у той час не було і їх. Вони з'явилися значно пізніше як крайній ступінь деградації людини. Але як тоді людина перетравлювала їжу, якої правда, теж ще не існувало?

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.

### 3.2. Про співвідношення процесів руйнування і творення в еволюції природи

**Що є більш природним: 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. Втім, 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.

#### Науковий відступ

---

Вже в першому законі (началі) термодинаміки Ю.Р. Майєр (1842) і Г. Гельмгольц (1847) відбили той факт, що безповоротні втрати тепла неминучі. Шляхом точних експериментів ними було доведено, що при перетворенні теплової енергії в механічну частина її марно розсіюється (дисипує).

Ще далі пішли в другому началі термодинаміки Саді Карно (1824) і Р. Клаузіус (1850). У більш спрощеному формулюванні останнього закон обґрунтував істину, у якій начебто ніхто і не сумнівався. «Тепло не може перетекти самовільно від холодного тіла до гарячого.» Трохи пізніше той же Клаузіус (1876) використовував для характеристики марних втрат тепла поняття *ентропії*. А Л. Больцман навіть назвав її *мірою безладу*. Виходило, з безповоротними втратами тепла (ростом ентропії) падала здатність системи до упорядкованості. Що, загалом, і логічно: чим менший запас (потенціал) енергії, тим менше порядку, тобто можливості зробити будь-яку роботу.

Але Клаузіус на цьому не заспокоївся. Спираючись на два постулати власного авторства: 1) енергія Всесвіту завжди постійна; 2) ентропія Всесвіту завжди зростає, – він сформулював відомий наслідок другого начала термодинаміки про теплову смерть Всесвіту. Дійсно, якщо додатковій енергії у Всесвіті (передбачається, що він є закритою системою) взятися немає де, енергія нестримно розсіюється. Рано чи пізно слід очікувати її рівномірного розподілу у Всесвіті. І тоді настане стан термодинамічної рівноваги (макси-

мум ентропії), що в обивателя асоціюється з повним спокоєм, а у фізиків з абсолютним хаосом.

Як бачимо, пріоритет процесів руйнування, здавалося, вирішений самою природою. Уже до кінця ХІХ століття до лексикону фізиків увійшло благозвучне слово *ентропія*, якому призначено було стати універсальним символом саморуйнування будь-яких 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 нарівні 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?

Ще Ф. Енгельс із властивою йому інтуїцією натураліста помітив неспроможність спроб пояснити основи світобудови лише на основі однобокого трактування законів термодинаміки.

## Інформація з першоджерел

---

«Якого б вигляду не набувало друге начало Клаузіуса... відповідно до нього, енергія втрачається (зникає), якщо не кількісно, то якісно. Ентропія не може знищуватися природним шляхом, зате може створюватися. Світовий годинник спочатку має бути заведений, потім він іде, поки не прийде до стану рівноваги, і тільки диво може вивести його з цього стану і знову пустити в хід. Витрачена на завод годинника енергія зникла, принаймні у якісному відношенні, і може бути відновлена тільки шляхом поштовху ззовні. Отже, поштовх ззовні був необхідний також і спочатку; отже, кількість наявного у Всесвіті руху чи енергії не завжди однакова; отже, енергія має бути створена; отже, вона створима, отже, вона знищена. *Ad absurdum*» (Енгельс, 1982, с. 249–250).

Розглядаючи висновки Клаузіуса з другого начала термодинаміки, які приводять до абсурду, Ф. Енгельс робить висновок: «Кругообігу тут не виходить, і він не вийде доти, поки не буде відкрито, що випромінена теплота може бути знову використана» (там же, с. 165), «...поки не буде відкритий закон, зворотний закону руху неорганічної матерії» (там же, 248). «Питання буде остаточно вирішене лише в тому випадку, якщо буде показано, яким чином випромінена у світовий простір теплота стає знову такою, що може використовуватися. Вчення про перетворення руху порушує це питання в абсолютній формі...» (там же, 248).

Повторимо для себе ще раз той закон руху неорганічної матерії, про який згадує Ф. Енгельс: *ентропія необоротних процесів зростає*, або: *необоротне розсіювання енергії прагне в неживій природі до максимального прояву*.

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 частинки 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 ймовірний напрямок перебігу процесів. І не виключає – більш того, з необхідністю передбачає – можливість малоімовірних подій, які називаються флуктуаціями, коли ентропія зменшується» (Алексев, 1983).

Цей висновок Л. Больцман зробив на основі прямого зв'язку, який він установив між ентропією і термодинамічною імовірністю стану розглянутої системи. Таким чином, Больцман підготував ґрунт для законів, зворотних законам 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 підкорюються 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* (хоч 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 по-



няття «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 ж 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.

### Слово класикам

---

Ілля Пригожин, Ізабелла Стенгерс: «Законо природи більше не протиставляються ідеї істинної еволюції, яка включає в себе інновації...» (Пригожин и др., 2000а).

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

**Добро і Зло у фізичних термінах.** 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.

Але 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 названо *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. Пригожину 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 будматеріали 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 у 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 цільну картину процесу під назвою *розвиток*, у якому ми всі й живемо.

Отже, наука відповіла на питання, як це все відбувається. Але залишається без відповіді головне питання: *чому?*

Чому можуть виникати спонтанні флуктуації частинок?

Чому, будучи лише мить назад розрізною безжиттєвою масою, частинки можуть виявити погодженість (когерентність), об'єднавшись у структури з колективною поведінкою?

Чому ця структура набуває здатності реагувати на зміни зовнішнього середовища?

Чому вона спроможна утримувати в однорідному досі просторі неоднорідну різницю потенціалів?

Чому недавно випадкові утворення – частинки – набувають здатності конкурувати одна з одною?

І, нарешті, звідки в неживих, бездушних згустків простору під назвою *відкриті стаціонарні системи* беруться всі ці ознаки живих організмів?

А можливо, основний секрет полягає не в тому, що системи стаціонарні, а в тому, що вони *відкриті*? Як і весь наш Всесвіт. І справа не в самому факті *відкритості*, а в тій Абсолютній Сутності, назустріч якій вони відкриті. З якої все починається і чим продовжується у вічність...

### 3.3. 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.

На думку українських учених М.В. Косінова, В.І. Гарбарука і Г.В. Сидоренка, «на межі переходу безперервної субстанції в дискретну речовину беруть початок фундаментальні взаємодії і фізичні закони. Тут зароджуються всі фундаментальні, фізичні і космологічні константи. Ця «законоформуюча» і «константоформуюча» стадія потребує пильної уваги вчених» (Косинов і др., 2002).

### Примітка

---

З цим, напевно, можна погодитися з одним застереженням: якщо замінити у вислові слова «дискретна речовина» на «дискретний стан». Адже властивості дискретності виявляють не тільки частинки, які мають масу спокою ( $i$ , отже, формують речовину), але й, умовно кажучи, енергетичні частинки, що не мають маси спокою. Адже вони теж мають властивість так званого корпускулярно-хвильового дуалізму (тобто виявляють одночасно властивості і дискретної частинки, і хвилі).

Дивно, але кожна *природна сутність* (частинка, атом, молекула, клітина і т.ін.) безпомилково «пам'ятає», а головне, підтримує відносно динамічну сталість своїх параметрів (наприклад, заряду, маси, спіну, ін.), яка називається *гомеостазом*. В цьому виявляється властивість *стаціонарності* зазначених природних сутностей. Для того щоб її реалізувати, необхідно (як уже відзначалося 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 витрачати 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 важливі 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 наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Деякі фундаментальні фізичні константи (Физический, 1995; Косинов и др., 2002)

Найменування	Короткий коментар
Швидкість світла	Швидкість поширення у вакуумі будь-яких електромагнітних хвиль (у т.ч. світлових) ( $c = 299\,792,5$ м/с)
Елементарний електричний заряд	Найменший електричний заряд (позитивний чи негативний), рівний за абсолютною величиною заряду електрона ( $e = 4,803\,250 \cdot 10^{-10}$ од. $\approx 1,6 \cdot 10^{-19}$ К)
Маса електрона	$m_e = 9,109\,381\,88 \cdot 10^{-31}$ кг $\approx 0,511$ MeV
Маса протона	$m_p = 1,672\,614 \cdot 10^{-27}$ кг
Відношення мас протона і електрона	$m_p/m_e \approx 1836$
Магнетон Бора	Одиниця магнітного момента, обумовленого орбітальним рухом і спіном електрона $\mu_B \approx 9,27400899 \cdot 10^{-24}$ ерг/кг·с
Магнітний момент електрона	Відношення магнітного момента електрона до магнетона Бора $\mu_e/\mu_B \approx -1,001\,16$
Стала Планка (квант дії)	Фундаментальна фізична константа, яка визначає широкі коло фізичних явищ для характеристики співвідношення між класичною і квантовою механікою (тобто співвідношення процесів макро- і мікрорівнів) $h = 6,626\,068\,76 \cdot 10^{-34}$ Дж·с $= 6,626\,068\,76 \cdot 10^{-27}$ ерг
Гравітаційна стала	Фундаментальна фізична константа, яка визначає силу притягання матеріальних тіл залежно від їх мас і відстані між ними $G \approx 6,673 \cdot 10^{-11}$ Н · м <sup>2</sup> /кг <sup>2</sup>
Стала Рідберга	Фундаментальна фізична константа, що входить у вираз для рівнів енергії і частот випромінювання атомів $R = 10\,973\,731,77$ м <sup>-1</sup>

## Примітка

---

Дивовижним фактом є і саме існування подібних правил, і те, що вони десь «записані» в пам'яті Природи, і те, що всі природні сутності «пам'ятають» ці правила і неухильно їх дотримуються. Утім, наскільки пам'ятають і дотримуються – ми можемо тільки припускати. Можливо, і серед них багато порушників...

*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 імовірнісного 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 синергетиці 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 найважливіше 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.

За висловом Нобелівського лауреата І.Р. Пригожина, «елементарні частинки являють собою складні об'єкти, здатні народжуватися і переживати розпади» (Пригожин, 1985). Те, що обидва явища – як народження, так і розпад частинок – стали рутинними природними процесами, є кращим свідченням блискучого «винайдення» і досконального налагодження Природою репродуктивного механізму. 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.

### 3.4. Передумови розвитку

**Роль імовірності і стохастичності.** З появою першої частинки Природі було даровано *свободу змін*. Це явище має два аспекти – енергетичний та інформаційний. *Енергетичний* аспект полягає в тому, що у 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 імовірнісності, 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 ітимуть пліч-о-пліч на всіх етапах еволюції природи.

Виконаний аналіз витоків еволюції природи дозволяє підвести деякі підсумки досягнення спрямованості еволюційних процесів. 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.

**Формування енергетичної основи розвитку.** Розв'язання Природою енергетичного завдання (як, до речі, і багатьох інших) є черговим парадоксом і таїнством. Річ у тім, що різниця енергетичних потенціалів, яку невпинно створюють природні системи (атоми, молекули, біологічні особини, 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

---

Зазвичай 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 черепаха 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, яку 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 росту 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 ж 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.

Власне, наше повсякденне життя також переконує, що факторами, які обмежують свободу руху, можуть бути і немічність і надмірна енергія, яка не має критичних інформаційних орієнтирів діяльності.

Досвідчені менеджери обов'язково враховують ці фактори у своїй роботі. Часто зовні повільні, але цілеспрямовані і наполегливі «тихоні» виявляються більш ефективними, ніж надто енергійні «активісти». Секрет простий. Перший тип виконавця вміє навіть незначні за величиною енергетичні імпульси інформаційно концентрувати на найбільш важливих напрямках, створюючи там критичну масу ресурсів, необхідних для творчої діяльності. Люди другого типу (умовно «палкі ентузіасти»), здійснюючи щодня величезні обсяги роботи, не мають дару інформаційного впорядкування енергії. Саме про таких відомий гуморист М. Задорнов говорив: «енергія без вектора». У результаті значні енергетичні витрати, що розсіюються по різних (часто дургорядних) напрямках, не забезпечують умов для продуктивного творення. ККД роботи таких виконавців дуже низький.

З цієї ж причини «тихоні», які мають дар цілеспрямованого неформального лідерства, у випадку протидії формальному керівникові можуть виявитися значно небезпечнішими за «енергійних», але неорганізованих неформалів. Останні своєю непослідовністю самі ж руйнують будь-які власні, у тому числі й негативні, починання.

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. Утім, «даром» його можна назвати дуже умовно, тому що дається він кожній природній сутності дорогою ціною в ході нескінченних випробувань і природного добру.

Еволюція енергетичних основ розвитку природних систем забезпечується комплексом складних за формою і глибоких за змістом процесів. 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 інший, контроль за ефективністю процесів використання енергії. На різних етапах еволюції природи різні природні сутності по-різному вирішували завдання відтворення зазначених функцій.

Ми вже навряд чи зможемо достовірно судити про енергетичне господарство мікросвіту. Можна лише з певністю говорити, що його не може не бути. Напевно, існують «мікроелектростанції» колосальної потужності, що колись створили (і продовжують підтримувати) початкову різницю потенціалів уже згаданих чотирьох видів фізичної взаємодії (сильної, слабкої, електромагнітної і гравітаційної). В останні роки вчені активно заговорили також про торсійний вид взаємодії. Він обумовлений спіновим рухом (тобто обертанням частинок навколо своєї осі). Різниця потенціалів необхідна для функціонування природних сутностей також на рівні частинок і атомів та для обслуговування перебігу процесів молекулярного, клітинного і макрорівнів. Тут же, на мікрорівні, працюють із колосальною ефективністю «мікроакумулятори», які упаковують енергію у двополюсні блоки субстанцій речовинного світу. Безвідмовно діють «мікротрансформатори», здатні перетворювати одні види енергії в інші. І, звичайно ж, безупинно функціонують «мікрореактори», що трансформують енергію в речовину і речовину в енергію.

Зате енергетику живого ми вже можемо вивчати, немов у музеї наукових відкриттів і технологічних винаходів. Тут можна спостерігати приголомшливе різноманіття форм і механізмів генерування і переробки енергії.

А от енергетика соціальних систем розвивається буквально на наших очах. Сьогодні ми є очевидцями стрімкого прогресу створюваних людиною технологічних енергетичних систем. Буквально за триста років вони стрімко здолали шлях від вітряків і водяних млинів, примітивних стаціонарних парових машин до складної енергетичної інфраструктури, яка має високоефективні мобільні двигуни й автономні системи живлення. Причому тут, мабуть, найбільш примітним є не саме нарощування енергетичної потужності (хоча і це має місце), а колосальне *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 чи телефону. Третє (що пов'язано 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 енергоемності комп'ютерних операцій і прогресу в системі акумуляування 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.

Розуміння умов емансипації (вивільнення) природи дозволяє сформулювати два ключових напрямки, за якими природні сутності можуть збільшувати можливості реалізації своєї свободи: 1) збільшення енергетичних потенціалів; 2) розширення і поглиблення інформаційної основи реалізації цих потенціалів.

---

Дві ключові умови свободи: 1) *енергетичний потенціал*; 2) *інформаційний вектор* його реалізації.

---

Отримуючи енергетичні потенціали та інформаційні регулятори їх втілення, природні сутності, а з ними і вся природа в цілому, набувають свободу руху. У філософському розумінні це означає можливість не тільки переміщень у просторі (хоча і це також), але і взагалі будь-яких змін (механічних, фізичних

і хімічних трансформацій, соціальних перетворень). А будь-які зміни – це не тільки трансформація матеріальних субстанцій, а й перетворення інформаційного змісту сутностей природи. Тому рух означає не тільки трансформацію енергії, але й виробництво інформації.

**Проблеми і пастки стаціонарності.** Усі зазначені завдання розвитку природи дуже тісно пов'язані між собою. От і завдання забезпечення стаціонарності має розглядатися разом із завданням підтримання енергетичних потенціалів. Адже підтримання стаціонарності має дві складові: по-перше, параметри повинні залишатися відносно постійними, а по-друге, ця сталість повинна бути динамічною, тобто підтримуватися в умовах зовнішнього середовища, що безупинно змінюється. Це означає, що характеристики системи не можуть залишатися абсолютно постійними, адже система має реагувати на зміну зовнішнього середовища. Щоб зберігати принципові параметри, що визначають гомеостаз системи, вона має бути здатною змінювати багато інших своїх характеристик.

### Примітка

---

Наприклад, щоб при зміні температури зовнішнього середовища зберегти температуру тіла рівною 36,6 °С, наш організм має прискорити або сповільнити процеси потовиділення, змінити режим кровообігу, параметри шкіри тощо. Це неможливо без локальної зміни температури в різних частинах тіла. Отже, щоб зберегти постійним температурний режим тіла в цілому, ми повинні багаторазово змінювати його на локальному рівні.

Отже, відносна сталість нездійсненна без постійної абсолютної мінливості. Таке безупинне підлаштування потребує невинних витрат енергії. Чим більше коливання параметрів зовнішнього середовища, тим більш значною є енергетична ціна подібного підлаштування і забезпечення стаціонарності (підтримання гомеостазу). Енергія витрачається на реалізацію механізмів зворотного зв'язку і підтримання різниці потенціалів як між системою і зовнішнім середовищем, так і між окремими частинами самої системи. Тепер замислимося над тим, що відбудеться, якщо параметри зовнішнього середовища будуть відносно стабільні, тобто зберігатимуть свої параметри. Щоб відповісти на це питання, потрібно спочатку з'ясувати ще одне: на якому рівні щодо оптимальних для підтримання гомеостазу значень

повинні установитися параметри зовнішнього середовища. Інакше кажучи, які умови зовнішнього середовища можуть вважатися для системи комфортними.

### Примітка

---

Для людини, у якої за довгі роки еволюції виробився оптимальний температурний режим тіла на рівні 36,6 °С, неабайдуже, у якому кліматі їй доведеться жити. У північних народів, що живуть більшу частину року при мінусовій температурі, практично вся одержана енергія іде на виживання, тобто на підтримання гомеостазу. На інше просто не вистачає ані сил, ані часу. Значна частина енергії витрачається саме на компенсацію температурної різниці між умовами зовнішнього середовища і необхідною температурою тіла. Щось подібне відбувається також у людей, які постійно живуть у надто жаркому кліматі. Там енергія витрачається на подолання плюсового інтервалу між оптимальним і реально існуючим значенням температури середовища. Природно, працюють інші фізіологічні механізми, що відповідають за реалізацію процесів негативного зворотного зв'язку.

Зайве нагадувати, що існують верхні і нижні межі фізико-хімічних параметрів середовища, які можуть виявитися критичними для існування відкритих стаціонарних систем будь-якого типу. Виходить, щоб система існувала, параметри середовища не повинні коливатися в широких межах. До певної міри звуження параметрів середовища надає системі можливість заощаджувати вільну енергію на підлаштування до змін середовища для підтримання гомеостазу (реалізація механізмів негативного зворотного зв'язку)... Але тільки до певної міри.

Замислимося тепер над тим, що відбудеться, якщо параметри середовища протягом тривалого часу залишатимуться стабільними, причому наближеними до найбільш сприятливих значень стосовно підтримання гомеостазу.

По-перше, це небезпечно для самої системи. У природі все розвивається і підтримується відповідно до принципу доцільності. Загартування – це і є штучне розширення меж сприятливих умов середовища з метою тренування адаптаційних механізмів людини на випадок виникнення екстремальних умов. Якщо система довгий час існує в стабільних і при цьому ідеальних умовах середовища, поступово відпадає і необхідність у здатності до реалізації механізмів негативного зворотного зв'язку, тобто тих, які забезпечують пристосування до мінливих умов середовища. Можуть деградувати і навіть відмирати цілі

підсистеми (органи), що відповідають за цю функцію. Немає змін – немає необхідності в адаптації до них. У подібних умовах система починає швидко втрачати свої адаптаційні здібності («до гарного звикаєш швидко»). Втрачаються навички, атрофуються непрацюючі підсистеми (органи).

## Примітка

---

У племенах, що жили в надмірно комфортному і стабільному кліматі (наприклад, поблизу екватору) час начебто зупинився. Навіщо чогось прагнути, коли і так усе чудово. Не потрібні ні одяг, ні житло, які б захищали від холоду і негоди. Та й харчі буквально під рукою – на сусідній пальмі. «Навіщо нам вирощувати рослини, коли у світі так багато горіхів манго?» – відповіли одного разу бушмени на питання про причину відсутності в них землеробства.

Лікарі полюбляють говорити, що у машини зношуються ті частини, що працюють, а в людини – ті, що не працюють. Ще швидше процес «забування поганого» відбувається за біфуркаційних форм розвитку (при зміні поколінь). Невблаганний природний добір з його критерієм мінімуму дисипації (втрат) енергії незабаром «винищить» ті одиниці систем, які зберігатимуть не потрібні навички і механізми з незатребуваними функціями. І тільки рудиментарні залишки підсистем (органів) будуть зберігати пам'ять про колишню необхідність боротьби із суворими умовами середовища. Замість здійснення відбору тих, що мають здатність пристосовуватися, природа відбиратиме й тиражуватиме найбільш пристосованих. А це далеко не одне й те саме...

Так, у сприятливих умовах середовища система одержує ідеальні можливості для своєї експансії в середовище – відбувається швидке завоювання життєвого простору. Але разом з тим вузькі межі коливання параметрів середовища, що створюють ідеальні умови для системи, закладають «міну вповільненої дії», яка може вибухнути в майбутньому, якщо параметри середовища хоча б трохи відхиляться вбік від сприятливого оптимуму. Протидіяти такій зміні параметрів система вже не зможе. Для цього в неї не буде ні необхідного інструментарію (утрачених підсистем і навичок реалізації механізмів негативного зворотного зв'язку), ні необхідного запасу «вільної енергії» (незатребуваного протягом такого тривалого періоду часу). До речі, багато вчених саме цим пояснюють зникнення динозаврів – вони були занадто пристосованими до існуючих на Землі природних

умов. Навіть незначна зміна клімату стала фатальною – у біологічних видів не вистачило адаптаційного ресурсу пристосуватися до нових умов існування.

А що ж відбуватиметься, якщо ніякого катаклізму, що змінив би умови середовища, не станеться? Тоді не станеться і ніяких змін у самій системі. Безумовно, за винятком тих, на які система приречена, будучи створена Природою як відкрита стаціонарна система. Це означає, що система змушена щомоментно відтворювати себе в просторі (прокачуючи через себе потоки речовини, енергії та інформації) і в часі (формуючи своє біфуркаційне продовження у формі потомства). Під відсутністю змін маються на увазі зміни, які ведуть до розвитку системи як виду. Саме подібна відносна незмінність характерна ось уже мільярди років для термітів, які пережили динозаврів і яким вдалося «законсервувати» своє зовнішнє середовище.

Таким чином, значне звуження параметрів середовища ставить під загрозу здійснення системою функцій, що забезпечують життя. Вони, як ми вже говорили, потребують певної різниці потенціалів. Отже, це по-перше. По-друге, умови середовища не тільки мають бути сприятливими для існування систем, вони повинні провокувати в системі прогресивні спрямовані зміни, які є рушійною силою розвитку систем.

Усе зазначене дозволяє сформулювати чотири життєво важливі передумови розвитку, пов'язані з умовами зовнішнього середовища.

*Перша* – межі параметрів середовища не повинні бути надто широкими (інакше системі може не вистачати запасу вільної енергії для здійснення механізмів негативного зворотного зв'язку).

*Друга* – межі параметрів не повинні бути надто вузькими (підтримання гомеостазу будь-якої системи можливе тільки за наявності різниці, насамперед, різниці енергетичних потенціалів).

*Третя* – межі зміни параметрів середовища мають бути наближені до оптимальних для існування даного типу систем умов.

## Примітка

---

Зокрема, для існування живих систем (які Природа чомусь зволила створити у Всесвіті) температура середовища повинна дозволити перебування речовини як мінімум у трьох агрегатних станах: твердому, рідкому і газоподібному. Це неможливо у відкритому космосі за температури близької до абсолютного нуля, але неможливо і на Сонці при екстремально високих

температурах. Те саме можна сказати і про інші фізичні параметри (тиск, електромагнітну зарядженість, радіацію і т.ін.)

І нарешті, *четверте* – параметри середовища повинні змінюватися (коливатися) таким чином, щоб це змушувало систему виходити зі стану рівноваги (застою), забезпечуючи передумови розвитку. Саме зазначені чотири види передумов волею долі (чи Творця) виникли на Землі.

**Комунікація – найважливіша умова синергії.** Ще раз підкреслимо, що вирішення завдань синергетичної взаємодії продовжує низку вже зазначених вище проблем, впливаючи з них і їх доповнюючи. Зокрема, ефект синергії потребує певної різниці потенціалів. Тільки так можуть об'єднуватися в систему окремі блоки (підсистеми). Далі необхідно, щоб ці підсистеми функціонально відрізнялися, а це передбачає їх інформаційне різноманіття. Синергетичні зв'язки можуть виникати тільки на основі взаємодоповнюваності і взаємозалежності окремих частин. І нарешті, необхідний матеріальний носій інформації, який забезпечує комунікаційні зв'язки між підсистемами. Безумовно, даний носій (матеріальна субстанція) повинен мати певні властивості. Серед найважливіших із них – універсальність (це має бути субстанція, характерна для всіх без винятку компонентів системи, яка, можливо, входить до їх складу, як входить вода в усі живі організми), всепроникність, здатність записувати і переносити інформацію тощо. Мабуть, не випадково для екосистем, сформованих живими організмами, таким ключовим агентом є вода: вона є базовим компонентом формування всіх організмів, а тому універсальним для них. Вода забезпечує всі рециркуляційні процеси в біосфері і, нарешті, є ключовим носієм інформації. На клітинному рівні подібним засобом є малі струми (а отже, електрони). На атомарному рівні – інші елементарні частинки.

**Різноманіття природи як її ключова властивість і передумова розвитку.** 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.



## Аргументи вчених

---

- Н.В. Косінов, В.І. Гарбарук, Г.В. Сидоренко: «Природа є дуже економічною у виборі методів побудови і будівельного матеріалу. Вона використовує універсальні методи і єдиний будівельний матеріал, повторюючись на кожному новому рівні. Дійсно, Природа «не розкошує у своєму різноманітті». І сьогодні не втратили свого значення слова Ломоносова: «натура тим більш усього дивовижна, що з малої кількості причин виробляє нескінченну безліч властивостей, змін і явищ» (Косінов і др., 2002).
- Ю.С. Владимиров, д.ф.-м.н.: «Виявляється, і нейтрино, і електрони, і баріони описуються дуже подібним чином... Один стовпець занулили – і ви не баріон будете мати, а лептон чи електрон, припустімо. Два стовпці занулите – у вас буде нейтрино. А всі формули, якими описуються взаємодії між частинками, ті самі. Просто ви проводите специфікацію, і виходять ті вирази, що відповідають лагранжіанам у стандартній теорії» (Програма Гордона, НТВ, тема: «Фізика і метафізика», 16.04.2003).

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

## Факти публікацій

---

«Достатньо озирнутися 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.

Втім, 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 заряджені, 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, поведуться, 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  $105^\circ$ , 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 корпусули (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, поводитьися 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*.

Сучасні відкриття і гіпотези стосовно можливості існування фізичного вакууму (польової матерії, континууму) (Рудий, 2003; Косинов и др., 2003), який ще Ньютон називав *ефіром*, наближають нас до усвідомлення цієї ідеї. 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», «вузликами» 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.

## Механізми стійкості систем

### 4.1. Зміст і функції системи

**Зміст системи.** Як уже зазначалося в попередніх розділах, можливість існування систем, що самоорганізуються, ґрунтується на їх здатності підтримувати динамічну відносну постійність складу і властивостей системи (гомеостаз). Вона потрібна для підтримання необхідної різниці потенціалів: по-перше, між системою і зовнішнім середовищем; по-друге, між окремими частинами системи. Саме завдяки цій здатності відкриті системи, що самоорганізуються, дістали назву стаціонарних. Замислимося тепер над тими чинниками, які забезпечують системі стан її *гомеостазу* та здійснення інших функцій.

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).

#### Подобиці

---

На рівні біологічного організму тварин матеріальну основу можуть складати: скелет, тканини, рідини організму, шкірний покрив, 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; рефлекси, 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 знаки, 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 і т.ін.

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 ж 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 своєїрідної «мови», яка є «зрозумілою» для всіх елементів системи.

Без подібного «спілкування» окремих частин системи були б неможливі ані феномен відкритості з властивими йому функ-

ціями 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.

---

Будь-яка матеріальна система настільки ж *інформаційна*, наскільки і *матеріальна*.

---

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.

### Примітка

---

Зі становленням інформаційної економіки все більшу питому вагу в забезпеченні функцій економічних систем набирає інформаційна основа. На багатьох підприємствах, що реалізують інформаційні послуги і виробляють інформаційні види продукції (посередницькі фірми, підприємства з виробництва програмного продукту, ін.), саме нематеріальні активи складають основу виробничого капіталу. Зокрема, в комп'ютерній «імперії» Білла Гейтса на частку нематеріальних активів припадає більше 90% оціненого капіталу компанії.

Діяльність, яку здійснює система, умовно можна розділити на два види: роботу внутрішнього обміну і роботу зовнішнього обміну.

Основне завдання внутрішнього обміну полягає у вилученні вільної енергії (або негативної ентропії) з речовинно-енергетично-інформаційних потоків, що імпортуються системою із зовнішнього середовища. Основним завданням зовнішнього обміну є здійснення процесів метаболізму із зовнішнім середовищем.

**Функції системи.** Для виконання зазначених завдань система повинна здійснювати комплекс взаємозв'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 «енергії» передбачає всі види використовуваних системою матеріальних, енергетичних та інформаційних ресурсів.

Зазначені функції реалізуються на основі діяльності відповідних підсистем. Кожна підсистема формується з матеріальної та інформаційної основ. У кожній підсистемі можна виділити три ключові функціональні блоки, які умовно можна назвати:

- 1) робочий;
- 2) репродуктивний;
- 3) корегуючий.

*Робочий блок* пов'язаний із здійсненням функцій просторово-часового управління потоками та їх трансформацією з метою вилучення вільної енергії. Фактично цей блок реалізує основну мету функціонування системи.

Робочий блок виконує надзвичайно важливу роль у забезпеченні ефективності діяльності системи, визначаючи склад і зміст двох інших блоків. Це добре видно на прикладі економічних систем. Недосконалі технології обумовлюють величезні витрати на виробництво одиниці продукції і постійно високі витрати на ремонт засобів виробництва, а також нескінченне «латання дір» з метою доведення технологічного режиму до стандартного рівня. І навпаки, відлагоджена технологія забезпечує низькі виробничі витрати, мінімальні витрати на поточний ремонт (не кажучи вже про капітальний ремонт) і практично не виходить за межі «коридору» регламентних умов.

*Репродуктивний блок* – це матеріально-інформаційні засоби, що відповідають за репродуктивні функції відповідної підсистеми, тобто, по суті, за відтворення «робочого блоку». Часто дуже важко розмежувати згадані два блоки, тим більше, що розміщуються вони в єдиному «тілі» системи і нерідко в тих самих органах. Та все ж це два різні елементи, що виконують різні функції. Хоча часто процес репродукції (особливо в живих організмах) виглядає як процес самовідтворення клітин, зазначені два види діяльності звичайно управляються з різних «пультів». Зокрема, за репродуктивні функції клітин організму відповідають окремі органели.

*Блок корегування* призначений для управління станом (режимом) системи. Фактично він виконує оперативні диспетчерські функції. Річ у тім, що основні підсистеми здатні ефективно функціонувати в дуже вузьких інтервалах оптимальних значень. Будь-яке відхилення від даних значень потребує компенсаційної діяльності, яка називається механізмами зворотного зв'язку.

Від діяльності блоку корегування залежать умови стійкості системи, а часто і взагалі її цілісності та існування.

Як правило, означені відхилення в режимі функціонування системи пов'язані зі змінами умов 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. (Пізніше ми переконаємося, що система намагається робити і це.) 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, температурі тіла, кров'яному тиску). Саме цей діапазон забезпечує основні життєві параметри існування системи.

### Примітка

---

Зауважимо тут, 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.

## 4.2. 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 ж напрямку, 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.

При негативному зворотному зв'язку для компенсації змін впливу зовнішнього середовища включаються допоміжні механізми системи, що діють у напрямку, зворотному напрямку дії середовища. Саме тому вони називаються механізмами негативного зворотного зв'язку. З їх проявом нам доводиться стикатися щодня.

*Механізм негативного зворотного зв'язку* забезпечує підтримання існуючого гомеостазу.

## Подобиці

---

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»).

## Подробиці

---

Збільшення кількості зайців дозволяє збільшити свою чисельність і вовкам. Та варто «сірим» перестаратися і підірвати поголів'я «косих», як зниження кормової бази змусить їх знову скорочувати зграю. Аналогічні процеси діють на ринку, де за допомогою економічних інструментів підтримується рівновага попиту і пропозиції. Якщо знижується кількість якогось товару, попит на нього збільшується. Ціни ростуть, і зростає зацікавленість у виробництві (пропозиції) даного товару. Але чим більше його вироблятиметься, тим нижчий буде попит. Ціни почнуть знижуватися, стримуючи пропозицію.

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 ослаблення зовнішньої дії (Дубнищева і др., 1998).

## Подробиці

---

Функції негативного зворотного зв'язку в живих організмах реалізуються системою фізіологічних регуляторних механізмів. Найважливішу інтегруючу функцію виконує центральна нервова система і особливо кора головного мозку. Велике значення мають: вплив симпатичної нервової системи, стан гіпофіза, надниркових та інших ендокринних залоз. Прикладом складної гомеостатичної системи, що має різні механізми регуляції, є система забезпечення оптимального рівня артеріального тиску. Вона регулюється за принци-

пом ланцюгових реакцій зі зворотними зв'язками: зміна тиску крові сприймається барорецепторами судин, сигнал передається в судинні центри, зміна стану яких веде до зміни тонуусу судин і серцевої діяльності. Одночасно включається система нейрогуморальної регуляції, і кров'яний тиск повертається до норми (Биологический, 1989).

### 4.3. Зміст механізмів 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 декілька основних напрямів реалізації ендогенних механізмів негативно-го зворотного зв'язку.

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

**2. Створення резервних компенсаційних підсистем** (органів). Іноді буває значно ефективніше задіювати не весь потенціал системи, а лише деякі її субсистеми (органи). Цим шляхом

іде багато біологічних видів. У них загальносистемна регуляція доповнюється спеціалізованою функцією деяких органів (звичайно шкіри або підшкірної клітковини).

## Примітка

---

Верблюд з цією метою резервує ресурси у своїх горбах. Більшість же тварин більш рівномірно розподіляє запас у жирових накопиченнях. Саме жир найчастіше є компенсаційним фондом у разі виникнення проблем і з їжею, і з водою, і при похолоданні.

Такі суспільні системи, як країни, для виконання компенсаційних функцій створюють забезпечені ресурсами спеціалізовані органи. У більшості держав подібний орган називається відповідним чином – міністерство надзвичайних ситуацій. Є свої «міні-МНС» і на багатьох підприємствах.

Звичайно наявність подібних компенсаційних фондів значно полегшує регулювання фінансових систем. До речі, в США центральний орган фінансового управління так і називається – Федеральна резервна система.

**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. Кінець кінцем, будь-які види впливу на систему народжуються в зовнішньому середовищі. Збудувавши захисний бар'єр на межі із зовнішнім середовищем, система може значною мірою контролювати процеси метаболізму (тобто обміну речовиною, енергією та інформацією із зовнішнім середовищем). В одному випадку вдається запобігти надходженню в систему шкідливих речовин, в іншому – демпфірувати (пом'якшити) енергетичну дію (зокрема, зменшити перепади температур), у третьому випадку вдається захистити систему від згубного інформаційного впливу, який може зруйнувати або пошкодити інформаційну структуру системи.

Підкреслюємо, що йдеться про захисний бар'єр усередині самої системи, хоч 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).

## Подробиці

---

Функції захисного шару в хребетних тварин виконує шкіра. Саме шкіра відмежує 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 додаткові 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. Все це – теж 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.** Дана 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 напрямів реалізації екзогенних механізмів негативного зворотного зв'язку.

**1. Створення буферних зон.** Дана 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 даного виду механізмів можна назвати захисні споруди (огорожі), що зводяться людиною з метою запобігти прямим контактам із шкідливими чинниками зовнішнього середовища.

## Подробиці

---

Найпростішими прикладами подібного захисту є звичні механічні огорожі: по периметру (огорожі) або за об'ємом (приміщення). Вони можуть захищати від тварин (просте – антимоскітна сітка), дощу (парасолька, дах), вітру, температур (будівлі або спеціальні захисти), води (греблі або дренажні пристрої), ін. Окремими формами можуть бути засоби захисту від різного виду впливу: світлового, теплового, шумового, електромагнітного, хімічного, біологічного (включаючи антиінфекційний), інформаційного, ін. Крім людини подібним інструментарієм користуються багато тварин. Пригадаємо кубла птахів і комах, бобріві дамби і багато іншого.

Іноді межа між ендogenousними і екзогенними буферними механізмами буває досить умовною. Чи вважати різні види одягу екзогенним захистом? Строго кажучи, так. Але вони вже стали необхідним убранням людини, що не сприймається невід'ємно від неї. Скафандри і захисні маски, на щастя, такою невід'ємною оболонкою поки не стали. До цієї ж групи захисних інструментів належать різні світлозахисні козирки, рукавички, окуляри, види взуття, мастила, покриття, ін.

В окремі підгрупи, мабуть, можна виділити:

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

Це не одне і те саме.

*Засоби захисту від інформаційної дії* передбачають попередження будь-якого виду впливу (найчастіше все-таки інформаційного), яке може руйнувати саме інформаційний код організації системи. Для суспільних систем таку небезпеку становить інформаційна агресія, яка порушує або спотворює порядок (традиції, дисципліну) функціонування системи. Для біологічних систем джерелом подібної дії є віруси. Вторгаючись у клітину, вони руйнують інформаційну програму підтримання гомеостазу організму, спричинюючи захворювання. Характерним є те, що це дуже нагадує вірусне «інфікування» комп'ютерів.

Як захисні засоби від інформаційної дії можуть використовуватися будь-які інструменти: механічні, фізичні, хімічні, ін. Згадаємо прикордонні бар'єри для обмеження ввезення деяких товарів (література, відео- і аудіопродукція, ін.), штучні радіоперешкоди для «глушіння» ворожих радіостанцій або антивірусні санітарні маски.

*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 ж 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 напрями:

- 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.

## Подробиці

---

Простими прикладами використання інструментарію першого напрямку є різні сита, сітки, фільтри. У промисловості функції попередньої обробки речовинно-енергетичних потоків можуть виконувати складні технологічні системи (збагачення сировини, очищення води чи повітря, ін.). У суспільстві, як правило, застосовується обробка (дозування) інформації або її цілеспрямоване коректування (тлумачення).

Обробка зворотних потоків (із системи в середовище) спрямована на виконання двох основних функцій. По-перше, вберігає середовище від несприятливих перепадів його параметрів. Річ у тім, що середовище, яке є зовнішнім по відношенню до системи, саме по собі теж є системою, що має власні параметри гомеостазу. Відхилення їх від оптимальних характеристик може підірвати або серйозно порушити так звану несучу здатність. Остання характеризує здатність системи підтримувати рівень гомеостазу, при якому вона в змозі ефективно виконувати свої функції життєдіяльності, включаючи відтворення ресурсної бази і здійснення процесів відновлення якості параметрів середовища. По-друге, дуже часто обробка потоків, що виводяться із системи, фактично перетворюється на формування потоків, що входять у неї. Бо забір здійснюється там же, куди робиться викид, тобто в навколишньому середовищі.

**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.

## Примітка

---

Зокрема, якщо забезпечити відносну ізоляцію локального простору, що примикає до системи, оптимальні умови тут можуть підтримуватися самі собою або ж формуватися під впливом сил природи. Так, велику частину року житлові приміщення не потребують опалювання. А бобрам для створення необхідних заград достатньо лише побудувати дамбу.

Людина досконало оволоділа *кондиціонуванням*. Штучно створене нею житлове і промислове середовище охоплює практично всю планету і навіть вийшло за її межі в космос. Тут на протязі вже більше двох десятиліть майже постійно в космічних комплексах живуть і працюють люди.

Кондиціонування охоплює широкий спектр видів діяльності, спрямованої на зміну або збереження (консервацію) яких-небудь властивостей середовища (фізичних, хімічних, інформаційних) (детально розглядається в книзі: Мельник, 2001). Це пов'язано не тільки з впливом на фізико-хімічні параметри (температуру, тиск, вологість, хімічні характеристики). Даний інструментарій пов'язаний також із перетворенням ландшафтів або полегшенням умов для комунікацій (прокладення шляхів, мостів, каналів, ін.).

**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.

## Подобиці

---

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

Ці ж 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 мігрують у 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 слова-



ми, система вибирає найсприятливіші інтервали часу для активізації процесів метаболізму.

## Подробиці

---

Теоретично всі рослини і тварини використовують дану групу механізмів. Бо всі життєві цикли синхронізовані відповідно до добових або річних циклів. Природа сама потурбувалася про те, щоб використовувати чинник неоднорідності середовища в часі. Найяскравішими прикладами є: нічне полювання багатьох тварин, сезонна вегетація рослин, сезонні міграції птахів і риб, зміна активності комах за різних погодних умов і багато іншого.

Широко використовуються дані механізми і в діяльності людини. Найбільш помітна сезонність робіт у таких секторах економіки, як сільське і лісове господарство, будівництво, рекреація. Спробою максимально можливого використання чинника часу є встановлення «літнього» і «зимового» часу. Багато закладів сфери сервісу встановлюють режим роботи, виходячи з часових можливостей своїх клієнтів отримувати послуги... Навіть гроші протягом доби міняють сфери свого застосування, знаходячи найбільш прибуткові цикли обороту. Існує навіть термін «нічні гроші». Він стосується тих грошових потоків, які мігрують по планеті в нічну частину доби.

**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, ін.

## Примітка

---

Міграція в просторі та часі виконує подвійну функцію. Раніше ми акцентували увагу на міграцію системи в пошуку сприятливих умов існування. Але можна на дану групу механізмів поглянути і під іншим кутом зору, розглядаючи їх як засіб захисту від несприятливих чинників.

Щомоментна координація системи в просторі та часі – невід’ємна умова благополучного існування системи в цьому світі, запорука успіху в боротьбі за життя з ворогами, хижаками, природними умовами і невизначеністю майбутніх подій.

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. Фактично в цьому випадку реалізується спроба утилізації (тобто використання з вигодою) тієї дисипативної діяльності, яка неминуче пов'язана з існуванням системи. Дисипація енергії – це її необоротне і даремне розсіювання в зовнішнє середовище. Вона може відбуватися у формі безпосередньої втрати тепла або інших видів енергії, а може втрачатися з матеріальними відходами діяльності, що видаляються. І те, й інше може бути взаємодіючим для систем при їх кооперації. Відходи однієї системи можуть бути цінною сировиною для іншої, і навпаки. Крім того, кооперація надає додаткові переваги (економія енергії) при здійсненні життєвої діяльності. Кожний з нас мав змогу переконатися, наскільки легше зігрітися декільком людям разом. Невипадково екосистеми будуються саме на принципі кооперації, що значно полегшує підтримання гомеостазу і дає системі досить відчутну економію енергії. Природа за мільйони років еволюції винайшла і відшліфувала цілий ряд форм екологічної кооперації зі своїми перевагами і недоліками, які вони несуть кожному виду. Взаємна вигідність – одна з руйнівних сил явища синергізму в природі.

## Подоби

---

Однією з найсприятливіших форм кооперації біологічних видів, що забезпечує економію енергії на пристосуванні до умов навколишнього середовища, є симбіоз. У симбіотичних системах один із партнерів (або обидва) певною мірою покладає на іншого завдання регуляції своїх відносин із зовнішнім середовищем. Основою для виникнення симбіозу можуть бути різні зв'язки: *трофічні* (живлення одного з партнерів за рахунок неживаних залишків їжі іншого, продуктів травлення або його тканин), *просторові* (поселення на поверхні або всередині тіла іншого, сумісне використання нірок, будиночків, мушлей і т.д.). У результаті симбіозу один із партнерів або обидва разом підвищують шанси виграти в боротьбі за існування (Біологічний, 1989).

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

#### 4.4. Зміст механізмів позитивного зворотного зв'язку

Стаціонарна 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).

#### Примітка

---

Нагадаємо ще раз про відносність понять «сприятливе» і «несприятливе» середовище. Згідно з принципом оптимальності, найсприятливішим діапазоном параметрів середовища є такий, що максимально наближається до оптимальної «золотої середини». Саме в межах цього оптимуму системі найлегше підтримувати стан гомеостазу. Будь-яке відхилення в той чи інший бік несприятливе для системи. Наприклад, для живих організмів однаково згубні холод і жара, зайва сухість і надмірна вологість, високий і низький тиск тощо.

Але слід мати на увазі й інші аспекти. Несприятливість середовища може провокуватися поведінкою самої системи, коли внаслідок змін у процесах метаболізму в системі відбувається певне зрушення стану гомеостазу. Так, людей похилого віку вже не гріє липнече сонечко, і навіть улітку вони ходять у валянках, а молодь не знає, куди подіти свою енергію і навіть у морози ходить легко вдягнена. Стан гомеостазу індивідуальний для кожної конкретної людини і може відрізнятися від середньостатистичних значень. Навіть для кожної конкретної людини воно коливається навколо середньої лінії протягом її життя. Все це справедливе для будь-якої стаціонарної системи, яка може знижувати або підвищувати рівень свого умовно нормального гомеостазу.

Трансформація рівня гомеостазу відбувається тоді, коли адаптивної здатності системи (або її енергетичних параметрів) виявляється недостатньо, щоб за даних змін середовища підтримувати незмінний рівень гомеостазу за рахунок механізмів негативного зв'язку. Таким чином, змінюватися доводиться знов-таки самій системі. Цього разу система використовує те, що фахівці називають *механізмом позитивного зворотного зв'язку*. Позитивним він називається тому, що зміни в системі відбуваються «по ходу» дії змін у зовнішньому середовищі. Пригадаємо, що нашою реакцією на небезпеку втратити рівновагу може бути не тільки спроба її збереження, але й цілеспрямована (керувана) її втрата.

### Примітка

---

До того часу, поки залишається надія зберегти рівновагу, ми її утримуємо, нахилиючись у зворотну напрямку поштовху сторону (механізм негативного зворотного зв'язку). Якщо ж надії втриматися не залишилося, краще впасти самому, контролюючи падіння, намагаючись, наприклад, згрупуватися. У програмі підготовки юних спортсменів механізму позитивного зворотного зв'язку приділяється уваги ніяк не менше, ніж навичкам застосування механізму негативного зворотного зв'язку. Футболістів, хокеїстів, парашутистів, гірськолижників навчають не тільки утримувати рівновагу, але й падати. Причому починають часто саме з останнього.

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 направлений на трансформацію рівня гомеостазу.

---

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

---

За видами зміни рівня гомеостазу трансформації систем умовно можна класифікувати 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 яких-небудь захисних функцій системи.

## Примітка

---

Подібний метод широко використовується в техніці і є методом захисту всієї системи. Тут квазіруйнування системи викликається цілеспрямованим зламом спеціальних захисних вузлів-запобіжників. Руїнування одного вузла запобігає руїнуванню всієї системи. Як тут не пригадати 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.

Трансформації гомеостазу за характером оборотності змін, що відбуваються, можна диференціювати на дві групи – оборотні і необоротні.

*Оборотні* трансформації передбачають можливість повернення до попереднього рівня гомеостазу без якісних змін у системі.

## Примітка

---

Так само багато тварин, впадаючи в сплячку і істотно знижуючи параметри гомеостазу взимку, спокійно повертаються до колишнього рівня метаболізму весною.

В економіці подібну стратегію тимчасової оборотної зміни гомеостазу практикують багато секторів економіки та підприємства, пов'язані із сезонними видами робіт.

*Необоротні* трансформації пов'язані з неможливістю повернутися до колишнього якісного стану системи. Навіть спроба повернення до попереднього рівня гомеостазу не може повернути колишній якісний стан системи. Так, трансформації гусені в лялечку, а потім лялечки в метелика є необоротними.

В економіці подібні трансформації пов'язані з реструктуризацією підприємств і галузей. Повернення до старого стану вже неможливе через втрату багатьох зв'язків, що існують як усередині самої системи, так і поза нею.

*Трансформаційні механізми* за характером посттрансформаційних змін системи можна диференціювати на дві групи:

- 1) механізми, що не змінюють характерних ознак системи (адаптаційні механізми);
- 2) механізми, що змінюють характерні ознаки системи, після чого колишня система припиняє існування, перетворюючись на свою спадкоємицю (або спадкоємиць) (біфуркаційні механізми).

#### 4.5. 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 зберегти 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* по відношенню до різних типів систем використовуються й інші терміни. Зокрема, стосо-

вно біологічних організмів часто говорять «живучість». У техніці користуються поняттями «надійність», а в суднобудуванні – «плавучість» (і навіть «живучість»).

Іноді як синонім витривалості використовується термін *толерантність*. Ці поняття, дійсно, дуже близькі за значенням. Гадаємо все ж таки, що їх смислове значення дещо різняться.

**Толерантність** (від лат. *tolerantia* – терпіння) характеризує здатність сприймати ті чи інші несприятливі параметри зовнішнього середовища. Найчастіше цей термін застосовується при бажанні виразити відношення 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. Найчастіше витривалість на основі толерантності передбачає саме дію пасивних механізмів системи у відповідь на вплив несприятливих чинників (звичайно на основі механізмів позитивного зворотного зв'язку). Але ж можлива і реакція, протилежна толерантності, тобто на основі активної протидії (найчастіше за рахунок механізмів негативного зворотного зв'язку), спрямованої на пригнічення (нейтралізацію, пом'якшення, зниження) діючих чинників. Подібна реакція називається *резистентністю*.

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

Зокрема, завдяки хорошему імунітету організм людини може активно пригнічувати інфекційну атаку ззовні. Наявність у ньому

активних антитіл обумовлює також несприйнятливість до певних шкідливих агентів або отрут.

Сумарна дія ефектів *толерантності* і *резистентності* визначає витривалість системи. Слід зауважити, що явище толерантності ґрунтується, головним чином, на реалізації механізмів позитивного зворотного зв'язку і трансформації рівня гомеостазу, а феномену резистентності – на реалізації механізмів негативного зворотного зв'язку і підтриманні стабільного рівня гомеостазу.

## Примітка

---

Толерантність і резистентність у багатьох випадках не є альтернативними. У тому чи іншому співвідношенні вони зустрічаються у всіх організмів, часто доповнюючи один одного. Одна й та сама рослина чи тварина може бути толерантною щодо одного чинника і резистентною щодо іншого. Буває, що організм, який вичерпав ресурс резистентності, виявляється маловитривалим. Теплокровна миша, що потрапила в крижану воду, швидко гине, адже бореться з переохолодженням шляхом розігрівання свого тіла внаслідок значних витрат енергії. А холоднокровний вуж легко переносить таке охолодження, лише трохи знижуючи свою рухливість (Акімова і др., 1998).

Можна навести й інші приклади, коли надмірна толерантність систем організму може спричинити зниження його витривалості. Наприклад, відсутність опірності організму до тих чи інших речовин (зокрема, алкоголю) може викликати звикання і подальшу залежність. В екосистемах небезпеку становить відсутність у яких-небудь біологічних видів (наприклад, кроликів в Австралії, колорадського жука в Європі) природних антагоністів (ворогів). Експансія даних видів може приводити до серйозних порушень балансу в екосистемах, аж до повної зміни їх структур.

І на рівні організму, і на рівні екосистеми причини даних проблем подібні. Надмірна толерантність системи веде до того, що новий агент легко включається в процеси метаболізму. Це й спричинює порушення або повне руйнування системи.

Витривалість, хоча і є важливим параметром, але не може повною мірою охарактеризувати особливості процесів розвитку системи. Головне, які властивості системи, що відповідають за її стабільну поведінку і, кінець кінцем, за темпи розвитку системи, залишаються поза увагою.

Як такі показники в літературі (див. напр., Реймерс, 1990) називаються два основні параметри: стабільність і стійкість. Головна відмінність між ними полягає в тому, що перший характеризує залежність поведінки системи від внутрішніх чинників, а другий – від зовнішніх.



**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 взаємозв'язаними поняттями. При цьому можна встановити такий логічний зв'язок. *Стійкість* системи залежить: а) від 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*.

### Примітка

---

Дійсно, чи можна вважати стійкою систему, яка періодично перериває режим активного функціонування, фактично консервуючи себе в стані, схожому на анабіоз? Скажімо, чи є стійкою системою тварина, що впадає в сплячку? Або чи можна вважати стійкою особою людину, яка періодично непритомніє або впадає в стан депресії? Напевно, ні.

Саме характеристики *стійкості* і *стабільності* системи обумовлюють підтримання системи на відносно високому рівні властивостей і функціональної активності. Це є вирішальним чинником виробництва вільної енергії в системі і, зрештою, визначає темпи її розвитку.

Таким чином, принципова відмінність між функціями витривалості і стійкості може бути виражена таким чином: *витривалість* дозволяє системі вижити (уціліти), а *стійкість* створює умови для розвитку.

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).

## Подробиці

---

Можна назвати цілий ряд наслідків підвищеної вразливості системи. На рівні окремих організмів – це хвороби, фізіологічні порушення (порушення росту у тварин, пожовтіння і невчасне опадання листя – у дерев, ін.). На рівні екосистем – це зникнення зі складу екосистеми вразливих видів (наприклад, загибель хвойних порід через кислотні опади).

Ще однією характеристикою стійкості системи, пов'язаною з усіма вищезазначеними, є еластичність.

**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, які 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.

Важливо мати не тільки уявлення про зазначені характеристики, але й нагоду для їх кількісної оцінки. З цією метою може бути використаний ряд величин.

**Інтервали характеристик.** Ця група показників використовується для оцінки інтервалів параметрів середовища в межах, у яких спостерігається дія даних параметрів. Можна назвати, зокрема, такі інтервали:

- витривалості;
- толерантності;
- резистентності;
- стійкості;
- уразливості;
- еластичності.

## Подробиці

---

Для біологічних видів подібні інтервали називають «біоінтервалами». Залежно від ширини біоінтервалу, біологічні види диференціюють на дві групи: стенобіонти (від грец. *stenos* – вузький) мешкають у вузькому діапазоні значень (температури, вологості, ін.); еврибіонти (від грец. *eury* – широкий) мешкають у широкому спектрі чинника. По відношенню до окремих чинників використовують аналогічні терміни, що починаються з тих же частин слів.

Так, антарктична крижана риба, що живе при температурі не вище 4 °С, – типовий стенотерм, тоді як короп, який населяє прісні водоймища з температурою від 0 до +35 °С, – справжній евритерм. Рослина або комаха може бути стеногідридною або евригідридною залежно від реакції на коливання вологості. За здатністю переносити зміни солоності морські зірки стеногалінні, а прохідні риби (осетрові і лососі) – евригалінні. Гусинь тутового шовкопряда, що харчується листям одного виду рослин, – стенофаг, а бурий ведмідь, як і людина, – еврифаг. Звичайно, існує безліч проміжних форм між стено- і еврибіонтами (Акимова и др., 1998)

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 ж параметрів зовнішнього середовища можуть бути: ціни на різні види ресурсів, ставки податків, відсотки за кредит, доходи клієнтів, приплив туристів у країну і т.ін. Економіка має свої «погодні» і «кліматичні» параметри. Саме вони формують умови життя і функціонування середовища, у яких живуть організми за назвою «*підприємства*».

**Норми реакції.** Ця група показників характеризує залежності зміни стану системи від зміни чинників середовища. Як мінливі стани (реакції) системи можуть розглядатися різні її параметри.

## Подобици

---

Для біологічних систем це можуть бути: вміст різних речовин у крові, швидкість реакції, температура тіла, імовірність летального результату, захворювання на різні види хвороб. Зокрема, в біології і медицині широко застосовуються залежності (діаграми) захворюваності, смертності, виживання від різних параметрів навколишнього середовища (включаючи екологічні чинники).

Для технічних систем як норми реакцій можуть використовуватися залежності відмови, аварійності, надійності, енергоємності, ефективності тощо від параметрів середовища (температури, вологості, тиску, ін.).

В економіці як змінювані параметри системи можуть розглядатися: отримання доходу, норма прибутку, рентабельність, витрати на одиницю продукції, ефективність, ін.

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).

## Подробиці

---

У загальному вигляді інтегральна оцінка показника стійкості на основі імовірнісних показників може бути виражена, зокрема, формулою:

$$S_b = \prod_{i=1}^n k(1 - m_i),$$

де  $m_i$  – імовірність зміни  $i$ -го параметра біосистеми при зміні відповідного чинника середовища;  $m_i = dFb/dfe$  – відношення зрушення функції біосистеми до зрушення чинника (наприклад, зміна температури тіла при зміні температури середовища або зміна вмісту кисню в тканинах при зміні потенційного кисню в середовищі і т.д.);  $k$  – коефіцієнт, що враховує взаємодії між  $n$  чинників та/або функцій.

Дана функція ( $S_b$ ) аналогічна загальному виразу надійності системи (наприклад, якого-небудь технічного пристрою), якщо  $m_i$  – імовірність відмови (пошкодження) системи при дії  $i$ -го чинника.

Розглянуті в даному розділі механізми стосуються, головним чином, питання стійкості системи. При цьому механізми негативного зворотного зв'язку забезпечують поточну стійкість системи (підтримання поточного гомеостазу), а механізми позитивного зворотного зв'язку стосуються питань майбутньої стійкості системи, яка настане після трансформації нинішнього рівня гомеостазу.

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

## Фактори і механізми змінюваності систем

### 5.1. Фактори 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. Моїсєєв запропонував розглядати як основу механізмів, що забезпечують розвиток будь-якої системи в неживій природі, біологічному світі та суспільстві (Моїсєєв, 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 випадковість і невизначеність);
- *недетерміновані* (невизначені) зміни, коли майбутні стани системи обумовлені факторами випадковості (стохастичності) і невизначеності (імовірності).

Перший вид змін реально можна спостерігати тільки в тому випадку, якщо процес є повторенням («тиражуванням») уже

колись пройденого шляху. Тільки в цьому випадку ми теоретично можемо припускати жорстку детермінованість (повну передбачуваність і майже стовідсоткову імовірність) настання очікуваних подій. Такі зміни можна спостерігати в неживій природі (наприклад, фази місяця), живій природі (розвиток організмів з яйця) і суспільстві (автоматизовані процеси виготовлення продукції). Зазначені трансформації станів визначених систем у теоретичному плані, безумовно, мають бути кваліфіковані як зміни, а самі процеси прояву цих змін – як розвиток системи. Не станемо ж ми заперечувати, наприклад, факт розвитку курчати з яйця. І все-таки в контексті еволюції природи процеси *детермінованого розвитку* варто визнати своєрідним «сурогатом» піонерних, тобто первинних процесів розвитку. Саме останні визначають характер еволюції природи.

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 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.

## Подобиці

---

Прикладом, який показує, що стохастичність як прояв мінливості існує поряд із детерміністськими законами, є турбулентний рух. У цьому, на перший погляд, абсолютно хаотичному русі рідини завжди можна знайти своєрідну впорядкованість. Він підкорюється суворим фізичним законам – закону збереження речовини та енергії, а крім того, статистичним законам. Це виражається в тому, що в ньому спостерігається стабільність середніх характеристик. Існують певні закономірні форми організації (коефіцієнти опору, середні значення завихреності і т.д.).

Але пояснити виникнення турбулентності без розгляду випадковості (випадкових зовнішніх впливів) неможливо. І, власне кажучи, весь розвиток нашого світу може бути представлений як модель своєрідного турбулентного руху. Таким чином, усе, що ми спостерігаємо, – це єдність випадкового і необхідного, стохастичного і детермінованого.

Таким чином, випадкові і невизначені зміни створюють те «поле можливостей», з якого потім виникає різноманіття організаційних форм, включаючи форми з тривалим життєвим циклом. Саме такі зміни пронизують усі рівні організації матерії: процеси, які відбуваються в неживій матерії (турбулентність, броунівський рух і т.ін.), біологічні процеси (типовий приклад – мутагенез), соціальні процеси (наприклад, конфлікти). Всі вони знаходяться під впливом випадковостей, які ми далеко не завжди можемо простежити так, щоб зрозуміти їх джерело, а тим більше правильно врахувати, здійснюючи аналіз і прогнозуючи події. Подібні зміни ведуть до формування нових предметів і структур матеріального світу. Вони ж поряд 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 системи повторювати її характерні ознаки й 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 дані в наступному розділі.

## Примітка

---

Завдяки спадковості ми, знаючи минуле, можемо з великою мірою імовірності передбачати майбутнє. Звичайно, наші прогнозні оцінки завжди матимуть

імовірнісний характер. Однозначність майже виключається через відносну стохастичність подій, що відбуваються. Однак завдяки спадковості ми можемо окреслити той «коридор», за який не можуть вийти значення майбутнього. Причому це не можна зробити без знання минулого. (Можливо, інтуїтивно відчуваючи це, люди прагнуть знати свою історію.)

Ці закономірності простежуються в неживій природі, живій природі і суспільстві. Ми не можемо з точністю до градуса визначити температуру на завтра, однак майже напевно можна сказати, що в липні не буде  $-20^{\circ}\text{C}$ , а в січні  $+30^{\circ}\text{C}$ . Навряд чи можна передбачити до подробиць особливості тварини, яка має народитися, але ми знаємо, що від пінгвіна народиться пінгвіненья, а від корови – теля. Причому впевнені, що пінгвіна не зустрінемо в горах Криму, а корову – в льодах Гренландії. Хоча і там, і там можуть жити інші тварини, і ми можемо майже напевно їх назвати. Ми готові до будь-яких сенсацій на ринках валют чи на виборах президента. Але ми певні, що курс гривні до долара завтра не дорівнюватиме курсу британського фунта, а післязавтра – японської єни. За чотири роки до президентських виборів ми навряд чи назвемо ім'я майбутнього президента, але можемо сказати, хто має нульові шанси ним стати. Сьогоднішній студент, водій тролейбуса чи футболіст, у принципі, можуть замахнутися на цю доленосну для кожної держави посаду, але соціальна спадковість держави гарантує, що це станеться, у всякому разі, не через чотири роки. Історична спадковість України говорить і про інше: ким би не був її майбутній президент, можна бути впевненим, що в найближчі 10 років вона не почне експортувати суперавтомобілі чи відеотехніку. Але, напевно, також можна стверджувати, що наші авіаінженери і льотчики не пойдуть навчатися в Японію, архітектори – у Гану, а музиканти – у США. На жаль, дуже важко звільнитися з чіпких пут спадковості, які пов'язують систему з минулим, але ці ж зв'язки можуть відіграти роль «соломини», яка дозволить вижити системі в майбутньому.

Термін *спадковість* запозичений з біології. Вчені інших сфер 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.** Добір – це третє і, певно, найбільш складне для сприйняття поняття механізму розвитку. За класичним визначенням, *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». Доки подія не відбулася, кожний із цих варіантів є лише гіпотезою.

### Примітка

---

Цікаво, що ще за часів Лагранжа (тобто у XVIII столітті) потенційно можливі варіанти переміщення точки в механічній системі дістали назву віртуальних переміщень. Причому до них відносили будь-які можливі траєкторії, пов'язані з точкою, навіть ті, які не обов'язково відповідали законам фізики. Ці «віртуальні рухи» можуть бути обумовлені будь-якими довільними, у тому числі випадковими (стохастичними) причинами.

Таким чином, ще у XVIII столітті було зрозуміло, що випадкова мінливість надає природі «поле можливостей», з яких відбираються і реалізуються лише ті, які відповідають деяким спеціальним умовам (принципам добору). Підкреслимо, що добір, керуючись своїми об'єктивними законами, здійснює Природа, а Розум лише фіксує цей факт.

### Примітка

---

Іноді людина самовпевнено вважає, що саме вона є суб'єктом добору, тобто тією інстанцією, яка здійснює вибір. Підставою для цього є позірна могутність людини (вторгнення в природу, перебудова геологічного середовища, гена 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 її форми 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 до їх складу відносяться 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, чи 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).

## Аргументи вченого

---

«Мені здається, що особливу роль у світовому еволюційному процесі відіграє «принцип мінімуму дисипації енергії». Сформулюю його в такий спосіб: якщо припустимий не єдиний стан системи (процесу), то реалізується той стан, якому відповідає мінімальне розсіювання енергії, чи, що те саме, мінімальне зростання ентропії.

Мені видається справедливою (певно, краще сказати – правдоподібною) така гіпотеза. Якщо в даних конкретних умовах можливі кілька типів організації матерії, які погоджуються з іншими принципами добору, то реалізується та структура, якій відповідає мінімальне зростання чи максимальне змен-

шення ентропії. Оскільки зменшення ентропії можливе не тільки внаслідок поглинання зовнішньої енергії і (чи) речовини, реалізуються ті з можливих (віртуальних) форм організації, які здатні максимальною мірою поглинати зовнішню енергію (чи речовину). Цей принцип добору я буду називати «оберненим принципом дисипації...» (Моисеев, 1990).

Таким чином, 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. Занурившись 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.

## 5.2. Поняття про трансформаційні механізми

**Трансформаційний еволюційний механізм.** У попередньому параграфі ми познайомилися з трьома ключовими факторами, які визначають розвиток будь-якої системи, – *мінливістю, спадковістю, добором*. Ми переконалися також, що в природі і суспільстві діє єдиний критерій добору, відповідно до якого з багатьох можливих станів системи відбирається і реалізується той, якому відповідає *мінімум ентропії*.

Але важливий не тільки критерій добору, а й той механізм, за допомогою якого він реалізується. Саме характер цього механізму впливає на темпи розвитку системи.

Під *трансформаційним еволюційним механізмом* (тобто механізмом зміни) систем, які 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 змінні 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, які 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.

**Два способи трансформації систем.** Академік М. Моїсєєв (Моїсєєв, 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 зали-

патися 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 устої колишньої родини; фірма може бути реорганізована (укрупнена, розукрупнена, змінити свою назву, галузь, вид діяльності), при цьому співробітники, які 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 неформально (через своїх громадян) залишиться правонаступником або носієм національних рис колишньої структури.

Зазначені два класи механізмів М.М. Моїсєєв порівнює з двома різними режимами плин у рідині в трубі – ламінарним і турбулентним.

## **Подробиці**

---

Ламінарний, тобто плавний режим плин 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, внаслідок чого їх 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 (Моїсєєв, 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 надалі (звідси і назва даного класу механізмів). По-друге, різко збільшується стохастичність і невизначеність кожного з цих станів. Передбачити заздалегідь, яка з цих структур реалізується, 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. 5.1.

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

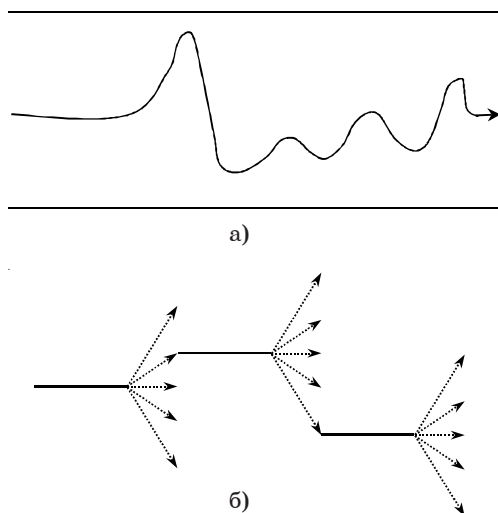


Рис. 5.1. Схеми реалізації адаптаційного (а) і біфуркаційного (б) класів еволюційних механізмів

*Адаптаційним механізмом* притаманна відмітна властивість: ані зовнішні, ані внутрішні збурювання за допомогою цих механізмів не здатні вивести систему за межі того, за словами М.М. Моїсеева, «доступного для огляду каналу еволюції», того коридору, що приготувала природа для розвитку даної системи. Межі цього коридору обумовлені фізичними можливостями системи пристосовуватися до змін зовнішнього середовища. Отже, параметри потенційних змін стану системи не можуть істотно відрізнятися один від одного. Таким чином, можливі стани системи досить доступні в перспективі, а шляхи її розвитку передбачувані з достатньою точністю.

### 5.3. Особливості біфуркаційних механізмів

*Біфуркаційним механізмом* 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; у силу імовірнісного і випадкового характеру змін імовірність повернення в попередній стан практично дорівнює нулю (!); час, як і еволюція, набуває *спрямованості й необоротності*.

---

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

---

У світлі цього 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 потрібно зробити нові зміни,

порушити стару рівновагу. Таким чином, щоб зміна відбулася, система повинна «забути» старий стан. При набутті нового стану система знову повинна «повернути» пам'ять, щоб інформаційно закріпити нову якість.

Близькі до цього умови створюються в системі саме при біфуркаційних механізмах 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 до попереднього стану.

## Приклад

---

Вперше 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 з тим створює ті необхідні передумови, без яких немислимий процес розвитку. Потомство вносить значне різноманіття у стару систему, і це різноманіття забезпечується випадковими мутаціями системи. З нового потомства виживуть тільки ті особини, що краще інших здатні пристосовуватися до навколишнього середовища. (А ми пам'ятаємо і конкретний критерій добору: у кого інформаційна здатність зменшити дисипацію (розсіювання) енергії виявиться вищою.) Саме ці, більш живучі, 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, шукати свою долю), 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 колосальне значення смертності, яка



притаманна живим організмам. (Прокаріоти, як відзначав М.М. Моїсеєв (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.

У той же час 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.

## 5.4. Нелінійні трансформації стану системи

**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 проте ніколи не була 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.

*Синхронізація коливань* – це встановлення і підтримання такого режиму коливань двох чи декількох сполучених систем, при якому їхні частоти рівні, кратні чи знаходяться в раціональному співвідношенні одна з одною. Розрізняють *взаємну* синхронізацію коливань сполучених систем, коли кожна із систем діє на інші, і *примусову* (яку називають також захопленням частоти), коли зв'язок між системами такий, що одна з них (синхронізуюча) впливає на іншу (синхронізовану), а зворотний вплив неможливий. У цьому випадку встановлюється коливання з частотою синхронізуючої системи (Физический, 1995).

У «динамічній матрьошці» світобудови всі шари взаємозалежні і взаємообумовлені. Частинки утворюють атоми, з яких складаються молекули; молекули є будівельним матеріалом для клітин, з яких складаються люди; люди створюють соціальні об'єднання, що формують людське суспільство...

Немає потреби обґрунтовувати об'єктивний характер передумов синхронізації всіх рівнів зазначеної «динамічної матрьошки». Будь-який рух людини можливий не інакше, як за допомогою синхронного переміщення клітин, молекул, атомів, частинок, що формують організм даної людини. Відповідно, функціонування будь-яких суспільних структур (підприємств, національних економік, трансграничних об'єднань) можливе тільки на основі синхронізованої діяльності людей. У даних прикладах верхній рівень є синхронізуючим, нижні – синхронізованими. Питання в тому, якою мірою верхній рівень сам зазнає впливу ззовні. Зокрема, яку міру свободи людина має в реалізації своєї волі і якою мірою сама повинна рахуватися з факторами, що привносяться ззовні. До таких факторів можна віднести біоритми, добові і сезонні зміни погоди, інші циклічні коливання, джерела яких – явища космічного характеру.

Хвильові зміни системи стосуються відразу кількох моментів: по-перше, теоретичні закономірності хвильового руху у фізичних середовищах (у числі основоположників хвильової теорії можна назвати С. Рассела, Дж. Максвелла, А. Пуанкаре, М. Планка, Л. де Бройля, А. Ейнштейна, Е. Шредінгера та ін.); по-друге, циклічність явищ природи (починаючи від молекулярно-клітинного рівня і закінчуючи рівнем мегакосмічних об'єктів); по-третє, вплив космічних явищ на природу Землі (у числі основоположників дослідження даного аспекту – О.Л. Чижевський, В.І. Вернадський, Л.М. Гумільов); по-четверте, ритмічний хвильовий характер подій, що відбуваються в людському суспільстві (серед класиків дослідження даного явища не можна не назвати М.Д. Кондратьєва).

Уже сам хвильовий характер змін системи визначає нелінійність залежності її стану від факторів зовнішнього середовища і внутрішніх параметрів системи. Ця нелінійність посилюється в міру віддалення параметрів системи від значень, що відповідають стаціонарному стану.

**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 при деяких характеристиках 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*.

Розробляючи свою, сьогодні всесвітньо відому теорію, Р. Том ставив перед собою мету створення універсального варіанта математичної теорії динамічних (еволюціонуючих) систем. Вона повинна була обслуговувати досить далекі від математики сфери знань (біологію, медицину, інженерні й економічні розрахунки, ін.), що традиційно вважалися менш точними (скажімо, ніж фізика і хімія) з погляду визначеності результуючих ефектів. 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 (стрибкоподібних, розривних) змін у системі при плавній зміні її параметрів. Саме подібні якісні трансформації системи прийнято називати *катастрофами*.

## Подобици

---

Подія, якою звичайно датується народження теорії катастроф, є публікація в 1972 році в Нью-Йорку книги Р. Тома «Структурна стійкість і морфогенез». («Морфогенез» походить від грец. *morphe* – вид, форма і *genesis* – походження, виникнення; даний термін означає формоутворення, тобто виникнення нових форм і структур).

Свою теорію Р. Том будував не на порожньому місці. Вже існувала теорія стійкості динамічних систем О.М. Ляпунова і теорія особливостей Х. Уїтні. Вони узагальнювали відомі в класичному математичному аналізі дослідження на екстремум. У свою чергу, останні спиралися на створені І. Ньютоном і Г.В. Лейбніцем диференціальні та інтегральні числення.

Сам Р. Том віддає пріоритет у винаході терміна «теорія катастроф» англійському математику К. Зіману. Саме К. Зіману він присвятив свою монографію «Теорія катастроф та її додатки», переклад якої здійснено видавництвом «Мир» (1980). У присвяті, зокрема, сказано: «Кристоферу Зіману, біля ніг якого ми сидимо, і на плечах якого ми стоїмо».

Значні результати в дослідженні явищ біфуркації належать російському математику В.І. Арнольду. Зокрема, ним доведені деякі теореми теорії катастроф, з якими можна ознайомитися в опублікованій видавництвом «Наука» (1990) книзі В.І. Арнольда «Теорія катастроф» (Чалий, 2000).

Для опису поведінки системи в процесах біфуркаційних трансформацій створений значний теоретичний багаж, включаючи складний математичний апарат. Не наводимо його тут з двох причин. По-перше, тому, що більш-менш повний виклад навіть ілюстраційного прикладу матиме значний обсяг і при цьому напевно чи зможе розкрити глибинний зміст явищ (для математиків цей матеріал залишиться усього лише знайомими формулами, для нематематиків його буде недостатньо, щоб зрозуміти системну сутність явища). По-друге (і це головне), існують роботи, де на професійному рівні докладно і системно дається математична інтерпретація розглянутих питань. Зокрема, кожний, хто цікавиться зазначеними аспектами, може звернутися до книг В.-Б. Занга (Занг, 1999) і О.В. Чалого (Чалий, 2000).

**Багатофакторний характер зміни стану системи.** Складність математичного апарату має бути адекватною 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 усе 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 і вони достатньо характеризують багатофакторність процесів, що відбуваються в таких складних системах, як людина й економіка. Наприклад, надзвичайно складно навіть формалізувати такі явища, як настрій 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 і те, що причини постійно міняються місцями з наслідками. Це означає, що в математичних моделях, покликаних описати зазначені процеси, аргументи повинні мінятися місцями з функціями.

Незважаючи на зазначені проблеми, математичний апарат дозволяє вирішувати значну кількість практичних завдань у техніці, біології, медицині, економіці. Причому часто математичні моделі надійно працюють не тільки в ситуаціях адапційної поведінки системи, але й у біфуркаційних режимах, що характеризуються нелінійними залежностями стану системи від факторів впливу.

Успіх приходить там, де вміють, по-перше, грамотно сформулювати завдання математичного апарату, по-друге, правильно окреслити його можливості, по-третє, поєднати математичний інструментарій з іншими засобами моніторингу стану систем (технічними, фізичними, хімічними, біологічними). Зокрема, безглуздо очікувати від математичного апарату точного моделювання стану складних систем. Однак можна і потрібно використовувати його для вирішення окремих завдань: розрахунку меж фазових переходів, визначення меж стійкості чи нестійкості, моделювання поведінки окремих параметрів, ін. Використання емпіричних даних чи інших згаданих засобів контролю дозволяє вводити коректувальні виправлення (наприклад, піднімаючи або зменшуючи рівень одержуваних даних), зберігаючи при цьому загальний контур розподілу параметрів стану системи.

## Примітка

---

Подібним чином, зокрема, можуть бути скоректовані розрахункові зони розсіювання шкідливих речовин в атмосфері за кількома фактичними вимірами концентрації в контрольних точках.

**Основні поняття, пов'язані з явищами трансформації систем.** Можна виділити кілька ключових понять, що характеризують явища трансформації систем і дозволяють глибше зрозуміти природу самих трансформаційних процесів.

*Стійкий характер стану системи* спостерігається в тому випадку, коли значення параметрів системи несуттєво реагують (змінюються) у відповідь на зміну характеристик зовнішнього середовища. Це відбувається в тому випадку, якщо системі за допомогою механізмів негативного зворотного зв'язку вдається утримувати незмінний рівень гомеостазу.

Ті зміни, що відбуваються в системі при стійкому стані, як правило, описуються *лінійними* залежностями параметрів системи між собою і факторами зовнішнього середовища (строго кажучи, зазначені залежності наближені до лінійних співвідношень). А сама динамічна система в такому стані називається стійкою лінійною системою.

## Подобиці

---

Властивості лінійних систем не залежать від процесів, що відбуваються в них. Лінійні системи мають також інші відмітні властивості. У числі найважливіших з них варто назвати: а) оборотність стану (найважливіших параметрів); б) безперервність (нерозривність) характеристик зміни найважливіших параметрів; в) відносну детермінованість (визначеність) змін у системі (вони мають передбачуваний характер, тобто підкоряються фіксованим закономірностям); г) динамічна рівноважність; д) відносна симетричність взаємодії внутрішніх і зовнішніх факторів (результат дії механізмів негативного зворотного зв'язку); е) незалежність значень ключових параметрів системи від часу і/чи простору; ж) відповідність суперпозиційному принципу. Останнє означає, що результуючий ефект складного процесу впливу являє собою суму ефектів, що були викликані кожним впливом окремо за умови, що ці впливи не діють один на одного.

*Хитливий характер стану системи* спостерігається в тому випадку, якщо значення параметрів системи істотно змінюються у відповідь на зміну характеристик зовнішнього середовища. Це відбувається в тому випадку, якщо система за допомогою

механізмів позитивного зворотного зв'язку трансформує рівень свого гомеостазу (адаптаційна трансформація) або змінює свій стан шляхом біфуркаційної трансформації (з утворенням двох чи кількох нових станів системи).

Зміни, що відбуваються в системі при її хитливому стані, описуються нелінійними залежностями параметрів системи між собою і з факторами зовнішнього середовища. Динамічна система в такому стані називається хитливою нелінійною системою.

## Подобиці

---

Властивості нелінійних систем залежать від процесів, що відбуваються в них. Основні властивості нелінійних систем можна сформулювати так: а) необоротність стану (найважливіших параметрів); Самуельсон якось зауважила: «Спанія не могла б залишатися колишньою після Колумба...» (Занг, 1999); б) переривчастість характеристик зміни найважливіших параметрів; в) невизначеність поведінки системи (розвиток того чи іншого сценарію часто може залежати від випадкової незначної події); г) динамічна нерівноважність; д) несиметричність взаємодії внутрішніх і зовнішніх факторів (результат механізмів позитивного зворотного зв'язку); е) змінюваність ключових параметрів системи залежно від часу і/чи простору; ж) невідповідність суперпозиційному принципу (див. подробиці до «Стійкого характеру стану системи»).

До сказаного варто додати, що системи можуть бути стійкі, хитливі й асимптотично стійкі залежно від поведінки їхніх параметрів. Доцільно зупинитися на деяких важливих поняттях, які характеризують трансформаційні процеси системи.

*Фазовий перехід* (фазове перетворення, фазова трансформація) – у широкому розумінні перехід (трансформація) від стану з одним гомеостазом до стану з іншим гомеостазом (іншими гомеостазами – при біфуркаційних трансформаціях); у вузькому значенні – стрибкоподібна зміна властивостей системи при беззупинній зміні зовнішніх факторів.

## Примітка

---

Цікаво ознайомитися з деякими можливими властивостями (принципами), фазових переходів («переходів до гарного стану»), сформульованих В.І. Арнольдом:

1. «Принцип хитливості гарного (стійкого)»: системи, що знаходяться на межі стійкості, з більшою імовірністю переходять у хитливий стан. В іншій інтерпретації це називається правилом Мерфі: «Якщо щось неприємне може статися, то воно обов'язково станеться», або «усе погане приходить саме собою, усе гарне потрібно готувати». Теоретичною основою даного прин-



ципу є другий початок термодинаміки, який обумовлює той факт, що імовірність безладдя завжди вище імовірності порядку.

2. «Принцип погіршення на шляху до кращого»: у процесі послідовної еволюції системи до кращого стійкого стану з поганого хитливого стану відбувається погіршення, до того ж на початковій стадії процесу переходу до кращого стану швидкість погіршення може зростати. Максимум протидії на шляху до кращого реалізується до досягнення найгіршого стану. Далі в цьому найгіршому стані протидія зменшується і може цілком зникнути при наблизенні системи до найкращого стану.
3. «Принцип стрибкоподібного поліпшення»: якщо система стрибком, а не в процесі послідовної еволюції, переборює найгірший стан і опиняється поблизу гарного, то далі вона мимовільно рухається в напрямку до цього гарного стану.
4. «Принцип еволюції до катастрофи»: зневажання основними законами природи і суспільства, що спираються на ефекти зворотного зв'язку (у суспільному житті і політиці – це, насамперед, особиста відповідальність за прийняті рішення), веде до катастрофи (Чалий, 2000).

**Фрактал** – це система, що має масштабну інваріантність, тобто розгалужену можливість продовження своїх станів (свого розвитку), і здатна, таким чином, реалізувати біфуркаційний тип трансформації.

**Точка біфуркації** – це така критична точка, після якої починаються біфуркаційні трансформації системи. З математичної точки зору, точкою біфуркації можна вважати таку точку (значення параметра), через яку проходять дві чи більше області розв'язання рівняння, що описує можливі стани системи.

**Траєкторія еволюції системи** – геометричне чи уявне зображення послідовної зміни з часом фактичних чи можливих (віртуальних) значень (положення в просторі) динамічних перемінних (фазових координат).

**Фазовий портрет** – еволюція в часі послідовних станів системи у вигляді зображення траєкторії її динамічних змінних у фазовому просторі. У свою чергу, фазовий простір – це множина можливих значень параметрів системи.

Кожна система має свій особливий фазовий портрет. До числа класичних, що зустрічаються в літературі з теорії катастроф чи математичної інтерпретації синергетичної науки (див. наприклад: Занг, 1999 і Чалий, 2000), звичайно відносять траєкторії типу: стійкий фокус (спіраль, що сходиться до центра), хитливий фокус (спіраль, що розходить від центра), стійкий вузол (сімейство кривих, що сходяться в одній точці), хитливий

вузол (сімейство пересічних в одній точці, але розбіжних кривих), сідло (гіперболічна функція, графік якої нагадує четверне сідло).

**Системний атрактор** – стан системи, до якого вона закономірно еволюціонує, тобто своєрідна множина значень параметрів, яка «притягує» траєкторії системи. Так звані «дивні атрактори» характеризуються хаотичною поведінкою системи при наближенні до атрактора. Така поведінка системи пояснюється тим, що до атрактора вона рухається через випадкові (стохастичні) стани. Система може мати один, трохи чи безліч атракторів. Випадковий характер окремих станів системи на траєкторії її руху аж ніяк не означає випадковості напрямку траєкторії.

З фізичної точки зору атрактор відповідає найбільш ефективному стану системи. Саме в даному стані система має здатність до мінімального виробництва ентропії, зокрема, мінімальної дисипації (розсіювання) енергії. Так, траєкторії водяних потоків (вихорів) притягаються до стану, який відповідає мінімальним енергетичним витратам на проходження води. Подібним же чином покупці (а з ними й успіх) обирають виробників, що забезпечують мінімальні витрати (а отже, й ціну) на одиницю продукції чи найкраще співвідношення ціни і якості.

## 5.5. Цілісна картина взаємодії механізмів розвитку

У світлі синергетичної теорії (див., наприклад, Мельник, 2003) дія основних механізмів розвитку зводиться до низки ключових моментів (рис. 5.2).

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 утримання необхідної різниці фізико-хімічних потенціалів (температурних, хімічних, електромагнітних, ін.) між системою і зовнішнім середовищем, а також між

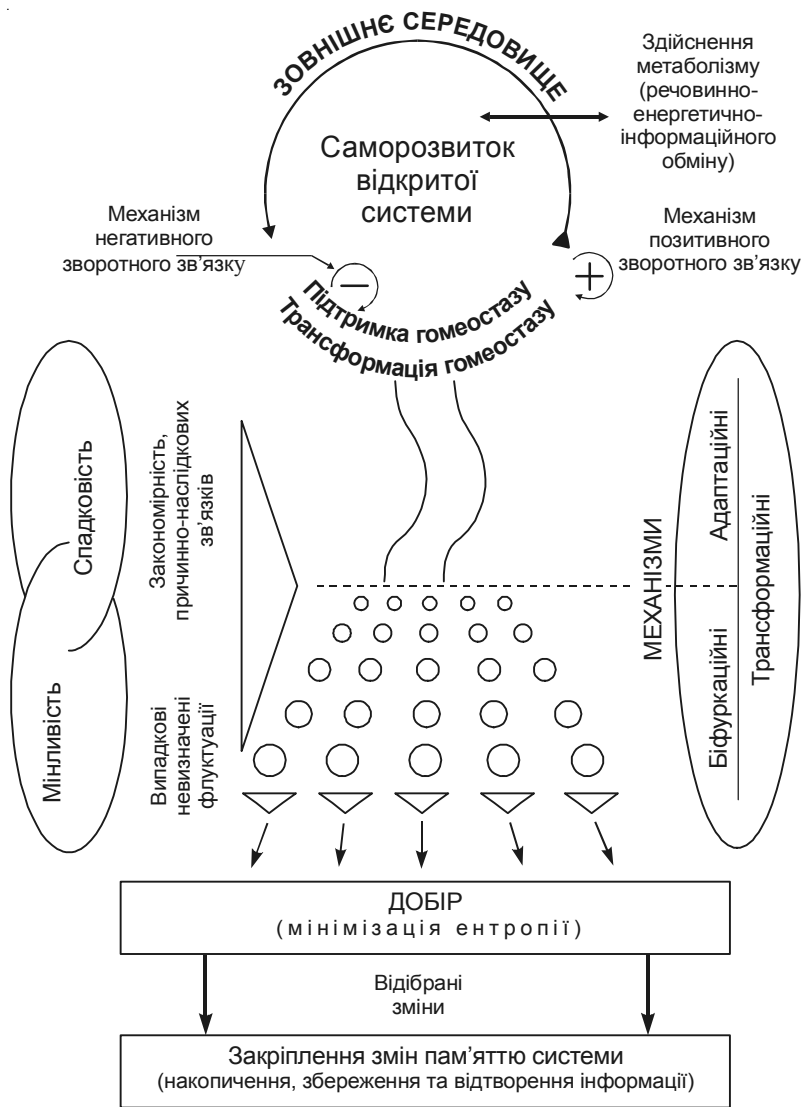


Рис. 5.2. Схема інтеграції механізмів і факторів розвитку

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, в той чи інший бік від оптимальних значень загрожує порушенням її функцій або повним припиненням існування системи як сутності, що здатна самоорганізуватися 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).

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 *мінімі-*

*зация 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 незворотного 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, які 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 можливості 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, внаслідок 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. Синергетичне явище приводить до так званого ефекту емерджентності, коли з компонентів формується система, тобто єдине ціле, яке перевершує суму окремих частин.

Діючи подібним чином, *тріада* 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.

## Пам'ять системи

### 6.1. Поняття про пам'ять і її функції

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, відповідно вона функціонуватиме до виникнення і закріплення нових змін. Функціонувати – це значить багаторазово тиражувати і відтворювати процеси життєдіяльності системи. Таким чином, пам'ять є засобом фіксації найбільш ефективних станів системи та їх подальшого удосконалювання.

Таким чином, 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 упродовж 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 у систему – структуру «з колективною поведінкою». Щоб система

відбулася, 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 (утримувати 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 повинні 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 важливо 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 іншій можуть бути здійснені тільки на основі властивостей необоротності. Система повинна «запам'ятати» новий стан. Це нездійсненно 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 скачуватися 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.

У важливості пам'яті для реалізації процесів розвитку переконує і вивчення конкретних фактів 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 зафіксувати 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.

## Подобиці

---

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 знаходяться всі необхідні «будівельні матеріали», з яких відбувається формування організму. Уся репродукція такого чуда природи, як народження живого організму, можлива тільки завдяки вкладеній у яйце пам'яті розвитку даного біологічного виду. Саме пам'ять за інформаційним сигналом включає хід біохімічних процесів у 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 веде і всі наступні процеси, аж до останнього, коли живому організму приходить час залишити свою першу обитель.

Створюючи з рідкої безформної субстанції живу істоту – з її кістковою системою, м'язами, двигуном-серцем, нарешті, мозком і нервовою системою, – природа справді творить чудо. Найбільш дивовижне в ньому – приголомшливі темпи перебігу процесів. Адже створення живої істоти з рідкої біомаси (!) при нормальній температурі і нормальному тиску (!) відбувається за лічені дні!!! У деяких птахів висиджування займає всього 12 днів, для більшості ж птахів і плазунів онтогенез (яйцевий розвиток) складає 1–2 місяці.

Причина цього полягає в приголомшливій ефективності процесу, що відбувається. 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» і 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 проходження її виконавцями. У тому випадку, 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 відходності виробництва. Скажімо, якщо ККД двигуна складає 20%, ми знаємо, що 20% споживаної енергії використовується на корисно виконувану роботу, отже 80% ми вправі назвати «коефіцієнтом некорисної дії». Це показник недосконалості технології, її помилковості.

Будь-яке рішення може бути вдосконалене в тому випадку, 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 визначену роботу. Таким чином, час стає мірилом ефективності. Не випадково К. Маркс відзначав, що будь-яка економія, у кінцевому рахунку, зводиться до економії часу. Стовідсоткова ефективність процесу розвитку курчати в яйці курки свідчить

також і 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 досконалішим. З роками установка 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?

### **Факти публікацій**

---

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 і змусило їх, імовірно, скооперуватися, коли умови на Землі почали змінюватися. У результаті виникли термітники, як єдині організми, у яких підтримуються давні звичні їм умови. Термітів тому і 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 раз за разом. 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, що унеможливорює процес розвитку.

*«Наступати двічі на ті самі граблі», «двічі винаходити велосипед», «сізіфова праця»* – це алегорії неефективної роботи

вхолосту, 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 колосальна робота витрачається марно, і незважаючи на всі зусилля білці не вдається зрушити з місця ні на міліметр.

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 пластинка має пам'ять? Можна, адже вона здатна накопичувати, зберігати і відтворювати інформацію. Однак лише... на одну пісню. У межах цієї пісні (а точніше, в 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 наноситься на пластинку інформація... Рівно стільки, на скільки вистачило пам'яті на пластинці.

Прослуховування звичайної грамофонної пластинки 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 пластинці відтворюється (розвивається) за лічені хвилини і, головне, майже з ідеальною якістю. Відтворення грамофонного запису є немов повторенням процесу розвитку, у якому усунуті помилки попередніх циклів.

## 6.2. Роль пам'яті в процесах розвитку

Наведений приклад дозволяє зробити як мінімум 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 і швидкості відповідних процесів.

У світлі цих положень стають зрозумілими закономірності вищенаведеного прикладу розвитку птахів чи плазунів з яйця. Однакові інкубаційні періоди для однакових видів пояснюються тим, що природа відміряла їм однакові обсяги пам'яті. Причина приголомшливих темпів процесу – у тому, що «відшліфований» за мільярди років еволюції, доведений до досконалості процес розвитку, завдяки запису генетичної інформації, «пробігає» прокладений шлях по найкоротших «траєкторіях». Звідси ж і майже 100-процентна 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, що заміщаються основними лісосадовниками. Спроби прискорити відновлення темношпилькових лісів (кедрово-пихтових) шляхом виключення чи 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 наростаючим 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.

### 6.3. Еволюція систем пам'яті

На рис. 6.1 показані основні етапи формування систем пам'яті, тобто нагромадження, 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 себе інших предметів чи явищ природи. Так, скелі «пам'ятають» енергію вітру і хвиль, земля довго зберігає інформацію про русла рік, що по ній протікали.

Але це те, що «лежить на поверхні». Набагато глибше, на мікрорівні матерії прихована пам'ять «будівельних блоків», з яких складаються речовина й енергія. Елементарні частинки якимось, поки не розгаданим чином, «пам'ятають» заряд, орбіти, магнітні характеристики, масу і т.ін. Атоми безпомилково

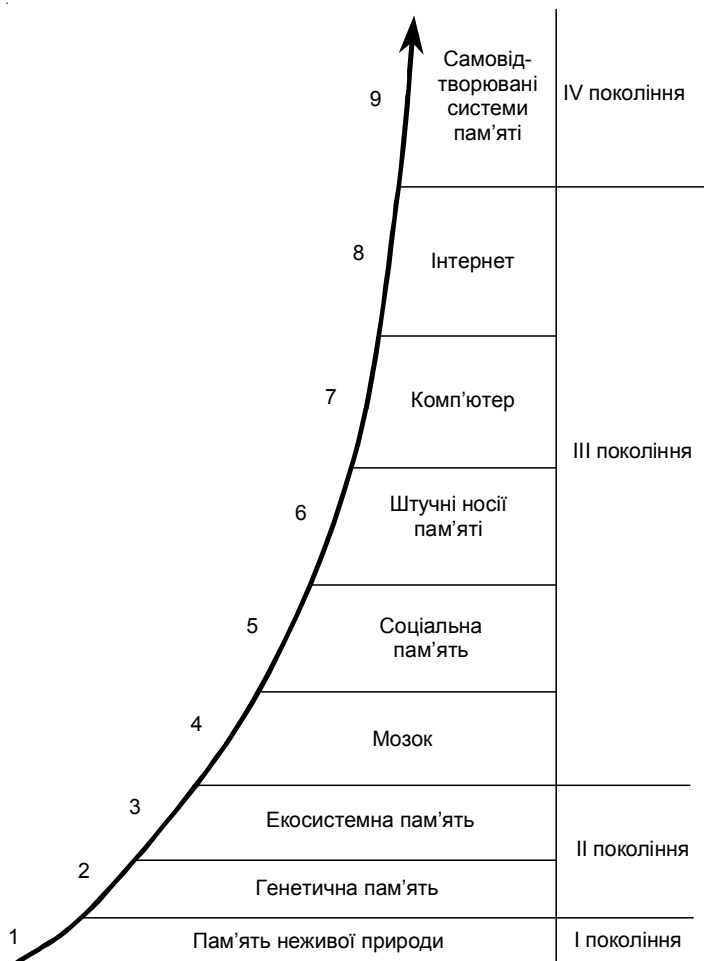


Рис. 6.1. Основні етапи формування систем пам'яті

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, більш здатною, ніж інші, 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 біологічними видами функції і 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 настільки довго, на скільки вистачає запасу її носіїв інформації, тобто пам'яті. У більшості біологічних видів 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 знову ж таки *інформаційних механізмів екосистем*, через природний добір на рівні особин.



Ситуація різко змінилася з появою у вищих тварин *мозку*. Пам'ять біологічних істот, що мала до цього лише генетичну основу, діставала продовження, створюючи можливість індивідуального розвитку організму. Причому ця трансформація пам'яті не просто кількісно нарощувала її ємність із записаною на ній інформацією (у цьому випадку могла б лише збільшитися фізична тривалість життя без його якісної зміни). Тут же відбулися якісні зміни в самому характері інформаційної системи. Те, що поволі готувалося й випробувалося природою на тваринах, набуло логічного завершення в людині. Це відіграло роль революційного стрибка у формуванні інформаційних систем усєї природи.

### Цікавий факт

---

Хоча генетична інформація в людині і мавпі здається майже однаковою, ці види живих істот зовсім непорівнянні. Головне, що їх розділяє, – це структура мозку. Особливо вражає ступінь резервування в його структурі: у людини постійно задіяно лише кілька десятків відсотка клітин мозку, тобто ступінь резервування дорівнює декільком сотням. У людиноподібних мавп він дорівнює 5–7%. Це означає, що в них постійно задіяно 14–20% мозкових клітин. У цьому відношенні мавпи мало чим відрізняються від інших «досить розумних» тварин – дельфінів, собак. Таким чином, тут виникає «парадокс резервування», властивий тільки людині.

Нервова система, включаючи мозок, являє собою певну систему управління, і, отже, для оцінки її ефективності і завадостійкості можуть бути використані ті ж підходи і ті ж стандарти, що використовуються для оцінки будь-яких систем управління. Для таких систем, що діють в умовах стохастичних зовнішніх впливів, ступінь резервування є однією з найважливіших характеристик надійності і потенційних можливостей. Дотепер залишається загадкою, чому «еволюції потрібна була» така висока надійність нервової системи, що відсутня у всіх інших живих істот (Моисеев, 1990).

Разом із жорстким, детермінованим записом інформаційних програм життя людина одержала вільну інформаційну ємність, яку могла використовувати (записуючи і стираючи інформацію за власним бажанням) для індивідуального розвитку.

### Цифри і факти

---

- Людський мозок містить  $10^{10}$  нейронів, у кожного нейрона є  $10^4$  синапсів. Синапс – це функціональне сполучення нейронів, через яке відбувається передача інформації між ними. Гранична ємність такої мережі складає не більш  $10^{14}$  біт ( $\sim 10^4$  Гбайт). За деякими оцінками, функціональна ємність

людської пам'яті складає принаймні  $10^{20}$  біт. Тому існує погляд, що нейронний механізм сам по собі просто не в змозі реалізувати унікальні пізнавальні здібності людини. Висловлюються різні думки про влаштування людської пам'яті. З них три є найбільш поширеними:

- 1) інформація кодується послідовністю амінокислот у білках, вбудованих у мембрану нейронів. При цьому зовсім не зрозуміло, як саме записана таким чином інформація може оброблятися;
  - 2) інформація відображається у вигляді оптичної голограми. Хоча при голографічному способі відображення інформації виникають питання щодо достатності ємності пам'яті, принципова можливість даного принципу обумовлена можливістю паралельної обробки і реалізації алгоритмів залежно від змісту, що характерно для людського мислення;
  - 3) пояснення роботи людського мозку лежить за межами існуючої фізичної картини світу. І для того щоб знайти цей ще невідомий механізм надшвидкісної обробки інформації, необхідне більш глибоке проникнення в сутність фізичних явищ за межами того опису реальності, що пропонує нам сучасна фізика. *Основна обробка інформації відбувається поза мозком. Функціональна роль матеріальних формацій мозку полягає в організації доступу до цих процесорних засобів.* Така аналогія: хоча носії заряду рухаються усередині провідника, найголовніші явища – електричні і магнітні поля, пов'язані зі струмом, – розгортаються в просторі навколо провідника (Дубнищева і др., 1998).
- «Ємність довгострокової пам'яті людини потенційно не обмежена і досягає, за деякими оцінками,  $2,8 \cdot 10^{20}$  біт. Оскільки обсяг мозку дорівнює  $10^3 \text{ см}^3$ , його можна розглядати як запам'ятовуючий пристрій із щільністю інформації  $3 \cdot 10^{17}$  біт/см<sup>3</sup>. Один раз отримана інформація фіксується мозком людини назавжди: образи згодом не тьмяніють і можуть бути відтворені через багато років.» (Волков і др., 1999).

Оперуючи звичними сьогоднішньому читачеві термінами, можна дуже приблизно порівняти запис генетичної інформації з жорсткою фіксацією на грамофонному диску, 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 запропонований приклад одне істотне уточнення. Справа в тім, що кожний біологічний індивід одержує обидві інформаційні ємності (жорстку програму і вільну «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 «пластинки».

### **Примітка**

---

Гердер назвав людину «першим вільновідпущенником природи». І це справді так. Людині першій (принаймні, поміж мешканців планети) пощастило одержати індивідуальний інформаційний пульт управління своїм розвитком – інтелект.

І все-таки заради справедливості слід зазначити, що ця свобода виявилася дуже відносною. Вона обмежена міцним «повідцем» меж матеріальної природи людини, жорсткою інформаційною програмою генетичного коду. Розсунути ці обмеження людина може, тільки напружуючи до краю свої фізичні можливості, або за допомогою різних знарядь праці, що подовжують межу досяжності людини. Найбільш досконалі знаряддя – автомати – уже працюють в екстремальних фізичних умовах (поза межних температурі, тиску, радіації), досліджують космічний простір.

## **6.4. Соціальна пам'ять**

На думку академіка М.М. Моїсеєва, саме соціальна форма пам'яті стала відігравати провідну роль в еволюції природи з моменту виникнення перших людських співтовариств.

### **Аргументи вченого**

---

«Уповільнення швидкості еволюційного розвитку людини, яке відбулося на заключній стадії антропогенезу, означає тільки одне: у силу якихось причин активність внутрішньовидового добору – основного рушія процесу біологічної еволюції – почала поступово згасати. І морфологічне удосконалення людини практично припинилося в останню міжльодовикову епоху.

Отже, закінчення періоду антропогенезу пов'язане з новою якісною зміною всього процесу розвитку – морфологічне удосконалення Людини закінчилося: еволюція, у тому числі і розвиток мозку, припинилася. Механізм генетичного розвитку Людини на основі внутрішньовидового добору практично перестав функціонувати. Для відмови від використання цього механізму, якому Людина була зобов'язана своїм затвердженням на вершині біологічної піраміди, та й усім своїм життям, мали бути вагомі причини.

Я думаю, що причина настільки різкої зміни характеру розвитку Людини як біологічного виду і справді мала суто кібернетичний чи, краще сказати, інформаційний характер: на певному етапі еволюційної історії співтовариств неоантропів для їхнього подальшого удосконалення потрібна була (і виникла) нова форма пам'яті» (Моисеев, 1990).

Поява на еволюційній сцені «людини думуючої» із принципово новим інформаційним потенціалом мозку здійснила революцію й у формуванні колективної пам'яті, що почала складатися з появою на Землі тварин, наділених зачатками інтелекту.

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 і 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 і покарання.

Колективна пам'ять людських стад спочатку формувалася за тими ж принципами, найважливішим з яких був «роби, як я!». Виділення зі світу тварин «людини думуючої» принципово трансформувало і її колективну пам'ять. З розвитком інтелекту все більше ускладнюються процеси добування їжі, основою яких стають знання і праця. Нагромадження 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 сокир і організацію полювання – потребують багаторічного навчання. Крім суто професійних навичок, життя в суспільстві диктувало виконання певних соціальних правил.

## Аргументи вченого

---

«...Багато... принципів поведінки в суспільстві, як і взагалі принципи людської моралі, пов'язані насамперед із трудовою діяльністю, з необхідністю закріплювати трудові навички, зі створенням спеціальної форми пам'яті, здатної забезпечити будь-який тип спадковості, що дозволив би не тільки зберігати і накопичувати ці навички і набуті знання, але й розвивати їх.

Ця необхідність привела згодом до виникнення ще одного нового феномену, ще однієї системи (інституту) пам'яті, яку я називатиму системою «Учитель». Я гадаю, що першим кроком до її створення було утвердження заборони «не убий!». Така гіпотеза має під собою певні підстави. Справді, зазначена заборона сприяє виживанню тих умільців, що були здатні не тільки зберігати потрібні знання і навички, але і народжувати нову майстерність, здобувати нові знання і, що найголовніше, передавати їх іншим поколінням. Принцип «не убий!» розв'язував суперечність між сильним і розумним на користь останнього» (Моисеев, 1990).

Формуванню суспільної пам'яті сприяли розвиток усного мовлення та інших форм мови (жестів, символів, знаків і т.д.), а також засобів комунікаційних зв'язків між членами співтовариств.

*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.

### 6.5. Штучні види пам'яті

**Матеріальні носії пам'яті.** Винайдення матеріальних носіїв пам'яті (у першу чергу писемності, а потім книгодрукування) відіграло колосальну роль у процесі розвитку цивілізації. До цього системі суспільної пам'яті вдавалося вирішувати завдання інформаційної інтеграції суспільства в просторі. Інформація хоча й передавалася від покоління до покоління, але головним чином серед сучасників, тобто людей найближчих поколінь. Відсутність надійної фіксації інформації приводила до того, що поступово частина знань і навичок могла спотворюватися, розсіюватися, втрачатися. Багато дуже важливих відкриттів і винаходів доводилося здійснювати заново. На це витрачалися час і енергія суспільства.

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 мистецтв). 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.

Соціальна пам'ять (що охоплює, природно, і автономні пам'яті всіх членів суспільства), озброєна сучасними матеріальними носіями інформації, – це вже потужна інформаційна система, яка має колосальний потенціал і чинить величезний вплив на соціально-економічний розвиток.

Якщо соціальна пам'ять, як і пам'ять генетична, є цілною інформаційною системою, у ній, напевно, мають існувати і певні носії та одиниці пам'яті за аналогією з геном. Сучасний англійський біолог Р. Доукінс увів поняття «мем». Мем є продуктом інтегральної інформаційної системи соціальної пам'яті, що охоплює підсистеми мозку кожного члена суспільства і підсистеми матеріальних носіїв інформації. *Мем* являє собою стійкий елемент людської культури, який транслюється каналом лінгвістичної інформації. Якщо гени локалізовані в хромосомах, то мему – у людській пам'яті (звідси і транскрибування *мем* від англ. *тетору*) і передаються від покоління до покоління за допомогою слів. *Мем* – це реплікатор, одиниця трансляції культурної спадщини, він передається від одного мозку до іншого за допомогою процесу імітації.

## Подобици

---

У якості мему можуть виступати: мелодії, ідеї, модні слівця і вислови, теорії Ч. Дарвіна, А. Енштейна та інших учених, релігії з усіма їх обрядами і молитвами, філософські вчення, переконання, забобони, жести, пози й ін. Родинні мему як цеглинка культури групуються у вищі категорії – теми, що кожним із видів культур формуються в сцени, які групуються, у свою чергу,

у вищу категорію – драми, мрії чи ритуали, що детермінують світогляд видів культур. У кожній культурі є своя мрія – модель природної і соціальної реальності, природа якої гіпотетична й складає певну систему переконань і упереджень. Фактично мрії, теми і меми – це свого роду ілюзії, які визначають поведінку людини і функціонування соціальних систем, і мають не тільки культурні, але й біологічні основи (Волков и др., 1999).

**Комп'ютер.** Комп'ютер (у широкому розумінні, тобто разом з усіма його інформаційними системами) здійснив революцію насамперед у збільшенні індивідуального інформаційного потенціалу людини. Маючи на увазі 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 (у всякому разі, стосовно реальних потреб людини), не обмежені (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).

## Примітка

---

У сучасному суспільстві, що нагромадило величезні обсяги інформації, саме проблема відтворення інформації стала найбільш «вузькою ланкою». Досить згадати, скільки часу йде на пошук архівної довідки чи потрібної книги (не кажучи вже про потрібну фразу чи термін у ній), скільки сил витрачається на оформлення в «ручному режимі» квитка на будь-який вид транспорту, як довго обробляються результати дослідів і аналізів, і, нарешті, на скільки затягується обрахування й обґрунтування різних варіантів проектних рішень.

Задачі, на які йшли дні, місяці і 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. Мозок людини виявився значно більш вразливим порівняно зі штучними інформаційними системами, створеними на основі комп'ютера. Людина на порядки гірше накопичує

(запам'ятовує) інформацію, гірше її фіксує (при легкому розладі чи перевантаженні) може взагалі все забути чи переплутати і, нарешті, на кілька рядків програє у швидкодії відтворення накопиченої інформації, яка в людини обмежена швидкістю нормальних фізіологічних реакцій.

Саме ця обставина привела до чергової революції в розвитку інформаційних систем природи. Людина змушена була довірити комп'ютерам *прийняття кінцевих рішень* щодо забезпечення власної безпеки.

## Примітка

---

Людина може ще самовпевнено тішитися, що в її руках залишається пульт управління штучними інформаційними системами. Згадаємо принципи «незавдання шкоди людині», якими, за задумом А. Азімова, людство має намір наділяти самокерованих роботів у майбутньому.

Уже сьогодні практично всі найважливіші вузли життєзабезпечення людства виявляються контрольованими штучними інформаційними системами. Відключення їх може привести до справжнього пекла на Землі. У цьому переконали цілком реальна ситуація Чорнобильської катастрофи і гіпотетична ситуація комп'ютерної проблеми при переході до 2000 року.

Щоб улаштувати на Землі апокаліпсис, роботам не обов'язково заподіювати пряму шкоду людству – досить забути змінити кілька цифр у потрібний час у потрібному місці чи зробити дію на одну мільйонну секунди пізніше, ніж це має відбутися...

XX століття підбило своєрідний підсумок еволюційного розвитку природи. Участь на перших ролях людини в цьому процесі займає за історичними масштабами лічені секунди, однак роль її в прискоренні розвитку природи колосальна.

## Факти публікацій

---

Швейцарський інженер і філософ Г. Ейхельберг дуже образно описує темп прогресу людства:

«Передбачається, що вік людства 600 тис. років. Уявимо собі рух людства, як марафонський біг на 60 км.

Велика частина 60-кілометрової відстані проходить дуже важким шляхом – через незаймані ліси. Ми мало знаємо цю частину, тому що лише наприкінці, на 58–59-му км бігу зустрічаємо разом з первісними знаряддями малюнки печерних людей як перші ознаки культури і тільки на останньому кілометрі шляху з'являється все більше ознак землеробства.

За двісті метрів до фінішу покрита кам'яними плитами дорога веде повз римські укріплення.



За сто метрів до фінішу бігун пробігає через середньовічні міста.

До фінішу залишається ще 50 метрів; там стоїть людина, розумними і розуміючими очима стежить за бігуном, – це Леонардо да Вінчі.

Залишається тільки 10 метрів! Вони починаються при світлі смолоскипів і при вбогому освітленні масляних світильників.

Але при стрімкому ривку на останніх п'яти метрах відбувається приголомшливе диво: світло заливає нічну дорогу, машини гудуть на землі й у повітрі, і вражений бігун осліплюється прожекторами фото- і телекореспондентів» (Мангутов, 1973).

Але ж на момент написання цих рядків учений ще не був свідком останніх декількох сантиметрів шляху, коли з'явилися ксерокс, факс і Інтернет. Коли комп'ютер увійшов невід'ємним елементом у виробництво, побут і сервіс. Коли, не виходячи з власної квартири, людина могла побачити по телевізору зустріч нового тисячоріччя на всіх континентах Землі.

## **Цифри і факти**

---

Створені людством технічні системи дозволили в 100 разів прискорити пересування, у 1000 разів збільшити енергооснащеність людини, у 1 000 000 разів підвищити швидкість запису інформації, у 10 000 000 разів – швидкість зв'язку (Петрянов-Соколов, 1984).

Це безпрецедентне збільшення темпів еволюції природи в умовах Землі, при якому постійно наростали не тільки швидкість, але й прискорення розвитку, стали можливі завдяки унікальній здатності людини постійно удосконалювати інформаційні системи накопичення, закріплення і відтворення інформації.

**Інтернет.** Початок нового тисячоріччя фактично є початком нового етапу розвитку інформаційних систем і еволюції природи. До цього етапу людство встигло підготуватися в останнє десятиліття минулого століття. Інтернет означає, що всі існуючі на Землі інформаційні системи (індивідуальні й асоціативні) об'єднуються в єдину інформаційну мережу. Єдиний всепланетний розум, про який говорили у своїх футуристичних прогнозах учені (напр., думаючий океан – 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 главах ми ознайомилися з механізмами, що забезпечують процеси розвитку відкритих стаціонарних систем. У наступній частині книги ми розглянемо глибинну сутність процесів, що лежать в основі феномену розвитку.

## Енергетичний базис розвитку

### 7.1. Поняття про енергію та її види

**Поняття про енергію.** Енергія є рушійною силою будь-яких змін, а отже, і рушійною силою процесів розвитку.

**Енергія** (від грец. *energeia* – діяльність, сила) – загальна кількісна міра різних форм руху матерії (Политехнический, 1998). У деяких енциклопедіях до вже наведеного визначення подаються додаткові ознаки енергії, що передбачають також міру «взаємодії усіх видів матерії» (Физический, 1995) або міру, «що об'єднує воедино всі явища природи» (Новый, 1998). Ці доповнення, як видно, варто визнати істотними, хоча вони розкривають уже окремі аспекти (наслідки) тієї сутності явища, що міститься в базовому визначенні.

Відповідно до різних форм руху матерії розглядаються різні форми енергії: механічна, внутрішня, електромагнітна, хімічна, ядерна та ін.

#### Примітка

---

Значений поділ до певної міри умовний. Так, *хімічна* енергія складається з кінетичної енергії руху електронів, а також електричної енергії взаємодії електронів один з одним і з атомними ядрами. Внутрішня енергія дорівнює сумі руху молекул щодо центра мас тіл і потенційної енергії взаємодії молекул.

Теорія відносності показала, що енергія тіла нерозривно пов'язана з його масою  $m$  співвідношенням  $E = mc^2$  (де  $c$  – швидкість світла). Будь-яке тіло має енергію, кількість якої можна визначити за даною формулою. Ця енергія може переходити в інші види енергії при перетвореннях енергії (розпадах, ядерних реакціях і т.д.) (Физический, 1995).

Для будь-якої замкнутої системи справедливий закон збереження енергії, відповідно до якого енергія не зникає і не виникає «з нічого»: вона лише переходить з одного виду в інший. Якщо система не замкнута, то її енергія може змінюватися за рахунок одержання енергії ззовні чи передачі системою енергії навколишньому середовищу у вигляді роботи чи теплоти (Новый, 1998).

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

## Відступ

---

Для філософів цілком звичними, напевно, є фрази: «рух – універсальна властивість матерії» чи «без руху матерія існувати не може». Ми сприймаємо ці постулати як аксіоми, рідко замислюючись над причинами такого нерозривного зв'язку руху і матерії.

Теорія самоорганізації систем вносить ясність у зміст звичних істин, дозволяючи по-новому поглянути на взаємозалежність і взаємозумовленість двох ключових філософських категорій.

Матерія починається з виникнення перших відкритих стаціонарних систем. Утім, можна сказати й інакше: історія перших відкритих стаціонарних систем починає відлік з виникнення матерії. Саме основи функціонування подібних систем наочно ілюструють нерозривний зв'язок матерії і руху. Справа в тім, що відкриті стаціонарні системи можуть існувати, лише підтримуючи рівень гомеостазу (певну різницю потенціалів) і здійснюючи метаболізм (обмінні процеси системи із середовищем та всередині самої системи). Обидві ці функції нерозривні з рухом, тому що пов'язані з процесами переміщення речовин, енергії та інформації.

Існування матерії означає не просто рух – це рух до саморозвитку матеріальних систем. Зазначене дозволяє говорити про спеціальне призначення руху в процесі еволюції природи.

Відповідь на питання, у чому призначення руху, можна знайти в самому його визначенні. «*Рух* – це зміна». Отже, для відтворення *змін стану системи* необхідний рух.

Причиною, що викликає рух якого-небудь тіла, є *енергетичний вплив*.

Рух характеризують дві основні величини: вихідна і результуюча. Вихідною величиною є сила; результуючою величиною є робота.

**Робота** – величина, що характеризує кількісні і якісні зміни, які відбулися в системі під дією сили (енергетичного впливу). Якісні перетворення в системі пов'язані з перетворенням енергії з однієї форми в іншу.

**Сила** – це величина, що характеризує здатність енергетичного впливу виконати певний обсяг роботи. Сила визначається інтенсивністю і напрямком впливу. З видів впливу можна виділити: теплове, механічне, променеве, світлове, електричне, акустичне та ін.

**Потужність** – це величина, що характеризує обсяг роботи, вироблений за одиницю часу.

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 системи. Іншими словами, знижується упорядкованість системи, у ній відбуваються процеси руйнування.

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

## Примітка

---

Тут слід зробити застереження. Не завжди кінцевим підсумком здійснення роботи однозначно є підвищення упорядкованості системи. Енергетичний імпульс, зокрема, може стати «останньою краплею», що викликала лавиноподібний процес руйнування системи. Такі явища можна спостерігати в природі, техніці, суспільних системах.

Але от про що можна говорити з певністю: будь-яке підвищення упорядкованості системи пов'язане з виконанням *роботи*

Отже, *робота* пов'язана зі *змiнами*, що збільшують упорядкованість системи. Для того щоб уявити конкретно ці зміни, потрібно згадати, з чим пов'язаний узагалі процес упорядкованості системи, чи перехід її зі стану хаосу в стан порядку.

Як було показано раніше, порядок системи обумовлений двома основними факторами: 1) наявністю енергетичного потенціалу; 2) інформаційною упорядкованістю системи.

Таким чином, 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 усередині самої системи. Прямо чи побічно це пов'язано з різними видами переміщень: елементарних частинок (фізичні види руху, наприклад: тепловий, електричний, електромагнітний, ін.), молекул і атомів (хімічний рух), твердих, рідких і газоподібних тіл (механічний рух), товарно-грошових потоків (економічний рух).

Удосконалення інформаційної упорядкованості 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 і часі.

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

**Види енергії.** 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.

## Подробиці

---

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 (логічніше – 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. Гравістатична 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. Нейтриностатична енергія – потенційна енергія слабкої взаємодії «нейтринних зарядів», або запас енергії, що накопичується в процесі подолання сил  $\beta$ -поля – «нейтринного поля». Унаслідок величезної проникної здатності нейтрино накопичувати енергію таким способом практично неможливо.
8. Пружнісна енергія – потенційна енергія механічно пружно зміненого тіла (стиснута пружина, газ), що звільняється при знятті навантаження найчастіше у вигляді механічної енергії.
9. Теплова енергія – частина енергії теплового руху частинок тіл, яка звільняється при 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 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  $\beta$ -поля – нейтрино (Алексеев, 1983).

Необхідно відзначити 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 теплова 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*.

**Поняття про вільну енергію.** Поняття вільної енергії проходить «червоною ниткою» через усю теорію розвитку.

**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.

## Подобиці

---

Поняття вільної енергії було вперше введено в термодинаміку німецьким фізиком Г. Гельмгольцем (H. Helmholtz, 1882), використовується також термін «енергія Гельмгольца». Визначається через внутрішню енергію  $U$ , ентропію  $S$  і абсолютну температуру  $T$  рівнянням:  $F = U - T \cdot S$  (у даному виразі  $F$  – вільна енергія).

*Внутрішня енергія* включає енергію хаотичного (теплого) руху всіх мікрочастинок системи (молекул, атомів, іонів і т.д.) та енергію взаємодії цих частинок. Кінетична енергія руху системи як цілого та її потенційна енергія в зовнішніх силових полях до внутрішньої енергії не входять.

Величину  $T \cdot S$  у фізиці іноді називають *зв'язаною енергією*. Складова даного виразу  $S$  є мірою необоротного розсіювання 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.

## Подобиці

---

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. Вже саме утворення речовини передбачає процес «упакування» колосальної енергії в атомі. Утворення хімічних сполук пов'язане з новим етапом компресії 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 удосконалює 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 введений фізиком Гельмгольцем лише в 1882 році, тобто в тому році, коли Сергій Андрійович уже важко занедужав. Однак зміст цього поняття проступає 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 зробив відкриття про підвищення інформаційної цінності енергії, хоча, природно, у той час він не міг користатися такою термінологією. «...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 главах.

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.

## 7.2. 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 у такий спосіб: жодна матеріальна система не може розвиватися чи функціонувати, не споживаючи вільної енергії ( $E_c$ ), що витрачається на зміну внутрішньої енергії системи ( $\Delta U$ ), на розсіювання (дисипування) енергії в навколишнє середовище ( $E_o$ ) і на здійснення роботи ( $W$ ):

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

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 витрачати 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 енергетично-го балансу відкритої стаціонарної системи можна виразити таким чином:

$$E_c = \Delta U + E_\partial + E_{ж} + E_\kappa + E_m, \quad (7.2)$$

де  $\Delta U$  – зміна внутрішньої енергії системи.

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

$$1) E_c < E_\partial + E_{ж} + E_\kappa + E_m; \quad (7.3)$$

$$2) E_c > E_\partial + E_{ж} + E_\kappa + E_m. \quad (7.4)$$

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

## Подобиші

---

Якщо енергії надходить не достатньо, 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: чи загинути (припинити функціонування), чи перебудувати рівень свого гомеостазу так, щоб потреби системи знову стали відповідати можливостям, тобто витрата енергії почала дорівнювати надходженню вільної енергії в систему.

При позитивному балансі (надходження енергії більше 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 ( $\Delta U$ ) 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, при якому надходження вільної енергії в систему цілком витрачається на підтримання порядку в системі (зниження ентропії).
2.  $\Delta U > 0$  (зміна внутрішньої енергії має позитивне 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 й 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 ( $E_T$ ) може бути мобілізована тільки за рахунок реструктуризації видаткових складових енергобалансу системи. Звичайно більше всього «дістається» компенсаційній складовій ( $E_K$ ). Як наслідок цього, у подібні переломні періоди стійкість системи значно знижується. Біологічні організми більше, ніж звичайно, хворіють (у цьому відношенні характерним є клімаксовий період), фірму «лихоманить», у країні слабшає діяльність силових структур, починаються заворушення. Відповідно зменшуються й інші складові: життєзабезпечувальна ( $E_J$ ) – через зменшення рівня гомеостазу; дисипативна ( $E_D$ ) – через зниження природних втрат енергії, що корелюють з рівнем активності системи.

Якщо ж енергії в системі не вистачає на реалізацію механізму позитивного зворотного зв'язку, чи необхідний новий рівень гомеостазу виходить за критичні потенційні можливості самої системи, її може очікувати летальний результат: організм умирає, фірма руйнується, у країні відбувається революція і колишня держава перестає існувати.

У тому випадку, якщо енергії трансформаційної складової вистачає на досягнення нового рівня гомеостазу, система знову приходить у динамічну рівновагу. Припиняє дію механізм позитивного зворотного зв'язку ( $E_T$  прагне

до 0), і повною мірою починає діяти механізм негативного зворотного зв'язку ( $E_k$  прагне до норми). Хвороби відступають, справи на фірмі налагоджуються, вона знаходить нових споживачів і постачальників. Життя в державі стабілізується: хоча доходи на душу населення в країні можуть бути нижчими, ніж до перебудовного рівня, виникає відчуття, що «життя налагоджується» і народжуються надії...

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, ін.);
- економічні суб'єкти: підприємства й 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* ( $E_e$ ), 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.

### 7.3. Енергетика організму і 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 ( $E_{ж}$ ) і його органів.

*Дисипативна* складова ( $E_{\rho}$ ) – це та частина енергії, яку організм безповоротно розсіює (втрачає) у навколишнє середовище. Природно, за несприятливих умов середовища (особливо, якщо температура середовища значно нижча температури тіла) безповоротно віддача енергії посилюється. Однак ця складова пов'язана не тільки з умовами зовнішнього середовища, але корелює також з активністю організму. Чим вища активність ( $E_{ж}$ ), тим більші втрати енергії ( $E_{\rho}$ ).

*Компенсаційна* складова ( $E_{к}$ ) – це витрати енергії на підтримання гомеостазу (збільшення потовиділення, зміна забарвлення, підвищення мобільності, вживання застережних заходів, ін.). Ця складова, що забезпечує механізм негативного зворотного зв'язку, залежить також від умов зовнішнього середовища (чим жорсткіші умови, тим більші витрати енергії) і від активності організму (чим вища активність, тим більше енергії доводиться витрачати на підтримання різних видів рівноваги: механічного, теплового, хімічного, ін. Не випадково деякі тварини (наприклад, бурий ведмідь) на суворість умов зовнішнього середовища реагують вжиттям необхідних превентивних заходів. Для того щоб вижити в зимовий сезон, коли зменшується кормова база і знижуються можливості надходження вільної енергії в організм, вони впадають у стан анабіозу (зимової сплячки), попередньо максимально ізолювавши в барлогу своє тіло від зайвих втрат тепла (зниження  $E_{\rho}$ ). При цьому до мінімуму скорочуються витрати енергії за компенсаційною складовою ( $E_{к}$ ), відсутні і будь-які трансформаційні перебудови ( $E_{m} = 0$ ). Жирових запасів енергії вистачає лише на підтримання життєзабезпечувальних функцій ( $E_{ж}$ ) і мінімальних втрат енергії ( $E_{\rho}$ ), які вдається скоротити, але не можна уникнути цілком.

Деяким співтовариствам тварин (мурахи, терміти) вдається змоделювати деякі елементи стану анабіозу, причому перманентного (постійного), але на суспільному рівні. Максимально ізолювавши від змін зовнішнього середовища свої житла, вони під-

тримують у мурашниках і термітниках постійні умови життя, знизивши втрати енергії ( $E_{\rho}$ ) і звівши до мінімуму компенсаційну складову ( $E_{\kappa}$ ). Таким співтовариствам удається сотні тисяч років, якщо не мільйони, підтримувати стійкий стаціонарний стан системи, коли механізм позитивного зворотного зв'язку практично не задіюється і трансформаційна енергія ( $E_m$ ) не використовується.

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 ( $E_e$ ) 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 ( $E_{\kappa}$ ) і трансформаційна ( $E_m$ ). Ці три складові утворюють своєрідний «бюджет» екосистеми, у межах якого вона може здійснювати свої функції і розвиватися.

## Цифри і факти

---

У міру проходження їжі по трофічних ланцюгах втрачається значна кількість енергії. Майже 80–90% її розсіюється у вигляді тепла (втрати при діяльності організмів, гнитті померлих тварин і відмерлих рослин). Отже, зберігається

тільки 10–20% енергії. Таким чином, довжина трофічних (харчових) ланцюгів лімітується кількістю енергії, що зберігається. Тому вона рідко перевищує 6–7 компонентів, складаючи в середньому 3–4 ланки. Зокрема, у ланцюзі «конюшина – коник – жаба – вуж – сокіл» хижому птаху дістається тільки 0,0004% енергії сонячного світла, що потрапляє на луг (Крисаченко, 1998).

Це, безумовно, дуже спрощена схема екосистеми. Для повної картини в ній не вистачає великої кількості маленьких біологічних видів (тлі, гусениць, божих корівок, мушок, нарешті, бактерій і грибів), які звичайно щедро представлені в будь-якій екосистемі і, у кінцевому рахунку, її замикають.

*Життєзабезпечувальна і компенсаційна* енергетичні складові на рівні екосистеми складаються з відповідних компонентів окремих біологічних організмів, що живуть в екосистемі. Вони і визначають гомеостаз системи. Приріст вільної енергії в системі означає збільшення кормової бази на кожному з рівнів екологічної піраміди. Це – передумова прогресивного розвитку системи й енергетична база позитивного зворотного зв'язку, що веде до появи нових біологічних видів і зв'язків у системі.

Звідки ж може взятися додаткова енергія в системі? Вона може утворитися завдяки підвищенню ефективності існування окремих видів і їхньої взаємної кооперації. Резервом для цього є дві енергетичні складові: енергії, що безповоротно втрачаються ( $E_{\rho}$ ), і компенсаційні компоненти ( $E_{\kappa}$ ).

Використавши частину необоротних утрат, можна повернути в систему певну кількість енергії. Саме цю роль виконують біологічні види (шакали, гієни, грифи, ворони та ін.), що споживають залишки тварин, які ще не розклалися. Використання фекалій своїх сусідів по екологічній ніші є ще однією формою зменшення втрат енергії в харчовому ланцюзі. Як тут не замислитися про ту роль, що відіграють в економіці підприємства і сектори з переробки відходів!

## Цифри і факти

---

У різних видів тварин неоднакова ефективність травлення. У копитних, наприклад, засвоюється тільки 40–70% кормової маси, дрібні гризуни засвоюють їжу на 90–95%, а в нутрії цей показник досягає 99%. Ефективність використання їжі в деяких біологічних видів підвищується повторним використанням кормів. Це явище називається копрофагією. Проявляється копрофагія в поїданні тваринами фекалій. На такому поїданні екскрементів спеціалізується досить велика група комах (деякі види мух, жуки-навозники та ін.). У процесі еволюції ряд травоядних ссавців (зайці і деякі гризуни) виробили здатність поїдати свої власні фекалії. Така автокопрофагія забезпечує повторне



пропущення їжі через травну систему, що підвищує ефективність засвоєння їжі. Зокрема, у кроликів, яким властива автокопрофагія, первинні фекалії містять більше 28% білків. Після повторної фази засвоєння кормів екскременти містять уже тільки близько 9% білків (Злобін, 1998).

До речі, подібний принцип поступового засвоєння корисних речовин використовується в багатьох хімічних технологіях і металургії. В енергетиці і будівництві широко використовуються вторинні енергоресурси.

Не завжди помітний, але вагомий внесок у скорочення енергетичного компонента, що втрачається, в екосистемах дає кооперація типу «хижак – жертва». І не тільки завдяки реалізованому таким чином механізму природного добору. Справа в тім, що хижаки, виконуючи санітарні функції, запобігають можливим хворобам та епідеміям серед тварин і пов'язаним із цим масовим випадкам загибелі популяцій. Крім того, хижаки, регулюючи популяцію жертв, здійснюють механізм негативного зворотного зв'язку в екосистемах за «м'яким» варіантом. Це побічно підвищує ефективність системи. Адже альтернативою цьому може бути жорсткий варіант механізму негативного зворотного зв'язку, коли популяція гине через брак кормів.

Значне збільшення життєзабезпечувальної енергії ( $E_{жк}$ ) в екосистемах може дати економія на механізмах негативного зворотного зв'язку (компенсаційна складова –  $E_n$ ). Реалізуючи цю функцію, рослини і тварини виконують великий обсяг роботи. Тварини змушені постійно мігрувати в пошуках сприятливих харчових ресурсів, витрачати дорогоцінну енергію на захист від ворогів, ін. Екологічна кооперація дозволяє знаходити взаємовигідні форми об'єднання різних біологічних видів у їхніх зусиллях з підтримання гомеостазу організмів.

## Подобици

---

Однією з найбільш сприятливих форм кооперації біологічних видів, що забезпечує економію енергії на пристосуванні до умов навколишнього середовища, є симбіоз, тобто об'єднання видів. У результаті симбіозу один із партнерів чи обидва разом здобувають можливість виграти в боротьбі за існування.

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

У боротьбі за підтримання власного гомеостазу біологічні види удосконалюють свою індивідуальну майстерність, знаходячи більш ефективні способи «інвестування» компенсаційної енергії. Загальним принципом є прагнення домогтися сумарної економії енергії в системі шляхом «вкладання енергетичних засобів» у компенсаційну компоненту.

## Аргументи вчених

---

Г. Одум, Е. Одум: «В екосистемі коралового рифу живуть риби різних видів. Для кожного виду характерне своє особливе забарвлення, що дозволяє особинам одного виду впізнавати один одного і позначати зайняту територію. Забарвлення пов'язане з витратами хімічної енергії. Витрати енергії необхідні і для розрізнення кольору, і для того, щоб органи чуттів і мозок реагували на світло. Якби в цій екосистемі жили риби тільки одного виду, ці витрати енергії були б не потрібні; створення і підтримання пов'язані з витратами енергії. Разом з тим різноманіття видів риб у цій екосистемі корисне для неї, оскільки підвищує її ефективність. Кожен вид риби харчується певними організмами, і це створює в системі складну структуру трофічних ланцюгів. Така взаємозалежність видів означає, що ефективно використовуються всі компоненти екосистеми» (Одум и др., 1978).

У цій безупинній боротьбі за ефективність у будь-яких відкритих системах, що самоорганізуються, крім механізму кооперації діє, завдяки конкуренції, невблаганний природний добір. 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 и 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 в рівні ефективності, чи відокремитися (переселитися в інше місце, перейти на інший вид ресурсів, почати пошук їжі під час сну домінуючого виду, ін.), чи зникнути. Наприклад, у нашому найближчому оточенні точиться боротьба між чорними тарганами (програють чи вже програли) і рудими «прусаками». Самки перших відкладають

яйця і не турбуються про них (індивідуальна економія енергії обертається непоправними втратами енергоресурсів виду). Самки других дбайливо носять «кладку» при собі практично до моменту виходу потомства (витрати в ім'я економії) (Корсак и 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. Ці зміни, у свою чергу, посилюють здатність системи до споживання і корисного використання енергії. Підвищення різноманіття складових частин системи надає поведінці системи підвищеної гнучкості (механізм негативного зворотного зв'язку) в умовах, коли джерела енергії стають менш доступними. Підвищене виживання системи дозволяє зберігати її гомеостаз при можливих турбулентностях. А при стабілізації, нагромадивши енергію, вона знову в змозі розвиватися, включаючи *механізм позитивного зворотного зв'язку*. Цей процес може продовжуватися доти, поки екосистема не вичерпує можливі резерви підвищення ефективності і досягає свого клімаксового стану. Воно характеризується наближенням до максимальної межі ефективності даного виду систем. Потім цей механізм позитивного зворотного зв'язку слабшає, і система існує в дуже стабільному стані. Більш детально анатомія екосистем розглядається в (Мельник, 2000).

Настільки докладне ознайомлення з процесами, які відбуваються в екосистемах, сподіваємося, дозволяє краще зрозуміти процеси розвитку, притаманні структурам людського суспільства.

## 7.4. Енергетика соціальних систем

**«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 і 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, переконаєшся, 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 підзаголовок 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 і 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 нижче. 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 наближенні – це середній залишок оборотних коштів на підприємстві за винятком накладних витрат). Це своєрідний еквівалент життєзабезпечувальної складової квазіенергетичного балансу ( $E_{ж}$ ).*

Компенсаційну складову балансу ( $E_{к}$ ) формують витрати, пов'язані з придбанням і утриманням пасивної частини основних фондів (будинки, споруди, передатні пристрої, силові машини й устаткування, ін.), утриманням управлінського і допоміжного персоналу, та інших видів накладних витрат. Саме вони покликані здійснювати функцію механізму негативного зворотного зв'язку, забезпечуючи рівноважний стан підприємства в рамках досягнутої номенклатури продукції, яка випускається, що, зрештою, і визначає гомеостаз підприємства.

## Примітка

---

Очевидно, не випадково в деяких зарубіжних підручниках з економіки витрати визначені як «прямі і непрямі виплати, необхідні для того, щоб залучити й утримати ресурси в межах даного напрямку діяльності» (див., наприклад, Пиндайк и др., 1992). Саме на підтримання гомеостазу фірми іде значна частина її витрат.

Будь-яке відхилення від стану гомеостазу викликає збільшення компенсаційної складової ( $E_k$ ) на нейтралізацію цих відхилень. Зокрема, зміна традиційних постачальників і споживачів продукції спричиняє зростання транспортних і маркетингових витрат. Економісти знають, як не вигідно буває, якщо фактичний обсяг виробництва відхиляється від нормативної потужності підприємства. Для підприємства однаково не вигідним є як мале завантаження потужностей багатотоннажного і масового виробництва, так і значне «перевантаження» малопотужного устаткування. Основна причина – різке збільшення витрат на механізми негативного зворотного зв'язку. У подібних ситуаціях підприємствам рекомендують позбутися колишніх потужностей і перейти на технології, більш відповідні реальним умовам середовища і можливостям підприємства. Для цього частину витрат, використовуваних на механізми негативного зворотного зв'язку ( $E_k$ ), потрібно переключити на механізми позитивного зворотного зв'язку ( $E_m$ ), тобто трансформувати виробництво. Додатковими джерелами засобів для цього можуть бути вивільнення частини витрат на собівартість, прибуток підприємства, банківські кредити, ін.

Що ж складає *дисипативну* складову ( $E_d$ )? Це податкові відрахування, платежі, збори, різні види збитків, неустойки, різниця між максимально досяжним і фактично досягнутим ви торгом (упущена вигода) і, звичайно ж, державний (чиновницький) і недержавний (кримінальний) рекет. Дисипативну компоненту, безумовно, збільшує і низька ефективність основних технологічних процесів. Адже перевищення видаткових виробничих показників (матеріалоємність, енергоємність) будь-якої фірми порівняно з її вітчизняними і зарубіжними аналогами може бути по праву занесене в пасив «енергетичного» балансу, або в актив його дисипативної складової. Нагадаємо, що енергоємність і матеріалоємність продукції, що випускається українськими підприємствами, на жаль, у десятки разів (а по деяких

технологічних процесах у сотні разів) перевищують показники кращих зарубіжних фірм.

## Сумний відступ

---

Низька ефективність радянських, а потім і українських підприємств значною мірою пояснюється спробою утримувати за будь-яку ціну досягнуто рівновагу в умовах, коли для цього не існує об'єктивних передумов, і невмінням використовувати механізми позитивного зворотного зв'язку. Для підприємств, що працюють у ринку, нормальною практикою є щорічний запуск декількох нових виробів. Це автоматично означає і знімання з виробництва старих зразків. Планування запуску виробу одночасно означає планування його знімання з виробництва. Згадаємо, як швидко морально застарівають будь-які види комп'ютерної техніки. Це відбувається тому, що з'являються нові.

Для радянських підприємств планування знімання виробу з виробництва в момент його запуску було нонсенсом. Адже виріб запускався «на століття». На незмінних радіоприймачах ВЕФ «Спідола», автомобілях «Жигулі», телевізорах «Берізка» і т.ін. виростили цілі покоління радянських людей. Заявити, що виріб має бути знятий через рік, було рівнозначно твердженню, що виріб недосконалий, неякісний, просто поганий. Невміння відчувати час вело до невміння трансформуватися в цьому часі. Красномовним показником цього було прагнення все ремонтувати (найчастіше кустарним чином і в одиночному виробництві), а не замінити на нове (випущене масовим способом).

Ще одним недоліком було невміння відчувати простір. Наші верстати, агрегати, заводи хронічно були «не по розміру». Або з них давно «виросли», або до них роками не могли «дорости». До 90-х років у мікроекономіці взагалі не існувало поняття маржинальних (граничних) витрат. Але тільки вони є індикатором для визначення оптимальних розмірів підприємств і доцільного (ефективного) обсягу продукції, що випускається.

Усі ці фактори породжували колосальні витрати на підтримання гомеостазу, що або весь час кудись вислизав, або взагалі хронічно знаходився осторонь. Але навіть там, де гомеостаз випадково вгадувався, він одразу ж порушувався «ударниками», що прагнули його перевершити будь-що, «задовго до початку зустрішки Новий рік». Підгонка й експромт ставали головним стилем виробництва. Девізом було не жити, а вижити.

Роками значна частина економічної системи «розміщувалася і годувалася» на компенсаційній складовій ( $E_k$ ). Подолання труднощів, за словами М. Жванецького, стало нашим стилем життя: «наші лиха неперекладні». Дійсно, чому така рутинна робота, як щорічний збір урожаю, у нас називається «битвою за врожай»?! Яким чином знаходилося місце для «трудоих подвигів» на підприємствах, що роками, а то і десятиліттями випускали ті самі види продукції?!

**«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 ен), 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. Причому сюди слід віднести не тільки відповідні витрати банків, зовнішньоекономічних відомств і установ, що оформляють іноземні кредити, позики, інвестиції і гранти, але й виплати по цих кредитах, позиках і акціях.

Компенсаційний компонент формують витрати відомств і підприємств, що забезпечують зовнішню і внутрішню безпеку країни, включаючи природоохоронні служби і підрозділи МНС. Сюди ж відносяться витрати, що забезпечують функціонування інфраструктури держави (комунальне господарство, шляхи, комунікації, ін.).

Куди ж віднести витрати на численні керівні структури (Кабмін, міністерства і комітети, місцеві адміністрації, податкові служби, ін.)? На жаль, у суспільстві існує дуже тонка межа, що відокремлює носіїв механізмів негативного і позитивного зворотного зв'язку. Вона визначається не тільки тими імпульсами, що виходять з верхніх ешелонів влади (а вони відіграють дуже велику роль), але й прагненнями і внутрішнім настроєм керівних органів і менталітетом його чиновників. Будь-який з них може стати генератором прогресу, що просуває суспільство вперед шляхом безупинного приведення в дію механізму позитивного зворотного зв'язку. Але ці ж суб'єкти можуть перетворитися на гальмо будь-яких реформ, турбуючись лише про утримання за будь-яку ціну старого гомеостазу системи і використовуючи тільки механізми негативного зворотного зв'язку.

### Примітка

---

Реальне місце суспільних структур (і їхніх працівників) у квазіенергетичному балансі соціально-економічної системи визначається аж ніяк не висівками установ

і колом їхніх формальних обов'язків, а фактично реалізованими функціями. Скажімо, горезвісний «тіньовий сектор», незважаючи на свій формально «дисипативний» статус, може робити набагато більший внесок у виживаність країни (а отже і її стабільність), ніж солідні державні підприємства, що мають на те офіційні повноваження, але сидять роками «на картотеці». До речі, човниковий бізнес протягом останнього десятиліття в різні роки давав роботу (а отже, можливість елементарно вижити), за деякими оцінками, від 20 до 25% населення. І навпаки, наукові установи, покликання яких вносити позитивний дисбаланс у життя суспільства, довгі роки самі знаходяться (хоч і не з власної вини) на межі виживання. У цій ситуації єдино можливим може бути тільки збереження балансу (тобто старого гомеостазу).

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 – ще не гарантія високої продуктивності, тим більше високої якості продукції. Надмірне зміцнення несучих конструкцій будинку збільшує його вагу, що може, зрештою, послабити будинок.

Коли збереження рівноваги перетворюється в самоціль існування системи, відволікаючи всі її ресурси і життєві сили, найчастіше вдається досягти протилежного результату: стійкість системи невблаганно наближається до критичної межі. Це загальна закономірність для будь-яких систем: від біологічних організмів до технічних і соціальних структур.

Той, кому хоч раз у житті довелося їздити на велосипеді, знає, як важко (майже неможливо) утримувати рівновагу, стоячи на місці. І лише рух уперед різко зменшує навантаження на «компенсаційну складову» і... збільшує стійкість системи. Чим швидше їде велосипед, тим складніше його вивести зі стану рівноваги. Тобто він постійно виходить з цього стану, але тільки в потрібному напрямку, рухаючись уперед.

Таким чином, механізм позитивного зворотного зв'язку, створений, здавалося б, для порушення рівноваги, навіть порушуючи цю рівновагу, може робити набагато більший внесок у стійкість системи, ніж цілеспрямована дія механізму негативного зворотного зв'язку, який спеціалізується на цьому. Виявляється, за допомогою механізму позитивного зворотного зв'язку можна майстерно керувати рівновагою системи, а механізмами



негативного зворотного зв'язку свідомо чи несвідомо порушувати його.

### Приклад

---

Автопілот забезпечує стійкість величезної системи – літака, але тільки в тому випадку, якщо вона набрала потрібну швидкість руху. До речі, і сам автопілот працює за принципом дзиги, яка в русі зберігає свій стан стійкої рівноваги.

Отже, як це не парадоксально, витрати на забезпечення гомеостазу (рівноваги, безпеки) системи ще не гарантують її стійкості. Але ж тоді який фактор визначає цю стійкість? У найпершому наближенні цей фактор може бути названий інформаційною якістю вкладення коштів, так само як і інформаційною якістю управління всією системою в цілому.

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



## Інформаційна основа розвитку

### 8.1. Поняття про інформаційну реальність

**Підходи до визначення інформаційної реальності.** Інформація є однією з найскладніших природничо-наукових і філософських категорій. Фактично до осмислення її як фундаментальної природної сутності людство прийшло тільки в середині ХХ століття. Термін «інформація» вживався тільки стосовно процесів, які відбуваються в суспільстві.

Первісний зміст цього поняття – *відомості, повідомлення, нові знання*. У 20-ті роки ХХ сторіччя вперше спробували виміряти кількість інформації. З'ясувалося, що чим менш імовірна подія, про яку йдеться в повідомленні, тим більше інформації вона несе (хоча залежність і не має лінійного характеру). Отже, інформацією є ті повідомлення, які усувають невизначеність, що існувала до їх надходження. Англійці жартували, що повідомлення: «Завтра буде дощ» – їм практично не несе інформації, тому що має майже стовідсоткову імовірність. Якщо подія має два рівноймовірних результати (наприклад, «буде дощ» і «не буде дощу»), то повідомлення про кожне з них несе одиницю інформації, яка називається бітом. Це визначення інформації, безумовно, сформувалося на основі антропоцентричного підходу, тому що «приймачем», чи споживачем повідомлення однозначно є людина.

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 природного явища. Так, скелі «записують» інформацію про хвилі, які

розбиваються об них, чи вітри, які століттями їх обточують. Пісок або сніг певний час «пам'ятають» інформацію про тварин, які пройшли по них. Земля «консервує» і зберігає «пам'ять» про геологічні та навіть суспільні процеси, які відбуваються на її поверхні. Здатність предметів і явищ відбивати інформацію використовується людиною для передачі чи «запам'ятовування» інформації. У даному трактуванні вже подолане атропоцентричне тлумачення терміна. Інформацію-відображення може «сприймати» не тільки людина. Усі представники тваринного і рослинного світу сприймають інформацію про те, що відбувається, і навіть про майбутні явища природи, корегуючи за нею свою поведінку.

### Примітка

---

Здатність до відображення та «запам'ятовування» інформації є фундаментальною властивістю природи. Це важливо, оскільки «пам'ять» природи (поряд з рухом і синергізмом) – це, цілком імовірно, той наріжний камінь, та основа, на якій ґрунтується вся матерія.

З даним трактуванням інформації співзвучне і таке визначення: інформація – це «енергетично слабкий вплив, який сприймається організмом як закодоване повідомлення про можливість більш потужних впливів на нього з боку інших організмів чи факторів середовища і його відповідну реакцію» (цит. за: Реймерс, 1990, с. 215). Слід звернути увагу на неточність, допущену в даному визначенні, де інформація поплутана з її носієм.

### Подобици

---

Люди у своїй діяльності широко використовують здатність багатьох тварин і рослин, сприймаючи інформацію, своєю поведінкою «передрікати» природні явища. Ластівки високо літають – до гарної погоди. «Чайки ходять по піску – моряку обіцяють нудьгу» – буде шторм. Мурахи ще до заходу сонця закривають входи до мурашника – насувається негода. Шахтарі раніше часто брали із собою під землю канарок. Ці пташки дуже чутливі до лиха шахт – рудничного газу. Вугри «помічають» навіть малу концентрацію алкоголю у воді: якщо в Ладозьке озеро влити один наперсток спирту, вони зреагують на це! Тренований собака може знайти поклади сірчаного колчедану та інших руд більш ніж на семиметровій глибині. Багато рослин перед дощем закривають свої квіти. На сьогодні зареєстровано більше сімдесяти видів тварин, у яких чітко виражається реакція на наближення катастрофи. Виразно реагують на наближення землетрусу коні, корови, вівці, свині, собаки... Чутливі до лих пацюки та миші (Земля, 1979).

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 відзначав: «Ані речовини, ані енергії, які не пов'язані з інформаційними процесами, не існують...» (цит. за: Перельман, 1985). Людство повільно наближалось до осмислення глибинного змісту інформації. Значний поштовх до цього дав розвиток генетики і кібернетики, для яких інформація є безпосереднім об'єктом дослідження.

## Історична довідка

---

Основи сучасної генетики закладені Г. Менделем, який відкрив закони дискретної спадковості (1865), і школою Т.Х. Моргана, яка обґрунтувала хромосомну теорію спадковості (1910). У 20–30-ті роки велику роль у розвитку генетики відіграли праці М.І. Вавилова, М.К. Кольцова, С.С. Четверикова, О.С. Серебровського та інших радянських учених (Радянський, 1986).

Попередником кібернетичної науки, мабуть, можна вважати працю вчених Московського інституту автоматики і телемеханіки (Кулебякин, Щипанов, Коваленков, Магінський та ін.). У 30–40-ві роки в московському журналі «Автоматика и телемеханика» вони опублікували цикл статей, де висунули гіпотезу (і математично її обґрунтували) про можливу фіксацію в автоматичній системі «поведінки регульованого параметра», деякого «регулятора в узагальненій символічній формі». У працях запропоновано створити систему, здатну, у термінах оригіналу, за допомогою «ідеального й універсального регулятора» вирішувати певні логічні завдання, надійно зберігаючи їх у спеціальній «пам'яті». «Історична пам'ять», як було записано в оригіналі, технологічно закріплювалася в залізі. Більшість учених були репресовані – режим не пробачив їм претензій на «ідеальний та універсальний регулятор» «історичної пам'яті» (Скуратовский, 1999).

Офіційною датою народження науки «про управління, зв'язок і переробку інформації» вважається 1948 рік, коли вийшла праця американського вченого Норберта Вінера «Кібернетика». (До речі, батько Н. Вінера, родом з Києва, вважався одним із кращих перекладачів англійською мовою роману «Війна і світ».) Основним об'єктом досліджень кібернетики є так звані кібернетичні системи, розглянуті абстрактно, незалежно від їхньої матеріальної природи. Теоретичне ядро кібернетики складають: теорія інформації, теорія алгоритмів, теорія автоматів, дослідження операцій, теорія оптимального управління, теорія розпізнавання образів (Вінер, 1958).

На жаль, вітчизняним напрямкам науки в генетиці та кібернетиці сталінським режимом було завдано жорстокого удару, що відомий як боротьба з «лженауками». Проте вже в 60-ті роки в Києві під керівництвом академіка Глушкова були отримані значні результати з формування основ штучного інтелекту.

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 *міри різноманіття* в об'єктах і процесах природи (Екоінформатика, 1992).

## Подобиці

---

З розвитком та акумуляцією сонячної енергії відбувалася диференціація речовини. З інформаційної точки зору поділ речовини веде до збільшення різноманіття, тобто до росту інформації. Збільшення складності та різноманіття не мало монотонного характеру: в окремі епохи відбувалися стрибки в нагромадженні інформації, ті самі «інформаційні вибухи». Саме тоді відбувалися різкі зміни геологічного середовища і біологічного світу (збільшення безхребетних тварин на початку кембрію, вимирання великих земноводних і багатьох папоротниковидних наприкінці палеозою, поява покритонасінних рослин у середині крейдового періоду, вимирання великих ящерів наприкінці його, бурхливий розвиток ссавців на початку палеогену).

Інформативність природи значно зросла завдяки живій речовині. Живі організми, синтезуючи величезну кількість різних органічних сполук вуглеводів, білків, жирів та ін. (рослини), а потім створюючи нові сполуки (тварини), утворюють величезну різноманітність органічних сполук біосфери, кількість яких вимірюється відповідно сотнями тисяч і мільйонами. Це приводить до різкого зростання хімічної інформації – нового «інформаційного вибуху». Але найголовніше – відбувається якісна зміна інформації і з'являється більш складний вид – біологічна інформація. Поява людини привела до лавиноподібного зростання інформації на планеті.

Цікавий підхід до визначення інформації зустрічаємо у О.А. Борисенка. Для нього предтечею інформації є абсолютні *обмеження* («обмеження обмежень»). Взаємодіючи з абсолютним рухом («рухом руху»), вони утворюють інформацію (Борисенко, 1997; 2000). Звідси можна зробити висновок, що вихідним фундаментальним началом інформації є обмеження руху, чи ступеня свободи матеріальних об'єктів (Борисенко 2000:2001).

Значний внесок у формування поняття інформації як фундаментального фактора природного середовища зробив радянський вчений М.Ф. Реймерс. Він у 60-ті роки запропонував трак-

тувати інформацію як «один із найважливіших *природних ресурсів* і одночасно *суспільних надбань*, оскільки весь розвиток людства є результатом освоєння і переробки інформації, одержуваної з навколишнього середовища і накопичуваної суспільством» (Реймерс, 1990, с. 215). Хоча в цьому визначенні і залишається відкритим питання про сутність самої інформації.

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 загаковості 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. Їхню сутність людина осягає, відкриваючи закони природи, чи це генетичний код, чи 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 «сєнс» чи «задум». Щоб відчутти це, досить звернутися до носіїв мови – давньогрецьких філософів та інших мислителів.

### Енциклопедична довідка

---

Грецький «логос» початково означає мову чи слово, з боку як зовнішньої форми, так і змісту мови, її СЕНСУ...

Таким чином, згадана фраза з Євангелія може бути формально прочитана трохи інакше, наприклад: «На початку був Смысл, і Смысл був з Богом, і Смысл був Бог». У даному випадку під Смыслом можна розуміти інформаційну основу, можна – задум, а можна... і те, і інше. Саме цю інформаційну основу/

задум у формі «одкровення Сутності Божої» намагаються осягти люди, відкриваючи для себе закони світобудови.

**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 «Кілька слів про ноосферу», 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 одна з одною, ми зможемо наблизитися до формування більш-менш цілісної картини змісту інформації з її на перший погляд розрізних 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. Дійсно, 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-хі-



мічні 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 тими енергетичними потенціалами, що вони мають.

*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.

## Примітка

---

Зауважимо, що розглядаючи інформацію, ми будемо торкатися лише тих природних сутностей, які обмежені проявом існуючих просторово-часових зв'язків, тобто тих, що проявляються тільки стосовно об'єктивного матеріального світу.

Іншими словами, ми не будемо розглядати ті сутності, що передували виникненню матеріального простору-часу (а можливо, існують і нині поза просторово-часовим виміром). Ми також вважаємо себе не вправі висловлювати які-небудь судження про зміст Божественних Сутностей (Іпостасей). Вони належать до сфери надматеріального світу та керуються зовсім іншими законами. Там, де ми все-таки торкаємося зазначених сутностей, ми розглядаємо лише їх можливий вплив (відображення) на об'єкти (предмети і явища) матеріального просторово-часового світу.

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 осягти люди, щоб внести вектор усвідомленості і 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* та *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 її.

**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).

## 8.2. Рівні інформаційної реальності

Тільки юний вік знань про таку категорію, як інформація (перше визначення було дано 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 відчути її нашими матеріальними органами чуттів. Те, що ми відчуває-

мо (бачимо, чуємо), вважаючи, що це інформація (газети, книги, дискети), є лише матеріальними носіями інформації, тобто об'єктами матеріального світу. Сприйняття нематеріальної, а тому 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 усе назвати, придумавши термінологічну основу для всього.

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

### 3 філософського трактату

---

У «Дао Де Цзин», тексті, написаному стародавнім китайським філософом Лао Цзи близько 2000 років тому, можна зустріти такі рядки:

«... Те, що не має імені, –  
початок Неба і Землі,  
я називаю його «матір усіх речей»  
і тому  
невпинно звільняючись від прагнень,  
побачиш найпотаємніше його,  
невпинно набуваючи прагнення, побачиш  
образ його.  
І те, і інше мають одне джерело  
і різняться лише назвою.  
Для невідомого усі імена, що одне...  
(Лао Цзи, 1996).

Можна, певно, стверджувати, що еволюція природи – це розвиток чи трансформація інформаційної сутності. Можна сказати й інакше: еволюція природи здійснювалася через формування 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 (які не такі вже й прості) – до найскладніших матеріально-інформаційних систем, які втілені в людині та соціальних структурах (рис. 8.1).

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.

Спробуємо лише позначити різні форми інформаційної реальності, схематично показані на рис. 8.1.

1. Первинні фундаментальні сутності, які визначають організаційну першооснову матеріальної субстанції у Всесвіті і на Землі (інформаційні сутності першого рівня):

- фундаментальні фізичні закони природи;
- причинно-наслідкові зв'язки;
- закономірності взаємодії між об'єктами матеріального світу (наприклад, космічними об'єктами у Всесвіті);
- просторовий порядок розташування тіл і явищ;
- часовий порядок перебігу подій;
- інформаційні коди елементарних частинок з нульовою масою (носіїв властивостей енергії);
- інформаційні коди елементарних частинок з ненульовою масою (носіїв властивостей речовини предметів і явищ природи);
- інформаційні коди атомів і молекул (носіїв властивостей хімічних елементів і сполук);
- відображення предметів і явищ природи;
- програми саморегуляції неживої природи.

2. Вторинні інформаційні сутності, які виникли в результаті саморегуляції природи (інформаційні сутності другого роду):

- генетичні програми (генетичний код, геном), які визначають самоорганізацію живих організмів і біологічних видів;







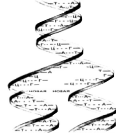
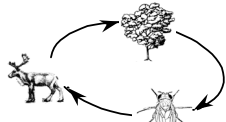
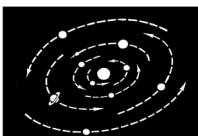
Шостий	<p>Продукти систем, що самоорганізуються</p> 
П'ятий	<p>Продукти продуктів інтелекту і суспільства</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• продукти комп'ютера</li> <li>• продукти штучно виведених біологічних видів</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; display: inline-block;"> <math display="block">F(x) = \ln x^2 + \frac{23x}{\cos \arctg \psi} = \sqrt{e+x^2}</math> </div> 
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"> <li>• знання</li> </ul> </div> <div style="text-align: center;">  <ul style="list-style-type: none"> <li>• комп'ютер, ін.</li> </ul> </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"> <li>• особистість</li> </ul> </div> <div style="text-align: center;">  <ul style="list-style-type: none"> <li>• суспільні об'єднання</li> </ul> </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"> <li>• біологічні види</li> </ul> </div> <div style="text-align: center;">  <ul style="list-style-type: none"> <li>• екосистеми</li> </ul> </div> </div>
Перший	<p>Первинні фундаментальні сутності</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• закони природи</li> <li>• причинно-наслідкові зв'язки, ін.</li> </ul> 

Рис. 8.1. Рівні інформаційної сутності

- закріплені зв'язки, які визначають функціонування біологічних співтовариств (біоценозів) і екосистем.
3. Інформаційні сутності, які виникли в результаті розвитку живої природи (інформаційні сутності третього рівня):
- інформаційний код мозку людини;
  - нервові відчуття живих організмів;
  - інтелект (мисляча і чуттєва сутність) людини і вищих тварин (душа, думка, дух, особистість, «соціо-»);
  - суспільні сутності (економічні і соціальні відносини, ін.).
4. Інформаційні продукти інтелекту і суспільства (інформаційні сутності четвертого рівня):
- емоції;
  - види комунікаційної взаємодії (мова, повідомлення, зображення, ін.);
  - види мотиваційного впливу (залякування, приваблювання, натхнення);
  - знання;
  - чуттєві образи (інформаційні рефлексорні моделі) реальної картини матеріального світу;
  - план дій;
  - навички виконання фізичної роботи;
  - здатність опрацювати інформацію (виконувати розумову роботу);
  - устої (закони, правила, традиції, стандарти, інструкції, заборони);
  - штучно виведені види тварин і сорти рослин;
  - технології (включаючи управлінські);
  - соціальні цінності;
  - продукція культури, мистецтва, спорту;
  - комп'ютерні програми, програми для роботів і штучний інтелект;
  - структури управління суспільством;
  - інформаційні зміни, внесені людиною в ландшафти, біоценози, екосистеми.
5. Вторинні інформаційні продукти інтелекту і суспільства (інформаційні сутності п'ятого рівня):
- похідна генетична інформація від виведених людиною біологічних видів;
  - інформаційна продукція, вироблена за допомогою комп'ютерних програм;

- результати дії комп'ютерних «вірусів»;
  - штучні системи, які самоорганізуються.
6. Продукти діяльності систем, що самоорганізуються.

Цим ми обмежемо список – тому що далі лежить лінія горизонту, за якою вже сьогодні легко вгадуються нові простори...

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, що діє в рамках суспільства.

### 8.3. Функції інформаційної реальності

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

#### Примітка

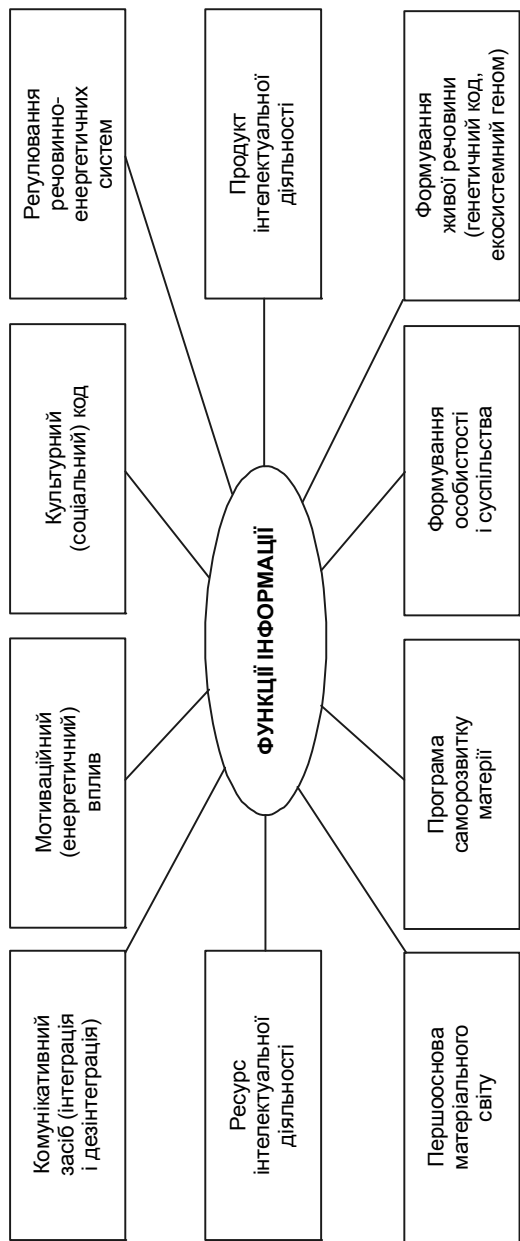
---

Визнаючи єдність природи всіх проявів інформаційного начала, ми й надалі будемо вдаватися до певної умовної диференціації термінології. Там, де мається на увазі використання окремих функцій даної категорії, застосовуватимемо просто термін «інформація». У тих же випадках, де мова йде про фундаментальні функції або властивості, будемо вживати терміни «інформаційні сутнісні начала», «інформаційна реальність».

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

**Першооснова формування і структуризації матеріального світу.** Інформаційна сутність є фактично тією основою, яка дозволила сформуватися матеріальному світу. За рядом припущень інформаційне начало у взаємодії з вихідною потенцією природи до руху в рамках синергетичного феномену утворюють спочатку необхідні умови існування матеріального світу, включаючи простір, час, фізичні закони світобудови, а потім й інші необхідні атрибути матеріальної природи: мікрочастинки, макроскопічні матеріальні об'єкти та інші структури.

**Засіб регулювання в просторі й часі матеріально-енергетично-інформаційних систем.** Інформація є тим провідним фактором, який визначає стан будь-якої системи, включаючи стан її



*Рис. 8.2. Природні і соціально-економічні функції інформації*



динамічної рівноваги (гомеостаз) чи вихід з даного стану. У регулюванні будь-яких матеріально-енергетичних потоків важлива не тільки маса матеріальних факторів, які беруть участь, але й їх інформаційний зміст. Зокрема, стан екосистеми залежить не просто від обсягу «прокачуваної» через неї біомаси (енергії), але й від співвідношення певних біологічних видів.

Більш того, велику роль відіграє генетична якість (тобто інформаційні властивості) біологічних ресурсів.

Чим складніша фізична чи біологічна система, тим більший запас інформаційного різноманіття вона повинна мати для забезпечення стійкого, керованого стану.

**Програма(и) саморозвитку матерії (засіб упорядкування матеріальних систем у часі).** Це той Зміст, Ідея, Порядок (послідовність подій), Креслення світобудови, Код, за якими розвивається природа: рухаються і змінюються космічні об'єкти, ростуть і розвиваються живі організми, людина і суспільство. У багатьох джерелах автори відзначають наявність у споконвічній природі не тільки Першопричини, але й Змісту, Мети розвитку. У християнстві Бог – також і мета буття (Християнство, т. 3, 1995).

З появою на Землі людини природі планети була дарована можливість самій робити інформаційні програми-коди, які стають основою цілеспрямованого управління діяльністю. Подібні програми подолали надзвичайно довгий шлях від примітивних планів, які регламентують перші трудові акти людини, до найскладніших автоматизованих програм, що керують унікальними технічними комплексами, які реалізують процеси життєзабезпечення всієї людської цивілізації.

## **Подобиці**

---

«Проблема 2000 року» наочно продемонструвала ту роль, яку відіграють комп'ютерні програми в сучасному суспільстві. Збій тільки однієї цифри (!) може паралізувати життєво важливі вузли цілих країн: постачання водою, продуктами харчування, електроенергією; транспорт; зв'язок, банківську систему тощо.

Роль програм у сучасному суспільстві величезна. Розробка і реалізація будь-якого проекту починається з його планування (до речі, самі проекти часто називаються програмами). Програми-плани пронизують діяльність будь-якого економічного суб'єкта: від маленького підприємства і родини – до національної економіки. Фактично будь-який техпроцес є насамперед інформаційною програмою. У більшості сучасних технічних пристроїв найважливішим

блоком (і часто найбільш дорогим) є блок управління, тобто знову-таки програма. До речі, у сучасних пральних машинах-автоматах ціна маленького електронного блочка керування складає більше половини вартості всієї машини.

На початку ХХІ століття програмний продукт перетворився в один із найбільш вигідних товарів, приносячи виробникам мільярдні прибутки. Споживачі платять ці гроші, розуміючи, що тільки освоївши найбільш прогресивні засоби виробництва, вони зможуть різко підвищити ефективність, що, у свою чергу, економічно надзвичайно вигідно.

А на порозі – вже технічна здійсненність створення штучного інтелекту і самовідтворення програмами своїх аналогів, і навіть створення більш досконалих систем...

**Інформаційні сутності, які складають автономні системи самоврядування і самовідтворення (біологічних організмів), а також їх співтовариства (біоценози, екосистеми).** Саме інформаційні системи поєднують матеріально-енергетичну субстанцію в матеріально-інформаційну сутність, що діє, реагує та відчуває себе як єдиний організм. Ген, генетичний код, геном – ось ті інформаційні одиниці, що визначають, зрештою, характер біологічного виду. Як відомо, ні окремий живий організм, ні навіть цілий біологічний вид не здатний жити ізольовано від інших біологічних видів. Разом вони утворюють своєрідні інформаційні системні одиниці (біоценози, екосистеми), що виникали і розвивалися паралельно з розвитком самих біологічних видів.

**Інформаційні сутності, що складають особистісне начало людини, а також формують суспільні об'єднання.** Якщо біологічний організм є матеріально-інформаційною істотою, то особистість (людина «соціо-»), хоч і живе в матеріальному тілі, становить собою вже цілком інформаційну систему, що живиться виключно інформаційними ресурсами (фактами, відчуттями). Продукти його діяльності також виключно інформаційні: *реакції, емоції, знання, художні образи, ідеї, прийняті рішення, команди до дії тощо*. Як біоорганізми не можуть існувати обов'язково поза екосистемними співтовариствами, так і людська особистість не може сформуватися ізольовано від суспільних утворень: соціальних (родини, асоціації, партії, країни тощо) і соціально-економічних (підприємства, корпорації, консорціуми, галузі, різні об'єднання виробників і споживачів). Реальна лю-

дина являє собою симбіоз матеріальної (людина «біо-») та інформаційної (людина «соціо-») сутностей. За влучним висловом Декарта, це – «єднання душі й тіла». Відповідно, матеріально-інформаційну природу мають і всі зазначені суспільні утворення. Відповідно, провідним організаційним фактором, що їх формує, є інформація.

## Факти публікацій

---

- Доукінс (Dawkins, 1989) називає тонку структуру інформації, засновану на пам'яті людини, «мемом» (*meme*, від *memory* – пам'ять). «Своєрідний бульйон людської культури» («The Soup of human culture») «зварений» з «мемів» («memes»). Подібно до генів, «меми» різняться своїми властивостями: довговічністю, продуктивністю, точністю відтворення при копіюванні, ін. Еволюція гена, створення мозку забезпечили середовище, у якому з'явилися перші «меми». Виникнувши один раз завдяки здатності до самовідтворення, меми сформували свій власний, більш швидкий вид еволюції.
- Фабер і Прупс (Faber and Proops, 1991) пішли ще далі. Вони описали формування своєрідних аналогів генотипів для фізичних систем, висунули постулат про «унікальний генотип» природної системи при розвитку в її лоні економічної системи, що має власний аналог геномів. Дійсно, будь-якій економічній системі властиві такі характеристики, як: переваги форм власності, розміри і структури економічних суб'єктів, технології, правова система, існуючі економічні та соціальні інститути тощо. За висловом Й. Кена (Кѡпн, 1996), ці системи економічних характеристик є «сховищем інформації» («генологією» людського процесу). Таким чином, використовуючи вищенаведену термінологію Доукінса, аналог «економічного генотипу» можна назвати «мемоном» (*meme*). Економічні «мемони», – робить висновок Й. Кен, – здатні пристосовуватися до конкретних економічних умов (використовувані технології, наявні ресурси, споживчий капітал на одиницю продукції, ціни на товари, структури ринку тощо) подібно до того, як біологічні види пристосовуються (використовуючи свій потенціал) до місцевих біогеографічних умов шляхом часткового проникнення і нагромадження додаткової (найчастіше невикористовуваної) інформації.

**Первинний ресурс інтелектуальної діяльності біологічних організмів і людини.** Діяльність вищих живих організмів будується на випереджальному принципі. Скануючи інформацію (факти) із зовнішнього середовища своїми органами чуттів, біологічні організми прогнозують можливу картину подій, виходячи з якої будують свою поведінку.

Чим вище рівень організації біологічного виду, тим глибша і різноманітніша роль первинної інформації в його життєдіяльності.

Для людини «соціо-» це фактор формування особистісних характеристик, її духовного, естетичного і морального розвитку. Для економіки первинна інформація є ресурсом одержання необхідних знань, джерелом ідей і принципів проектування виробничих технологій і конструйованих виробів.

**Продукт інформаційної діяльності вищих біологічних організмів і людини.** Інформаційна продукція біологічних організмів і людини надзвичайно різноманітна. У тварин, включаючи людину, вона починається з реакцій та емоцій, що обслуговують процеси життєдіяльності організму і забезпечують стан гомеостазу (рівноваги) і метаболізму (обмінних процесів).

Людина набуває здатність до абстрактного мислення (рефлексії). Це означає, що вона може формувати інформаційні образи, відносно відірвані від реальної дійсності, тобто створювати «віртуальну реальність». Продуковані інформаційні образи виконують соціальні й економічні функції та характеризуються великим різноманіттям. Назвемо тільки деякі з них:

- емоції;
- знання;
- художні образи;
- ідеї;
- конструктивні принципи;
- технологічні рішення;
- прийняті рішення;
- команди до дії.

Таким чином, використовуючи термінологію матеріального виробництва, можна сказати, що інформаційна продукція може виступати у формі заготовок (наприклад, зібраних і проаналізованих фактів), напівфабрикатів (ідей), готових виробів (інформаційних послуг, наприклад, консультацій) або «інформаційних вузлів» (художніх зразків) і складних систем (технологічних рішень).

І інформаційні ресурси, і інформаційні продукти можуть розглядатися як самостійні функції інформаційного начала. У деяких джерелах (Иноземцев, 1999; Белл, 1999) ці дві інформаційні сутності розділяються термінологічно: перша називається інформацією, друга – знаннями.

Згадані раніше *програми* (включаючи плани розробок і комп'ютерних програм) також є різновидами інформаційної продукції. У розвинених економічних системах будь-який про-

дукт стає об'єктом купівлі-продажу. Інформаційна продукція тут не становить винятку.

**Комунікаційний засіб та інструмент інтеграції і дезінтеграції об'єктів існуючого світу.** Здійснення чотирьох попередніх функцій стало реальним завдяки ще одній функції інформації – *комунікаційній*. Об'єкти і суб'єкти підтримують один з одним інформаційний зв'язок. Інформація поєднує. Але вона ж за певних обставин може роз'єднувати, створюючи нездоланні бар'єри страху, відчуженості, неприйняття.

## Подобиці

---

Навряд чи можна заперечити той факт, що для передачі будь-якої інформації тварини і люди використовують матеріальні носії: предмети і явища природи (воду, повітря, акустичні чи електромагнітні коливання, ін.). Однак безперечно й інше: щоб це відбулося і звичайний об'єкт матеріального світу перетворився в носій інформації, необхідна наявність мінімум двох живих істот, які б вступили в інформаційний контакт. І тоді з будь-яким речовинним предметом чи енергетичним імпульсом може статися диво: безмовна і безпристрасна матерія перетворюється в лавину інформації... і розповідь, застереже, заспокоїть! Усе існуюче на Землі: світло, колір, запахи, звуки, квіти, дерева, камені, хмари – здатне нести інформацію... і бути абеткою чиєїсь мови.

Практично всі тварини тією чи іншою мірою використовують інформаційні символи: одні з них приваблюють (як яскраві кольори метеликів, строкате оперення птахів тощо), інші відлякують (ікла, жести, рухи), треті – просто повідомляють щось (запахи, мітки, ін.). Але, звичайно, неперевершено залишається людина: вона не тільки навчилася говорити, писати, читати (причому навіть між рядків), але й здатна використовувати як абетку практично будь-який натільний чи підручний предмет або явище: кивок голови, жест, погляд, звуки і навіть... квітку у вікні другого поверху, яку так трагічно не помітив професор Плейшнер.

Інформація поєднує, інформація ж і роз'єднує. Однак найчастіше інформація, роз'єднуючи, поєднує. Адже дивовижна єдність навколишнього світу можлива завдяки колосальній відмінності та різноманітності складових його частин.

**Засіб мотиваційного (енергетичного) впливу.** Навіть з тих прикладів, що ми навели з приводу попередньої функції, очевидно, що інформація є ефективним засобом впливу на поведінку живих істот. Цікаво інше: за силою впливу, що проникає через тисячі кілометрів і сотні років, *слово* може бути порівняне з потужним енергетичним імпульсом.

Слово (одна лише звісточка!) надихає, воскрешає, але воно ж здатне «отруїти», роздавити, скалічити. Любов, почуття обов'язку, гордість, страх здатні немічну істоту перетворити на казкового богатиря, а «атланта» – на тендітну билинку. Відомі випадки, коли в стані *інформаційного* збудження люди здійснювали вчинки (піднімали величезну вагу, робили рекордні стрибки, забіги, ін.), що, здавалося б, порушували фізичні закони матеріального світу.

## Аргументи вченого

---

- Л.В. Гнатюк, називаючи інформацію «знаком енергетичного впливу», говорить про певне «гравітаційне поле» упредметненої мови, «енергію притягання», про *i*-поле в людському суспільстві, яке «притягує до себе ті змістові структури, для яких інформація даного поля має значення». Втім, і сама назва книги, звідки узяті ці терміни, символічна – «Свідомість як енергетична сила» (Гнатюк, 1999). А ось і цитата з цієї книги: «Що таке наше духовне життя, якщо не постійне використання тієї енергії, яку приховують у собі думки? Я, одержавши у своє володіння думку, користуюся її ритмікою, способом структурування, тобто тими енергетичними можливостями, яких у мене самого не було доти, поки я не почав користуватися новою думкою як завершеним енергетичним утворенням».
- Л.М. Гумільов висловив гіпотезу «пасіонарності етносу» (від латинського слова *passio* – страсть). Суть її в тім, що деякі етноси на певний період часу (200–300 років) входять у турбулентний (енергетично збуджений) стан, у якому підвищується їхнє прагнення діяльності. Причина цього явища полягає в підвищенні потенціалу біохімічної енергії на даній території (можливо, під впливом випадкових енергетичних «підхльостувань» із космосу). Носіями і генераторами пасіонарності в народі є *пасіонарії* («одержимі»), тобто активні особистості, лідери нації, що, у кінцевому рахунку, є носіями змін, які відбуваються в суспільстві. Свій підвищений енергетичний імпульс *пасіонарії* передають іншим співгромадянам через інформаційні контакти (Гумільов навіть використовував поняття «заразливість пасіонарності»; на його думку, вона відбувається завдяки особливому енергетичному полю, яке має кожний організм; Гумільов називав його «етнічним полем»). Ось тільки два приклади на цю тему.

Генерал Барклай де Толлі-Реймар був надзвичайно кмітливою, хороброю і розумною людиною. Саме його переможний план реалізував Кутузов у війні з Наполеоном. Однак, будучи за національністю німцем, Барклай де Толлі не мав того інформаційного контакту з російськими солдатами, що був у Кутузова. Кутузов же, який використовував план свого колеги, зміг передати свою власну пасіонарність солдатам, зумів вдихнути в них той самий дух непримиренності до ворога, дух стійкості, що потрібний для будь-якої армії (Гумілев, 1990).

Чи інший приклад. В Італії Суворов здобув три блискучі перемоги за допомогою невеликого російського корпусу і допоміжних австрійських дивізій проти стійких французьких військ, якими командували кращі французькі генерали – Макдональд, Моро, Жубер. Причому в усі перемоги Суворова основний внесок зробили російські солдати. За словами Гумільова, «Суворов не зміг провести жодного свого починання серед австрійців і німців», хоча ті були теж хоробрі та вмілі солдати. На попередньому прикладі ми переконалися, що німець Барклай де Толлі не зміг реалізувати свої дуже розумні починання серед росіян. «Очевидно, – робить висновок Гумільов, – «індукція пасіонарності» пов'язана з якимось настроєм, що є об'єднуючим етнос началом. Саме в цьому секрет успіхів Суворова: росіяни були Суворову зрозумілі, і він був їм зрозумілий...» (там же).

Додамо, що енергетичний імпульс інформації здатний пронизувати простір і час. Саме його ми відчуваємо, одержуючи звістку від близьких за тисячі кілометрів від рідної землі, або читаючи слово, написане сотні років тому далеким предком.

І все-таки уточнимо. Про «енергетичний імпульс» інформації можна говорити лише умовно. Сама інформація не несе ніякої енергії, але вона здатна колосально підвищити ефективність процесів, що протікають у системі. Завдяки цьому вивільняється енергія, яка може бути мобілізована системою для виконання кожної з її функцій, і створюється ілюзія додаткової енергії.

**Формування організаційного потенціалу упорядкованості суспільних структур.** Дана функція співзвучна з програмною функцією. Однак на відміну від неї вона не передає імпульс розвитку, а тільки створює для нього необхідний інформаційний ґрунт (умови).

Можливими елементами формування організаційного потенціалу впорядкованості можуть служити: етичні норми, устої, традиції, вірування, звичаї, звички, смаки, заборони, стандарти, закони – усе те, що, зрештою, формує стереотип поведінки даної соціальної групи, чи її *культурний (соціальний) інформаційний код*.

Так, інформація відіграє величезну роль у регулюванні поведінки будь-якої матеріально-інформаційної системи. Однак (можливо, в 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 існуватимуть обмеження невтримній технічній фантазії людини і її невгамовному бажанню змінити природу. *Ці обмеження людина завжди носить із собою (!)* – адже її тіло здатне існувати тільки в дуже вузьких інтервалах властивостей цілком матеріального середовища.



## Інформатика процесів розвитку

### 9.1. Імовірнісна і випадкова основа свободи як передумова розвитку систем

**Роль імовірності в процесах розвитку.** 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 упорядкованість процесів, що протікають.

Уважне вивчення процесів розвитку дозволяє побачити дивовижний факт. Енергія й 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 допускає при одній причині 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 і 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, що змогла 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 і не відбутися. Закономірність імовірнісних процесів проявляється у світі великих чисел, де тільки і 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 безповоротних 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 керується порівняно простими законами. Після відкриття другого начала термодинаміки явищам природи була дарована свобода імовірності. Події можуть збуватися чи не збуватися. Правда, 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.

---

## Примітка

Статистичні закони спрацьовують лише в макросвіті, тобто у світі великих чисел. Тут випадкова малоімовірна (нестандартна) поведінка якої-небудь «неслухняної» молекули нічого не вирішує. Ця «нестандартність» буде скоректована (компенсована) стандартною (тобто більш імовірною) поведінкою інших молекул, яких можуть бути мільйони чи мільярди. У світі великих чисел статистичні закони «більшої імовірності» починають спрацьовувати з невідомою закономірністю. Але головне також інше: навіть на тлі цієї залізної закономірності завжди існує, нехай тільки теоретична, можливість, що з мізерно малою імовірністю (можливо, одна мільйонна, трильйонна чи більйонна) всі молекули поведуться нестандартно. І тоді може статися маленьке

диво (яке, утім, для імовірного світу – не таке вже й диво), і, наприклад, тепло зможе мимовільно перейти від менш нагрітого тіла до більш нагрітого.

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 у 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 поводитьсь подібно до пружини) один коливальний ступінь свободи. Крім того, електрони молекули характеризуються набором можливих значень енергії, подібно до електронів в атомі.

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

$$E = E_{\text{пост}} + E_{\text{об}} + E_{\text{кол}} + E_{\text{ел}}. \quad (9.1)$$

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. Неупорядкований стан більш імовірний, ніж упорядкований. Тому можна навести багато прикладів. Вирівнювання температур двох тіл знищує тепловий потенціал. При змішуванні газів або рідин порушується порядок поділу відповідних речовин.

Якщо з балона випустити газ, він займатиме значно більший об'єм простору. Це теж погіршення упорядкованості. Але й імовірність такого стану набагато вища. 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 неупорядкований стан. Це результат випадкових перекладань. Подібний випадковий характер мають мимовільні про-

цеси засмічення угідь або ерозії ґрунтів у сільськогосподарському виробництві.

Усі зазначені процеси збільшення безладдя – результат випадкових, хоча і закономірних, змін, а не організованої діяльності. Але зворотні процеси – збільшення упорядкованості – потребують уже цілеспрямованого докладання зусиль. Розумна діяльність людини спрямована на подолання невпорядкованості. Імовірність процесів мимовільного упорядкування значно нижча. Можна припустити, що кинута похапцем папка 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 ступеня  $2,7 \cdot 10^{19}$ ). 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.

У класичному курсі статистичної механіки, написаному Джозефом Майєром і його дружиною Марією Гепперт Майєр, обговоренню цих питань передуює епіграф:

“Як, ніколи?” “Так, ніколи”.

“Як, ніколи?” “Ну, навряд чи коли-небудь”.

(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.

## 9.2. Зв'язок енергії і ентропії

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 і 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 в силу того, 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 живить-

ся. Чи, щоб виразити це менш парадоксально, істотне в метаболізмі те, що організму вдається звільняти 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.

### Примітка

---

Прикладом імпорту/експорту системою порядку/безладдя є збільшення сучасними підприємствами з природного середовища ресурсів і видалення в середовище відходів виробництва, які природа «змушена» відновлювати до вихідного стану. Зокрема, «авторство» відновлення чистого кисню, життєво необхідного сучасній цивілізації, належить винятково природі.

Як бачимо, мова йде не про приплив-відплив енергії, а про зміну ентропії. Порівняно просте для сприйняття поняття – енергія – заміняється на досить складну абстрактну величину – ентропію. 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, що могла б 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 упорядкування системи. Кількісна оцінка зміни енергії в системі не характеризує якість процесів, що відбуваються в системі. Зокрема, «валові» показники поточної зміни енергії в системі не відбивають структуру її використання, а саме: співвідношення дисипативної, життєзабезпечувальної, компенсаційної і трансформаційної складових. Одна річ – якщо енергія, що надходить, ефективно використовуватиметься системою на впорядкування і нагромадження вільної енергії, і зовсім інше – якщо вся вона йтиме тільки на підтримання існуючого гомеостазу (тобто тільки на виживання системи). Не виключені навіть випадки, коли результатом надходження енергії в систему можуть виявитися деструктивні процеси лавиноподібного характеру. Наприклад, надмірне надходження енергії з пальним, яке може викликати пожежу або вибух, веде до деструкції (руйнування) системи. І навпаки, за нормальних умов маса і запас енергії людського організму залишаються постійними. При цьому енергія не зростає, а ентропія зменшується.

*По-друге*, навіть урахування балансу енергії за окремими її складовими не може повною мірою охарактеризувати зміст процесів, що відбуваються, у рамках кожної складової. За полем зору залишається ефективність використання енергопотоків в локальних просторово-часових ділянках діяльності системи.

Адже однакові (навіть за еквівалентом вільної енергії) одиниці різних видів енергії можуть привести до різних кінцевих результатів інформаційного упорядкування стану системи – що ми проілюструємо далі на прикладі. Показники ентропії здатні вловити цю розбіжність, енергетичні параметри – ні.

Справа в тім, що енергетичні показники відбивають лише здатність, потенцію до здійснення роботи. Щоб втілитися в конкретний результат – збільшення упорядкованості системи, енергія має бути поєднана з внутрішніми (ендогенними) факторами самої системи. При цьому вирішального значення набувають алгоритми реалізації (використання) енергетичних імпульсів у просторі й часі. Зокрема, незначна зміна вектора спрямованості енергетичних потоків або розсинхронізація в часі на кілька часток секунди взаємодії потоків енергії різної спрямованості може привести до істотної зміни кінцевого стану системи. Теоретично можливий перепад значень параметрів стану системи в результаті таких змін може складати кілька порядків (тобто відрізнятись в десятки, тисячі, мільйони разів). Ці значення



можуть узагалі змінити свій знак на протилежний. Скажімо, замість прогресу результатом розвитку системи може виявитися деградація, чи навпаки. А фірма замість успіху і надприбутків може одержати збитки і банкрутство.

## 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 і дій з 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 опущеної вигоди, додаткові витрати, збитки). Вибір помилкових сфер і параметрів діяльності (номенклатури, обсягу виробництва, технологічної основи, ринків реалізації, постачальників, ін.) 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 фактор часу: «невчасно сплатив», «не тоді продав чи купив», «несвоєчасно посіяв», «спізнився виготовити», «був 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 успіху, і навпаки ризик невдачі.

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

На жаль, ця прірва може стати лінією розподілу між економічним підйомом країни і вічним жебрацтвом економіки, яка потопає в зайвих грошах і сотнях тисяч напівзбудованих – напівзруйнованих об'єктів, що називаються «незавершеним будівництвом», коли мільйони людей змушені жити в комірках, що називаються квартирами.

*По-третє*, енергетичні показники фіксують своєрідну статистику стану, в той час як ентропійні можуть відобразити і результат її динаміки. Про що йдеться?

Зміна енергетичних показників (енергобаланс системи) може однозначно характеризувати зміну стану системи тільки в одному випадку – якщо рівень гомеостазу і внутрішній зміст глибинних процесів життєдіяльності системи залишаються незмінними (обов'язковою умовою є також підтримання стабільності параметрів зовнішнього середовища). Це означає, що незмінно має залишатися ентропія, вироблена всередині системи. Тобто в системі має зберігатися порядок. Або ж (що те саме) інформаційна упорядкованість системи повинна підтримуватися на стабільному рівні. Технічна система має зберігати свій ККД; економічна – виробничу потужність і продуктивність праці кожного працівника.

Лише при такому припущенні можна однозначно сказати, що надходження певної порції енергії в систему приведе до еквівалентного поліпшення її стану, тобто кількість вільної енергії в системі збільшиться пропорційно до росту енергії, що надходить у систему. Наприклад, підприємство, яке збільшило обсяг інвестицій, може очікувати пропорційне зростання обсягу прибутку. І навпаки, зниження надходження енергії в систему супроводжуватиметься еквівалентним зниженням запасу вільної енергії.

У реальних умовах слід рахуватися з мимовільним збільшенням внутрішньої ентропії. Порядок не може зберігатися сам собою. Приміщення захламляються, устаткування зношується, люди втомлюються виконувати монотонну роботу і починають давати збої. На запобігання зростанню внутрішньої ентропії має теж витрачатися частина вільної енергії. Ці зміни можуть увести лише ентропійні 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 ж місці! Якщо ж хочеш потрапити в інше місце, тоді потрібно бігти, щонайменше, удвічі швидше!» (Керролл, 1985).

Втім, щоб відчути 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. Стоячого положення немає». Ентропія нагадує ескалатор, що рухається вниз. Щоб його подолати, просуваючись нагору, потрібно випереджати темпи скоочування вниз.

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

### 9.3. Імовірнісна основа 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 більшій величині ентропії він відповідає.

Але ж імовірність – і 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 подача електроенергії, тепла і води здійснюватиметься вчасно і без перерв 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 дві вищенаведені значенні посилки: «ентропія – кількісна міра імовірності» і «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 – міст між ентропією та інформацією.

---

Зі зниженням імовірності інформація збільшується, а ентропія зменшується.

---

### Науковий відступ

---

Щоб краще з'ясувати значення інформації, розглянемо діяльність гіпотетичної ідеальної істоти, що дістала назву «демон Максвелла». Ідею такої істоти, яка порушує друге начало термодинаміки, Максвелл виклав у «Теорії теплоти», що вийшла в 1871 р.: «Коли частинка зі швидкістю вище середньої підходить до дверцят з відділення А або частинка зі швидкістю нижче середньої підходить до дверцят з відділення В, воротар відкриває дверцяття і частинка проходить через отвір. Коли ж частинка зі швидкістю нижче середньої підходить до дверцят з відділення А чи частинка зі швидкістю вище середньої підходить до дверцят із відділення В, дверцяття закриваються. Таким чином, частинки більшої швидкості зосереджуються у відділенні В, а у відділенні А їх концентрація зменшується. Це викликає очевидне зменшення ентропії. Якщо з'єднати обидва відділення тепловим двигуном, ми, начебто, одержимо вічний двигун другого роду.»

Чи може діяти «демон Максвелла»? Так, якщо одержує від частинок, що наближаються, інформацію про їхню швидкість і точку удару об стінку. Це і надає можливість пов'язати інформацію з ентропією (Горелов, 1998).

Спробуємо тепер докладніше 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, чи 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 здійснення даного стану.

На цьому збіги не закінчуються. Одну з величин, що характеризує кількість інформації, яку несе  $i$ -й знак повідомлення, Шеннон узагалі назвав *ентропією* ( $I_i = -N \sum_{i=1}^m p_i \cdot \log_2 p_i$ , де  $N$  – кількість знаків у повідомленні, а  $p_i$  – імовірність появи  $i$ -го знака). Згодом ця величина дістала назву *ентропія Шеннона*.

Отже, найважливіша інформаційна характеристика системи, у якій параметри її стану мають імовірнісний характер, названа *ентропією*. Але *ентропією* 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.

Подібність *інформації* та *ентропії* не випадкова. Як уже було сказано, ентропія є мірою неупорядкованості системи. Це можна трактувати як міру нестачі інформації з упорядкування. Зв'язок інформації з ентропією особливо яскраво показано на прикладі дії «демона Максвелла», описаного на початку даного підрозділу.

## Аргументи вченого

---

М.В. Волькенштейн: «Доповнюваність інформації та ентропії означає, наприклад, що при випарі рідини зникає інформація про місцезнаходження молекул у певній частині простору – в посудині. Відбувається еквівалентне зростання ентропії. Інформація про перебування молекул у посудині перетворюється на інформацію про кореляцію між положеннями і швидкостями молекул у газі, що виникають при їх зіткненнях. Але це вже не інформація. Це ентропія» (Волькенштейн, 1986).

Можна сказати інакше: надходження інформації в систему збільшує її упорядкованість і знижує її ентропію.

## 9.4. Енергетичні джерела інформації

Трохи спрощуючи, можна сказати, що *інформація* – це те, що робить один предмет або явище відмінним від іншого. Саме з цією властивістю інформації пов'язані, зокрема, підходи до її визначення на основі категорії розбіжності, ступеня різноманітності чи ступеня свободи руху (зміни). Уважне вивчення інформаційного начала, утім, переконує, що ці підходи не суперечать один одному, а лише висвітлюють різні грані даної глибинної категорії, взаємодоповнюють загальну її картину.

Виходячи з вищесказаного, можна говорити, що інформацією може володіти лише щось, що має хоч якісь відмітні риси.

### Подобиці

---

Тепер доречно замислитися, чим може відрізнятись один предмет чи одне явище від іншого. Подібними відмітними властивостями можуть бути: форма, розмір, пропорції, структура, колір, запах, які-небудь фізичні чи хімічні характеристики (наприклад, твердість, еластичність, теплопровідність, електропровідність, ін.) або параметри зміни певних властивостей у часі (зокрема, здатність до коливального чи обертового руху і т.д.). Усі ці властивості – результат різних енергетичних потенціалів, що дозволяють системі змінюватися в одних напрямках простору або періодах часу і не змінюватися в інших. Наприклад, форма – це результат енергетичної здатності тіла підтримувати певну структуру; колір залежить від енергетичної здатності тіла по-різному відбивати різні спектральні діапазони видимого світла і т.д.

Нагадаємо скорочено визначення потенціалу, що ми дали раніше. Потенціал – це наявність у певного об'єкта фізико-хімічних властивостей, що створюють можливість виконати роботу. Цю роботу здійснюють будь-які предмети (обов'язково витрачаючи при цьому енергію) для підтримання своїх відмітних властивостей.

---

Інформацію формує закріплена пам'яттю різниця енергетичних потенціалів предметів та явищ.

---

Подібні розпізнавальні потенціали і їх межі формують упорядкованість різних систем та їхніх елементів. Ця упорядкованість передається різними ступенями свободи руху окремих елементів і всієї системи в цілому.

Ідентифікаційність (відмітність) з'являється в елементів розглянутої множини лише тоді, коли вони починають розрізнятися. Відмітні властивості можуть бути задані (у чому ми переко-

налися раніш) тільки розбіжністю енергетичних потенціалів кожного елемента з розглянутої множини.

В міру виникнення розбіжності між елементами (різниці енергетичних потенціалів) виникають передумови упорядкованості системи. Вони будуть реалізовані лише тоді, коли виникне порядок, який визначає взаємозв'язки в просторі і часі елементів множини. Ці дві умови: енергетичні потенціали, сформовані розбіжностями окремих елементів, і просторово-часовий порядок взаємозв'язку між ними – створюють можливість руху енергії та речовини всередині розглянутої множини. Якщо обидві згадані умови закріплюються пам'яттю, тобто починають відтворюватися багаторазово, можна говорити про те, що множина елементів починає перетворюватися в систему. Усе це, тобто енергетичний потенціал і просторово-часовий порядок його реалізації, і є тим, що називається упорядкованістю системи, чи її інформацією.

Аналізуючи процес виникнення інформації в міру впорядкованості системи, на наш погляд, доречно зупинитися на кількох найбільш важливих моментах.

1. *Виникнення енергетичного потенціалу.* В упорядкованому стані системи колись однорідні (рівноважні) елементи набувають енергетичні потенціали, що відрізняються від відповідних параметрів інших елементів зовнішнього середовища. Це може статися, скажімо, у результаті випадкових флуктуацій.

Завдяки даним енергетичним потенціалам елементи набувають можливість певного руху щодо інших елементів середовища. Можна сказати, що елементи системи знаходять реальні ступені свободи замість потенційних, тобто одержують потенціали руху, обмежені разом з тим визначеними межами.

## **Примітка**

---

У даному випадку під рухом мається на увазі не тільки і навіть не стільки механічне переміщення, скільки універсальна здатність змінюватися. А це передбачає також електромагнітні, акустичні, хімічні та інші види реалізації енергетичного потенціалу.

Таким чином, елементи набувають можливість практично реалізувати частину ступенів свободи із потенційно можливих (але не реалізованих у стані повної рівноваги).

Підкреслимо одну важливу деталь: на початкових стадіях розвитку системи з рівноважної множини однорідних елементів

ступені свободи обумовлені головним чином величиною формованих (виникаючих) енергетичних потенціалів. У цьому ж і головна причина виникаючих обмежень. Елементи можуть змінюватися (рухатися) настільки, наскільки вистачає їхніх потенціалів.

В міру посилення індивідуальних потенціалів окремих елементів велику роль в обмеженні їхніх ступенів свободи відіграватиме не власна потенція, а обмеження, обумовлені іншими елементами, – так звані зв'язки. Можна сказати, що по досягненні деякого ступеня розвитку системи елементи можуть змінюватися (рухатися) настільки, наскільки їм дозволяють ступені свободи інших елементів.

Таким чином, інформація на початкових етапах самоорганізації систем виникає завдяки еманіпації окремих елементів природи, тобто знаходження ними ступенів свободи. Значення ступенів свободи, а разом з ними і обсяг інформації, що характеризує кожний окремий елемент, може зменшуватися в міру посилення зв'язків у системі, тобто сил взаємодії окремих елементів між собою (у чому ми переконаємося далі).

## Примітка

---

Вважаємо за доречне звернути увагу на одну примітну деталь. Інформація народжується з різниці енергетичних потенціалів. Причому, щоб стати інформацією, ця різниця повинна відтворюватися (народжуватися) постійно. Це забезпечує пам'ять системи.

Саме так, відповідно до християнського вчення, відбувається «предвічне народження» Бога-Сина (Слова-Логосу) від Бога-Отця, що розглядається як першопричина, чи «первинна потенція» творення сутнісного світу. Від нього ж – Бога-Отця – виходить Святий Дух, що, з'єднуючись зі Словом, реалізує креативну здатність природи, створюючи її творіння.

*2. Формування кількісного значення інформації.* Кількість інформації, якою володіє будь-який стан системи, обумовлена двома ключовими факторами: по-перше, кількістю можливих напрямків зміни системи ( $n$ ); по-друге, параметрами кількісних значень змін за кожним із напрямків ( $m$ ). Фактично йдеться про вектор енергетичного потенціалу ( $n$ ) і про його кількісне значення ( $m$ ).

Виконаний аналіз дозволяє підійти до розуміння ще однієї важливої характеристики, що впливає на величину інформації, – імовірної оцінки розглянутого потенціалу. Річ у тім, що саме



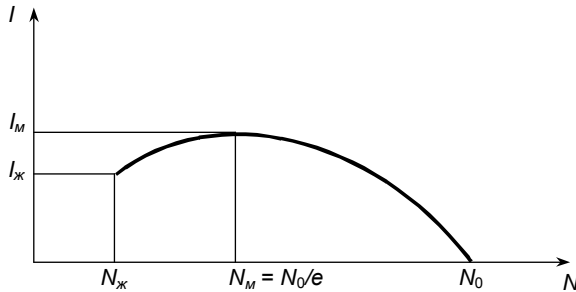


Рис. 9.1. Залежність кількості інформації від кількості можливих змін систем

вона є своєрідним результатом дії розглянутих двох характеристик. Як правило, чим вище значення енергетичного потенціалу, тим меншому значенню імовірності воно відповідає.

Спробуємо проаналізувати зміну інформації в системі за графіком (рис. 9.1). Відповідно до вихідної формули оцінки інформації її величина змінюється за логарифмічною залежністю від кількості способів зміни стану системи.

Крайня точка праворуч ( $N_0$ ) сполучена з початковим станом розвитку системи (система цілком «розібрана» на однорідні елементи, що знаходяться в рівновазі). Цьому стану відповідає максимальна кількість можливих змін ( $M_0 = M$ ), однак реалізація їх неможлива через нульовий енергетичний потенціал (це відповідає максимальній імовірності станів  $p_i \rightarrow \max$ .)

Крайня ліва точка на графіку ( $N_{\text{ж}}$ ) сполучена з максимальним ступенем зарегулювання системи (система найбільш жорстко керована). Даному стану відповідають мінімальні ймовірні значення перебування системи в даному стані – останнє не слід плутати з імовірністю визначення, чи передбачення, даного стану. Хоча енергетичні потенціали реалізації змін у даному стані максимальні, кількість напрямків, за якими можуть бути реалізовані зміни, мінімальна. Це відбувається тому, що поведінка кожного елемента практично жорстко детермінована, регламентована загальним порядком зміни всієї системи в цілому.

## Примітка

---

Втрата окремими елементами (наприклад, біологічними організмами в зграї чи людськими індивідами в колективі) свого індивідуального ступеня свободи на користь твердого порядку системи обертається також втратою частини інформації окремими елементами. Це, зокрема, може бути наслідком втрати індивідами частини своєї ідентичності (пригнічення відмітних індивідуальних особливостей), зниження універсальності, гіпертрофія рівня спеціалізації (замикання на виконанні надто вузьких функцій).

Максимальну інформацію система має в точці  $N_m = N_0/e$  ( $e$  – натуральне число). У даній точці відбувається оптимальне сполучення можливих напрямків змін з потенціалом реалізації даних змін і спостерігаються максимальні ступені свободи окремих елементів.

## Примітка

---

В умовах соціальних систем (чи біологічних систем соціального типу) можна говорити, що свобода (інтереси) окремих індивідів найкраще поєднується з загальним порядком системи (супільними інтересами).

Області змін станів системи, прилеглий до точки  $N_m$ , властиві також максимальні можливості продукування нової інформації. Індивідуальна свобода окремих елементів є сприятливим «середовищем» виникнення випадкових недетермінованих змін.

*3. Подальша еволюція системи.* Якщо знову повернутися до графіка залежності кількості інформації від кількості можливих змін системи (рис. 9.2), то на підставі аналізу точки  $N_m$  можна додати наступне. Дана точка, що відповідає максимальному рівню зарегулювання системи, є одночасно і точкою вичерпання потенціалу розвитку даної системи. Подальша еволюція системи може йти тільки шляхом її інтеграції з іншими подібними системами за допомогою утворення більш складних систем, куди б названі структури входили як первинні елементи. Процес формування системи починається знову на більш високому рівні. Саме так з одноклітинних організмів утворювалися більш складні системи – організми, у яких клітини вже втрачають самостійну роль, виконуючи вузькі функції, обумовлені жорсткою програмою організму. Умовно початок процесу інтеграції колишніх систем у нову більш складну систему показано на графіку пунктирною лінією.

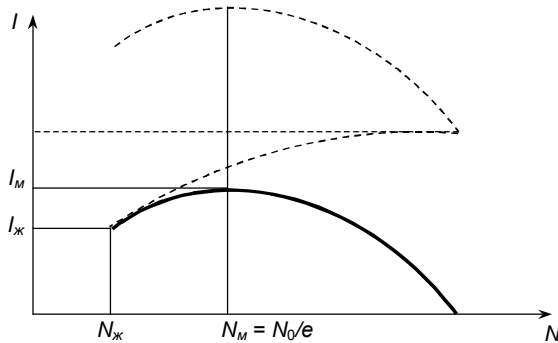


Рис. 9.2. Гіпотетичний характер еволюції системи, що утворилася як окремих елемент нової системи

Даний стрибок інформації при виникненні нового інтеграційного процесу розвитку природи також знаменує новий процес емансипації природи, оскільки виникнення на новому рівні нової більш складної системи означає і появу в неї більш високого (на порядок) ступеня свободи.

4. *Інформація і пам'ять системи.* Реалізувати утворені енергетичні потенціали (ступені свободи) елементи зможуть лише за умови, що вони (потенціали) збережуться відносно тривалий період часу. В іншому разі поява і зникнення короткочасних потенціалів може розглядатися як звичайна випадкова флуктуація. Таким чином, про будь-яку впорядкованість елементів (їхні ступені свободи), що створює інформацію, можна говорити лише за умови, якщо ця впорядкованість буде відносно стійкою, тобто тривалою. Ця стійкість забезпечується *пам'яттю системи*. Саме пам'ять системи дозволяє фіксувати і відтворювати певний стан системи, а отже, і інформацію, пов'язану з цим станом.

Роль пам'яті системи полягає не тільки в тому, що вона дозволяє зафіксувати стан елементів при їх зміні, умовно кажучи, по вертикалі (тобто від більш імовірного стану в менш імовірний), але й при доборах по горизонталі (тобто серед станів, що характеризуються однаковою імовірністю).

## Примітка

---

Так, русло ріки є зафіксованим варіантом, одним із багатьох можливих її плинів; тварина успадковує певний набір із можливих наборів ознак своїх батьків; з величезної безлічі рівноймовірних комбінацій нот композитор фіксує одну, яка стає мелодією.

5. *Носії пам'яті*. Носіями пам'яті (інформації) є матеріальні системи, що виникли на попередніх стадіях еволюції природи. Таким чином, процес її розвитку являє собою своєрідний багаточаровий «пиріг». Будь-яка матеріальна система народжується на основі формування інформаційної основи (програми). А інформаційна основа потребує для свого формування матеріальної сутності.

---

Інформація – нематеріальна, але не може існувати без матеріальних носіїв інформації.

---

## Примітка

---

Зокрема, будь-який біологічний організм – це насамперед унікальна інформаційна програма, що реалізується на основі генетичного коду. Його виникнення стало можливим лише завдяки існуванню в природі нуклеїнових кислот, на молекулах яких (ДНК і РНК) записується необхідна генетична інформація. Саме ген протягом усього життя є інформаційним регулятором потоків речовини й енергії, що кожний момент відтворюють процеси кожної відкритої стаціонарної системи під назвою «біологічний організм». Поява генетичних інформаційних програм обумовила виникнення нового класу матеріальних структур, названих живою речовиною. У живій речовині на основі мозку виникла нова інформаційна сутність – інтелект. Інтелект створив нові матеріальні носії пам'яті (книги, магнітні записи, комп'ютери). На їх основі у наші дні народжується нова інформаційна сутність – єдиний розум Землі. Можливо, саме його В.І. Вернадський мав на увазі, вводячи поняття сфери розуму – ноосфери.

Цілком імовірно, подібні закономірності чергування матеріальних та інформаційних начал присутні в процесах виникнення матеріально-інформаційних систем на більш ранніх етапах еволюції природи. Мова йде про формування елементарних частинок – носіїв енергії та елементарних частинок – носіїв речовини; на основі цих перших двох начал сформувалися нові інформаційно-матеріальні сутності – молекули; а потім – макроскопічні об'єкти. Точну ж відповідь на питання: «Що було раніш:

яйце чи курка (інформація або матерія)?» – можна знайти лише в джерелах тієї сутності, яку одні умовно, інші конкретно називають ім'ям Творець.

Вищесказане дозволяє зробити ряд висновків:

- *Інформація виникає внаслідок емансипації (підвищення ступенів свободи) елементів природи. Це може відбуватися в таких формах:*
  - *набуття* елементами природи енергетичних потенціалів, що обумовлюють відмінність одних елементів від інших (при цьому кожний елемент одержує певний обсяг інформації);
  - *інтеграції* елементів природи і їхніх ступенів свободи в єдину систему; у результаті об'єднання енергетичних потенціалів і їхніх обмежень з'являються нові системні властивості, не характерні ні окремим елементам, ні їх сумі (цей приріст інформації умовно назовемо емерджентним компонентом);
  - *інтеграції* утворених систем (субсистем) у більш складні системні утворення (системи), що мають більші ступені свободи порівняно із субсистемами.
- *Інформація, що означає порядок, надходить у систему ззовні (із зовнішнього середовища), тобто з природи. Туди ж (тобто в зовнішнє середовище) система експортує безладдя (ентропію). При руйнуванні системи відбувається зворотний процес: інформація повертається в середовище (природу), а ентропія повертається в систему.*
- *Пам'ять системи є обов'язковою умовою формування інформації. Лише в сполученні реальних ступенів свободи (енергетичних потенціалів руху) елементів природи з властивостями цих елементів, що дозволяють фіксувати в часі ці ступені свободи, можуть з'явитися необхідні і достатні фактори виникнення інформації.*
- *Носіями пам'яті є матеріальні системи, що виникли на попередніх стадіях еволюції природи.*

Усі зазначені моменти реалізуються в креативних процесах формування і трансформації будь-яких матеріально-інформаційних сутностей, що виникають у природі. У цьому ми переконуємося в наступних розділах книги.



## Енергоентропійні основи розвитку

### 10.1. Поняття про негативну ентропію

У попередньому розділі ми переконалися, що збільшення порядку пов'язане зі зниженням ентропії в системі. Власне, ентропія і є мірою безладу системи.

Ервін Шредінгер, 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. Для цього він використовує відкриту Больцманом і Гіббсом кількісну залежність:

$$\text{Ентропія} = k \cdot \lg D,$$

де  $k$  – так звана постійна Больцмана, рівна  $3,2983 \cdot 10^{-24}$  калорій на  $1^\circ\text{C}$ ,  $D$  – кількісна міра нерегульованості атомів у даному тілі.

#### Аргументи вченого

---

«Дати точне пояснення величини  $D$  в коротких і неспеціальних термінах майже неможливо. Нерегульованість, яку вона виражає, частково полягає в тому, що атоми і 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.

Якщо  $D$  – міра неврегульованості, то зворотну величину  $1/D$  можна розглядати як пряму міру впорядкованості. Оскільки логарифм  $1/D$  є те саме, що і від'ємний логарифм  $D$ , ми можемо написати рівняння Больцмана таким чином:

$$-(\text{Ентропія}) = k \lg(1/D).$$

Тепер незграбний вираз «негативна ентропія» можна замінити більш точним: ентропія, узята з від'ємним знаком, є сама по собі міра впорядкованості» (Шредінгер, 1999).

---

### Живі організми живляться негативною ентропією.

---

Ці викладки були наведені Шредінгером у 1943 р. в Триніті-коледжі в Дубліні на лекції, конспект якої був виданий в 1945 р. у Великобританії. У 1947 р. Л. Бріллюен запропонував назвати показник ентропії з від'ємним знаком «негентропією» (Алексеєв, 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.

### Примітка

---

Не слід розглядати процес зміни впорядкованості системи як деяку одночасну дію, після чого, скажімо, частина ентропії зникає, а на її місці з'являється інформація. У реальних умовах ситуація швидше нагадує процес, модельований відомою шкільною задачею: «з однієї труби витікає, а в іншу – втікає...». Причому обидва процеси йдуть одночасно і постійно. Залежно від того, темпи якого процесу переважають, ми маємо справу з прогресивними або деградаційними змінами в системі.

Навіть у вищенаведеному прикладі збирання будинку і автомобіля процес руйнування (зростання ентропії) в конкретній системі починається, ледве з'являються на світ відповідні структури: будівля починає руйнуватися, автомобіль – зношуватися. Щоб цього не відбувалося, необхідно докладати енергію або працю на підтримання систем у працездатному стані.

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 указанного розподілу ентропійної активності системи. Адже ці процеси тісно взаємозв'язані і взаємообумовлені. Зовнішній прояв того чи іншого процесу є лише однією з форм єдиного процесу зростання ентропії. Загальмувати, зупинити або направити його назад можна, лише прикладаючи додаткову енергію, яку система може взяти із зовнішнього середовища через процеси метаболізму.

Метод дослідження балансів зміни енергії і ентропії дістав назву *енергоентропіки* (Алексеев, 1983).

## Подобиці

---

У рамках методу на основі теоретичних положень термодинаміки сформульовані п'ять ключових законів енергоентропіки:

1. *Закон збереження енергії*: жодна матеріальна система не може розвиватися або функціонувати, не споживаючи енергії  $\Delta E$ , яка витрачається на здійснення роботи  $W$ , на зміну внутрішньої енергії системи  $\Delta U$  і на розсіяння (дисипацію) тепла в навколишнє середовище  $Q_A$ :

$$\Delta E = \Delta U + W + Q_A. \quad (9.1)$$

2. *Закон зростання ентропії*: реальні ізольовані макроскопічні системи прагнуть самовільно перейти з менш імовірного стану у більш імовірний, або з більш упорядкованого в менш упорядкований (за відсутності сил, що перешкоджають цьому), тобто їх ентропія може тільки зростати. Оскільки ентропія в стані рівноваги системи, досягнувши максимуму, більше не змінюється, швидкість її зростання в цьому стані дорівнює нулю.

Проте в деяких випадках досягненню системою рівноважного стану перешкоджають якісь зовнішні умови (теплоізоляція холодильної шафи,

герметизація балонів зі стисненим газом та ін.). Тоді вона приходить у стан стаціонарно нерівноважний, що характеризується мінімальним значенням швидкості виникнення ентропії за даних зовнішніх умов. Це положення було вперше сформульоване в 1947 р. І. Пригожиным і назване принципом *мінімуму виникнення ентропії*.

В уточненому вигляді розглянутий принцип формулюється так: з усіх стійких стаціонарних станів системи, що допускаються граничними умовами, законами перенесення і збереження, а також 2-м законом термодинаміки, реалізується стан з мінімальним виробництвом ентропії.

Саме цей принцип лежить в основі реалізації відбору найефективніших станів системи, що відбито в 5-му законі.

**3. Закон зменшення ентропії відкритих систем при прогресивному розвитку:** ентропія відкритих систем у процесі їх прогресивного розвитку зменшується внаслідок споживання енергії від зовнішніх джерел.

При цьому ентропія систем, що служать джерелами енергії і негентропії (наприклад, Сонця), зростає. У зв'язку з цим можна сказати, що будь-яка впорядковувальна діяльність здійснюється шляхом витрати енергії і зростання ентропії зовнішніх систем і без такого взагалі відбуватися не може.

Таким чином, цей закон немов протилежний 2-му закону, але не суперечить йому, оскільки стосується не ізольованих систем, що самовільно змінюються, а систем, над якими здійснюється та чи інша організаційно-впорядковувальна діяльність.

**4. Закон граничного розвитку матеріальних систем:** матеріальні системи (природні, технічні та ін.) при прогресивному розвитку, тобто при вдосконаленні, досягають характерної для кожної сукупності зовнішніх і внутрішніх умов межі, яку можна виразити максимальним значенням відповідного виду негентропії. Це значення відраховується від деякого нульового або ж максимального значення якогось критерію ефективності розвитку або функціонування систем, наприклад коефіцієнта корисної дії (ККД).

**5. Закон переважного розвитку, або закон конкуренції:** у кожному класі матеріальних систем переважного розвитку набувають ті, що за даної сукупності внутрішніх і зовнішніх умов досягають максимального значення негентропії або максимальної енергетичної ефективності (ККД, питомої продуктивності, довговічності, надійності і т.д.) (Алексеев, 1983).

## 10.2. Енергоентропійний баланс

Побудова енергоентропійного балансу ґрунтується на аналізі зміни величини ентропії системи. Зміна ентропії відкритої стаціонарної системи має дві складові:

- ентропія, що виробляється всередині системи; вона обумовлена процесами самовільного розупорядкування системи (процеси зносу, розладу, ін.) і є завжди додатною величиною;

- зміни ентропії, пов'язані з речовинно-енергетично-інформаційним обміном між системою і зовнішнім середовищем; ентропія змінюється в результаті обміну із середовищем як безпосередньо енергією, так і речовинами; адже ентропія залежить від стану речовини і разом з речовиною ентропія надходить у систему або виводиться з неї.

Таким чином, 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. Іншими словами, приплив ентропії в систему може бути більшим чи меншим її відпливу або рівним йому. Граничний стан системи досягатиметься тоді, коли виробництво ентропії всередині системи в точності компенсуватиметься відпливом ентропії за рахунок її обмінної складової.

Така умова може бути названа необхідною передумовою стійко-нерівноважного, або стаціонарного, стану системи. Саме в цьому випадку значення вказаних ентропійних складових будуть рівні за абсолютною величиною, але матимуть протилежні знаки.

Зниження ж ентропії досягатиметься лише в тому випадку, якщо відплив ентропії перевищуватиме її створення всередині системи. Підкреслимо, що розглянуті умови є лише *необхідними* передумовами перебування системи у відповідних станах.

Чому ж це не забезпечує і *достатніх* передумов? Тому, що розглянуті умови можуть виявитися результатом фіксації двох розділених в часі станів системи.

## Примітка

---

У проміжку між початковою і кінцевою фіксацією часу система може багаторазово змінювати свої стани. Зокрема, система може зазнавати постійного, притому абсолютно безладного, чергування зменшення і збільшення ентропії. Подібний стан не може бути названий ні стійким, ні впорядкованим.

Що ж потрібно, щоб досягти *достатніх* передумов певного стану системи? Необхідне одномоментне виконання вказаних умов. Зокрема, в 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, якщо впродовж певного періоду часу витримуватиметься така умова: у будь-який з нескінченно малих періодів часу приріст ентропії дорівнюватиме 0 ( $ds/dt = 0$ ).

Передумовою ж стійкого прогресивного розвитку буде умова зниження приросту ентропії за такий же нескінченно малий відрізок часу ( $ds/dt < 0$ ). У цьому випадку в системі почне накопичуватися *вільна енергія* для її прогресивних трансформацій.

---

Стойкий стаціонарний стан системи досягається тоді, коли за нескінченно малий період часу не відбувається приріст ентропії.

---

### Примітка

---

Прогресивність розвитку не суперечить стаціонарності стану системи. Більш того, стаціонарність є однією з необхідних умов прогресивного розвитку.

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 у 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.

### 10.3. Енергоентропійні основи формування порядку

При дослідженні енергоентропійних процесів важливо не тільки розкрити характер енергоентропійного балансу, але й проаналізувати зміст чинників, що впливають на самі процеси.

З дуже великою умовністю чинники, що впливають на величину виробництва ентропії в системі, можна звести до двох основних причин:

- а) недосконалість внутрішньої впорядкованості системи;
- б) діяльність системи з виробництва *негентропії*, тобто переробки речовини, енергії та інформації з метою вилучення з імпортованих потоків порядку, або негативної ентропії (зокрема, вільної енергії, що забезпечує цей порядок).

Таким чином, дисипативну функцію (тобто фактично функцію ресурсних витрат) системи можна подати як функцію двох умовних параметрів:

- а) рівня нерегульованості системи;
- б) рівня продуктивної активності системи; тобто діяльності, направленої на збільшення впорядкованості (переробка субстанцій, що вилучаються із зовнішнього середовища, прогресивна перебудова системи, ін.).

#### Примітка

---

Аналіз даної функції, певно, – один із тих нечисленних випадків, коли реалізація теоретичного узагальнення значно складніша його практичної інтерпретації. Тому дані моменти простіше пояснити на конкретному прикладі.

Якщо говорять, що країна або підприємство споживають багато енергії, – це ще не свідчить про їхню високу виробничу активність. Наприклад, Україна посідає одне з перших місць у Європі за споживанням газу і одне з останніх – за виробництвом ВВП. Весь секрет у тому, що на частку «технологічної» складової припадає, за оцінками фахівців, лише 20–30% споживаного палива, а інші 70–80% – це результат «опалювальної» складової. Іншими словами, лівова 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.

При бажанні «технологічну» складову можна піддати подальшому аналізу. Не секрет, що за рівнем енергоємності наші технології значно поступаються кращим зарубіжним зразкам. За рядом галузей зарубіжні виробники переважають у кілька разів, а іноді і на декілька порядків. Наприклад, вже сьогодні на кращих підприємствах хімічної індустрії в ряді виробництв

застосовуються ендогенні технології. Це означає, що там, де наші підприємства для виробництва одиниці продукції змушені витратити значну кількість енергії, у їхніх зарубіжних аналогів виробництво такої ж продукції не тільки не вимагає енергії, але й дозволяє виробляти її надлишок, який можна використовувати для виробничих або побутових цілей.

Отже, частина енергії технологічного призначення також може пояснюватися високою мірою *неврегульованості* виробничої системи (низьким рівнем виробництва). І лише та її частина, яка відповідає світовим стандартам енергоємності, може вважатися реальним показником ступеня *продуктивної активності*.

---

Витрата системою енергії залежить від двох чинників: порядку в системі та її активності.

---

Таким чином, один і той же 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 компоненти, обумовлені *неврегульованістю* системи та її *продуктивною активністю* відповідно.

Від яких же чинників залежить ступінь *неврегульованості* системи? Або можна сказати інакше: які чинники визначають ступінь *впорядкованості* системи? Ці чинники можна об'єднати у дві основні групи: рівень структурної *впорядкованості* і рівень функціональної *впорядкованості*.

*Рівень структурної впорядкованості* характеризує досконалість інформаційної побудови (конструкції) системи, що передбачає: певний рівень складності та ієрархічної побудови; досконалість технологічних ідей, закладених в конструкцію системи і діяльність її підсистем; надійність внутрішньосистемних зв'язків; складність інформаційної програми управління процесами функціонування системи в просторі та часі; можливість адаптації до змін зовнішнього середовища, ін.

*Рівень функціональної впорядкованості* характеризує досконалість процесів функціонування системи, ступінь реалізації її можливостей у реальному часі і просторі. Іншими словами, це те, що асоціюється зі словами «порядок» і «безлад» в роботі системи.

Обидві групи вказаних чинників є інформаційними за своєю суттю.

### Примітка

---

Відмінність указаних груп чинників можна продемонструвати на ряді прикладів. Високий рівень структурної впорядкованості системи не завжди означає, що система функціонує найкращим чином, що в ній присутній порядок. Вона може бути невідлагодженою, невідрегульованою і працювати в режимі, далекому від її можливостей. Тобто сама ідея організації системи хороша, але її конкретне втілення далеке від досконалості.

Можна сказати й інше. Функціональна досконалість системи не гарантує високого рівня її впорядкованості. Зокрема, структурно нерегульовані системи, навіть доведені до функціональної досконалості, не можуть подолати «стелю», визначену низьким потенціалом (наприклад, ККД). Останній якраз і характеризує підсумковий рівень впорядкованості (або ж нерегульованості) системи.

Хоча в результаті рівень 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, в принципі, мають вищий рівень ефективності, хоча важче добитися їх ідеальної відлагодженості.

Ще раз підкреслимо, що внутрішнє виробництво ентропії, обумовлене продуктивною діяльністю системи, побічно характеризує і зовнішньообмінну складову виробництва ентропії системою. Адже зовнішній обмін може активно здійснюватися тільки при інтенсивній внутрішній діяльності системи. Інтенсифікація останньої активізує і виробництво ентропії. Тому можна сказати, що зовнішня діяльність системи з виробництва негентропії є функцією продуктивної дисипативної активності.

## 10.4. Фактори розвитку динамічних систем

Тепер замислимося, від чого залежить питомий (щомоментний) приріст негативної ентропії (негентропії), якого система досягає завдяки обміну із зовнішнім середовищем.

Не вдаючись до складних викладок, скажемо лише, що він прямо пропорційний обсягу ресурсів (речовини, енергії, інформації), що надходять у систему за одиницю часу, і обернено пропорційний параметру, що характеризує досягнутий рівень інформаційної впорядкованості. Що це за показник? Як трактувати його присутність в енергоентропійному балансі?

У першому наближенні місце даного показника в знаменнику означає, що підтримання вищого рівня організації системи «коштує» дорожче. Дійсно, чим вищий рівень виробництва, тим вищі витрати на його підтримання. Ніхто не заперечуватиме, що комп'ютеризація і автоматизація виробництва, його «облагороджування» обходяться не дешево. Витрати на утримання подібного виробництва значно вищі, ніж на обслуговування кустарної майстерні.

Інша річ, що й віддача від високоорганізованого виробництва звичайно набагато вища, ніж від примітивного.

По-перше, завдяки зростанню обсягу виробництва. Зростання може значно випереджати збільшення обсягу витрат ресурсів. У результаті питомі витрати знижуються, і підвищується ефективність виробництва.

По-друге, підвищення рівня виробництва, як правило, дозволяє поліпшити якість продукції, яка випускається, що надає можливість продавати її за дорожчою ціною. З фізичної точки зору це рівнозначно збільшенню припливу в систему вільної енергії з розрахунку на одиницю реалізованої продукції.

По-третє, підвищення інформаційної впорядкованості виробництва звичайно не може не позначитися на якості технологічних процесів. З одного боку, зменшуються питомі витрати ресурсів на одиницю продукції. Але найголовніше, це може істотно змінити характер (властивості) і структуру споживаних ресурсів. Зокрема, менш досконалі (відходні, екологічно шкідливі, матеріаломісткі, малонасичені енергією та інформацією) «субстанції» можуть замінюватися досконалішими аналогами, зокрема, може навіть взагалі знизитися потреба в цілому ряді ресурсів (субстанцій).

## Примітка

---

На підприємстві подібні процеси можуть виявлятися в тому, що обсяг реалізації продукції зростає, а «прокачувана» через підприємство кількість сировини і матеріалів, навпаки, знижується.



Складний, забезпечений електронікою і спецобладнанням автомобіль виявляється значно економічнішою системою, ніж дешева модель. Хоча робота будь-якого додаткового устаткування потребує відповідних витрат енергії, вигоди інформаційного ускладнення системи перевершують зростання енерговитрат.

---

Високоорганізоване виробництво дорожче примітивного, проте дозволяє випускати більш дешеву продукцію.

---

Наведені викладки в принципі справедливі 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 з системи (приплив негентропії) перевищуватиме виробництво ентропії всередині системи.

Звернемо тепер увагу на дуже важливий аспект: динаміку системи і те, від чого залежать її зміни. Практично всі системи, які існують у природі, є динамічними, на відміну від статичних систем, які розглядаються в теорії. У чому відмінність цих двох типів систем?

*Динамічна система* – це система, стан якої залежить від динамічних чинників, тобто тих, параметри яких можуть змінюватися в часі.

Відповідно *статичною системою* можна вважати систему, стан якої залежить від статичних чинників, тобто тих, параметри яких не змінюються в часі.

Поняття *динамічна система* не тотожне поняттю *система, що змінюється*. Динамічна система може змінюватися, а може і не змінюватися. Наприклад, економічний стан будь-якого підприємства залежить від величезної кількості параметрів (цін на ресурси, цін на продукцію, що випускається, котировок акцій, курсів валют і т.д.). Всі ці характеристики змінюються в часі. Але це в жодному разі не означає, що не може бути періоду (наприклад, декількох днів), коли ці характеристики з якоїсь причини не «застигнуть» на місці, тобто залишатимуться більш-менш постійними. У цей час відносно стабільним залишатиметься і фінансовий стан підприємства.

Стабільність (тобто незмінність) динамічної системи спостерігається тоді, коли дії різноспрямованих чинників, від яких

залежить стан системи, виявляються урівноважені між собою. Зміни динамічної системи свідчать про те, що в системі існує невірноваженість (зокрема, несиметрична) дії чинників, від яких залежить стан системи.

Розмір змін стану системи залежить від впливаючого імпульсу. *Впливаючим імпульсом* (від лат. *impulsus* – поштовх, удар) можна вважати спонукальну *причину*, що викликає зміну системи.

### Примітка

---

Наприклад, для економічної системи (підприємства) подібним спонукальним імпульсом може виявитися стрибок (або ж падіння) попиту на продукцію, що випускається, зростання/падіння цін на той чи інший ресурс. Кожна з цих причин може зумовити зміни в системі. Наприклад, стимулювати зростання обсягу виробництва, примусити скоротити виробництво, відмовитися взагалі від випуску певного виду продукції, перейти на нову технологію з метою заміни дефіцитного ресурсу, ін.

Значення впливаючого імпульсу залежить від двох характеристик: по-перше, величини чинника, що викликає зміну в системі; по-друге: тривалості часу дії даного чинника.

У динамічній системі величина чинника, що викликає зміну, є результуючою дії багатьох параметрів, що змінюються в часі. При цьому можуть змінюватися і кількісні значення параметрів, і напрями їх дії.

### Примітка

---

Наприклад, в механіці мірою одномоментного імпульсу дії сили є *кількість руху*. Даний показник для матеріальної точки визначається помноженням її маси на швидкість руху. Кількість руху – величина векторна, спрямована так само, як швидкість точки. Під дією сили кількість руху точки змінюється в загальному випадку і кількісно, і за напрямом.

На рівні системи в цілому результуючим чинником, що викликає зміни в системі, можна вважати різницю між припливом і відпливом негентропії системи (або, що те саме, відпливом і припливом ентропії системи). Це і є приріст негентропії, або інформації, якою володіє система. Віднесена до одиниці часу, ця величина характеризує темпи приросту негентропії (інформації) в системі.

У тому разі, якщо розглядається економічна система (наприклад, підприємство), показник відображає приріст прибутку за одиницю часу. Від чого залежить цей показник? Звичайно, від доходу, який одержує підприємство за кожним видом товарів, обсягом ресурсів, які воно встигає пропустити через себе, попиту на кожний з видів продукції (останнє визначає їх ціни і рентабельність).

## 10.5. Передумови прогресивного розвитку систем

Аналіз енергоентропійного балансу і умов прогресивних змін у системі дозволяє сформулювати ряд висновків.

Темпи збільшення впорядкованості системи залежать від двох чинників: темпів виробництва ентропії всередині системи і темпів відведення ентропії з системи.

### Примітка

---

Тут і далі як повні смислові еквіваленти ми використовуватимемо сполучення: відведення ентропії, виробництво негативної ентропії, виробництво негентропії, виробництво інформації, впорядкування системи, збільшення впорядкованості.

Можна сформулювати умови прогресивного розвитку таким чином: темпи збільшення впорядкованості в системі будуть *тим вищі*, чим *вищий приплив негентропії* ззовні (при незмінному рівні виробництва ентропії всередині системи), або *тим вищі*, чим *менше виробництво ентропії* всередині системи (за незмінного припливу негентропії в систему).

З даних базових умов випливає ряд наслідків.

**Можливий однаковий результат за різних витрат.** Підсумковий результат – рівень впорядкованості системи – оцінюється за різницею двох параметрів: негентропії ззовні і виробництва ентропії в системі. Ця різниця не зміниться, якщо кожний із згаданої пари параметрів збільшиться/зменшиться в певну кількість разів або на певну величину.

### Примітка

---

Якщо приріст негентропії позначити величиною  $h$ , а виробництво ентропії в системі  $s$ , то можна записати:  $k \cdot \eta - k \cdot s = \eta - s$  (де  $k$  – будь-який

довільний множник). Або:  $(\eta + \Delta m) - (s + \Delta m) = \eta - s$  (де  $m$  – будь-яке довільне число).

Ідентичність лівої і правої частини наведеної рівності справедлива лише з математичної точки зору, оскільки забезпечується однаковий кінцевий результат. Тим часом ситуації, представлені в лівій і правій частині рівності, значно розрізняються за своїм внутрішнім змістом. Ліва частина характеризує менш ефективний стан системи порівняно з правою. Причому чим більший множник  $k$ , тим менш ефективний стан системи порівняно зі станом, який описується в правій частині рівності. Адже підтримання порядку, еквівалентного стану, позначеному правою частиною рівності, обходиться значно дорожче. Оскільки втрати (дисипація) енергії в  $k$  разів вищі, доводиться витратити роботи в  $k$  разів більше.

Окремі наслідки: підтримувати порядок вигідніше, ніж його наводити, або не смітити краще (ефективніше), ніж приборати.

---

Підтримувати порядок дешевше, ніж його наводити.

---

**Більший результат можна забезпечити меншими витратами.** Логіку розглянутих вище прикладів можна продовжити далі. Ліва і права частина в наведених двох рівностях рівні між собою. Тим часом можливі варіанти, коли збільшення припливу негентропії в систему супроводжуватиметься випереджальним зростанням виробництва ентропії в системі.

### Примітка

---

Скориставшись умовними позначеннями попереднього прикладу, можна уявити таку окрему ситуацію:  $4\eta - 3s < 2\eta - s$  (де цифрові коефіцієнти означають кратність перевищення відповідного параметра над мінімально можливим значенням виробництва в системі ентропії  $s$ ).

Окремий висновок: збільшення припливу негентропії (наприклад, енергії) в систему не гарантує адекватного зростання впорядкованості системи. Часто маленький енергетичний імпульс може виконати більш значну роботу, ніж великий, за умови правильної реалізації імпульсу.

---

«Сила є – розуму не треба» – закон не коректний.

---

Комплексне управління припливом негентропії і впорядкованість забезпечує ефективніше 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 і пов'язані з цим явища деградації і розбещення соціального середовища.

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, забезпечивши приплив негентропії в систему, або поліпшивши внутрішню впорядкованість системи (отже, підвищивши рівень впорядкованості та/або знизивши ступінь нерегульованості). Але перше – це найчастіше енергетичний параметр, а друге – інформаційна характеристика.

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.

*Темпи припливу негентропії 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 характеризує розмір контакту системи із зовнішнім середовищем (наприклад, одиницю площі, параметра комунікаційних зв'язків, ін.), з 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, ін.).

### Примітка

---

Формально (з фізичної точки зору) рушійна сила (різниця потенціалів) є причиною виникнення потоків. Роль цієї залежності дійсно 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 втікає 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 одного і того ж явища.

Так, характер і властивості ресурсів, що надходять в економічну систему (підприємство, технологічну лінію, ін.), обумовлюють характер і властивості відходів, що виходять із системи. Реальною ілюстрацією цього положення є ті 95–97% відходів речовин, які повертаються сучасним виробництвом у природу, притому в більш токсичному і агресивному вигляді, ніж той, у якому їх подарувала природа. На жаль, лише 3–5% виплучених 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 впорядкованості 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.

*Можливий альтернативний вибір засобів забезпечення припливу негентропії в систему*, ефективність яких істотно різниться. В 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 впорядкованості 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 й 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.

Всі чинники, що визначають стан системи, взаємозв'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: «Все пов'язано з усім».

Підсумок зміни динамічної системи залежить від двох характеристик: величини чинника, що обумовлює зміну стану, і тривалості часу, протягом якого він діє.

Всі 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. При фіксованій тривалості дії чинника, що викликає в системі зміни, їх розмір визначатиметься *величиною* вказаного чинника.
3. При фіксованій величині 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.

---

## Подобиці

---

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 «природним лихом» став плуг і його неправильне використання (зокрема, оранка вздовж схилів). За декілька десятиліть вітрова і водна ерозії винесли близько третини колись еталонних чорноземів.

Аналіз енергоентропійного балансу дозволяє зробити ще два взаємозв'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 переконали 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 і 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 наново 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 взаємозв'язані. Весь хід еволюції природи переконує нас у тому, що не тільки темпи розвитку є функцією зносу, але і знос є функцією динаміки систем. Іншими словами, темпи зносу 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 до тисячі років. Порівняно з такими «старожилами» більшості тварин відпущено долею набагато менше: лише в деяких видів вік може досягати ста і більше років. Зате тварини набувають свободу цілеспрямованої динаміки руху.

Інновації стають одним із головних механізмів, за допомогою яких природа забезпечує високі темпи зносу систем і тим самим підтримує все зростаючі темпи еволюції.

---

Інновації підвищують ефективність системи і... прискорюють її знос (перш за все, моральний).

---

Дієвим інструментарієм при цьому стають: збільшення різноманіття предметів і явищ природи, активізація біфуркаційних механізмів розвитку, нові форми диференціації та інтеграції природних сутностей.



## Умови прогресивного розвитку динамічних систем

### 11.1. Взаємозв'язок 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 удосконалення і підвищення ефективності діяльності її підсистем.

Таким чином, можна говорити про енергетично-інформаційну єдність процесів розвитку системи й у 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, використаної в побуті, необхідно спалити 4 калорії вугілля на тепловій 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

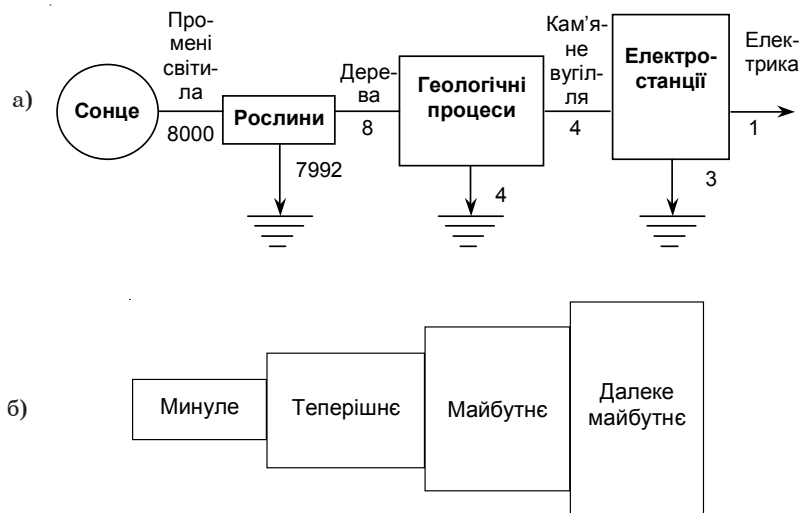


Рис. 11.1. Зв'язок енергетики та інформативності системи:

- шкала «якості» енергії, що відбиває витрати енергії більш «низької якості» для переходу її в енергію більш «високої якості»;
- умовна схема підвищення інформативності суспільних процесів у ході прогресивного соціально-економічного розвитку

бути ще 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, отже, кожний наступний стан системи (рівень розвитку продуктивних сил, набуті знання, навички людей, зміст і властивості наявних ресурсів, ін.) при прогресивному розвитку є інформаційно більш змістовним порівняно з попереднім. Таким чином, можна сказати, що час є таким же інформаційно формуючим фактором, як і стадії виробництва. При прогресивному розвитку майбутнє є більш інформативним стосовно сьогодення, а сьогодення – стосовно минулого (рис. 11.16).

---

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.

## 11.2. Інформаційна природа механізмів зворотного зв'язку і умов прогресивного розвитку систем

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.

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

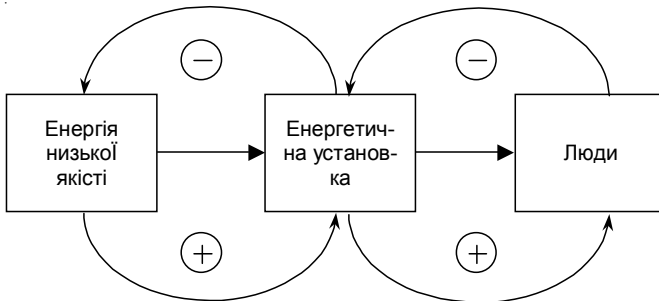


Рис. 11.2. Механізми зворотного зв'язку, який регулює енергопотоки



більше енергії, ніж у тому випадку, якщо опалення здійснювати безпосередньо за рахунок отриманої 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 відзначено 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 упорядковувати 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 теплого 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 упорядкованості, чи інформаційного статусу (а відповідно до визначення Г. і Е. Одум, більш низької якості) порівняно з коректувальним 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 розраховували 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. В другому стовпці наводяться еквіваленти умовного палива (УП) для тих же 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.

Таблиця 11.1. Енергетичні еквіваленти видів енергії

Вид енергії	Витрати енергії (кількість калорій для одержання 1 калорії УП)	Еквіваленти УП (ОУП на одну теплову калорію)
Тепло розсіюваних сонячних променів	10000	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
<b>Грошові витрати (на 1970)</b>		<b>25000 калорій/долар</b>

Оскільки кілька калорій енергії «високої якості» виконують ту ж роботу, що й значно більша кількість калорій енергії «нижчої якості», приведення до одиниць умовного палива (ОУП) дозволяє порівняти корисний ефект для енергії різних видів (табл. 11.1) (Одум и др., 1978).

Наведені викладки американських учених дозволяють під зовсім іншим кутом зору поглянути на ефективність використання різних видів ресурсів.

### 11.3. Про інформаційний статус ресурсів і ентропійний критерій добору

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» (інформована) дія, тим менше енергії (роботи) вона потребує. Як відомо, 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

---

Дійсно, маючи гроші, можна купити будь-який вид енергії для виконання роботи, можна заплатити персоналу, що сам 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 з 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? Чи, 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 – в їх вдалому інвестуванні.

---

*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.

Дійсно, 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 їхнього 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 потребує значно вагоміших витрат праці для одержання. 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 використовується 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 тільки насильство над здоровим глуздом, але й грубе порушення 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, «прогулюються» чи вивозяться за кордон (тобто переводяться в розряд дисипативної енергії). Щось подібне відбувалося довгі роки також із «винесенням» через заводські прохідні речовинних 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 і гуми 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 з 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 можливість майбутніх поколінь одержувати нормальну освіту, виховання, харчування і медичне обслуговування.

Таким чином, несвоєчасна виплата зарплати є, за термінологією економістів, спробою компенсувати подовження існуючого періоду оборотності обігових коштів за рахунок збільшення їх середнього залишку. 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.

*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.

## Подробиці

---

Історія розвитку людства дає чимало прикладів інформаційного контролю гомеостазу системи. До їх числа можна віднести:

- дитячу іграшку «дзиґа», 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;
- реалізація 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 рахунок інформації.

---

Основна мета застосування керівного інформаційного принципу – визначити таке сполучення в просторі і 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.

*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 результатуючої 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 дійсно 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» у природі, технічних системах чи суспільстві можуть бути запуснені процеси, що належать до класу лавиноподібних. Причому це може бути зроблено усвідомлено чи ненавмисно. Достатньо, напри-



клад, не вгадати з яким-небудь податком чи ціною на певний товар (зокрема, бензин), як по країні прокотиться хвиля банкрутств дрібних і великих підприємців.

Методи цілеспрямованого вибуху та імпульсу лавиноподібних процесів є дуже ефективним засобом управління процесами розвитку. Разом з тим це дуже ризиковані методи, що потребують ретельного прогностного 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 ж 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 превентивному руйнуванню 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 більш низької якості. Тоді як вироблена продукція є аналогом енергії більш високої 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-виробника, 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 вимірне одержуваним додатковим прибутком.

У будь-якому випадку вихідні ресурси – це продукти більш низької інформаційної якості, що дозволяють одержати продукти з більш високим інформаційним статусом. З економічної точки зору, 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 подібного роду 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 використовуються 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 тім, що найчастіше дуже важко буває (навіть досвідченому виробничнику) відрізнити власне продуктивні витрати від непродуктивних. Крім того, стануть будь-які витрати продуктивними (тобто корисними) чи ні, можна побачити лише через деякий час – коли завершиться виробничий цикл.

Однак буває, що кричущо 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, 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.

---

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 різнитися. 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



## Теоретичні основи екології

### 12.1. Становлення біосфери та її характеристика

**Біосфера** (грец. *bios* – життя, *sphaira* – куля) – оболонка Землі, в якій існує життя. Цей термін вперше запропонував австрійський геолог Едвард Зюсс у 1873 році. Цілісне вчення про біосферу було створене видатним вітчизняним ученим В.І. Вернадським.

До складу біосфери входять такі частини геосфери:

- *нижня частина атмосфери* – від поверхні Землі до озонової оболонки, тобто до висоти близько 25–30 км. Атмосфера складається із суміші газів (азот – 78%, кисень – 21%, аргон – 0,93%, діоксид вуглецю – 0,03%, інші гази – менше 0,005% за об'ємом) та колоїдних домішок (пил, краплі води, кристали тощо);
- *вся гідросфера* – водна оболонка, яка покриває 2/3 поверхні планети (до найбільшої глибини – Маріанської впадини в Тихому океані – 11 030 м). Більше 40% води міститься в земних надрах (у літосфері). Об'єм гідросфери складає близько  $137 \cdot 10^7$  км<sup>3</sup>, а хімічний склад наближається в середньому до складу морської води. Із загальної маси води близько 98% знаходиться в океанах і морях, 2% її загальної кількості складають прісні води;
- *верхня частина літосфери* – верхня «тверда» оболонка Землі, яку складають земна кора та верхня частина мантії Землі. Товща літосфери становить 50–200 км, у тому числі земної кори – до 75 км на континентах і 10 км під дном океану.

Між літосферою, гідросферою і атмосферою постійно відбувається речовинний і енергетичний взаємообмін, проявом якого є, зокрема, землетруси і виверження вулканів.

Усі ці сфери є складовими середовища, в якому існують всі живі організми планети. Ці організми, у свою чергу, не лише існують у біосфері, а й є її творцями. За В. Вернадським, жива речовина – це біогеохімічний фактор планетарного масштабу, під дією якого відбуваються перерозподіл, міграція і розсіювання хімічних елементів.

Між живим і неживим непереборної межі не існує. *Живою* називають динамічну систему, яка активно сприймає і перетворює молекулярну інформацію з метою самозбереження.

*Основна функція живої системи* – самозбереження шляхом випереджального реагування. Для відновлення і збереження енергії в системі необхідне надходження енергії ззовні, з навколишнього середовища, та обмін речовин і енергії – *метаболізм*. У метаболізмі поєднані процеси асиміляції і дисиміляції (синтезу і розпаду) речовин. Наявність програми відтворення у вигляді дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК) та її висока стабільність порівняно з іншими структурами біологічної системи зумовлюють спадковість. Під впливом змін екологічних чинників спадковість може змінюватися, відбуваються *мутації* – індуковані зміни в генетичному апараті.

Успадковані зміни та їх відбір під впливом екологічних чинників зумовлюють видоутворення і збільшення біологічного різноманіття. Різноманіття видів забезпечує більшу ймовірність збереження життя завдяки існуванню найкраще пристосованих до змін довкілля форм, тобто відбувається біологічна еволюція.

Нині виділяють *шість основних рівнів організації живої матерії*:

- *молекулярно-генетичний* – редуплікація генів, формування ідентичних молекул на основі матеріалів, що забезпечують спадковість і мінливість;
- *організменний* – цілісність функцій, ріст, онтогенетичний розвиток;
- *клітинний*;
- *популяційно-видовий* – еволюція, тривале існування, таксономічні характеристики;
- *біоценотичний* – трофічні, хімічні, енергетичні зв'язки, кругообіг хімічних елементів, перетворення енергії;
- *біосферний* – форма життя, яка поза біосферою не існує.

Кожний з цих рівнів має особливості, але всі вони тісно пов'язані між собою, взаємно впливають один на одного, створюю-



ючи єдине ціле – живу речовину. На всіх структурних рівнях організації матерії реалізована лише дуже незначна частка можливих комбінацій молекул. Це означає, що кожний біологічний вид, кожна жива істота є унікальними, оскільки вони мають набір властивостей, за допомогою яких ефективно адаптується до навколишнього середовища та його змін.

Біосфера є відкритою термодинамічною системою. Енергію вона одержує від Сонця і з надр Землі. Отримана ззовні енергія трансформується і розсіюється, підпорядковуючись двом фундаментальним **законам термодинаміки**. *Перший закон термодинаміки* – це закон збереження енергії (енергія не може ні з'явитися, ні зникнути, вона лише трансформується з однієї форми в іншу). *Другий закон термодинаміки* вивчає напрямок якісних змін енергії в процесі її трансформації з однієї форми в іншу (закон описує співвідношення корисної та марної роботи під час трансформацій форм енергії). За другим законом термодинаміки будь-яка робота супроводжується трансформацією високоякісної енергії в енергію нижчої та найнижчої якості – теплоту – і призводить до зростання *ентропії* (збільшення енергії найнижчої якості, не придатної до корисної роботи, тобто розсіювання енергії).

Вважають, що еволюція біосфери відбувалась у напрямку зменшення ентропії. Чим довшими є ланцюги живлення, тим вони енергетично досконаліші. Саме завдяки ланцюгам живлення в біосфері постійно відбувається не лише кругообіг води та обмін енергії, а й кругообіг речовин, які живі організми використовують для побудови і підтримання життєдіяльності своїх тіл та забезпечення процесів розмноження.

## Примітка

---

Всього відомо близько 80 хімічних елементів, необхідних біоті. З продуктами життєдіяльності або після смерті ці елементи повторно потрапляють у довкілля і знову використовуються іншими організмами (постійний кругообіг речовин). Хімічні елементи, які зазвичай використовуються у великих кількостях (не менш як 0,01% загальної маси організму), – це *макроелементи*: С, Н, N, O, Na, P, S, K, Mg, Ca. Вони вилучаються організмами з довкілля, поглинаються і концентруються в клітинах. Елементи, потрібні організмам у менших кількостях (до 0,01%), називають *мікроелементами*: Cr, Mn, Fe, Cu, Mo, Zn, B, I, F, Se та ін. Отже, до біогенних елементів (їх 22) відносять хімічні елементи, що постійно присутні в складі всіх організмів. Деякі з біогенних елементів входять до складу організмів як мікроелементи (Fe, I, F). В організмі

біогенні елементи утворюють біомолекули, що ускладнюються в процесі обміну речовин (метаболізму). Нестача біогенних елементів в організмі призводить до порушення певних функцій організму.

Великий і малий кругообіг речовин (насамперед води, вуглецю, азоту, фосфору, сірки, калію, магнію, кальцію) – життєво важливі процеси біосфери, вони мільйони років не порушувалися, поки діяльність людини не набула планетарного характеру. За минуле століття, особливо в останні його десятиріччя, антропогенна діяльність призвела до значних порушень кругообігу речовин у біосфері, розвитку глобальної екологічної кризи. Саме діяльність людини значно прискорила процеси вивітрювання гірських порід, зумовила накопичення в атмосфері такої кількості газів, яка спричинила розвиток негативних кліматичних змін (парниковий ефект), появу озонових дір та кислотних дощів, деградацію ґрунтів через надмірне накопичення в них токсичних хімічних сполук. Внаслідок збільшення в природних водах, повітрі і ґрунтах концентрації важких металів, нафтопродуктів, пестицидів деградують і гинуть екосистеми, уповільнюються процеси кругообігу речовин у біологічному циклі, частішають спалахи «цвітіння» вод внаслідок масового розмноження мікроскопічних водоростей не тільки ставків, водосховищ, а й Світового океану, що обумовлює порушення функціонування екосистем. Людина також створює у величезних кількостях речовини, які не можуть бути залучені до біологічного кругообігу (пластмаси, поліетилен тощо), оскільки останні не розкладаються в біосфері.

Накопичення в атмосфері вуглекислого газу, спричинене людською діяльністю, може призвести у найближчий час до потепління, танення льодовиків і підйому рівня води в океанах більш ніж на 100 м, тобто до порушення стійкості біосфери.

В житті і діяльності людини стійкість біосфери має надзвичайне значення:

- біосфера є не просто джерелом ресурсів для людини, а й приймачем відходів її виробництва та життєдіяльності. Це складна система (фундамент життя), у якій біота сама забезпечує стабільність навколишнього середовища;
- біосфера має граничну господарську ємність, перевищення якої порушує стійкість біоти і довкілля;

- у межах господарської ємності біосфера і екосистеми функціонують згідно з принципом Ле Шательє, швидко відновлюють усі порушення рівноваги в довкіллі, залишаючи його стійким. Здатність відновлення в абсолютних величинах, як і межа господарської ємності, змінюються від ландшафту до ландшафту залежно від продуктивності біоти: в пустелях вона найменша, у лісах – найбільша.

Перевищення господарської ємності зумовлює порушення біологічного кругообігу речовин, деградацію екосистем, забруднення довкілля. У свою чергу, забруднення і руйнування навколишнього середовища призводить до загибелі багатьох видів організмів.

Головне завдання людини – збереження і відновлення природних угруповань організмів у таких масштабах, які забезпечать господарську ємність біосфери в цілому. Межу зростання людства визначає господарська ємність біосфери, верхнім порогом якої є переведення в антропогенний канал понад 1% чистої первинної продукції біоти (фотосинтезу); перевищення цього порогу призведе до глобальної екологічної катастрофи і розпаду геному людини, наслідком чого буде зникнення її як виду.

Таким чином, найважливішими рисами біосфери є існування в її межах живої речовини і постійний матеріально-енергетичний обмін з космосом. Наявність життя – це головне, чим відрізняється Земля від інших планет Сонячної системи.

## 12.2. Жива речовина

Сукупність усіх живих організмів на планеті В.І. Вернадський назвав «живою речовиною». Планету населяє приблизно 500 тис. видів рослин і 1,5 млн видів тварин. Якщо зрівняти поверхню Землі і рівномірно розподілити по ній існуючі рослини, тварини і мікроорганізми, то вони утворять шар завтовшки всього 2 см. Розподіл біомаси живої речовини наведений в табл. 12.1.

В.І. Вернадський виділяв чотири функції живої речовини: газові, концентраційні, окисно-відновні і біогеохімічні. У наш час розрізняють шість її основних функцій (табл. 12.2).

Отже, жива речовина – невід’ємна складова біосфери, що об’єднує всі її компоненти в єдине ціле, є її функцією і одночасно «однією з найпотужніших геохімічних сил на нашій планеті» (В. Вернадський).

Таблиця 12.1. Жива речовина Землі

Компоненти живої речовини	Жива біомаса, кг	Суша біомаса, кг
Фітомаса наземна	$6,5 \cdot 10^{13}$	$2,6 \cdot 10^{15}$
Фітопланктон	$0,9 \cdot 10^{12}$	$0,18 \cdot 10^{12}$
Зоомаса суші	$6,0 \cdot 10^{12}$	$2,0 \cdot 10^{12}$
Зоопланктон	$21,2 \cdot 10^{12}$	$4,2 \cdot 10^{12}$
Зообентос	$6,6 \cdot 10^{12}$	$2,4 \cdot 10^{12}$
Уся жива речовина суші	$6,5 \cdot 10^{15}$	$2,6 \cdot 10^{15}$
Уся жива речовина океану	$29,9 \cdot 10^{12}$	$7,05 \cdot 10^{12}$

Таблиця 12.2. Функції живої речовини

Функція	Зміст
Енергетична	Забезпечення зв'язку біосферно-планетарних явищ з космічним випромінюванням, головним чином з космічною радіацією. В основу цієї функції покладено фотосинтетичну діяльність зелених рослин
Газова	Забезпечення міграції газів та їх перетворення і динаміка в біосфері
Концентраційна	Пов'язана з накопиченням живими організмами біогенних елементів з навколишнього середовища; їх концентрація в живих організмах на три порядки вища, ніж у навколишньому середовищі
Окисно-відновна	Полягає в хімічному перетворенні речовин, які містять атоми зі змінним ступенем окиснення (сполуки заліза, марганцю тощо)
Деструктивна	Пов'язана з властивістю деяких організмів перетворювати мертву органічну речовину в неорганічні сполуки
Інформаційна	Проявляється в можливості накопичення, збереження і передачі молекулярної (у т.ч. генетичної) і сигнальної (нервової та інтелектуальної) інформації, необхідної для існування різних видів

Жива речовина розміщена на планеті дуже нерівномірно, що пов'язано з різними умовами її існування (у тропічних лісах – більше 500 т/га, на гірських луках – 125–150, а в пустелях – 2,5 т/га). Біомаса є кількісною оцінкою живої речовини.

**Біомаса** – це виражена в одиницях маси чи енергії кількість живої речовини тих чи інших організмів (популяцій, видів, окремих живих організмів, угруповань у цілому), яка припадає на одиницю площі чи об'єму.

Швидкість оновлення живої речовини біосфери залежить від:

- виду організму;
- чисельності потомства;
- кліматичних умов;
- опору середовища тощо.

Основна маса живої речовини зосереджена на межі літосфери і атмосфери та у верхній частині гідросфери. В біосфері виділяються зони «згущення життя» і «розрідження життя».

З просуванням від полюсів до екватора спостерігаються:

- збільшення кількості видів. Так, у вологих тропіках (гілеях) зосереджено понад 8000 видів рослин – половина існуючих на планеті, 67% усіх видів тварин, тоді як у тундрі менш ніж 500 видів рослин, а у шпилькових і листяних лісах – до 2000 видів рослин;
- збільшення біомаси. Первинна продукція екосистем тундри складає в середньому 140 г сухої органічної речовини на 1 м<sup>2</sup> за рік, степових екосистем помірної зони 5–30 т/га, з яких на зоомасу припадає 10–50 кг/га;
- збільшення висоти дерев. У тундрі це низькі, покручені, часто повзучі форми рослин – береза, верба; у тропіках висота рослин значно вища.

Океан бідніший на життя – біомаса Світового океану в 1000 разів менша від біомаси суші. Загальна первинна продуктивність фітопланктону Світового океану становить 50 млрд тонн на рік, тобто близько третини всієї первинної продукції біосфери. Найбільша густина життя в океані, як і на суходолі, – в екваторіальній зоні, особливо в коралових рифах.

Світ живої природи надзвичайно різноманітний і його будову, зв'язки, функціонування розглядають на різних рівнях і з різних точок зору.

### 12.3. Екологічні фактори середовища

Фактори, що впливають на функціонування екологічних систем, називають *екологічними*. Всі вони можуть бути поєднані в три групи: абіотичні, тобто фактори неживої природи (температура, вологість, світло, рельєф); біотичні – фактори взаємодії живого з живим (мутуалізм, паразитизм, хижацтво, коменсалізм, вільна конкуренція); антропогенні – пов'язані з господарською діяльністю людини.

**Абіотичні фактори.** Як абіотичні фактори розглядають вплив на живі організми температури, світла, вологи та життєвої території існування.

**Температура.** Живі організми можуть існувати тільки в певних температурних умовах. При температурі близько 100 °С руйнуються білки організму, а при низькій температурі уповільнюється, а потім і припиняється обмін речовин. Залежно від температурного режиму виділяють чотири основні кліматичні зони: тропічний пояс (температура не нижче +15...20 °С), субтропічний (найнижча температура +4 °С), помірний (коливання температури від -20 до +30 °С) та холодний пояс. Важливим для організмів є сезонний розподіл температур. Тут виникає цілий ряд пристосувань організмів: зимова сплячка, сезонні міграції тощо.

### Примітка

---

Риби обживають водойми з різним температурним режимом: у гарячих джерелах Каліфорнії живе рибка луканія; риба далія мешкає в промерзлих водоймах Чукотки і Аляски; карась, вмерзаючи в лід, залишається живим. За здатністю витримувати коливання температур риб поділяють на *евритермних* (грец. *eurys* – широкий), що можуть жити в широкому інтервалі температур (щука, карась, короп) і *стенотермних* (грец. *stenos* – вузький), пристосованих до життя у вузькому температурному інтервалі – риби тропічних і полярних зон та риби значних глибин, де температура мало змінюється.

**Вологість.** Вміст води в живих клітинах у середньому становить 80–92%. Джерелом води є опади та ґрунтові води. Тут лімітуючим фактором є кількість опадів. Вона визначає навіть тип екосистем. При опадах менш ніж 250 мм на рік формуються пустельні екосистеми; 250–750 – степові, лісостепові та савани; 750–1250 – субтропічні ліси, а більш як 1250 – вологі тропічні ліси. По відношенню до вологи рослини поділяють на такі групи: гідрофіти – рослини, повністю занурені у воду (водорості, квіткові рослини тощо); гігрофіти – напівзанурені (рогоз, комиш, осока, очерет тощо); мезофіти – суходільні рослини з достатнім зволоженням; ксерофіти – що мешкають на сухих територіях.

Тварини також мають певні пристосування для добування та утримання води. У ссавців і водних тварин відсутній дефіцит води, тому основний продукт азотистого обміну виводиться з організму у вигляді водного розчину *сечовини*. Більшість наземних тварин економлять воду, виводячи азот у вигляді нерозчинної у воді *сечової кислоти*.

## Примітка

---

Відкладання яєць у комах відбувається лише за певної вологості повітря. Комарі не кусаються, якщо відносна вологість повітря нижча за 40%. Верблюди і одяжна міль отримують воду метаболічним шляхом, окиснюючи жири свого тіла.

*Світло* відіграє вирішальну роль у життєдіяльності рослин, оскільки рослини синтезують органічні речовини з неорганічних, використовуючи світлову енергію сонця. Одним із видів конкуренції в рослин є конкуренція за світло. У тварин зміна тривалості дня викликає зміну поведінки. Так, деякі птахи готуються до перельотів, інші починають линяти, розмножуватися тощо. Середня ефективність використання сонячної енергії рослинами становить 1%, максимальна продуктивність фотосинтезу за сприятливих умов 3–10%.

*Територія* є важливим фактором в житті і рослин, і тварин. Всім відомо, як ретельно оберігають свою територію тварини, ставлячи відповідні мітки. Це й зрозуміло, бо всяке життя починається з відмірювання життєвого простору, на якому організми мешкають та виводять потомство.

**Біотичні фактори.** Проживаючи в угрупованнях, організми вступають у певні стосунки. Так, серед рослин можна виділити три головних типи взаємодій: мутуалізм (відомий також як симбіоз), конкуренція та відносини з травоядними тваринами.

*Мутуалізм* (від лат. *mutuus* – взаємний) – це біологічна взаємодія двох видів партнерів, що сприяє їх росту та виживанню. У природі такі види не можуть жити один без одного.

## Примітка

---

Прикладом мутуалізму є відносини між вищими рослинами та грибами. Грибниця густо оплігає коріння, утворюючи складну структуру, яка називається *мікоризою* (від грец. *mykes* – гриб + *rhiza* – корінь). Вважають, що такі структури забезпечили цим рослинам завоювання суші, тому що нитки грибниці утворюють додатковий потужний всмоктувальний апарат. Гриб, у свою чергу, отримує від рослини необхідні йому для живлення органічні речовини. Ще один цікавий приклад: мутуалізму багато дерев у лісі часто зростаються своїми коренями, це дозволяє передавати поживні речовини один одному найскладнішими і несподіваними шляхами. У результаті таких взаємовідносин життя одного виду залежить від іншого. Старі пеньки, наприклад, можуть необмежено довго жити, не маючи фотосинтезуючих органів, тому що вони пов'язані кореневою системою з іншими деревами, від яких отримують органічні речовини.

У рослинних угрупованнях постійно відбувається «боротьба за світло», тому що єдиним джерелом енергії для них є сонячне світло. Це явище дістало назву *конкуренції* (від лат. *concurrere* – бігти разом). Конкуренція за світло є найсильнішою порівняно з конкуренцією за воду та мінеральні речовини. В конкурентній боротьбі за світло рослини в угрупованнях виробили різноманітні пристосування. Це відмінності у висоті, розміщенні листків, формі крони. Особливо добре видно такі пристосування в угрупованні мішаного лісу, де рослини розміщуються ярусами. В першому (верхньому) ярусі царюють крони високих дерев – дубів, берез, лип. У другому ярусі присутні менш високі дерева – горобина, черемха, яблуні. В третьому – кущі та напівкущі, у четвертому – трави. П'ятий ярус представлений мохами. Кожний нижчий ярус отримує все менше і менше світла, тому в нижньому ярусі ростуть найбільш тіньовитривалі рослини.

Відзначимо ще одну біологічну особливість життя рослин в угрупованнях. Як правило, з двох видів, які певний час живуть у подібних умовах, один обов'язково гине. Ця закономірність була доведена в експерименті і дістала назву *принцип конкурентного виключення*. Якщо дві чи більше рослин використовують однакові поживні речовини, кількість яких обмежена, то ці рослини будуть меншого розміру і чисельність їх буде меншою.

Для рослин дуже важлива також *боротьба за територію*. У зв'язку з цим у них сформувався ряд пристосувань. Особливо сприяє при захопленню території вегетативне розмноження.

## Примітка

---

Наприклад, кульбаба, що має потужну кореневу систему, міцно вкорінюється в ґрунті і має високу стійкість до витоптування. Спориш утворює суцільний трав'яний покрив, крізь який не вдається пробитися практично ні одному проростку інших видів. Подібним чином захоплює територію і барвінок. В інших випадках швидке розмноження забезпечується високою насінневою продуктивністю без запліднення (апоміксис), як у тієї ж кульбаби або нечуйвітра.

Нерідко конкуруючі організми виробляють хімічні речовини, які пригнічують ріст та розвиток або особин свого ж виду, або інших видів. Наприклад, шавлії виділяють токсичні леткі речовини, що мають саме таку дію.



Особливі взаємовідносини виникають між *рослинами і тваринними тваринами*. Загальновідомі приклади використання рослинами біологічних пристосувань, що захищають їх від поїдання тваринами. Це колючки, шипи, шипики, жалкі волоски та інше. Але мало відома і тим цікава справжня «хімічна війна» між рослинами і тваринами, що ними живляться. Протягом довгого еволюційного шляху рослини озброїлися цілим рядом захисних хімічних речовин. Наприклад, горох виділяє *нізантин*, що захищає його від грибів-паразитів. Інші речовини, наприклад *хромени*, відлякують комах. *Пиретрин*, що містяться в рослинах роду хризантем, діє згубно на багатьох шкідників. Восковий наліт на пагонах та листках багатьох рослин робить їх важкодоступними для комах і грибів.

### Примітка

---

У випадку ураження грибами або бактеріями багато рослин виділяють жироподібні антибіотики, що називаються *фітоалексинами*. Інші рослини замість фітоалексинів виділяють *таніни* та леткі речовини. Так, після поїдання листків дуба гусінню непарного шовкопряда нові листки, що відростають на дереві, містять велику кількість танінів. Такі листки стають малоїстівними, і личинки шовкопряда гинуть. Подібний захист мають також інші рослини. Коли зайці об'їдають кору берези, то нові пагони містять значно більше смол та отруйних речовин, ніж до uszkodження. Також було виявлено, що при нападі гусіні верба та вільха утворюють певні леткі сполуки. Вони поширюються, напевно, через повітря, від дерева до дерева, і неушкоджені рослини реагують таким самим чином, як і uszkodжені. Але цю речовину, попри всі зусилля вчених, ще не вдалося отримати.

Здатність рослин виробляти токсичні речовини необхідно враховувати і в сільському господарстві. Багато культурних сортів порівняно з їх дикорослими предками не здатні виробляти токсичні речовини в необхідній для захисту кількості. Тому зараз учені зосереджують зусилля на отримання отруйних або відлякуючих рослиноїдних тварин речовин рослинного походження.

Виявлено, що хімічні засоби захисту мають не лише наземні рослини, але й багато водоростей.

У цілому взаємовідносини рослин в угрупованні дуже складні й різноманітні. Деякі їх прояви ми починаємо розуміти лише сьогодні. Ті приклади, що тут описані, скоріш є лише початком досліджень, які обіцяють багато цікавих і значних відкриттів.

На відміну від рослин тварини значно менше залежать від наявності світла. Якщо автотрофні організми конкурують здебільшого саме за світло, то тварини весь час проводять в пошуку їжі. Їжа – це те основне, що забезпечує організм поживними речовинами. На довгому шляху еволюції виникало і вдосконалювалося безліч варіантів добування харчів. Тварини вимушені були вступати в певні взаємовідносини між собою. Такі взаємовідносини можна поділити на певні групи. Коротко згадаємо про них.

**Взаємовідносини хижак – жертва** є найбільш показовими і відомі, мабуть, кожному. Вислів «хижак» можна застосувати в різних значеннях. Звичайно хижаками називають тварин, що живляться іншими тваринами, близькими за систематичним положенням. Наприклад, такими, що належать до одного з ними класу або ряду (вовк і заєць, тріска та оселедці тощо). Тварин, що живляться молюсками, комахами або червами, звичайно не відносять до хижаків. Іноді, як відомо з біології рослин, деякі комахоїдні рослини теж називаються хижакками.

При вивченні біології тварин можна спостерігати цікаві пристосування для ловіння здобичі в хижаків та пристосування в жертв – щоб уникнути пазурів хижака.

Досить різноманітне за формами у тварин, як і у рослин, явище **симбіозу** – **взаємовигідного** співіснування (мутуалізму); співіснування, **вигідного для одного з партнерів**; або **нейтрального** співіснування.

## Примітка

---

Можна навести багато прикладів таких форм взаємовідносин. Рак-самітник і актинія, де рак використовує щупальця актинії для захисту, а актинія живиться залишками їжі рака. Це типовий приклад мутуалізму. Особливо поширені форми симбіозу між деякими морськими тваринами та одноклітинними водоростями. Наприклад, найбільший молюск тридакна, що досягає розміру 1,5 м і ваги 200–300 кг, надає притулок великій кількості одноклітинних водоростей, без яких не може існувати. У цьому випадку тварини постачають водоростям вуглекислий газ та азотисті сполуки (продукти метаболізму), а отримують від рослин кисень і частково органічні речовини. Часто можна спостерігати зграйки рибок, що ховаються поміж щупалець медуз, – це є прикладом однобічного симбіозу.

Надзвичайно різноманітний також **паразитизм**, коли організми використовують інших тварин як середовище існування

та джерело їжі. Особливо він поширений серед одноклітинних тварин, а також серед безхребетних. При паразитизмі між тваринами встановлюються взаємовідносини *паразит – хазяїн*.

*Коменсалізм*, або *нахлібництво*, – харчування залишками їжі інших тварин; також поширене серед тварин. Наприклад, у мурашниках живуть кілька видів жуків, що живляться за рахунок запасів працелюбних мурашок. Також коменсалами можна вважати рибок-лоцманів, рибок-прилипал, що постійно супроводжують акул і харчуються залишками їхньої їжі.

*Вільна конкуренція* – взаємовідносини, що виникають між організмами одного або різних видів в однакових умовах середовища. Наприклад, гризуни, саранові, копитні, що споживають трави. Такі ж відносини складаються і серед хижаків, наприклад, між хижими птахами та лисицями, які живляться гризунами.

У сучасній екології, як зазначено вище, до екологічних факторів середовища відносять не лише абіотичні та біотичні фактори, а й антропогенні. Ці фактори обумовлені господарською діяльністю людини, і їх вплив на функціонування екосистем має здебільшого негативний характер. Тому ми розглянемо їх у розділі 6, разом з тими екологічними проблемами, які вони спричиняють.

## 12.4. Екосистеми

Термін «екосистема» запропонував у 1935 р. англійський ботанік А. Тенслі. Це поняття охоплює не лише сукупність живих організмів, а й комплекс факторів навколишнього природного середовища.

Для всіх без винятку екосистем характерні *кругообіг речовин* та *потік енергії*. Речовини, необхідні для побудови живих організмів, безперервно здійснюють кругообіг, надходячи в живі організми і повертаючись у ґрунт після їх смерті. Крім того, екосистеми повинні безперервно постачатися енергією.

Початковим джерелом енергії в екосистемах є *сонячне світло*. Ця енергія надходить через зелені рослини. У процесі фотосинтезу з вуглекислого газу та води утворюються складні органічні речовини. В них нагромаджена частина сонячної енергії у вигляді хімічних зв'язків. Як побічний продукт виділяється кисень. Для синтезу органічних речовин також необхідні

мінеральні речовини, розчинені у воді. Тому фотосинтезуючі організми, що виробляють органічні речовини з неорганічних, називають *продуцентами*.

### Примітка

Органічні речовини, що утворилися в процесі фотосинтезу, використовуються самими рослинами або організмами, які їх поїдають. У процесі дихання відбувається вивільнення енергії, яка забезпечує життєдіяльність. Для цього переважна частина організмів використовує кисень. У результаті дихання утворюється  $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2\text{O}$ , які є вихідними речовинами для фотосинтезу. Частина поживних речовин витрачається на побудову тканин самих організмів.

Речовина та енергія складають єдине ціле і переходять в екосистемі від одних організмів до інших. Але є одна суттєва відмінність. Речовина може безкінечно довго здійснювати кругообіг, включаючись у процесі фотосинтезу в органічні сполуки та повертаючись у ґрунт після смерті організмів. А більша частина енергії поступово втрачається у вигляді тепла. Тому екосистема постійно потребує притоку енергії зовні у вигляді органічних сполук, у яких «законсервоване» сонячне світло (рис. 12.1).

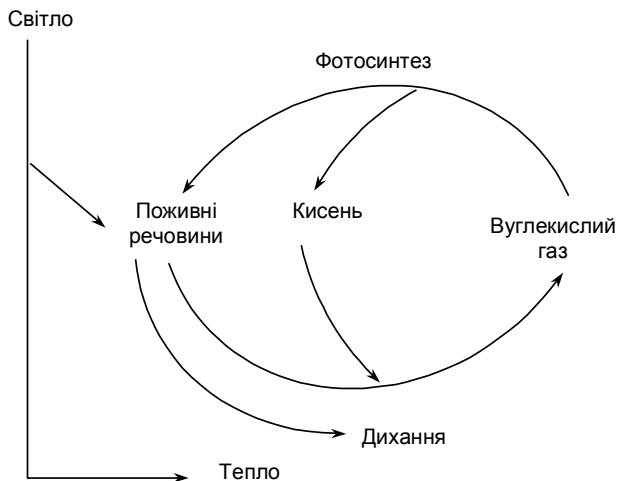


Рис. 12.1. Взаємозв'язок процесів фотосинтезу і дихання в екосистемах

Як розподіляються ролі всіх компонентів екосистеми? Може скласти враження, що рослини повністю незалежні від тварин, бактерій і грибів. Однак це не так. Якщо б на нашій планеті існували лише фотосинтезуючі організми, то невдовзі всі мінеральні речовини були б перетворені в органічні. Тоді б ріст і розвиток рослин припинився зовсім. Цього не відбувається тому, що існує ціла група організмів, яке живляться відмерлими рослинними і тваринними організмами. Вони розкладають органічні речовини до мінеральних, видобуваючи необхідні для своєї життєдіяльності речовини та енергію. Ця група організмів дістала назву *редуцентів*.

Якщо б екосистеми склалися лише з продуцентів та редуцентів, то вони могли б існувати необмежено довго. Але ситуація ускладнюється наявністю ще однієї великої групи організмів, які використовують в їжу велику кількість органічної речовини. Це тваринні організми, або *консументи*. Розрізняють *рослиноїдних, м'ясоїдних* (хижаки) та *всєїдних* тварин. Частина тварин і рослин перейшла до паразитичного способу життя, їх об'єднують у групу *паразитів*.

Всі компоненти екосистеми перебувають у певному взаємозв'язку. Такий взаємозв'язок будується на харчових взаємовідносинах. Таким чином, всі «ролі» розподіляються залежно від джерела їжі та її загальної кількості, що отримують організми. За джерелами їжі всі організми поділяють на автотрофів і гетеротрофів. *Автотрофи* – фотосинтезуючі організми, що використовують енергію сонця для створення власних органічних речовин. *Гетеротрофи* не можуть цього робити і тому живляться органічними речовинами, що виробляються автотрофами. Серед самих гетеротрофів їжа розподіляється нерівномірно. Найбільша кількість її припадає рослиноїдним тваринам, які є їжею для хижаків, хижаки невеликих розмірів стають жертвою більших хижаків. Тварини, що загинули або не потрапили до пазурів хижаків, врешті-решт стають «здобиччю» редуцентів – бактерій, грибів, червів, комах та інших. Таким чином, всі живі компоненти екосистеми шикуються в певну послідовність, утворюючи ланцюг живлення. На схемі (рис. 12.2) показані взаємозв'язки основних компонентів екосистеми через кругообіг речовин та потік енергії.

Будь-які структурні особливості екосистем є результатом їхнього розвитку. Окремим випадком еволюції екосистем є

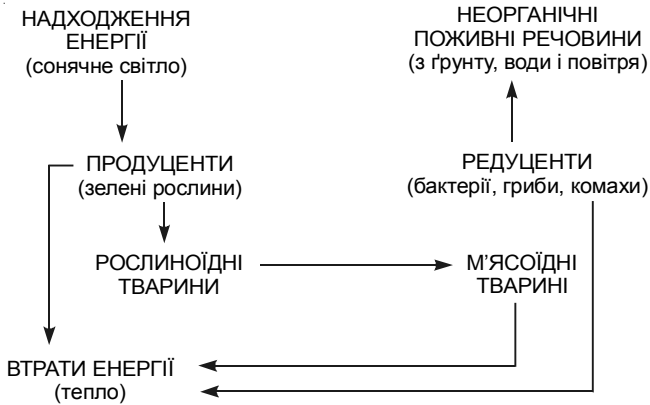


Рис. 12.2. Взаємозв'язки компонентів екосистеми (стрілками показано кругообіг речовин і потік енергії)

сукцесії. *Сукцесія* – це послідовна зміна екосистем на одній і тій самій території під впливом природних факторів або діяльності людини. Наприклад, оголення ґрунту після зсуву, свіжі річкові наноси та ін. Угрупування живих організмів, які першими заселяють такі місця, називаються *піонерними*. У міру розвитку будь-яке піонерне угруповання рано чи пізно досягає стійкої рівноваги, коли вже не може бути замінене іншим угрупованням. Такі угруповання називаються *клімаксними*.

Повний набір угруповань живих організмів у часовій послідовності їхніх замін від піонерного до клімаксного складає *сукцесійний ряд*.

Таким чином, різноманітність видів формує сукцесію та її напрямок, забезпечує наповненість реального простору життям.

## Закономірності екосистемного регулювання

### 13.1. Закономірності системи «організм – середовище»

Жива складова нашої планети утворює надскладний комплекс із неживим компонентом, якому притаманні певні закономірності, які характеризують взаємодію неживого та живого, розкривають взаємозв'язки, що склалися сотнями мільйонів років, еволюціонували та змінювалися. Нарешті останні тисячоліття ознаменувалися появою нового потужного екологічного фактора – господарчої діяльності людини.

Загальна екологія, що зародилася в глибинах біології, розглядає основні закономірності взаємодії організмів і середовища переважно з погляду біотичного компонента. Тут фігурують такі суто біологічні поняття, як плодючість, інтенсивність розмноження, густина популяцій та їх віковий склад тощо. Але в будь-якому випадку будь-яка система «організм – середовище (екосистема)» характеризується рухом речовини, а саме її кругообігом, і потоком енергії. Такий рух речовини та потік енергії являють собою строгу ієрархію підпорядкування. Порушення ланцюгів у складних системах екологічних взаємодій спричинює певні зміни як у структурі систем, так і їхніх функціональних можливостей.

Розглянемо основні закономірності взаємодій екологічних факторів середовища, функціонування екосистем та простежимо на рівні законів, правил і закономірностей динаміку змін екосистем.

**Екологічні фактори та їх взаємозв'язок.** Як відзначалося вище, існуючі в наш час екосистеми пройшли тривалий шлях

історичного розвитку. На цьому шляху були злети і падіння. Певні системи досягали небувалого прогресу і перетворювалися в домінуючі угруповання, як, наприклад, мезозойські плазуни, і ті ж такі плазуни пережили майже повний крах при різкій зміні екологічних умов близько 60 млн років тому. Які ж закономірності покладені в основу функціонування екосистем? До яких наслідків може призвести порушення основних законів та принципів системного характеру?

Слід відзначити, що системі «організм – середовище» притаманний цілий ряд закономірностей, які можна згрупувати в кілька «блоків». Головні з них: закономірності системи «організм – середовище»; закони функціонування біоценозів та угруповань; кругообіг речовин і потоки енергії, стійкість угруповань і біоценозів; структура та функціонування екосистем, їх динаміка.

**Закономірності системи «організм – середовище».** Слід відзначити, що будь-який організм існує в певних умовах середовища і відокремити його від останнього неможливо. Між організмом і середовищем встановлюється певна взаємодія. Така взаємодія підпорядковується певним закономірностям, серед яких можна відзначити закономірності загального і часткового характеру. Найперше – це те, що організм і середовище являють собою діалектичну єдність. Саме середовище визначає можливість існування організму, але провідну роль у цих взаємозв'язках відіграє живе.

**Закон єдності «організм – середовище».** Ця закономірність сформульована нашим співвітчизником В.І. Вернадським. Форма існування організму завжди повинна відповідати умовам існування. Звідси випливає правило *відповідності умов середовища життю, яке генетично обмежене*. Іншими словами, з одного боку середовище «пропонує» комплекс певних умов, а з іншого – функціонування організму в цих умовах обмежується його генетичними можливостями.

Наприклад, фактори, що впливають на функціонування організмів у певних екологічних умовах, називають екологічними. Всі вони можуть бути згруповані в три групи: абіотичні фактори, тобто фактори неживої природи температура, вологість, світло, рельєф (рис. 13.1); біотичні – фактори взаємодії живого з живим (муtualізм, паразитизм, хижацтво, коменсалізм, вільна конкуренція); антропогенні – фактори господарської діяльності людини.





*Рис. 13.1.* Розташування рослинних біомів залежно від умов середовища: саме широтна зональність рослинного світу наочно демонструє залежність видового складу рослинності від абіотичних умов середовища

Необхідно відзначити, що й самі організми суттєво впливають як одне на одного, так і на неживий компонент екосистем. Наприклад, утворення ґрунтів неможливе без участі живого, оскільки гумусна частина ґрунту утворюється виключно із залишків організмів. Це дозволило виділити ґрунти в окремий екологічний фактор – *едафічний*.

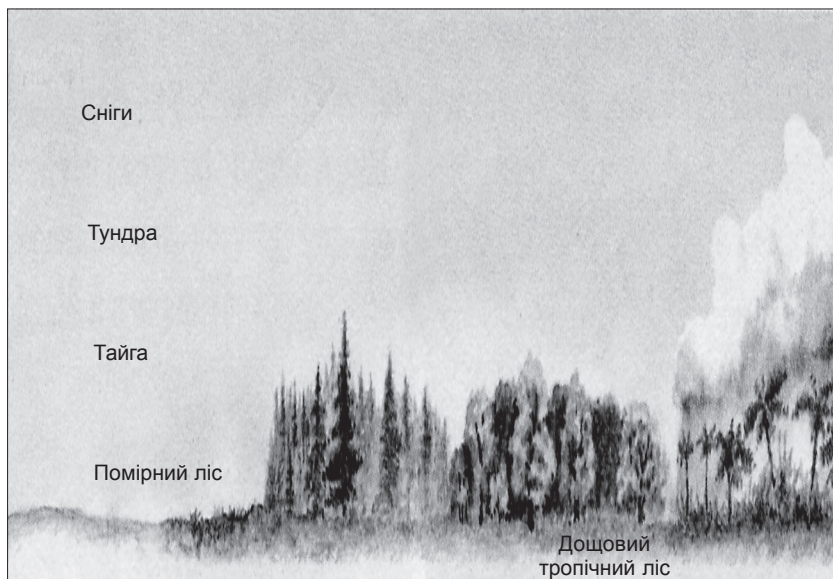
Крім того, самі організми змушені вступати в певні взаємозв'язки один з одним, утворюючи так звані біотичні зв'язки, які називають біотичними екологічними факторами.

Особливе місце в структурі екосистем посідає біологічний компонент, який весь час збільшує тиск на середовище свого існування. Такий тиск виражений у постійній тенденції організмів нарощувати чисельність. При цьому саме середовище починає суттєво змінюватися. Таким чином формується власне середовище існування організмів.

**Закон максимуму біогенної енергії В.І. Вернадського – Е.С. Бауера.** Ця закономірність виглядає так: *будь-яка біологічна система, що знаходиться в рівновазі із середовищем та еволюційно розвивається, збільшує свій вплив на нього.* Однак тиску організмів на середовище протистоїть опір середовища, обумовлений дією *закону тиску середовища життя, чи закону обмеження росту Ч. Дарвіна*, суть якого полягає в тому, що розмноження організмів відбувається в геометричній прогресії і за відсутності обмежень той чи інший вид швидко б заповнив

весь світ. Існуючі обмеження середовища певним чином впорядковані і можуть бути сформульовані у вигляді правил, принципів та законів.

**Закон обмежувальних факторів Ф. Блекмана.** У загальному вигляді всі вищезазначені закономірності сформульовані таким чином: *фактори середовища, які мають песимальне значення (нижній поріг дії фактора), особливо утруднюють (обмежують) можливість існування виду в даних умовах, незважаючи на оптимальне поєднання інших окремих умов.* Можна навести безліч прикладів дії таких факторів. Так, досить часто лімітуючим фактором виступає температура. Холоднокровні тварини в умовах значних сезонних температурних коливань або гинуть, або виробляють механізми, за допомогою яких переживають несприятливий період, – сплячка або інші види анабіозу, при яких значно уповільнюються життєві процеси, що підтримуються запасами поживних речовин. Рослини наших помірних



*Рис. 13.2.* Вертикальна зональність: ще один приклад залежності видового складу рослин від температури та вологості, що можна спостерігати при просуванні з низини вгору. Саме ці фактори виступають як лімітуючі, зумовлюючи характер рослинності

широт також мають спеціальні фізіологічні механізми зимівлі, що допомагають долати дію лімітуючого температурного фактора. В якості інших обмежувальних факторів може виступати вологість, освітлення, наявність їжі тощо (рис. 13.2). Можна навести цікавий приклад, коли роль лімітуючого фактора відіграє діяльність людини. Зоологи відзначають, що є певні види тварин, які надто чутливі до фактора неспокою. Наприклад, сирій журавель покидає місця гніздування, якщо людина занадто часто потрапляє в поле його зору. Біологи часто відзначають, що неорганізований відпочинок людей на природі є серйозним фактором неспокою і часто викликає досить суттєві зміни у видовому складі екосистем.

**Закон толерантності** розширює наше розуміння дії лімітуючих (обмежувальних) факторів: лімітуючим фактором може бути як мінімум, так і максимум екологічного впливу, а діапазон між ними визначає величину витривалості (толерантності) організму до даного фактора. Найчастіше діяльність людини як екологічний фактор штучно спричинює дію лімітуючих факторів як у зоні мінімуму, так і в зоні максимуму, ставлячи організми на межу витривалості.

Загалом будь-який фактор – абіотичний чи біотичний – може стати лімітуючим і лише оптимальна сукупність цих факторів забезпечить процвітання тієї чи іншої групи організмів. Таку закономірність було сформульовано у вигляді **закону рівнозначності всіх умов життя**: всі умови середовища, що необхідні для життя, відіграють рівнозначну роль. Для пояснення цього закону досить відзначити, що лімітуючим фактором може стати будь-який екологічний фактор, досить лише його значення звести до мінімуму або максимуму. Наприклад, відсутність в екосистемі хижаків спочатку начебто сприяє бурхливому росту чисельності трав'янистих, оскільки хижак є лімітуючим фактором і стримує таке зростання. Але потім здоров'я популяції трав'янистих починає погіршуватись і смертність починає зростати. Тут лімітуючим фактором виступають інфекційні мікроорганізми, які користуються відсутністю добору з боку хижака, що призвело до погіршення спадковості популяції жертви, їх опірності інфекціям. Лише збалансована дія всієї сукупності факторів забезпечує стан рівноваги в екосистемах.

**Закон мінімуму.** Даний закон був сформульований Ю. Лібіхом у 1840 році, хоча до екології на той час він не мав ніякого

відношення, оскільки такої галузі знань у ті часи ще не існувало. Сутність закону полягала в тому, що будь-який фактор, який є в дефіциті, визначає успішність життя. Цей висновок був зроблений стосовно розмірів урожаю сільгоспрослин, який залежав від наявності в ґрунті необхідних речовин. Пізніше цей закон був розширений і доповнений. Так, *правило взаємодії факторів* стверджує, що дефіцитна речовина може бути замінена іншою. Е. Рюбель у 1930 році розширює закон мінімуму у вигляді *закону компенсації факторів*. Наприклад, нестача світла при фотосинтезі може компенсуватися підвищеною концентрацією  $\text{CO}_2$ . Але водночас формулюється *закон незамінності фундаментальних факторів* (В.В. Вільямс, 1949 р.). При повній відсутності в середовищі фундаментальних екологічних факторів вони не можуть бути замінені іншими. Дійсно, відсутність води, наприклад, створює умови, які несумісні з життям, в умовах темряви рослини не здатні фотосинтезувати тощо.

*Закон фазових реакцій* стверджує, що *малі дози токсичної речовини діють як стимулятор, а великі концентрації пригнічують організми або викликають їх загибель*. Ця думка досить поширена в побуті і відбивається відомим афоризмом: «отрута в малій дозі є ліками». Але це не зовсім так. Наприклад, широко відомо, що малі дози радіації сприятливо діють на організми, але наукові дані не надають однозначного підтвердження. Навпаки, є думка, що будь-яка доза радіації є згубною, навіть її фонові значення. Підраховано, що Чорнобильська катастрофа потенційно викликала близько 1 млн ракових захворювань, а смертність у поколіннях дорівнює 20 млн чол. Також відомо, що слабке опромінення спричинює сплеск підвищеної сексуальності в чоловіків, а також наступну слабкість. Загальний висновок може бути таким, що малі дози токсикантів виводять живу систему з рівноваги, що в цілому не можна розглядати як позитивне. Можна вважати, що застосування малих доз для лікування є вимушеним, і не слід розглядати його як корисне.

Таким чином, розглянуті закономірності відносно лімітуючих факторів середовища є надзвичайно важливими, оскільки надають можливість регулювати ліміти природного середовища і створювати оптимальні умови функціонування екосистем. На жаль, у сучасних технологіях майже відсутні екологічні підходи, які б враховували такі закономірності, що й поставило людство на межу екологічної кризи.

## 13.2. Закономірності структурування та функціонування екосистем

Нагадаємо, що *екосистема* – це вся сукупність живих організмів, які мешкають на даній території і взаємодіють з характерними для неї абіотичними факторами. Для всіх без винятку екосистем характерний відносно стійкий *кругообіг речовин* та *потік енергії* (рис. 13.3).

**Принцип екологічної компліментарності.** Усі компоненти будь-якої екосистеми настільки тісно пов'язані одне з одним, що складають єдине цілісне функціональне утворення. Тобто окремий компонент не може існувати незалежно від інших. Ця закономірність виражена в *принципі екологічної компліментарності (доповненості)*. Складові частини екосистеми пов'язані харчовими відносинами та доповнюють і одночасно залежать одна від одної. Наприклад, травоядні тварини засвоюють рослинну їжу на 50–70% і її неперетравлені рештки містять ще достатню кількість органічних речовин. Цими речовинами живиться ціла група інших гетеротрофів, яка створює ланку так званих редуцентів. Саме ці

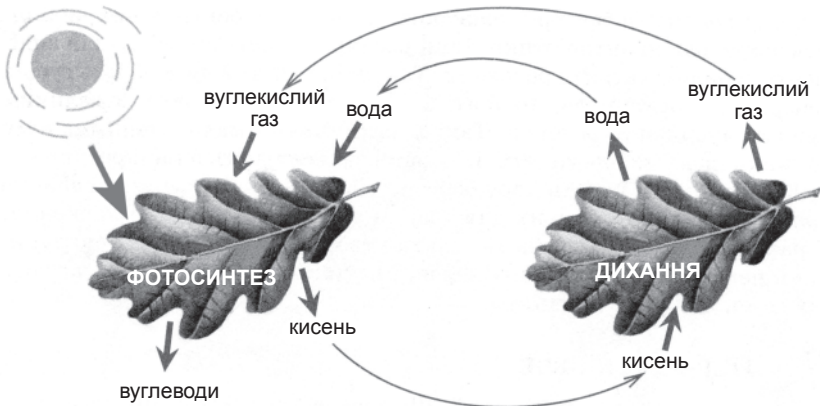
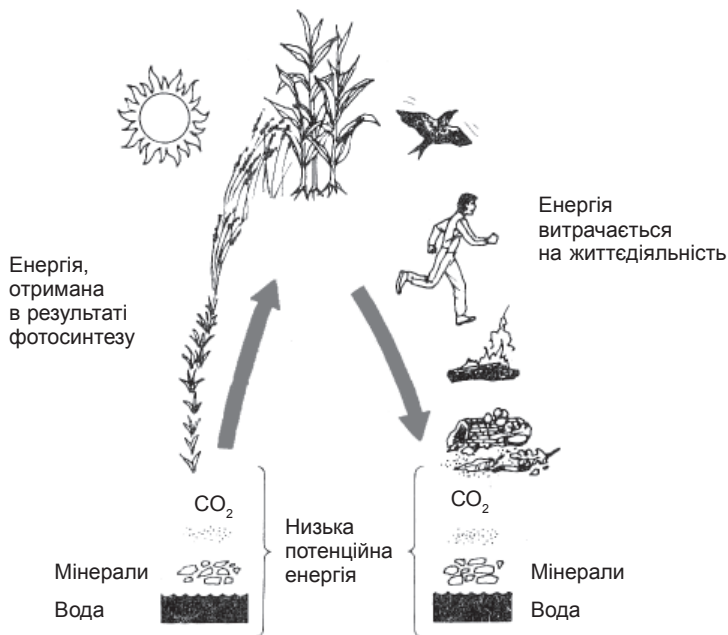


Рис. 13.3. Кругообіг речовин в екосистемі: процеси фотосинтезу забезпечують екосистему біомасою, яка містить речовину та запас енергії, а при звільненні енергії при процесах дихання речовина знов повертається до свого вихідного стану  $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2\text{O}$ , включаючись у фотосинтез

організми значно підвищують ефективність мінералізації органіки, повертаючи мінеральні речовини продуцентам – зеленим рослинам, які, у свою чергу, знов за їх допомогою фіксують енергію сонця у вигляді органічних речовин. Саме ці органічні речовини і визначають в кінцевому результаті загальну біомасу екосистеми, у тому числі і трав'янистих тварин. Якщо вилучити хоча б частково ланку редуцентів (наприклад, обробляючи ґрунт отрутами) то через деякий час ресурси екосистеми будуть вичерпані.

**Закон життя.** На підставі вищезазначеного формулюється один з основних законів життя на рівні екосистем: *постійне існування організмів у будь-якому обмеженому просторі можливе лише в екологічних системах, всередині яких відходи жит-*



**Рис. 13.4.** Рух енергії в екосистемах: рослини в процесі фотосинтезу включають елементи енергетично бідних речовин у молекули органічних речовин. Коли рослину з'їдають, спалюють або вона просто згниває, ця запасена енергія вивільняється, забезпечуючи життєдіяльність компонентів екосистеми. Знов утворюються енергетично збіднені прості речовини і цикл повторюється

тедіяльності одних видів організмів утилізуються іншими видами (за Ю.М. Куражковським). Іншими словами, тривале існування угруповань організмів можливе лише в екосистемах, де між ними встановлюються абіотичні і біотичні взаємозв'язки, які забезпечують пристосованість та доповнюваність організмів одне одним. Тому цю важливу закономірність також *називають принципом формування екосистеми*.

Одна з важливих закономірностей також формується як **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. З цього визначення випливає ще одна закономірність – **закон односторонності потоку енергії**. Загальний енергетичний потенціал продуцентів (зелених рослин) поступово, рухаючись по харчових ланцюгах від консументів першого порядку до кінцевого хижака, розсіюється при диханні або разом з біомасою передається на кожен наступну ланку. Редуценти отримують найменшу кількість енергії і передають в початкову ланку продуцентам лише 0,25–0,35% від початкової кількості. Загальний висновок – існує лише кругообіг речовин в екосистемах, який підтримується потоком енергії (рис. 13.4).

**Закон динамічної рівноваги**. Для розуміння динаміки функціонування екосистем необхідне знання цього закону, який був сформульований М.Ф. Реймерсом на початку 70-х років минулого століття. Згідно з цим законом *речовина, енергія, інформація і динамічні якості окремих природних систем (у тому числі і 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 якостей систем, де такі зміни відбуваються*.

Цей закон прямо пов'язаний з попереднім законом односторонності потоку енергії. Саме обмеженість кількості енергії в екосистемах зумовлює всю різноманітність екологічних зв'язків усіх її елементів. Закон динамічної рівноваги пояснює залежність стану екосистеми від енергетичного забезпечення кругообігу речовин і висвітлює наслідки порушення такої рівноваги. Особливо важливий цей закон для планування робіт, пов'язаних з природокористуванням. Які ж наслідки можливі при порушенні динамічної рівноваги?



Так, будь-яка зміна вищезазначених характеристик екосистеми призведе до ланцюгових реакцій, спрямованих на нейтралізацію таких змін. Як наслідок – екосистема зазнає змін, частіше негативних; а якщо зміни суттєві, то можуть відбутися необоротні явища катастрофічних масштабів. Як приклад можна навести екологічну катастрофу Аралу. Здавалося б красивий намір перетворити пустелю на квітучий сад з використанням води річок Амудар'ї та Сирдар'ї призвів до обміління Аральського моря, підвищення його солоності та засолення ґрунтових вод. Наслідки були непередбачуваними. Практично екосистема Аралу у своєму первісному вигляді перестала існувати, виникли проблеми соціального характеру тощо.

Зміна параметрів екосистеми викликає адекватні структурно-функціональні зміни нелінійно. Наприклад, мінімальна або незначна зміна одного з параметрів може викликати серйозні порушення рівноваги в екосистемі. Так, підвищення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері нашої планети всього на кілька сотих відсотка викликає парниковий ефект, а оксиди сірки, азоту, також у відносно невеликих концентраціях, призводять до загибелі екосистем прісних водойм, лісів тощо, стаючи причиною так званих кислотних дощів.

Будь-яка зміна, навіть місцевого характеру, викликає певні зміни в глобальній екосистемі планети, які спрямовані на їх компенсацію. Тобто зміна в одному місці буде компенсована змінами в іншому. Якщо ми зволожимо пустелю в одному місці, то така пустеля виникне в іншому. Такий регіон, як Україна, може бути яскравим прикладом такого наслідку. Розорювання широких масивів степів та їх додаткове зрошування призвело до суттєвого перерозподілу вологи. Південні райони є поливними землями, а додаткові дзеркала води Дніпровського каскаду з його водосховищами суттєво змінили клімат регіону.

Зміни середовища на місцевому рівні можуть бути слабкими і поширюватися на невеликих площах. Але коли такі зміни набувають певної масштабності і охоплюють великі екосистеми, то виникають суттєві порушення, які вже впливають на біосферу нашої планети в цілому. Головне, що такі зміни необоротні і для їх нейтралізації необхідні великі матеріальні витрати. Як уже відзначалося вище, перетворення пустель у сади в одному місці закономірно викликає спустошення в іншому, ча-



сто непередбачуваному місці. Навіть руйнівні процеси набагато випереджають наші позитивні втручання.

При будь-якому втручанні в природні екосистеми ми вкладаємо значну кількість енергії, порушуючи співвідношення екологічних компонентів. Наприклад, розорювання ґрунтів дозволяє нам отримувати значний приріст урожаю (біомаси) і тим самим створювати для себе більш комфортні умови існування. Якщо з таким порушенням місцеві екосистеми справляються, то зміни не викликають негативних наслідків. Але як тільки енергетичний вклад перевищить допустимий, процеси руйнування набудуть необоротного характеру, аж до спустошення всієї території. Головним є те, що ми не маємо точних механізмів виміру таких впливів. Оскільки існує закономірність непропорційної взаємодії фактора і структур екосистеми (тобто між змінами і потужністю фактора немає лінійної залежності), то планування нашого втручання навіть на місцевому рівні набуває біосферного значення. У даному випадку нам важко спрогнозувати екологічні наслідки і визначити ту межу, за якою регіональне втручання викличе ланцюгову екологічну реакцію на рівні великих екосистем і, відповідно, на рівні біосфери.

**Закон екологічної кореляції.** *Усі живі і неживі компоненти екосистеми функціонально відповідають одне одному – зникнення одного з них безумовно спричинить виключення із системи інших, що тісно з ним пов'язані.* Виникають функціональні зміни, які прагнуть компенсувати такі зміни і втримати динамічну рівновагу екосистеми. Місце компонента, що випав, займає інший компонент, який разом із собою привносить в екосистему нові біотичні і абіотичні зв'язки. Дія цього закону показує, як відбуваються стрибкоподібні зміни в житті екосистем. Наприклад, дія забруднювача певний час не викликає видимих змін, а потім навіть незначна додаткова його кількість викликає катастрофічні зміни. Так, стійкість зелених листків рослин до концентрації сполук сірки в атмосфері має певну межу, після якої фотосинтез припиняється і рослини гинуть. Як наслідок, гине практично вся дана екосистема, оскільки припиняється продукування біомаси, необхідної консументам усіх порядків.

**Правило оптимальної компонентної доповнюваності.** Дане правило впливає з попереднього закону і встановлює, що жодна екосистема не може самостійно існувати при будь-якому

штучно створеному компоненті, його надлишку або нестачі. Такий надлишок або нестача завжди визначається «нормою», яка забезпечує стан рівноваги екосистеми і склалася протягом тривалої еволюції та не порушує загальний баланс систем більш високого порядку. Як правило, природні зміни мають короткочасний характер і суттєво не впливають на стан рівноваги, і навпаки, штучні втручання більш тривалі і виходять за межі витривалості екосистеми, що призводить до її деградації. Як приклад можна розглянути рекреаційні навантаження на природні екосистеми приміських районів. При епізодичному відпочинку людей на природі дана ділянка екосистеми досить швидко відновлюється і сліди їх перебування поступово зникають. При збільшенні навантаження на такі території ми можемо спостерігати поступове спустошення значних ділянок і руйнування природної екосистеми. Тому заклики екологів максимально дотримуватись правил поведінки на відпочинку є не пустою фразою, а намаганням довести до свідомості людей розуміння досить складних закономірностей функціонування екосистем, у взаємодію з якими вони вступають, перебуваючи на відпочинку на «лоні» природи.

**Принцип екологічної надійності.** Ступінь ефективності екосистеми, її здатність до самовідтворення та саморегуляції визначається місцем даної екосистеми в структурі інших екосистем, взаємодією її компонентів та пристосувань окремих організмів до конкретних умов (абіотичних і біотичних) даної екосистеми. За всієї очевидності цього принципу багато що залишається нам незрозумілим. Значна кількість зазначених параметрів ще не вивчена. Наприклад, ми не знаємо, яким чином біорізноманіття впливає на стійкість екосистем, чи залежить витривалість систем від складності взаємозв'язків та кількості трофічних рівнів тощо.

### 13.3. Динаміка або зміни екосистем – сукцесії

У визначенні екосистеми можна виділити одне з положень, яке характеризує її як систему, що знаходиться в стані відносної рівноваги. Дійсно, екосистема – це система відкритого типу, яка весь час взаємодіє з факторами середовища. Підтримання стану рівноваги є динамічним і забезпечує стабільність лише в

певному діапазоні коливань умов. Якщо навіть один із факторів перевищує межу своєї дії і стає лімітуючим, то екосистема починає змінюватися. Одні види зникають, і руйнуються відповідні трофічні зв'язки, а замість зниклих у структуру екосистеми «вбудовуються» нові види, що екологічно схожі, але мають стійкість до дії лімітуючого фактора. З появою прибульців в екосистемі перебудовуються ланцюги та мережі живлення. Такі перебудови називають сукцесіями. Розрізняють первинні і вторинні сукцесії. *Первинними сукцесіями* називають формування екосистем на стерилізованій території, наприклад, після виверження вулкану, тривалих пожеж тощо. *Вторинні сукцесії* виникають при заміщенні попередніх, а також внаслідок змін умов середовища природним або штучним шляхом. Розглянемо коло тих закономірностей, яким підпорядковується така динаміка екосистем.

*Принцип сукцесійного заміщення.* На життєвому просторі, де є харчовий субстрат, угруповання живих організмів поступово формують ряд екосистем, які зрештою переходять у стан клімаксу – стан відносної стійкої рівноваги, де процеси асиміляції врівноважені деструктивними процесами. Самі такі угруповання називають *клімаксними*. Результатом цього процесу є формування відповідних екологічних ніш, види організмів виробляють пристосування для сумісного існування, доповнюючи одне одного та функціонально розмежовуючись. Але в цілому вся ця сукупність утворює систему кількох рівнів підпорядкування.

При антропогенному або іншому впливі ми можемо штучно підтримувати стан клімаксу, наприклад, підтримуючи весь час дію певного фактора. Це яскраво ілюструється на прикладі так званих агроценозів, де людина штучно культивує монокультури, безжально знищуючи всі інші види, які намагаються використати даний харчовий ресурс. Це стосується і рослин-бур'янів і цілого ряду шкідників.







У реальних природних умовах екосистеми являють собою певну «мозаїку», яка визначається геологічними, кліматичними, топографічними та іншими чинниками. Саме це і зумовило формулювання *теорії мозаїчного клімаксу* (Р. Уїттекер, 1957 р.). Щоб переконатися в мозаїчності екосистем, достатньо подивитися на будь-яку карту місцевості з позначеннями характеру біотопів, де чітко видно строкатість рослинності і, відповідно, структур екосистем. Звичайно, існуючі екосистеми мали

такий вигляд не завжди, а є продуктом сукцесійних процесів, які через певний час змінять і ці екосистеми.

**Закон послідовності проходження фаз розвитку.** Сукцесійні процеси відбуваються за певними правилами. Кожна попередня фаза готує наступну. Часто ця закономірність ігнорується, що призводить до негативних наслідків. Наведемо приклад типової вторинної сукцесії екосистеми тайги. Протягом останніх двох століть людина безжалісно вирубувала ці ліси, не замислюючись над тим, що їх відновлення дуже важке і довге. Під пологом смерекового темношпилькового лісу підріст (молоді деревця) практично не росте. Коли з'являються «вікна» на місці дерев, що загинули, сюди нарешті проривається світло. Молодняк шпилькових, який росте досить повільно, швидко обганяють береза та осика. Поступово шпильковий ліс змінюється світлим та веселим листяним. Під його пологом неначе оживає молодняк шпилькових, який поступово набирає силу і нарешті змінює менш довговічні листяні дерева. Цей процес потребує сотень років, тому зруйнувати екосистему, що складалася тисячоліттями, можна дуже швидко, а відновити її важко і складно. Спроби на місці порубів висаджувати насадження хвойних найчастіше закінчується загибеллю останніх, оскільки на відкритих площах ялина практично не росте. Тому останнім часом для забезпечення населення новорічними ялинками штучно висаджують лише сосну, яка є світлолюбною рослиною.

З наближенням екосистеми до клімаксного стану в ній уповільнюються процеси розвитку. Ця закономірність відбивається в **законі сукцесійного уповільнення**: процеси, що відбуваються в зрілих екосистемах, мають тенденцію до уповільнення темпів. Набувши клімаксного стану, екосистема може невизначено тривалий час перебувати в такому стані. Найбільш яскраво ілюструє цю закономірність вище наведений приклад із сукцесією темношпилькової тайги. Аналогічні процеси відбуваються при заболочуванні та розболочуванні, при формуванні степів та їх заростанні лісами (рис. 13.5).

Підводячи підсумок, можна сказати, що спочатку сукцесійні процеси відбуваються стрімко, а при досягненні клімаксу (зрілості) переходять у тривалу фазу підтримання стану рівноваги, що склалася. Ось чому клімаксні екосистеми найбільш вразливі при порушенні рівноваги, коли починаються бурхливі сукцесійні процеси. Наприклад, у досить старому лісі, де перева-

Злаки	Роки	
	0–1	
Різнотрав'я	1–3	
Поява сходів сосни	3–10	
Сосняк	10–30	
Проникнення листяних порід	30–70	
Клімаксий листяний ліс	70+	

*Рис. 13.5.* Вторинна сукцесія. Відновлення лісу на покинутому полі: добре видно послідовні етапи відновлення екосистеми листяного лісу, що складають сукцесійний ряд

жають вікові дерева, можна спостерігати характерну рослинність: розріджений деревостій, великі лісові галявини з характерною трав'яною рослинністю. Навпаки, на вирубках буває кущова рослинність, багаторічні та однорічні трави утворюють непролазні хащі. Саме тут спостерігаються сукцесії, кінцевий результат яких – клімаксне угруповання.

Сукцесії супроводжуються швидким збагачення флори і фауни видами організмів, але при поступовому наближенні до клімаксового стану таке видове різноманіття починає знижуватися. Виникає питання, чи не є таке збіднення екологічним негативом? Навпаки, формування зрілої екосистеми відбувається саме через сукцесійний ряд перетворень. Там, де видового різноманіття недостатньо для формування клімаксового угруповання, екосистема так і не досягає зрілості і тому є вкрай нестабільною.

**Правило сукцесійного моніторингу.** Чим глибше порушення середовища певного простору, тим на більш ранніх стадіях завершується сукцесія. Особливо це стосується антропогенного впливу і вказує на ступінь завершеності сукцесії, що має велике практичне значення при індикації екологічного стану території або акваторій.

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. Всі розмови про відновлення екосистем до попереднього стану є лише розмовами і не мають нічого спільного з науковими дослідженнями, які стверджують, що повернутися до попереднього стану екосистема не в змозі, оскільки втрачений вид не можна відновити. Звідси випливає **закон еволюційно-екологічної необоротності**: екосистема, що втратила частину своїх елементів або замінила їх на інші, не може повернутися до попереднього стану. Винятком може бути вилучення видів на проміжних етапах сукцесії, коли екосистема функціонально компенсує цю втрату. Наприклад, повернення вимерлих на даній території видів знов у їх рідне середовище (реакліматизація) фактично повертає види в нову екосистему. Така доля спіткала вовків, які були знов завезені в ліси українського Полісся після їх повного винищення у 60–70-х роках ХХ століття.

### 13.4. Закономірності еволюції екосистем

Біосфера нашої планети являє собою загальнопланетарну екосистему. Вона містить екосистеми нижчих рангів і, таким чином, структурно представлена набором систем зі складною ієрархією. Еволюцію екосистем називають також *екогенезом*, розу-



міючи його як сукупність процесів і закономірностей власне еволюції і підкреслюючи необоротність розвитку і заміни екосистем різних рівнів підпорядкування в окремих регіонах Землі і в біосфері в цілому. Сутність таких еволюційних процесів полягає в здатності угруповань організмів перетворювати середовище свого існування і на певних етапах таких перетворень змінювати свій склад, структуру та продуктивність відповідно до умов, що змінюються.

Тенденції еволюції біосфери виглядають таким чином: поступове збільшення її загальної біомаси і продуктивності; нагромадження акумульованої сонячної енергії в поверхневих оболонках планети; збільшення інформаційної ємності біосфери, яка проявляється в збільшенні життєвих форм; підсилення певних біогеохімічних функцій живого і продуктів життєдіяльності та поява нових функцій; збільшення ролі живої речовини в геологічних, геохімічних та фізико-географічних процесах; ускладнення структури біотичного кругообігу. Необхідно додати трансформуючий вплив господарської діяльності людини, що викликає еволюційну заміну певних біоелементів. Іноді така заміна на регіональному рівні супроводжуються повним їх зникненням. Швидко вилучення видів із структури екосистем викликає тенденції, зворотні до вищезазначених – знижується біомаса, продуктивність та інформаційність біосфери, змінюється характер фіксації сонячної енергії. Таким чином, еволюція може йти не лише прогресивним шляхом, а й регресивним.

Не вдаючись у тонкощі історичного аспекту екоєволюції, слід відзначити, що екосистеми сучасного типу склалися в крейдовий період мезозойської ери – 70–90 млн років тому. Тобто склалися з трьох основними блоками: продуцентами, консументами та редуцентами. Саме з тих часів екосистеми все глибше диференціювалися, замість єдиного біосферного кола кругообігу речовин виникали малі обмінні кола. Склалася струнка ієрархія біохімічних кругообігів зі значною часткою біотичної складової. Навпаки, діяльність людини все більше «стирає» елементарні екосистеми, перетворюючи їх на агроценози з переважанням монокультур і формуючи так звані культурні ландшафти.

У 1935 році Е. Бауер сформулював *закон історичного розвитку біологічних систем*.

Цей закон стверджує, що розвиток біологічних систем є результатом збільшення їх зовнішньої роботи, впливом цих систем

на середовище. Антропогенні впливи є деструктивними. Вони «замінили» біогенну еволюцію, зруйнувавши природні системи. Вищезгаданий закон уже не працює, оскільки вплив біотичного компонента на середовище знизився. Можна прогнозувати, що за знищенням видів почнеться самознищення живого в цілому. Частково ці явища можна спостерігати вже сьогодні. Наприклад, масові розмноження окремих видів, що руйнує історично складені екосистеми.

Наукові дані свідчать, що катастрофічні зміни в біосфері траплялися досить регулярно ще задовго до появи людини. Але найчастіше вони відбувалися упродовж досить тривалих періодів. Відомо, що суттєві зміни умов середовища спричинили зникнення цілого ряду видів організмів, але в цьому вбачали прискорення еволюційних пристосувань. Це відбулося в *принципі катастрофічного поштовху*, згідно з яким катастрофа завжди викликає суттєві еволюційні перебудови, що можна розглядати як прогресивне явище. Етап прискорення змінюється етапом уповільнення еволюції, тобто діє *принцип перервності і неперервності розвитку біосфери*.

Антропогенні впливи на біосферу відбуваються з великою швидкістю, і слід чекати нового прискорення еволюційних перебудов, наслідки яких ми просто не уявляємо. На перший план висувається проблема інформованості людства не лише про стан біосфери, а також про її інформаційно-управлінські мережі. Усвідомлення людством кризової ситуації в біосфері і швидкість реакції на глобальну екологічну кризу, що вже розпочалася, характеризується надмірною повільністю, і це людству загрожує фізичним знищенням. За деякими підрахунками нам залишилося 40–100 років.



## Біорізноманіття і проблеми його збереження\*

### 14.1. Поняття біорізноманіття, його склад і рівні

Біорізноманіття (скорочене від «біологічне різноманіття») визначається кількістю, різноманітністю і мінливістю живих організмів. У найширшому розумінні це поняття синонімічне з «життям на Землі». Тут виділяється два різних підходи: перший – це кількісна міра різних живих істот, другий – міра того, наскільки вони різні.

Хоча існує багато визначень біорізноманіття, частіше використовують те, що запропоновано в «Угоді про біологічне різноманіття».

*Біологічне різноманіття* – це «мінливість живих організмів усіх екосистем, включаючи земні, морські та інші водні екосистеми та екологічні комплекси, частиною яких вони є; сюди належить різноманіття в межах різновиду, між різновидами і екосистемами» (Джонсон, 1992).

Таким чином, термін «біорізноманіття» описує різноманіття усього життя на Землі і визначається як взаємодія різних компонентів екосистем.

Останнім часом з'явилося безліч концепцій, що стосуються принципів управління біорізноманіттям, включаючи цілісність, здоров'я, стійкість і пружність (здатність протистояти напруженню і ударам) екосистеми. Наявність великої кількості концепцій і визначень ускладнює завдання пошуку єдиного

---

\* Переклад з англ. О.Д. Алексієнко, Т.В. Іващенко, О.В. Шкарупи.

практичного визначення біологічного різноманіття. Одним із найпростіших і найбільш загальноприйнятих визначень біорізноманіття є таке: *збереження максимальної кількості різновидів*.

**Різновид** – основна одиниця класифікації в біології. Хоча різновид міг би бути визначений як група подібних організмів, що схрещуються або мають спільне походження, не існує жодного універсального визначення, яке б описувало різновид. Навіть якщо різновид визначати як основну одиницю, він являє собою тільки один рівень комплексу генетичної ієрархії: пов’язані різновиди згруповані в рід, пов’язані роди – в сімейства, сімейства – в підкласи і т.д., до найвищого рівня, – царства, яких нині існує п’ять: тварини, рослини, гриби, бактерії, людина. Більш схематично рівні біорізноманіття показані в табл. 14.1.

Багатство різновидів вимірюється кількістю різновидів у межах даної території без огляду на вагу кожного різновиду. Цей порядок обліку різновидів може використовуватися на різних географічних рівнях (область, країна і, зрештою, світ), будучи найбільш простим і корисним виміром біорізноманіття. В усьому світі поки було описано тільки 1,75 мільйонів різновидів з відомих 13–14 мільйонів. Більшість описаних різновидів недостатньо вивчені. Не існує єдиного каталогу, що описує всі відомі різновиди.

**Функціональне різноманіття** – оцінює багатство функціональних особливостей і взаємозв’язків на території, визначаючи харчові ланцюги поряд з різновидом основних видів.

Однак не тільки різноманіття має значення. Важливе також таке поняття, як *ендемизм* (поширення виду у вузькому ареалі)

Таблиця 14.1. Склад і рівні біорізноманіття (За Хейвудом і Бастом, 1995)

Склад і рівні біорізноманіття		
Екологічне різноманіття:	Генетичне різноманіття:	Різноманіття організмів:
• біоми	• популяції	• царства
• біорегіони	• особини (індивідууми)	• типи
• ландшафти	• хромосоми	• сімейства
• екосистеми	• гени	• роди
• середовища існування	• нуклеотиди	• популяції
		• особини
Культурне різноманіття: людські взаємодії на всіх рівнях		

– проживання різновиду виключно в межах окремої території. Наприклад, острови мають меншу кількість різновидів, ніж порівнянні за розміром континентальні території. Звичайно вони також характеризуються більш високим відсотком рідкісних різновидів, тобто таких, що ніде більше не існують. Іншими словами, вони мають менше багатство різновидів і більш високій ендемізм різновидів.

**Генетичне різноманіття** – різноманіття наборів генів, що несуть різні організми: у малому масштабі це відбувається між організмами того самого різновиду, між близько пов'язаними різновидоміями – у тому самому гені, між більш віддалено пов'язаними різновидоміями – у різних сімействах, підкласах або царствах.

Глобальне генетичне різноманіття надзвичайно велике. Було визначено, що нині у всесвітній біоматерії існує приблизно  $10^9$  різних генів. Кількість можливих комбінацій варіантів послідовності генів у популяції настільки велика, що майже неможливо визначити її будь-яким способом.

Ця дивовижна різноманітність у генетичному просторі надає можливості для еволюційної зміни, виживання різновиду, адаптації до змін навколишнього середовища і формування нового різновиду.

**Екосистемне різноманіття.** Різновид існує в природних умовах у межах екосистем, що взаємодіють з іншими видами і абіотичним навколишнім середовищем. Екосистеми функціонують як об'єкти, що мають безліч властивостей.

Існують різні класифікації, за допомогою яких можна описати різноманіття екосистем. У *глобальному* масштабі розглядаються біогеографічні зони, біоми, екорегіони й океанічні царства. У *локальному* масштабі – ландшафти, екосистеми і угруповання (див. табл. 14.1).

Існує проблема визначення екосистем у глобальному масштабі. Головною причиною є те, що вони не мають чітко описаної ідентичності. Вони взагалі не функціонують як дискретні одиниці, але являють собою різні частини високомінливої природної безперервності (суцільної маси).

Для вивчення різноманіття екосистем на різних рівнях усе частіше використовуються географічні інформаційні системи як засіб оцінки і основний інструмент управління.

## 14.2. Основні причини втрати біорізноманіття

Хоча біорізноманіття здебільшого залежить від генів, різновидів і екосистем, існує також залежність від інших факторів, що перебувають за межами біології. Для розуміння причин загроз біорізноманіттю і при прийнятті рішень щодо його збереження потрібні знання елементів теорії соціально-економічних і прикладних наук.

### Примітка

Головною причиною посилення інтересу до проблеми різноманіття життя на Землі є розуміння того, що ми є свідками швидкого зниження біорізноманіття. Зникнення різновиду – це частина еволюційного процесу. Однак останнім часом кількість зникнень збільшилася десятикратно порівняно з доцивілізаційним періодом (Sinclair, 2000).

Зменшення біорізноманіття обумовлюється рядом причин. Розглянемо найвагоміші.

**1. Втрата середовища існування.** Таблиця 14.2 характеризує результати втручання людини в середовище існування у всесвітньому масштабі. Дані показують істотний вплив людської діяльності на світові екосистеми. Наприклад, у Європі стан тільки 15% території континенту класифікується як «недоторканий», що є найнижчим показником в усьому світі.

Таблиця 14.2. Середовище існування і вплив людини на континентах (Організація економічного співробітництва і розвитку, 1995)

Континент	Загальна площа (км <sup>2</sup> )	% недоторканих площ	% частково порушених площ	% площ із домінуванням людини
Європа	5 759 321	15,6	19,6	64,9
Азія	53 311 557	43,5	27,0	29,5
Африка	33 985 316	48,9	35,8	15,4
Північна Америка	26 179 907	56,3	18,8	24,9
Південна Америка	20 120 346	62,5	22,5	15,1
Австралія	9 487 262	62,3	25,8	12,0
Антарктика	13 208 983	100,0	0,0	0,0

#### Примітки

- Недоторкані площі: характеризуються найбільшою кількістю первинної рослинності, дуже низькою густиною населення.

- Частково порушені площі: характеризуються зміною структури під впливом екстенсивного сільського господарства; наявністю вторинної рослинності, що природно регенерується (вторинна сукцесія); підвищеною густиною свійських тварин на одиницю площі; інші ознаки людського втручання.
- Площі з домінуванням людини: характеризуються наявністю постійного сільського господарства або високим рівнем урбанізації; первинна рослинність вилучена; поточна рослинність відрізняється від потенційної рослинності; високий рівень спустелення або іншої постійної деградації.

**2. Розповсюдження екзотичного різновиду.** Іноді це відбувається випадково, як, наприклад, сталося зі шкідливими бур'янами та шкідниками. Але в більшості випадків все навпаки. Наприклад, лиси, кролики і коти, що прибули в Австралію з Європи і замінили місцеві види. Використання екзотичної риби для спортивних або продовольчих цілей стало причиною зникнення 18 різновидів риби в Північноамериканських ріках.

**3. Незаконне полювання і систематичне рубання лісу для одержання енергії або виробництва деревного вугілля також є причинами втрати біорізноманіття.** Використання лікарських рослин певною мірою може проілюструвати це твердження. Так, дослідження лікарських рослин у посушливому сільському районі Південного Кочабамба (Болівія) показало, що 10 зі 132 вивчених рослин, що використовуються місцевими жителями для традиційних лікарських цілей, перебувають під загрозою зникнення внаслідок їх інтенсивного збирання (Urena Hinojosa, 2001).

**4. Менш вивченими є випадки «взаємозалежних» ефектів.** Різновид, що розвивається сумісно з іншим (наприклад, рослини, що поширюються за допомогою спеціальних комах-запилювачів), буде вимирати, якщо другий вид пари перебуватиме під загрозою зникнення. Коли останній мандрівний голуб помер на початку 1990, зникли два його паразити, два різновиди вошей (Сторки Лайал, 1993).

**5. Забруднення і глобальна зміна навколишнього середовища також загрожують всесвітньому біорізноманіттю.**

## Цифри і факти

---

Людством було відібрано і культивовано для виробництва продовольства 7000 різновидів рослин, 30 з яких задовольняють 90% продовольчих потреб населення всієї планети. Це можна показати на прикладі з бананом (*Musa spp.*). Банани є четвертим найбільш важливим джерелом продовольства в тропіках після рису, пшениці і кукурудзи. Їх вирощують майже в 120 країнах. Фермери

використовують тільки приблизно 25 видів придатних для їжі бананів. Але їх кількість постійно зменшується через поширення шкідників і хвороб, а також погіршення ресурсу.

Усі ці причини мають одну спільну рису – вони викликані діяльністю людини. Це робить діяльність людини однією з найсерйозніших причин сучасного погіршення біорізноманіття. Тому багато аспектів впливу людини на біорізноманіття разом з безпосередніми причинами його погіршення мають важливе значення для визначення пріоритетів і протидій існуючим негативним тенденціям.

**6. Зростання кількості населення.** Офіційно на 1 грудня 1999 р. на планеті налічувалося 6 млрд людей. Кількість населення порівняно з 1960 р. подвоїлася, швидкість зростання становила 1,6% за рік. Очікується, що кількість населення у світі досягне 8 млрд у 2025 р. і стабілізується в межах 12 млрд людей до кінця XXI сторіччя. На цей час найвищий темп зростання населення спостерігається в Африці, де його швидкість становить 2,9% за рік і до кінця сторіччя чисельність африканців наблизиться до цифри 3 млрд, що в п'ять разів перевищує кількість населення континенту сьогодні. У Південній Америці темп зростання населення складає 1,7% на рік. Дані про кількість населення на окремих континентах наведені в табл. 14.3.

Крім того, населення нерівномірно розподілене і концентрується переважно в містах уздовж узбережжя і внутрішніх водних шляхів. Близько 45% населення проживає в містах, але воно розподілено в нерівному співвідношенні між промислово

*Таблиця 14.3.* Зростання кількості населення по континентах (Міжнародний банк реконструкції і розвитку, 2000)

	1960	1990	2025	2100	2150
Населення світу (млрд)	3,0	5,4	8,1	12,0	12,2
	По регіонах, у %:				
Азія/Океанія	57,0	59,4	58,6	57,0	56,8
Північна і Південна Америка	13,3	13,7	12,8	11,0	10,8
Африка	9,2	11,9	20,9	23,9	24,5
Європа	20,5	15,0	7,7	8,1	7,9

розвиненими країнами (більш ніж 70%) і країнами, що розвиваються (менше 40%). Однак така різниця скорочується, і темп зростання урбанізації на цей час у чотири рази вищий у країнах, що розвиваються, ніж у промислово розвинених. Існують прогнози, що кількість міського населення найближчими десятиріччями зростатиме швидше, ніж за період 1980–2000 р. (McNeely, 1995).

Взаємозв'язок між втратою біорізноманіття і кількістю населення, його темпами зростання і густотою досить складний. З теоретичної точки зору немає сумніву, що ці фактори впливають на земельні і водні ресурси, особливо при виробництві продовольства, а також при створенні інфраструктури, наприклад, будівництві шляхів і житла. Концентрація людей у прибережних зонах може призвести до зникнення або зниження земельного, водного і морського біорізноманіття.

Взаємозв'язок між демографічними змінами і впливом на біорізноманіття очевидний. Протягом останніх періодів збільшення кількості населення призвело до змін у засобах використання землі внаслідок виникнення різних методів сільськогосподарського виробництва.

Приріст населення впливає на зростання споживання ресурсів і їх деградацію, розширення та інтенсифікацію використання землі, спричинюючи зростання бідності і порушення традиційних систем управління. На локальному рівні зростання кількості населення часто є результатом урбанізації, розселення і міграції. Локальне збільшення кількості населення також безпосередньо впливає на використання ресурсів і їх деградацію, що часто призводить до перетворення середовища існування на територіях, важливих для збереження біорізноманіття.

**7. Структура виробництва і надмірне споживання.** Збільшення обсягів виробництва і споживання енергії веде до перетворення середовища існування і надмірного використання екосистем. Наприклад, споживання природних ресурсів сучасним американським громадянином у 10 разів перевищує рівень споживання індіанця або нігерійця (Chambers et al., 2000). Зниження споживання ресурсів і енергії на різних рівнях зменшить забруднення і видобуток ресурсів, які погіршують біорізноманіття. На жаль, економічні системи сьогодні мають тенденцію захочувати більш високі норми споживання і темпи виробництва, незважаючи на важливість збереження біорізноманіття і

навколишнього середовища. За існуючих високих рівнів споживання, особливо в економічно розвинених країнах, існує термінова необхідність збільшити ефективність використання ресурсів. Це могло б бути першим кроком до зниження негативного впливу на навколишнє середовище і на біорізноманіття.

Економічне зростання може бути причиною деградації навколишнього середовища. Хоча теоретично це залежить від співвідношення природних ресурсів і ступеня активності економічної діяльності, на практиці економічне зростання дійсно веде до збільшення використання енергії, ресурсів і деградації біорізноманіття.

На зміну структури споживання зможе вплинути підвищення рівня екологічної культури. Так, екомаркування і сертифікація товару або послуги є необхідними інструментами для формування культури споживача, показуючи, як споживання впливає на втрату біорізноманіття. Для суспільства ці інструменти дуже важливі, щоб підтримувати стійкі процеси виробництва.

У країнах третього світу існуюча політика розвитку, різні програми і проекти, що не мають екологічного обґрунтування, загрожують біорізноманіттю. Спостерігається залежність між зменшенням біорізноманіття та рівнем екологічної культури, освіченості та добробуту населення.

### 14.3. Проблеми збереження біорізноманіття

Не викликає сумнівів, що державна політика на стан біорізноманіття може справляти як позитивний, так і негативний вплив. При вивченні проблем збереження біорізноманіття можна виділити такі головні типи державної політики:

1. Помилкова політика, яка заохочує стимули, що чинять деградуючий вплив на біорізноманіття. Так, туризм, сільське господарство, лісівництво, одержання енергії, виdobуток води, транспорт, будівництво комунікацій можуть несприятливо впливати на біорізноманіття. Прикладом цього може бути руйнування коралових рифів на Мальдівських островах, що відбувається внаслідок активного розвитку підводного туризму і видобутку матеріалів для будівництва.



## Цифри і факти

---

У Німеччині сільське господарство є сектором, що найсильніше впливає на зникнення різновидів. Сільське господарство було ідентифіковане як джерело небезпеки для 513 різновидів, що складає 72% різновидів з Червоної Книги, які знаходяться на грані зникнення.

Добувна промисловість – традиційний у більшості випадків сектор, який негативно впливає на ландшапти і на біорізноманіття. У Ганському секторі золотодобування, який головним чином сконцентрований у південно-західній тропічній області країни, робляться спроби протидіяти ефектам видозміни поверхні, що спостерігаються в результаті видобутку. Компанії змушені заново займатися озелененням територій після видобутку. При цьому вони використовують рослини з міжнародного каталогу FAO, а не висаджують місцеві рослини, характерні для даних територій.

## Примітка

---

На Бразильській Амазонці існуючі проекти розвитку передбачають великомасштабне шляхове будівництво, розвиток добувної промисловості, зведення дамб, систем каналізації. У результаті цього 55% первісного низинного тропічного лісу Болівії було вирубане. Також змінилося землекористування після 1988–1998 рр., коли уряд вирішив використовувати цю галузь для сільськогосподарського розвитку. Розширення плантацій какао і безлічі інших культур типу ананасу, перцю, маракуї, бананів і пальм замінили первісний ліс. Як наслідок, відбулося виснаження ґрунту на величезних територіях, що спричинило появу ерозійних процесів (Bruckner-Bazoberzy, 1999).

Ці приклади свідчать, як державна політика може впливати на біорізноманіття. У цілому державна політика спрямована на досягнення традиційних цілей розвитку, таких, як індустріалізація, розширення експорту, збільшення виробництва продовольства і допомога бідності. У цьому аспекті природні ресурси є дешевими ресурсами для підтримання економічного зростання.

2. Відсутність урахування цінностей природи, включаючи цінність біорізноманіття. Відповідно до вільної ринкової економічної політики цінності природи, включаючи цінність біорізноманіття, мають бути цілком враховані в ціні виробу або послуги. Таким чином, якщо вартість різноманіття визначатиметься ціновими механізмами, то це істотно зменшить його деградацію. Принаймні в теорії держава може компенсувати цей тип

ринкової політики значними податками або штрафами. Разом з тим виникають певні проблеми.

Обчислити ціну втрати біорізноманіття важко. Були запропоновані різні методи, більшість з яких використовувалися більш-менш успішно, але жоден із цих методів не може кількісно врахувати повну цінність біорізноманіття.

Основна причина цього полягає в неможливості визначити цінність біорізноманіття для майбутніх поколінь. Крім того, при оцінці біорізноманіття виникають певні серйозні етичні проблеми.

3. Небажання держави враховувати проблеми навколишнього середовища в політиці розвитку. Завдяки тому, що існують стійкі зв'язки між економічним розвитком і якістю навколишнього середовища, так чи інакше будь-яка економічна політика стосується навколишнього середовища. Тому необхідно в усіх секторах державної політики обов'язково враховувати фактори навколишнього середовища при ухваленні управлінських рішень.

Цей вплив буде більш істотним із збільшенням *глобалізації* світової економіки. Однак роль макроекономічних факторів у втраті біорізноманіття важко визначити кількісно з огляду на велику безліч відмінностей між глобальною і національною економікою та місцевими рішеннями щодо використання ресурсів біорізноманіття. При аналізі значущості макроекономічних факторів, що впливають на використання ресурсів, сьогодні переважають два напрямки.

Неокласичний напрямок передбачає, що «вдосконалення» макроекономічної політики держави шляхом лібералізації торгівлі і зміни ступеня держконтролю поліпшить використання ресурсів. Лібералізація в торгівлі і вільні торговельні режими можуть позитивно вплинути на біорізноманіття, тому що вільна торгівля пов'язана з ринковими цінами, які відображають справжні цінності біологічних ресурсів, що робить торгівлю вільною, поліпшуючи розподіл ресурсів. Іншими словами, там, де існує відповідна політика щодо захисту навколишнього середовища і стійкого розвитку, лібералізація торгівлі сприятиме зміцненню такої політики. Там же, де така політика відсутня, лібералізація торгівлі лише загострить існуючі проблеми навколишнього середовища і спричинятиме екологічно нежиттєздатний розвиток.

Другий напрямок – політекономічний, теорія якого зосереджується на макроекономічних структурах. Цей напрямок сві-

дчить про те, що зміни в макроекономічній політиці без змін у державній політиці і ринкових структурах можуть лише погіршувати використання ресурсів.

Аналіз показує, що обидва підходи можуть мати місце, тому що вони відображують взаємозв'язок між макроекономічною політикою і навколишнім середовищем. Однак стосовно біорізноманіття необхідно враховувати також деякі аспекти:

- однорідність: перехід на виробництво товарів для великих, часто глобальних ринків призводить до однорідності у виробках;
- торговельні обмеження, спрямовані на захист окремих видів ресурсів, що перебувають під загрозою зникнення.

Збільшення споживання і виробництва, використання і перетворення природних ресурсів значною мірою обумовлені культурою суспільства. Культура впливає на біорізноманіття на різних рівнях. Так, у багатьох країнах існує певне упередження щодо неосвоєних природних територій. Це можна пояснити на прикладі масштабного розчищення земель, яке відбувається в Америці від часу прибуття європейців. Носії європейської культури прагнули змінити аборигенні народи і їхні методи використання ресурсів з погляду потреби в розвитку і цивілізації. Така колоніальна політика до 1960 р. вела до повного руйнування традиційних суспільств і їхніх методів збереження біорізноманіття.

У процесі розвитку цивілізації втрачаються традиційні культури. Ці місцеві культури перебувають в різних відносинах з ресурсами. Зокрема, народи, що ведуть осідлий спосіб життя, створили системи табу і розпоряджень, пов'язаних з використанням ресурсів, які зберігають біорізноманіття. Модернізація цих традиційних суспільств веде до втрати давніх знань щодо стійкості і непізнаних цінностей біорізноманіття.

Таким чином, екологічний аналіз шукає причини втрати біорізноманіття за межами традиційно визначених біологічних факторів. Вказуючи на економічні і соціальні причини втрати середовища існування, екологічний аналіз є корисним доповненням біологічного аналізу стосовно проблем біорізноманіття.

Зрозуміло, що для визначення основних причин втрати біорізноманіття одних лише теоретичних знань та експериментальних даних недостатньо. Необхідно приділити більшу увагу дослідженню причинних зв'язків між втратою біорізноманіття,

з одного боку, та економічною політикою, виробництвом і структурою споживання, культурою, інтернаціоналізацією витрат навколишнього середовища, глобалізацією економіки, бідністю і нерівністю – з іншого.

#### 14.4. Збереження біологічного різноманіття

Програмними документами діяльності в галузі збереження і сталого використання біологічного і ландшафтного різноманіття в Україні є Конвенція про біологічне різноманіття (Ріо-де-Жанейро, 1992) та Пан'європейська стратегія збереження біологічного та ландшафтного різноманіття (Софія, 1995). Останній документ фактично обумовлює механізм впровадження Конвенції на Європейському континенті.

Термін «біологічне різноманіття» застосовують для означення всіх форм життя на Землі, починаючи від найпростіших одноклітинних бактерій до складних комплексних екосистем тропічних лісів, включаючи людину, благополуччя якої однозначно залежить від доступності біологічних ресурсів. На сьогодні визнання того факту, що біорізноманіття є світовим надбанням величезної цінності для нинішнього і наступних поколінь, є незаперечним. Водночас, загроза існуванню видів та екосистем ще ніколи в історії не була такою значною, як зараз. Зникнення видів, викликане діяльністю людини, продовжується катастрофічними темпами.

У відповідь на ці зміни Програма Організації Об'єднаних Націй з навколишнього середовища організувала в листопаді 1988 року Спеціальну робочу групу експертів з метою вивчення необхідності розробки міжнародної конвенції про біорізноманіття. У травні 1989 року була заснована Спеціальна робоча група експертів з технічних і правових питань для підготовки міжнародного правового документа щодо збереження і невиснажливого використання біорізноманіття. Експерти мали врахувати «необхідність розподілу витрат і вигод між розвиненими країнами та країнами, що розвиваються», а також «шляхи та засоби для надання підтримки інноваційним проектам, які впроваджуються на місцях».

З лютого 1991 року Спеціальна робоча група була перетворена в Міжурядовий комітет з питань ведення переговорів.

Результатом його роботи стало проведення 22 травня 1992 року в Найробі Конференції з прийняття узгодженого тексту Конвенції про біорізноманіття.

Конвенція була відкрита для підписання 5 червня 1992 року на Конференції Організації Об'єднаних Націй з довкілля та розвитку в Ріо-де-Жанейро (саміт «Планета Земля»). Ця Конвенція залишалась відкритою для підписання до 4 червня 1993 року, і до того часу її підписали 168 країн. Конвенція набула чинності 29 грудня 1993 року. Перша нарада Конференції Сторін проходила з 28 листопада по 9 грудня 1994 року на Багамських островах.

Важливість збереження і невиснажливого використання біорізноманіття та впровадження екосистемного підходу до збереження природи ще раз була підкреслена на Всесвітньому саміті зі стійкого розвитку, який відбувся в Йоганнесбурзі 26 серпня – 4 вересня 2002 року, оскільки ця сфера була включена до п'яти пріоритетних проблем людства (інші чотири – вода, енергія, здоров'я та атмосфера).

Україна ратифікувала Конвенцію в 1994 році, а також ухвалила низку законів щодо ратифікації, приєднання та виконання інших міжнародних договорів обов'язкового та необов'язкового характеру, які регулюють питання збереження та використання біологічного і ландшафтного різноманіття. Створена за роки незалежності України законодавча база в цій галузі в цілому відповідає європейському рівню. Тому на даний час ключовим завданням є реалізація положень законів та відповідних програм, досягнення чого неможливе без інформаційної підтримки та координації. На національному рівні координацію діяльності в цій галузі здійснює Національна комісія з питань збереження біорізноманіття та Міністерство охорони навколишнього природного середовища України.

Якщо Стратегія є механізмом реалізації концептуальних цілей Конвенції про біологічне різноманіття в Європі, то міжнародні і національні програми і проекти є інструментом досягнення конкретних цілей Стратегії.

Ключовою програмою Стратегії є розвиток Пан'європейської екологічної мережі, і діяльності тут заплановано не на один десяток років. Зусилля будуть зосереджені на збереженні екосистем, і для України особливо важливі морські, прибережні, степові, лісові, гірські, водно-болотні екосистеми та екосистеми

внутрішніх водойм. Іншим пріоритетом є розробка та втілення національних планів дій щодо збереження рідкісних та зникаючих видів. Крім цього, реалізація цілей збереження і збалансованого використання біологічного та ландшафтного різноманіття не буде ефективною, якщо будуть проігноровані секторальні інтереси, тому впровадження пілотних проектів у сільському господарстві, лісівництві, містобудуванні, транспортному секторі та деяких інших має відіграти важливу демонстраційну роль. Створення і подальше зміцнення об'єктів природно-заповідного фонду як класична форма збереження генетичного матеріалу набуватиме подальшого розвитку на теренах України.

Одним із найдієвіших заходів збереження біорізноманіття є створення охоронних територій, природних та біосферних заповідників, національних природних парків. Саме вони забезпечують умови, необхідні для зменшення шкідливого антропогенного впливу на біологічні об'єкти, сприяють збереженню цілісності екологічних систем, у яких можуть підтримуватися природні механізми відносин між біологічними видами, що необхідні для існування системи.

**Природні заповідники** — це природоохоронні території й акваторії, що виділяються державою з метою збереження в природному стані типових і унікальних природних комплексів, у межах яких охороняються природні об'єкти та ресурси, що становлять особливу екологічну, генетичну, наукову чи культурну цінність: типові чи рідкісні ландшафти, рідкісні геологічні утворення, угруповання рослин і тварин із характерним генофондом тощо.

**Біосферні заповідники** – природоохоронні, науково-дослідні установи міжнародного значення, де діє режим абсолютного заповідання, що створюються з метою збереження в природному стані найбільш типових природних комплексів біосфери, здійснення фонових екологічних моніторингу, вивчення спонтанних та глобально-антропогенних змін, що відбуваються в біосфері (Бойчук, 2004). Сьогодні у світі існує близько 350 біосферних заповідників, і чотири з них розташовані на території України: Асканія-Нова, Чорноморський, Карпатський та Дунайський.

Заповідники знаходяться під охороною закону, на їх території категорично забороняються всі види господарської діяльності (мисливство, рибальство, вилов тварин, усі види лісокори-

стування, збір лікарських трав, збирання квітів, випас худоби, застосування будь-яких хімічних засобів, шумових дій).

У заповідника вводиться певний заповідний режим. Це або *абсолютне заповідання*, тобто цілковите невтручання людей у природні процеси, або *заповідання обмежене*, за якого для досягнення максимальної природної рівноваги й максимального збереження екосистем допускається здійснення певних біотехнологічних заходів (наприклад, вилов тварин, що надміру розмножилися, створення штучних водопоїв, протиерозійний захист тощо). Всього у світі створено більш як 11 тис. заповідних територій, що мають статус заповідника чи національного парку (Білявський, 2004).

**Національні природні парки** — це території, що створюються для збереження природних комплексів, які мають екологічну, історичну і естетичну цінність завдяки сприятливому поєднанню природних і культурних ландшафтів, і для використання їх у рекреаційних, виховних, наукових і просвітницьких цілях. В Україні є 11 національних парків, таких, як Шацькі озера, Подільські Товтри, озеро Синевир тощо.

**Заказники** — це природні території і акваторії, на яких охороняються окремі види рослин і тварин або природні комплекси (озера, болота, ділянки лісу чи степу з рідкісними видами рослин або тварин, печери, території з унікальними геологічними утвореннями тощо). На території заказників дозволяється обмежена господарська діяльність, але тільки така, що не завдає шкоди об'єктам, які охороняються (наприклад, обмежена заготівля сіна в лісових заказниках, регламентоване полювання на окремих видів тварин у заповідно-мисливських господарствах).

**Пам'ятки** природи являють собою окремі невідновні природні об'єкти, які мають наукове, історичне чи культурно-естетичне значення, наприклад: водоспад, печера, дуже старе дерево, джерело.

Природно-заповідна мережа України налічує 6939 таких територій та об'єктів, що становлять більш ніж 4% від площі держави. До вищих категорій заповідання належать чотири біосферні і 16 природних заповідників, 12 національних природних парків. Статусу природного національного надбаня відповідають 2507 заказників, 3016 пам'яток природи, 35 дендрологічних парків, 527 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва, 22 ботанічні сади, 12 зоологічних парків, 35 регіональних

ландшафтних парків, 754 заповідні урочища. Слід зазначити, що на відміну від національної в міжнародній класифікації функції національних і природних парків розмежовуються. Природні парки передусім створюються для рекреації, тобто відпочинку. Головне ж завдання національних парків – збереження природного різноманіття, а рекреації і туризму відводиться підпорядкована та обмежена роль.

У табл. 14.4 наводяться відомості про стан природоохоронних територій в Україні.

Таблиця 14.4. Основні дані про об'єкти природно-заповідного фонду України на 01.01.2004 р. (Довкілля, 2004)

1	Рік створення	Місце знаходження (область)	Загальна площа, тис. га	Кількість рослинних угруповань, занесених до Зеленої книги України	Кількість видів рослин, занесених до Червоної книги України	Кількість видів тварин, занесених до Червоної книги України
<b>Україна</b>			<b>1013,8</b>	<b>107</b>	<b>360</b>	<b>266</b>
<b>Природні заповідники</b>			<b>159,1</b>			
Горгани	1996	Івано-Франківська	5,3	1	26	20
Дніпровсько-Орільський	1990	Дніпропетровська	3,8	8	12	10
Єланецький степ	1996	Миколаївська	1,7	5	14	10
Казантипський	1998	АР Крим	0,5	5	14	38
Канівський	1923	Черкаська	2,0	5	30	64
Карадазький	1979	АР Крим	2,9	8	71	125
Кримський	1923	АР Крим	44,2	15	87	75
Луганський	1968	Луганська	1,6	14	34	62
Медобори	1990	Тернопільська	10,5	5	25	15
Мис Март'ян	1973	АР Крим	0,2	6	44	20
Опукський	1998	АР Крим	1,6	6	20	38
Поліський	1968	Житомирська	20,1	8	20	29
Рівненський	1999	Рівненська	42,3	3	20	15



Продовження таблиці 14.4

1	2	3	4	5	6	7
Розточчя	1984	Львівська	2,1	6	31	24
Український степовий	1961	Донецька	2,8	21	53	37
Черемський	2001	Волинська	3,0	12	36	38
Ялтинський гірсько-лісовий	1973	АР Крим	14,5	18	75	68
<b>Біосферні заповідники</b>			<b>222,4</b>			
Асканія-Нова	1898	Херсонська	33,3	4	10	17
Дунайський	1998	Одеська	46,4	12	16	122
Карпатський	1968	Закарпатська	53,6	27	116	21
Чорноморський	1927	Херсонська	89,1	1	15	30
<b>Національні природні парки</b>			<b>632,3</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
Азово-Сиваський	1957	Херсонська	52,1	–	9	41
Вижницький	1995	Чернівецька	7,9	–	36	21
Гуцульщина	2002	Івано-Франківська	32,3	–	–	–
Деснянсько-Старогутський	1999	Сумська	16,2	5	19	29
Карпатський	1980	Івано-Франківська	50,5	17	78	32
Подільські Товтри	1996	Хмельницька	261,3	–	–	–
Синевир	1989	Закарпатська	40,7	58	25	8
Сколівські Бескиди	1999	Львівська	35,6	4	29	20
Святі гори	1997	Донецька	40,4	22	47	33
Ужанський	1999	Закарпатська	39,2	7	32	9
Шацький	1984	Волинська	49,0	13	28	34
Яворівський	1998	Львівська	7,1	7	15	27

Важливе значення у сфері біорізноманіття має законодавство, державні нормативні акти та положення. Саме вони регулюють відносини між людиною та біотою. Створення Червоної книги стало дуже важливим кроком у напрямку охорони живої природи для нинішніх та прийдешніх поколінь.

*Червоні книги* – офіційні документи неурядових міжнародних і національних адміністративних організацій, що містять систематизовані відомості про рослини і тварин світу чи окремих регіонів, стан яких викликає стурбованість за їхнє майбутнє

(Бойчук, 2002). При ООН у 1948 році Міжнародний союз охорони природи і природних ресурсів (МСОП) створив Комісію з рідкісних і зникаючих видів, яка з часом склала перелік зникаючих видів диких тварин. Згодом була створена Міжнародна Червона книга (1966). До неї внесено близько 300 видів і підвидів ссавців, близько 300 видів птахів, понад 100 видів плазунів, близько 40 видів земноводних, понад 250 видів вищих рослин. Слід зазначити, що з 1970 по 1999 рр. кількість видів, яким загрожує повне вимирання, значно зросла – з 92 до 550.

Сьогоднішній темп життя інтенсифікував процес вимирання біологічних видів, тому, крім Міжнародної Червоної книги, всі розвинені країни намагаються створити національні Червоні книги. *Червона книга України є офіційним державним документом*, який містить перелік рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тваринного і рослинного світу в межах території України, її континентального шельфу та виключної (морської) економічної зони, а також узагальнені відомості про сучасний стан цих видів тваринного і рослинного світу та заходи щодо їх збереження і відтворення (Закон, 2002).

Червона книга України є основою для розроблення та реалізації програм (планів, дій), спрямованих на охорону та відтворення рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тваринного і рослинного світу, занесених до неї (Закон, 2002). Перший том «Червона книга. Рослинний світ» (1996) дає короткий опис 541 виду (підвид, різновидність, форма) рослин і грибів, серед яких: судинні рослини (439 видів), мохоподібні (28), водорості (17), лишайники (27), гриби (30). В іншому томі («Червона книга. Тваринний світ») (1994) – 382 види тварин: гідроїдні поліпи (2 види), черви круглі (2) та черви кільчасті (7), ракоподібні (26), павукоподібні (2) та багатоніжки (3), комахи (173), моллюски (12), круглороті (2) та риби (32), земноводні (5), плазуни (8), птахи (67), ссавці (41).

Попереднє видання 1980 року містило всього 151 вид судинних рослин і 85 видів тварин (29 ссавців, 28 птахів, 6 плазунів, 4 земноводних і 18 комах). Види, занесені до Червоної книги України, підлягають обов'язковій державній охороні, вони є об'єктами численних міждержавних угод, договорів, наукових проектів. Їх охорона здійснюється шляхом заборони або суттєвого обмеження їх використання, посилення відповідальності за їх незаконне добування або знищення, створення територій

### Флора України, що занесена до Червоної книги

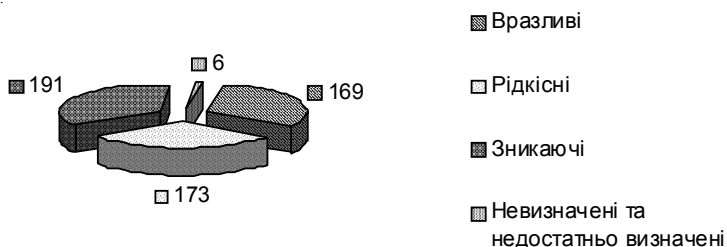


Рис. 14.1. Кількість видів рослин, занесених до Червоної книги

та об'єктів природно-заповідного фонду в місцях, які мають важливе значення для виживання цих видів. За останні роки до Червоної книги України занесено в чотири рази більше видів рослин і тварин.

Подібно до Червоної книги, існують списки рідкісних екосистем, і таких, що зникають або потребують особливої охорони, – вони складають *Зелену книгу*.

*Зелена книга України є офіційним державним документом*, у якому зведено відомості про сучасний стан рідкісних, таких, що перебувають під загрозою зникнення, та типових природних рослинних угруповань, які підлягають охороні. Зелена книга є основою для розроблення охоронних заходів щодо збереження, відтворення та використання занесених до неї приро-

### Флора України, що занесена до Червоної книги

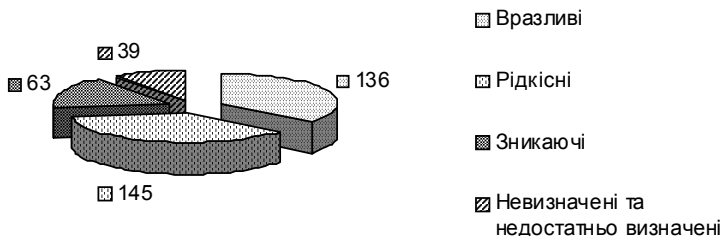


Рис. 14.2. Кількість видів представників фауни, занесених до Червоної книги

дних рослинних угруповань. Охорона цих угруповань спрямовується на збереження їх ценотичної структури, популяцій рідкісних видів рослин та умов місцезростання (Постанова, 1997).

У Зеленій книзі подані теоретичні аспекти проблеми необхідності охорони природних рослинних комплексів, принципи виділення, оцінки, а також аналіз рідкісних, зникаючих і типових рослинних угруповань. При виділенні угруповань, що потребують охорони, були прийняті такі критерії: 1) раритетні угруповання, доміанти яких є рідкісними и занесені в «Червону книгу»; 2) угруповання, що знаходяться на межі ареалу і внаслідок біологічних особливостей чи впливу антропогенних факторів скорочують свій ареал; 3) типові угруповання, що зберегли особливості структури (180–300-літні частини лісів).

Слід відзначити, що найбільшою різноманітністю в Україні відзначаються гірські природні ландшафти Карпат і Криму, а в межах рівнинної території найбільш багатий – Поліський край. В адміністративних областях природно-заповідні території та об'єкти розміщені нерівномірно. Із внесених до «Зеленої книги України» 127 синтаксонів різного рангу в Криму зустрічається 27 (21%).

Найбільша частка заповідності припадає на західні та північно-західні області України, де ще збереглися достатні площі природної рослинності. Найнижчий цей показник в областях з високою розораністю: Вінницькій, Дніпропетровській, Кіровоградській, Київській. Водночас у деяких із них показник заповідності є несправедливо заниженим, якщо узгоджувати його з міжнародними вимогами.

## 14.5. Показники стану біорізноманіття в Україні

Займаючи менше 6% площі Європи, Україна володіє приблизно 35% її біорізноманіття. Це обумовлено тим, що територія України розташована в різних природних зонах, таких, як: степова, лісостепова, широколистяно-лісова, присередземноморська. Характерною особливістю України є існування широкої водної екосистеми Дніпра, що спричинює велику різноманітність ландшафтів. Найбільшою різноманітністю в Україні відзначаються гірські природні ландшафти Карпат і Криму, а в межах рівнинної території найбільш багатий Поліський край. Багатство ланд-

шафтів в Україні збільшується в такій послідовності: луки, болота, плавні, степи і ліси. В Україні живуть представники більш ніж 70 тис. таксонів.

Флора України сьогодні налічує близько 25 тис. видів рослин, із них майже 4,5 тис. видів вищих (у тому числі понад 700 видів лікарських) і більш як 6 тис. видів грибів і водоростей. Фауна України представлена близько 45 тис. видів тварин (17 видів – земноводні, 20 – плазуни, понад 350 – птахи, 113 – ссавці, 200 – риби, решта – безхребетні). На жаль, видове багатство як тварин, так і рослин стрімко зменшується через антропогенне навантаження на середовище і техногенні катастрофи. Територія України, раніше одна з найбагатших за біорізноманіттям, втрачає свій природний потенціал і перетворюється на зону екологічного лиха. Так, за висновками спеціалістів, Україні властива тенденція до суттєвого кількісного і якісного зменшення видового багатства біорізноманіття. Приблизно 9% судинних рослин, 38,0% ссавців, 38,1% плазунів, 29,4% амфібій перебувають у складному стані. Існують прогнози, що за умови збереження таких тенденцій частка ссавців, які будуть занесені до Червоної книги України, становитиме більше 50%, а уже в третьому виданні Червоної книги опиниться до 5% фауни та 2/3 хребетних тварин.

## 14.6. Економічна оцінка біорізноманіття

Рекомендації Конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992) і матеріали саміту в Йоганнесбурзі (2002) спрямовані на перехід до сталого розвитку і орієнтують на досягнення трьох видів цілей:

- 1) збереження екологічної цілісності;
- 2) забезпечення екологічної ефективності господарської діяльності;
- 3) гарантування екологічної справедливості в суспільстві.

Конвенція з біорізноманіття містить фактично ту саму триаду цілей. *По-перше*, її основна спрямованість – забезпечити екологічну цілісність через збереження біорізноманіття, *по-друге*, стійке використання компонентів біорізноманіття людиною і, *по-третє*, справедливий розподіл вигід біорізноманіття і витрат на його підтримання.

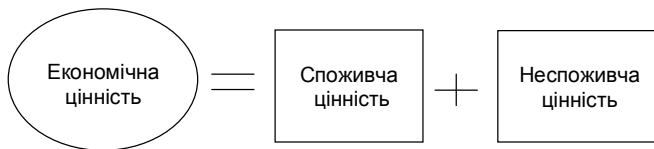


Рис. 14.3. Схема формування економічної цінності біорізноманіття

У зв'язку з цим набуває актуальності є проведення робіт, пов'язаних з економічною оцінкою біорізноманіття та розробкою регламентуючих і економічних інструментів (стимулів, санкцій тощо), спрямованих на збереження біорізноманіття, а також розробку відповідної політики і стратегії в цій галузі.

Згідно із загальноприйнятими теоретичними положеннями економічна цінність біорізноманіття визначається двома групами чинників: а) споживчою цінністю; б) неспоживчою цінністю (рис. 14.3).

При цьому слід зазначити, що ринок не реалізує більшу частину загальної цінності біорізноманіття. Через це ринкова цінність товарів і послуг біорізноманіття майже завжди набагато нижча, ніж їх повна економічна цінність (як правило, вона навіть нижча, ніж цінність прямого використання). Певною мірою це можна порівняти зі звичайно незначним рівнем використання природної сировини в економіці. У кінцевому продукті її вміст не перевищує 10% – решта викидається як відходи.

**Споживча цінність** (*use value*) – це вартісна оцінка економічних вигод (приріст доходу, зниження економічних витрат, ін.) від використання різних функцій біорізноманіття. Зазначені економічні вигоди, у свою чергу, враховують три види ефектів:

- вигоди від безпосереднього використання ресурсу. Включають ефекти у сільському господарстві (дохід від урожаю сільгоспкультур), у лісовому господарстві (вартісна оцінка доходу від використання товарної деревини і побічних ліспродуктів), у рекреації і туризмі (доходи від надання послуг або ефект від їх споживання). Дані ефекти є основою розрахунку *цінності прямого використання* (*direct use value*);
- вигоди непрямого використання включають: вигоди від використання екологічних функцій, які супроводжуються отриманням економічних вигід (запобігання повеням, регулю-

вання клімату, фотосинтез, цикли живлення, знешкодження відходів); дані ефекти покладено в основу розрахунку цінності непрямого використання (*indirect use value*);

- альтернативні (відкладені) ефекти для нинішнього покоління; включають вигоди, які можуть бути одержані в межах існування покоління, що живуть саме тепер (майбутні ліки, генетичні ресурси для рослинництва, біотехнології, заміники виснажених ресурсів); на основі даних ефектів розраховується альтернативна цінність (*option value*).

Безпосереднє використання біоресурсу може відбуватися зі споживанням даного ресурсу (такий вид поводження з ресурсом формує *цінність споживання – consumptive value*) або без його споживання (наприклад, фотополювання, спостереження за дельфінами) (*цінність неспоживання – non-consumptive value*).

*Цінність прямого використання* біоресурсу розраховується на основі ціни даного ресурсу або його економічної оцінки. Подібним чином, зокрема, оцінюються лісові або рибні ресурси. За наявності ринкового механізму ціноутворення для обґрунтування цінності ресурсу можуть також використовуватися ціни на певні види послуг (наприклад, екотуристичні рейси, мисливські тури тощо).

Цінність непрямого використання ресурсу може розраховуватися опосередковано на основі зв'язку між екологічними і економічними функціями того чи іншого ресурсу. Наприклад, вирубування лісів може вести до повеней або засух (залежно від конкретної екологічної ситуації в регіоні) і спричиняти економічні збитки.

*Альтернативна цінність* ресурсу може бути визначена на основі прогностичних економічних оцінок.

*Неспоживча цінність (non-use value)* – це умовна економічна оцінка екологічних і соціальних функцій біорізноманіття, тобто пов'язаних з підтриманням цілісності екосистем і формуванням особистісної природи людини без урахування безпосередніх економічних ефектів. Неспоживчу цінність умовно можна поділити на два види: а) цінність існування або її пасивного використання (*existence value*); б) заповітну цінність, або цінність, яка передається наступним поколінням (*bequest value*).

Оцінки споживчої цінності мають об'єктивні критерії кількісної економічної вигоди, що природно, оскільки вони характеризують конкретний обсяг економічних функцій, які вони виконують. На відміну від них *неспоживчі цінності* прямо не

пов'язані з реалізацією економічних функцій – адже вони характеризують *соціальні і екологічні* функції біорізноманіття. Тому у вартісній формі неспоживчі цінності можна виразити тільки через суб'єктивні оцінки. Найчастіше в основу подібних оцінок покладено умовну готовність людей платити за вигоди від використання флори, фауни і навколишнього середовища. Протягом останнього десятиліття найбільша увага приділялася методам опитувань з метою визначення суб'єктивної оцінки (*contingency valuation methods*), включаючи готовність платити (*willingness to pay*) за збереження біоресурсу або біорізноманіття. Ця методика досить суперечлива, проте її перевага полягає в універсальності застосування, тоді як використання інших методів більш обмежене.

Серед інших популярних методів непрямой оцінки можна назвати:

- метод оцінки *транспортних витрат (travel-cost method)*;
- метод вартісної оцінки спожитих *екологічних благ* (чисте повітря, мальовничий пейзаж, відсутність шуму від транспорту тощо) за різницею у вартості житла в різних районах, що відрізняються своєю екологічною чистотою, за різницею зарплати на екологічно чистих та забруднених підприємствах тощо. Такий метод називається *гедоністичним ціноутворенням (hedonic pricing; hedone* грецькою означає «задоволення, комфорт»).

Деякі економісти вважають, що традиційні методи типу «витрати – вигоди» мають передбачати врахування імовірності зростання в майбутньому цінності і безповоротності (ризик) втрачених можливостей збереження природного оточення і генетичного матеріалу. *Повна корисна цінність* біологічного ресурсу визначається *максимальною величиною готовності населення заплатити* за діяльність, яка зберігає можливість скористатися природним продуктом (в економіці він перетворюється на «товар») або благом («послугою»). Ця сума *цінності можливості вибору* і очікуваної *цінності реального використання* продукту або блага називається *ціною (цінністю) можливості вибору*. Визначення ціни вибору має емпіричний характер. Є також «ціна» доступу до вибору, яка включає готовність людини заплатити за зростання в майбутньому можливості доступу до ресурсу.

Є ще один вид «ціни» вибору – так звана *цінність найбільш вигідної альтернативи (opportunity value)*, яку часто на-



зивають «альтернативною вартістю». Це – цінність потенційної можливості того, що якийсь вид, особливо ще не відкритий або повністю не вивчений, виявиться корисним для людини як продукт харчування, генетичний матеріал, сировина для ліків тощо (прикладом є відкриття ролі рослин у фіксації важких металів з ґрунту, тварин як індикаторів ступеня забруднення екосистеми).

Для більш повної оцінки біоресурсів економісти розробили концепцію *граничних витрат*, які виникають при використанні даного ресурсу в найбільш вигідному напрямку. Вони є реальними витратами суспільства при проведенні діяльності або політики, що виснажує певний біоресурс. В ідеальному випадку вони відповідають податку на користувачів, що виснажують біоресурси (або зазначений податок встановлюється на рівні цих витрат).

*Цінність можливості вибору* (найбільш вигідної альтернативи) відповідає вартості якнайкращого альтернативного використання даного ресурсу, якби він використовувався не для цілей, для яких він оцінюється. Якщо, наприклад, найціннішим альтернативним використанням лісу є створення на його базі національного парку, тоді цінність найвигіднішої альтернативи при оцінці вартості вирубування лісу буде вартістю національного парку. У цьому випадку повна вартість вирубки лісу повинна включати цю вартість плюс вартість найвигіднішої альтернативи відносно трудовитрат і використання устаткування при вирубці лісу. Якщо вигоди лісовирубки (ціна кубометра лісу на обсяг лісозаготівлі) не перевищують суспільні витрати вигідної альтернативи, то вирубку проводити не слід. Зрозуміло, цінність найбільш вигідної альтернативи у вигляді вирубки лісу повинна враховувати всі види цінності, згадані вище. Граничні витрати найбільш вигідної альтернативи (ГНВА) включають три елементи: 1) прямі і непрямі витрати для користувача виснаженого біоресурсу; 2) упущені вигоди тих, хто міг би використовувати ресурс у майбутньому; 3) витрати, які переносяться на інших (зовнішні витрати). Хоча частка ГНВА, яка може бути виражена в грошових одиницях, змінюється в різних випадках, при прийнятті рішень цей підхід все-таки використовується для оцінки біоресурсів. У випадку створення національного парку ГНВА можуть дати можливість оцінити кількість грошових ресурсів (коштів), необхідних для компенсації тим, хто втратив

дохід, який вони могли б одержати при лісозаготівлях, якщо цей дохід перевищує чисті вигоди збереження лісу. У цілому для успішного застосування економічних методів важливо розуміти їх обмеження і завжди пам'ятати про них. Проте оцінка в грошовому вираженні якомога більшої кількості чинників важлива у визначенні тих проблем, які інакше були б упущені. Також важливо розрізняти вартість *біологічних ресурсів* і *біорізноманіття*. Проте фактом є те, які важливі рішення, що впливають на стан і перспективи біоресурсів, ґрунтуються на економічних чинниках, включаючи визначення їх цінності (вартості).

## Системна сутність людини і функції природи

### 15.1. 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 групи<sup>1</sup> (рис. 15.1).

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 т.ч. відтворення людини як трудового ресурсу («трудо-людини»).

---

<sup>1</sup> Існують й 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, енергопостачання, реакція людини, природоохоронні 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).

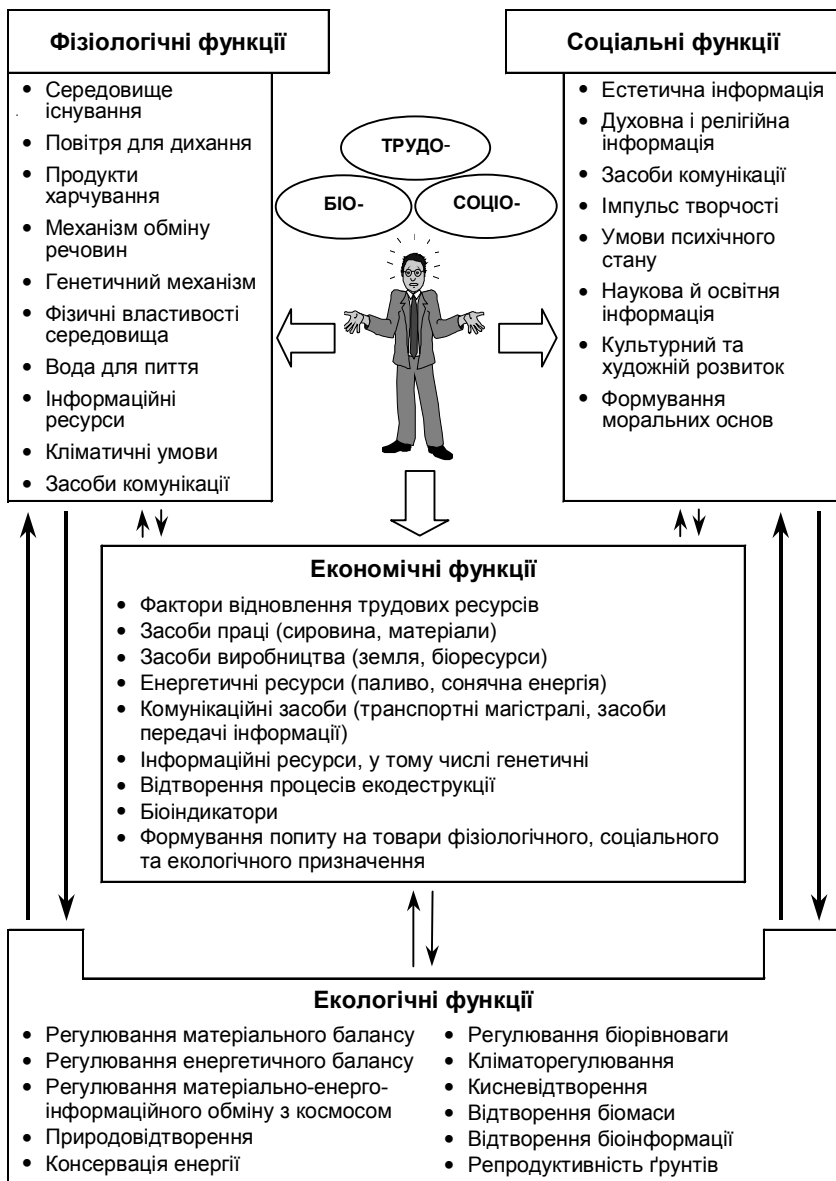


Рис. 15.1. Функції природи

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.

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 кожної людини. Фізіологічну людину підштовхують страх, голод, інші закладені в ній інстинкти: людиною «соціо-» керують обов'язки, прагнення до самовираження, суспільне визнання, 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 – не дарма 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.

## 15.2. Характеристика функцій природи

**Фізіологічні функції.** Проблему фізіологічних потреб людини зазвичай значно спрощують, звужуючи їх до чистих продуктів, незабрудненої питної води, неотруєного повітря. Звичайно, всі

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 (Чижевський, 1973).

(3) Чутливість організму людини до зміни фізичних параметрів середовища часто значно перевищує вразливість від зміни хімічних властивостей (див., наприклад: Колотило, 1999; Куклев, 2001; Бугаєв, 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 функцій 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 при-

чини) 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 й економіки. Як і організм людини, людське суспільство і 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, редукційних (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 зв'язує їх з екологічними функціями природи. Друга і третя підгрупи пов'язані з фізіологічними і соціальними потребами людини і, отже, з відповідними функціями природи. Саме цей взаємозв'язок формує «місток» між *фізіологічними, соціальними й 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, 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 при-



родного 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.

## **15.3. Економічні властивості природних факторів**

Економічна наука оперує специфічним, властивим тільки їй термінологічним апаратом. При цьому кожне поняття, що використовується, 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 у справу джерело функціонування у вигляді засобів виробництва» (Экономическая, 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 «природ-

них благ». Під *природними благами* ми розуміємо фактори природного середовища, які здатні задовольняти фізіологічні, соціальні й 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). Факторам природного середовища притаманна здатність задовольняти потреби людини. Завдяки цьому вони можуть ініціювати бажання людини платити за це, отже, ставати об’єктом купівлі-продажу.

## 15.4. 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 при будь-якій зміні ціни); *еластичний попит* (зміна попиту значно перевищує зміну ціни); *попит із пропорційною еластичністю* (зміна попиту пропорційна зміні ціни); *нееластичний попит* (реакція попиту значно менша зміни 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 ціни; 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 (Економическая, 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, ін.), 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 в змозі забезпечити себе зазначеними благами, про це повинні потурбуватися держава чи органи місцевої адміністрації. Підкреслимо 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 (замічатися) іншими видами ресурсів (капіталу), а саме за рахунок 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 природоемності 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.

*Третьє.* 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 мова 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» у середовище проживання людини: острівці природних ландшафтів, дерева, кущі, газони, квіти, представники фауни (птахи на деревах, риби у фонтанах, звірі в парку, 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, сприйняття нагальної потреби 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 (або дворика) є спрямованість на моделювання всієї природи Японії в мініатюрі: з каменями, скелями, «містками через прірви», 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 (бонсай), які з величезним задоволенням тут культивують. Японці виставляють їх у горщиках прямо на вулицях своїх міст. Це живі кольорові коропи 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 (на більшій частині Японії – це надзвичайне явище), милування цвітінням сакури тощо. Все 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 острівці 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 садібі або поруч із нею). Крім природної інформаційної цінності, біотопи мають свою економічну ціну, яка відзначається досить значними капітальними (одноразовими) і поточними 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 й 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* (встановлення 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) продаватися опосередковано 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 й 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 й енергоємності (а отже, значною мірою і природоємності) продукції. У деяких країнах ефективно застосовується система продажу «прав на забруднення». Використовуються також інші механізми.





## Сутність природних факторів і антропогенних проблем довкілля

### 16.1. 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.

Найбільш вдалим здається визначення, сформульоване Р. Лацко (1979): **навколишнє середовище** – природний і створений людиною матеріальний світ, який оточує людське суспільство і впливає на нього та в якому людина як суспільна істота задовольняє свої потреби і, у свою чергу, впливає на нього своєю діяльністю.

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, ін.) (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). Відповідно, з кола природних ресурсів виключалися такі природні блага, як сонячна радіація, енергія вітру, морських течій тощо. За певної дискусійності зазначеного підходу (чому, наприклад, енергія вітру не може розглядатися як природний ресурс, у тому числі такий, що оцінюється економічно?) фактор *змінюваності* можна вважати дуже важливим моментом у формуванні економічного інструментарію природокористування. Зміна властивостей природного ресурсу означає, що змінюється (звичайно погіршується) його здатність виконувати ті чи інші функції, а як наслідок, і цінність ресурсу. Реакцією економічної системи на ці процеси буде збільшення або зменшення витрат: одні економічні суб'єкти зазнаватимуть збитків, інші – заощадять на тому, що, використавши ресурс, не відновили його властивості.

Основна особливість розвитку продуктивних сил на сучасному етапі – поступове стирання межі між природними ресурсами і природними умовами. По-перше, зростають масштаби традиційного використання природних факторів як ресурсів, внаслідок чого фактор, який раніше належав до природних умов, перетворюється в природний ресурс.

По-друге, значно зростає кількість функцій, які може виконувати той самий природний фактор у ролі природного ресурсу. Це добре простежується на прикладі одного з найважливіших елементів природного середовища – атмосфери. Колись її економічна роль визначалася головним чином такими функціями:

- ресурс біологічного відтворення робочої сили (дихання людини), середовище існування;

- джерело кисню для спалювання органічного палива;
- джерело вітрової енергії.

У наш час економічні функції атмосфери значно розширені: використовуються її електромагнітні, оптичні, акустичні та інші фізичні й хімічні властивості. Атмосфера, несучи інформацію про тіла і сили природи, є також інформаційним ресурсом (рис. 16.1). Як правило, чим ширше та інтенсивніше використовуються у виробництві ті чи інші властивості ресурсу, тим більше вони змінюються.

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 й комплексні сукупності (табл. 16.1). Слід звернути увагу на той факт, що до складу ресурсів М.Ф. Реймерсом включені 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 їхніми 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 довкілля перетворилося на *єдиний інтегральний ресурс*, який інтенсивно використовується людиною.

За ознаками відновності, відтворюваності, замінності та вичерпності в літературі розрізняють такі пари (Реймерс, 1990):

1. *Відновні і невідновні* – ті, що здатні й не здатні до самовідновлювання (через розмноження чи інші природні цикли відновлення) за терміни, які можна зіставити з періодами їх споживання (тому рослинність, вода в річці – відновні ресурси, а ґрунт, мінеральні багатства – невідновні).
2. *Вичерпні і невичерпні* – ресурси, що вичерпуються (виснажуються) в ході їх економічного використання (ґрунт, ліс,

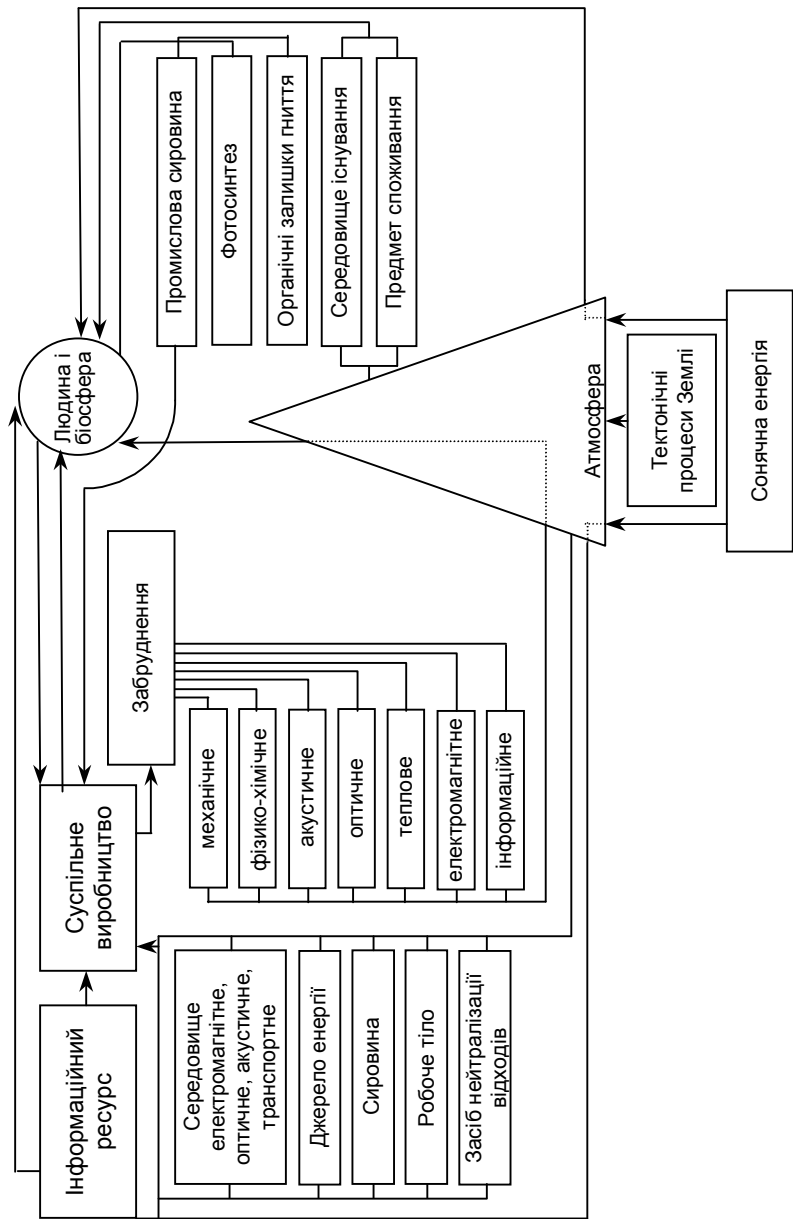


Рис. 16.1. Роль атмосфери як природного ресурсу

Таблиця 16.1. Склад інтегрального природного ресурсу (Реймерс, 1994)

Група	Види ресурсів	
1	2	
Енергетичні ресурси (разом 16 одиниць)	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 й 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, мікро-організмів) (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 і 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

дикі тварини, кормові угіддя, копалини, ін.); і ті ресурси (чи властивості природи), зміни яких прямо не пов'язані з інтенсивністю їх використання (сонячна енергія, атмосфера, енергія припливів і відпливів, ін.).

3. *Замінні і незамінні* – ті, що можуть бути замінені (наприклад, метали – пластмасами) і не можуть бути замінені іншими ресурсами (атмосферний кисень для дихання, прісна вода для пиття).
4. *Відтворювані і невідтворювані* – ті, що принципово можна відтворити (прискорити відтворення) за рахунок застосування праці людей, і ті, що до такого відтворення не придатні (наприклад, біологічний вид – невідтворюваний ресурс, екосистема – обмежено відтворюваний ресурс і т.ін.).

Більш повне використання людиною природних факторів, перетворення їх у *єдиний інтегральний ресурс* змушують повному підійти до їх 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», «довкілля» або «навколишнє природне середовище».

Для характеристики узагальнюючого поняття, що охоплює природні ресурси і природні умови, на нашу думку, слід 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 бачити роль і функції природних компонентів, що стають об'єктом антропогенного впливу.

## 16.2. 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, врахуванню в управлінських рішеннях.

*Антропогенним* (від грец. *anthropos* – людина, *genes* – народжений) *впливом на природу* слід вважати будь-які процеси зміни природи, обумовлені діяльністю людини. Визначаючи 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 як суб'єктивні, так і об'єктивні передумови подібної класифікації.

**Суб'єктивні передумови класифікації процесів впливу на довкілля.** Суб'єктивні передумови залежать від позиції конкретної особи або групи осіб, які здійснюють аналіз антропогенного впливу. Часто такі оцінки робляться інтуїтивно. У цьому плані процеси антропогенного впливу на природу можуть бути класифіковані на три групи: нейтральні, негативні та позитивні.

**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. У спеціалізованій літературі можна зустріти й інші терміни, що передають уже «напіввідтінки» або напівтони характеристики процесів антропогенної діяльності. Прикладом можуть бути терміни: *природотворчість, природоодухотворення, природоінтелектуалізація* та ін. (Барякин, 1998).

**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, винищування біологічних об'єктів.



Враховуючи найбільш усталену в сучасній літературі термінологію, можна сформулювати понятійну основу для характеристики негативних процесів антропогенного впливу на природу.

В ролі *узагальнюючих термінів*, що характеризують процес негативного впливу на природу, звичайно використовують поняття: *екодеструктивна діяльність, порушення природи, погіршення якості* (довкілля). Під ними розуміють *антропогенні процеси впливу на природу, що погіршують виконання природою своїх функцій*. Найчастіше наведені поняття використовуються як рівнозначні, хоча останні два крім вихідного процесу впливу на природу можуть також передавати і вторинні природні зміни, які спричиняються діяльністю людини (зокрема, порушенням природних зв'язків і погіршенням якості компонентів довкілля).

І все-таки треба визнати, що як в українській і російській мовах, так і в англійській не існує універсального терміна, що поєднує всі негативні процеси впливу на природу. Але такий термін існує, наприклад, у японській мові. Слово *когай* є тим універсальним поняттям, що сконцентрувало в собі всі негативні явища, які відбивають антропогенний вплив на природу. До речі, це слово все частіше стали вживати в англійській літературі, заповнюючи своєрідний лінгвістичний вакуум.

Щоб охарактеризувати окремі процеси негативного впливу на природне середовище, зазвичай називають різні види *забруднення, порушення (руйнування) ландшафтів, винищування флори і фауни* тощо (докладно аналізуються далі).

**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* (консервація). Друга група понять характеризує активні дії, спрямовані на поліпшення властивостей природного середовища, у тому числі й такі, що відновлюють якість компонентів довкілля та ліквідують наслідки екодеструктивних дій.

1. *Захисна група дій* передається поняттями: охорона, захист, збереження, заощадження (природи та/чи її компонентів) або запобігання/попередження (шкідливого(го) впливу на природу). Як окремі випадки такого виду діяльності виступають

очищення, уловлювання (шкідливих речовин) (англ. варіанти: *abatement/control of emission, cleaning, purification*).

Термінологія захисної групи дій містить у своєму арсеналі й більш узагальнюючі поняття, які менш конкретні за змістом, але мають соціальне забарвлення, наприклад: *зниження екологічного пресу* чи *зменшення навантаження на природу*.

2. *Активна частина дій* позитивної спрямованості характеризується поняттями: відтворення (зокрема, природних ресурсів, земель природи, довкілля), відновлення (рослинності, ландшафтів, лісів, популяції тварин), рекультивація (земель, ландшафтів), поліпшення якості (довкілля, природного середовища, атмосфери, водойм, ін.).

Під *відтворенням природних ресурсів* розуміють: 1) для невідновних ресурсів – комплекс дій (або систему господарських підрозділів), спрямованих на забезпечення розширеного отримання (можливостей видобутку) природних ресурсів (наприклад, розвідка і підготовка до видобутку корисних копалин); 2) для відновних ресурсів – штучне підтримання природних ресурсів на певному рівні культивуванні чи продуктивного стану (наприклад, риборозведення, агролісомеліорація тощо).

Під *відтворенням природного середовища* (природи, довкілля) розуміють комплекс заходів, спрямованих на підтримання параметрів природних систем у межах, сприятливих для здійснення їхніх функцій. Поняття *відтворення природи* охоплює широкий спектр дій, у якому людина бере на себе або інтенсифікацію чи корегування репродуктивності екосистем, або змінування для досягнення цих цілей геологічної та/або біологічної систем (наприклад, посадка рослинного покриву, вирощування мальків риб, розселення тварин, розчищення рік, зміна напрямків течії, трансформація (корекція) шляхів міграції птахів і тварин, або поліпшення умов їх існування та ін.).

На відміну від відтворення термін *поновлення* передбачає не нові процеси конструювання природних екосистем, а повернення колишнього стану порушених властивостей природного середовища.

**Об'єктивні передумови класифікації процесів впливу на довкілля.** Об'єктивні передумови базуються на існуванні науково обґрунтованих кількісних критеріїв оцінки характеру процесів, що відбуваються. Для подібної класифікації звичайно використовуються теоретичні підходи, що базуються на оцінці зміни основних функцій природних систем.

**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. Зазначені явища можуть бути як прямим результатом втручання людини в природу (наприклад, знищення флори і фауни), так і опосередкованим наслідком зміни певних властивостей природного середовища (що виникли, наприклад, через забруднення компонентів природного середовища, руйнування шляхів міграції тварин тощо).

Відповідно *позитивними* змінами природного середовища слід вважати такі зміни, які сприяють прогресивному розвитку екосистем, а *негативними* – ті, що ведуть до їх деградації. На практиці такий підхід може бути реалізований не через вимірювання енергетичних значень (вільної енергії) параметрів екосистем (що є лише теоретичною основою методу), а через екологічний моніторинг, основу якого становлять біологічні індикатори, тобто окремі види рослин і тварин, які відіграють роль своєрідних екологічних стандартів. Поява чи зникнення їх в екосистемах свідчать про зміну (зміщення) динамічної рівноваги в той чи інший бік і про характер (прогресивний чи деструктивний) впливу на екосистему (див., наприклад, Злобін та ін., 2003).

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. Відповідно в 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 щодо класифікації змін на позитивні і негативні пов'язане зі 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 у 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.

Незалежно від критеріальної основи та функціонального призначення, всі наведені оцінки так чи інакше мають під собою також і 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. Іншою стороною економічного змісту цих процесів є те, що будь-яке цілеспрямоване поліпшення якості середовища передбачає планування конкретних результатів і відповідне вкладання конкретних коштів.

### 16.3. Характеристика процесів порушення природи

Здійснюючи класифікацію процесів порушення природного середовища, звичайно використовують два основні підходи. В першому застосовується покомпонентний принцип. Це означає, що процеси розглядаються стосовно порушених природних компонентів: атмосфери, гідросфери, літосфери, рослинного і тваринного світу. Саме такий підхід використав М. Реймерс, проводячи аналіз основних процесів антропогенної зміни природного середовища (Реймерс, 1990).

Однак на практиці найчастіше даний підхід комбінується з функціональним, де екодеструктивні процеси групуються за однорідністю змісту заподіяних змін (наприклад, забруднення, порушення ландшафтів тощо). Такий підхід є більш зручним, оскільки складність процесів екодеструктивного впливу не дає змогу виділити суто компонентні зміни. Так, зміни в гідросфері (забруднення води, зміна режиму стоку рік та ін.) можуть приводити до деградації ґрунтів. Аналогічно і руйнування земельних ресурсів (забруднення, ерозія, створення котлованів, насипів) може різко погіршити якість водних ресурсів. Пам'ятаючи про цю певну умовність, спробуємо дати оцінку основних видів процесів порушення природного середовища.

## **I. Використання природних ресурсів.**

### **1. Вилучення природних ресурсів:**

- невідновних;
- відновних;
- території.

### **2. Виснаження (вичерпання) природних ресурсів.**

## **II. Порушення якості компонентів природного середовища.**

### **3. Забруднення:**

- механічне;
- хімічне;
- фізичне (теплове, світлове, шумове, електромагнітне та ін.);
- радіоактивне;
- біологічне;
- інформаційне.

### **4. Порушення ландшафтів.**

#### **4.1. Порушення ґрунтів:**

- ерозія;
- висушування;
- підтоплення;
- переущільнення;
- забруднення;
- засолення.

#### **4.2. Порушення режиму водних систем:**

- зарегулювання стоку рік;
- вилучення води;
- зміна русел рік;
- зміна екосистем, що підтримують водні системи.

#### **4.3. Зміна рельєфу місцевості і вплив на геосистему:**

- 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.**

### **5. Вплив на біоту.**

#### **5.1. Прямі процеси впливу на біоту:**

- винищування тварин;
- знищення рослин.

## 5.2. Непрямі процеси впливу на біоту:

- 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.

## 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, ін.);
- погіршення якості їжі і питної води (забруднення харчових ланцюгів і питної води).

7. *Зниження інформаційної цінності природних систем і психологічний вплив на особистість людини.*

## IV. Вплив на глобальну екосистему Землі.

### 8. Зміна енергетичної системи Землі:

- зміна клімату Землі;
- зміна електромагнітної системи Землі.

9. *Зміна буферних захисних систем Землі (наприклад, зменшення озонового шару).*

У представленому переліку подано загальну картину процесів екодеструктивної діяльності людини. Далі докладно характеризується кожний з видів порушення природи.

## 16.4. Антропогенні проблеми довкілля

### 16.4.1. Використання природних ресурсів

Негативні сторони використання природних ресурсів зводяться головним чином до двох процесів: вилучення і виснаження (вичерпання) природних ресурсів.

**Вилучення природних ресурсів** – це такий вид використання природних ресурсів, при якому виключається альтернативне використання тих самих чи інших можливих функцій даного виду ресурсів у даний момент часу або в майбутньому.

Особливістю вилучення *невідновних* природних ресурсів є повне виключення використання даних ресурсів у майбутньому. Зокрема, лише один раз можуть бути використані паливні копалини: нафта, газ, вугілля. Аналогічно, використавши пісок пляжів у будівництві, ми назавжди позбавляємося його рекреаційних чи берегоукріплюючих функцій.

Вилучення *відновних* ресурсів викликає тимчасове вилучення їх із можливого альтернативного використання. Зокрема, вода, рослинні ресурси, атмосферні гази мають властивість поповнюватися за рахунок процесів природного відтворення даних ресурсів і, отже, можуть згодом бути використані знову.

Своєрідним видом відновних ресурсів є *ресурси простору (територій)*. Їх нове використання можливе після припинення використання попереднього.

Підґрунтям для врахування економічних наслідків вилучення природних ресурсів слід вважати неявні витрати (упущену вигоду). Вони виникають через неможливість одночасного використання даних ресурсів за їхніми альтернативними функціями.

**Виснаження (вичерпання) природних ресурсів** – це погіршення якісних характеристик природних ресурсів внаслідок їх експлуатації; воно головним чином пов'язане з виконанням природними ресурсами економічних функцій. Зокрема, виснаження землі викликає зменшення вмісту в ґрунті поживних речовин; вичерпання покладів корисних копалин обумовлює необхідність використовувати ресурси зі зниженим вмістом в них корисних мінералів тощо.

#### 16.4.2. Забруднення

Говорити про забруднення можна тільки стосовно певного об'єкта, який сприймає наслідки цього явища, тобто біологічної, матеріальної або соціальної системи. При цьому мова йтиме про окремі визначення, що кваліфікують зміну стану середовища як забруднення, якщо така зміна є негативною для досягнення мети розвитку (функціонування) даної системи (об'єкта). Однак можна і потрібно виділити головний об'єкт, стосовно якого давалося б узагальнююче визначення забруднення.

Дійсно, наше безцінне багатство – найродючіша земля, – залишаючись у полі, є середовищем існування біологічних організмів, а в інших умовах перетворюється на забруднюючу ре-



човину, яка порушує роботу комунального господарства. Кисень, обов'язковий агент життя всього тваринного світу, є руйнівником металів. Для одних організмів надходження тепла у водойми є сприятливим фактором, для інших має кваліфікуватися як теплове забруднення, яке згубно впливає на розвиток. Таких прикладів можна навести безліч, оскільки практично всі речовини одночасно мають властивості і сприятливого, і забруднюючого агента стосовно різних об'єктів.

В умовах Землі універсальним еквівалентом усіх цінностей природи, на наше глибоке переконання, є людина. Це положення необхідно трактувати ширше утилітарного розуміння задоволення короткострокових потреб, включаючи в нього і потребу нести відповідальність за долю всього живого на Землі. Саме ж поняття «людина» має означати не окремих індивідів чи колектив, а все суспільство в цілому. Таким чином, оцінка впливу змін у довкіллі на окремі об'єкти (наприклад, біологічні системи і матеріальні цінності) повинна розглядатися з урахуванням майбутніх перспектив розвитку суспільства.

Під *забрудненням довкілля* слід розуміти зміну властивостей середовища (хімічних, механічних, фізичних, біологічних і пов'язаних з ними інформаційних), яка відбувається як наслідок природних чи антропогенних процесів, що спричиняють погіршення функцій природи стосовно певного об'єкта (людини, біологічного організму, об'єктів життєдіяльності людини). Класифікація можливих видів забруднення довкілля та їх характеристика наводиться в табл. 16.2.

Забруднення є соціально-економічним поняттям. Якщо будь-який елемент навколишнього середовища має альтернативні функції, при визначенні його забруднення доцільно застосовувати *принцип диз'юнкції*. Це означає, що зміну середовища слід вважати забрудненням, якщо погіршилася хоча б одна з його функцій. Наприклад, до розряду забруднюючих речовин слід відносити: мінеральні добрива, що, підвищуючи родючість ґрунту, одночасно забруднюють водойми; пестициди, що несуть поряд із позитивним ефектом небезпеку отруєння людей і тварин, та ін. Людина, намагаючись поліпшити деякі функції навколишнього середовища, здебільшого водночас ушкоджує інші його функції. Тому практично будь-яка антропогенна зміна навколишнього середовища є на сьогоднішньому етапі забрудненням довкілля.

Таблиця 16.2. Характеристика основних видів забруднення навколишнього середовища

Вид забруднення	Визначення
Механічне	Засмічення середовища агентами, що справляють лише механічний вплив без хіміко-фізичних наслідків (наприклад, сміттям)
Хімічне	Зміна хімічних властивостей середовища, що негативно впливає на екосистеми і технологічні пристрої
Фізичне	Зміна фізичних параметрів середовища: температурно-енергетичних (теплове чи термальне), хвильових (світлове, шумове, електромагнітне), радіаційних (радіаційне, чи радіоактивне) тощо.
- теплове (термальне)	Підвищення температури середовища, головним чином, внаслідок промислових викидів нагрітого повітря, газів і води; може виникнути і як вторинний результат зміни хімічного складу середовища
- світлове	Порушення природної освітленості місцевості внаслідок дії штучних джерел світла; може приводити до аномалій у житті рослин і тварин
- шумове	Збільшення інтенсивності шуму понад природний рівень; у людини викликає підвищену стомлюваність, зниження розумової активності, а при досягненні 90-100 дБ – поступову втрату слуху
- електромагнітне	Зміна електромагнітних властивостей середовища (спричиняють лінії електропередачі, радіо і телебачення, робота деяких промислових і побутових установок та ін.); призводить до глобальних і місцевих географічних аномалій і змін у тонких біологічних структурах
4. Радіаційне	Перевищення природного рівня вмісту в середовищі радіоактивних речовин
5. Біологічне	Проникнення в екосистеми і технологічні пристрої різних видів тварин і рослин, які порушують екологічну рівновагу чи спричиняють соціально-економічні збитки
- біотичне	Поширення певних, як правило небажаних для людей, біогенних речовин (виділень, мертвих тіл та ін.) або тих, які порушують екологічну рівновагу
- мікробіологічне	а) поява надзвичайно великої кількості мікроорганізмів внаслідок їх масового розмноження на антропогенних субстратах або середовищах, змінених людиною в ході господарської діяльності; б) набуття раніше нешкідливою формою мікроорганізмів патогенних властивостей чи здатності пригнічувати інші організми в співтовариствах
6. Інформаційне	Зміна властивостей середовища, що погіршує його функцію як носія інформації

Таблиця 16.3. Атмосферні викиди від стаціонарних джерел за основними видами економічної діяльності, тис. тонн за рік, за даними на 01.01.2004 (Національна, 2003; Довкілля, 2004)

Сектор національної економіки	Інгредієнти					Усього викидів	Частка, %
	пил	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CH <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>		
Всі сектори національної економіки	880	1024	317	365	1257	4075	100
Сільське і лісове господарство	4	2	1	< 1	4	12	< 1
Добувна промисловість	152	46	13	259	351	954	25
Переробка	342	193	117	58	790	1502	36
Паливно-енергетичний комплекс	341	748	159	6	56	1315	33
Будівництво	5	4	2	9	7	29	1
Інші види економічної діяльності	36	31	25	32	50	170	>4

Таблиця 16.4. Динаміка скидання зворотних вод у водні об'єкти за основними секторами національної економіки України, млн. м<sup>3</sup> (Довкілля, 2003; Довкілля, 2004)

Сектор економіки	Роки	
	1992	2003
Усього в Україні	17 026	9459
у т.ч. за напрямками, %		
енергетика та промисловість, з них:	58	59
- забруднених,	24	31
- без очищення	30	36
сільське господарство, з них:	12	11
- забруднених	36	7
- без очищення	93	99
житлово-комунальне господарство, з них:	24	28
- забруднених	37	40
- без очищення	3	4

Виправданими можна вважати такі спричинені людиною забруднення, при яких сума позитивних ефектів у кількісному чи якісному відношенні перевищує сумарний результат негативних наслідків. В іншому разі зміна стану середовища веде до деградації його функції і не може вважатися виправданою. Довгий час

у світі переважав саме такий характер використання середовища, що призвело до виникнення так званої екологічної кризи. У табл. 16.3, 16.4 наведені основні показники, що характеризують процеси атмосферного і водного забруднення в Україні.

### 16.4.3. Порушення ґрунтів

**Порушення (руйнування) ґрунтів** є результатом складного комплексу антропогенних і природних впливів на процеси зміни фізико-хімічних і механічних характеристик ґрунту. Як правило, першопричиною порушення (руйнування) ґрунтів є процеси, що ініціюються діяльністю людини (механічна обробка ґрунтів, трансформація шарів землі під час будівництва, переущільнення ґрунтів внаслідок діяльності транспорту, випас худоби, полив земель, інші види зміни режиму ґрунтових чи поверхневих вод, забруднення ґрунтів тощо) (див., наприклад, Сельськогосподарська, 2000; Шубравська, 2002; Методи, 2004). Наслідки цих первинних змін можуть багаторазово посилюватися під впливом природних чинників: наприклад, вітру, дощових потоків тощо. Слід підкреслити, що ґрунт є особливим органіко-мінеральним природним утворенням, яке виникло внаслідок дії живих організмів, розкладання мертвих організмів, впливу природних вод, атмосфери, гравітаційного поля Землі. Це складна і дуже вразлива система, що створювалася століттями, але може бути зруйнована неправильними діями людини за лічені роки, місяці і навіть дні.

### Цифри і факти

---

Сьогодні в Україні має місце дуже високий рівень освоєння території: тільки 8% площі країни залишається в некультивованому природному стані (болота, озера, ріки, гори). Сільськогосподарська освоєність земельного фонду за станом на початок 2004 р. досягла 72% території країни, з яких на ріллу припадає 56% (Довкілля, 2004).

Найбільший рівень сільськогосподарського освоєння територій мають землі Запорізької (88%), Миколаївської (87%), Кіровоградської (86%), Дніпропетровської та Одеської (по 83%), Херсонської (82%) областей. Трохи нижчий цей показник у лісостепових областях, у 1,5–2 рази менший у зоні Полісся. Для порівняння: у США розораність території складає 19%, Франції і ФРН – 33%, Італії – 31%.

Площа цілинних земель в Україні становить тільки 0,4% її території, на частку площ під багаторічними насадженнями припадає 2,2%, косовицями – 5,8% і пасовищами – 13,2% (Національна, 2003).

Показник сільськогосподарського освоєння земельного фонду, який є одним із найвищих у світі – 72% території країни за порівняно невисокої густоти населення, свідчить про безпрецедентно низьку ефективність сільськогосподарського виробництва в Україні (!).

Можна назвати цілий ряд процесів екодеструктивного антропогенного впливу на ґрунти.

**Ерозія ґрунтів** – це процес руйнування верхніх, найбільш родючих шарів ґрунту і порід, що його підстиляють.

Як зазначено вище, первинною причиною ерозії ґрунтів є діяльність людини, що потім посилюється впливом природних сил. Залежно від переважання тих чи інших факторів, що впливають на хід ерозійних процесів, виділяють такі форми даного виду порушення ґрунтів:

- *механічна (агротехнічна) ерозія* – відбувається внаслідок механічної обробки ґрунтів; побічним результатом, зокрема, може бути систематичне зрушення ґрунту вниз по схилу внаслідок роботи сільськогосподарських машин і знарядь під час оранки; надзвичайно небезпечною слід вважати механічну обробку ґрунтів уздовж земельного схилу: після глибокої оранки таких земель дощ, вітер і гравітаційні сили можуть зруйнувати землю (наприклад, вимивши яр) за лічені місяці, а при сильному дощі – навіть за години. Тому заборонено культивуацію просапних культур (тобто таких, що потребують, як буряк чи соняшник, багаторазової механічної обробки міжрядь) на схилах, що мають кут нахилу більш  $1^\circ$ , а угіддя, що мають нахил більше  $7^\circ$ , взагалі повинні виводитися із сільськогосподарського виробництва, яке потребує механічної обробки землі;
- *будівельна ерозія* спричиняється порушенням трав'яного покриву при будівельних роботах будь-якого типу;
- *транспортна ерозія* є наслідком порушення рослинності транспортними засобами; особливо відчутна в пустелі і тундрі;
- *пасовищна ерозія* відбувається через ослаблення трав'яного покриву під впливом витоптування чи виїдання тваринами;
- *вітрова ерозія (дефляція, видування)* відбувається внаслідок перенесення ґрунтових частинок повітряними потоками; при сильній дефляції виникають пилові бурі;
- *водна ерозія* викликається перенесенням ґрунтових частинок під дією водних потоків; характерним наслідком є утворення ярів;

- *хімічна ерозія* є наслідком нагромадження в ґрунтах окремих хімічних компонентів (мінеральних добрив, ядохімікатів, ін.), що руйнують структуру ґрунту.

## Цифри і факти

---

В Україні на початок 2004 р. площа еродованих земель оцінювалася в 49% загального фонду сільськогосподарських угідь, найгірші показники мають Донецька (70%), Луганська (62%) і Одеська (56%) області. Більше половини продуктивних земель еродовано в Кіровоградській, Миколаївській, Харківській областях (Національна, 2003).

Щорічно через неправильну обробку зі схилів змивається близько 500 млн тонн продуктивних земель, при цьому безповоротно втрачається 24 млн тонн гумусу, 1 млн тонн азотвмісних речовин, 0,7 тонн фосфору і 10 млн тонн калію. У цілому по Україні площа еродованих земель збільшується на 80 тис. га за рік. Економічні збитки тільки через ерозію земель становлять більше 9 млрд грн (Методи, 2004).

Переуцілювання ґрунтів за своїми екодеструктивним наслідками є процесом, дуже близьким до ерозії, і найчастіше – її початковим етапом. *Переуцілювання ґрунтів* – це процес руйнування структури ґрунтів під впливом надмірного техногенного тиску на ґрунтову поверхню.

*Висушування земель* – процес появи в літологічному профілі повітряно-сухих ґрунтів і зниження природної вологості до показника менше 60% повної вологості. Висушування обумовлює зниження родючості ґрунту, сприяє розвитку ерозійних процесів. Його негативний вплив на сільськогосподарські землі починається при зниженні рівня ґрунтових вод до 1,8 м (Козьменко и др., 1992).

Причинами висушування земель можуть виступати як гірничі роботи, що супроводжуються утворенням западин, балок, так і недоліки меліоративного проектування через недостатньо високий рівень знань і загальної культури землеробства. Наслідком цього може бути, зокрема, непродумане закладення глибоких висушувальних каналів без урахування властивостей ґрунтів і напрямків майбутнього використання осушених угідь.

Висушування земель може спричинятися необачним регулюванням стоку рік і збільшенням глибини водойм. Ці дії можуть інтенсифікувати підземні стоки і тим самим обумовлювати зменшення обводнювання. Висушування земель може виникати внаслідок побудови дамб, обвалування та інших робіт, спря-

мованих на відведення поверхневих вод за межі території. Ще одна причина можливого висушування – вирубування лісових насаджень. Це веде до активізації процесів випарування з поверхні, а отже, і до зниження рівня ґрунтових вод.

**Підтоплення земель** – це процес підвищення природної вологості ґрунтів понад 80% їх повної вологоємності, що відбувається під впливом примусового підйому рівня ґрунтових вод у зону аерації (Козьменко и др., 1992).

До підтоплення призводить не тільки нераціональне спорудження водоймищ. Значна частина підтоплених земель утворюється через порушення норм поливу при зрошенні, втрати води (витік) у зрошувальних мережах, через технічну недосконалість проектів зрошення. При цьому особливо інтенсивно підтоплення відбувається в перші 2–3 роки функціонування зрошувальної системи.

Чимало земель зазнають підтоплення внаслідок створення котлованів, траншей та інших земляних споруд. У них накопичуються поверхневі та дощові води, які потім з'єднуються з підземними. Проникаючи в породи, ці води викликають їх обводнювання і підвищують рівень ґрунтових вод.

До підтоплення можуть призвести і різні земляні роботи, спрямовані на створення насипних об'єктів (насипів, відвалів тощо). У насипних ґрунтах створюються сприятливі умови для конденсації водяної пари, крім того, такі об'єкти можуть перешкоджати природному стоку поверхневих вод і фактично вести до виникнення штучних джерел водозбору.

Досить часто підтоплення спричиняється порушенням структури верхнього шару ґрунту внаслідок зняття рослинного покриву, викорчовуванням кореневої системи. Поверхневі ґрунти втрачають свій природний захисний шар, це може вести до збільшення кількості вологи в породах через кращу проникність поверхневих ґрунтів і до збереження вологи в породі внаслідок відсутності її транспірації рослинністю.

Процеси стійкого довгострокового підтоплення земель називаються *заболочуванням*.

**Забруднення ґрунтів** – привнесення і виникнення в ґрунті нових, звичайно нехарактерних для нього фізичних, хімічних чи біологічних агентів, або перевищення за певний час середнього багаторічного природного рівня (у межах його найбільших коливань) концентрації названих агентів (Реймерс, 1990).

Основними джерелами забруднення ґрунтів є: забруднюючі речовини, що осідають з повітря (тобто первинним у даному випадку є атмосферне забруднення); привнесені мінеральні і надмірна кількість органічних добрив, пестицидів чи інших хімічних речовин, наприклад, дефоліантів чи засобів обробки ґрунтів (для їх розкислення); речовин, що містяться у воді для поливу; речовин, що надходять внаслідок діяльності людини (паливно-мастильні матеріали, непередбачені витоки чи розливи матеріалів під час роботи машин, транспортних засобів, а також втрати речовин через неправильне збереження на складах і сховищах, у т.ч. під час аварій); виробничі і побутові відходи.

Забруднення ґрунтів змінює перебіг процесу ґрунтоутворення (здебільшого гальмує його), різко знижує родючість ґрунтів, викликає нагромадження забруднювачів у рослинах, з яких вони потрапляють в організм людини прямо чи побічно (з рослинними або тваринними продуктами). Ще одним наслідком забруднення ґрунтів є послаблення процесів самоочищення ґрунтів. Це підвищує загрозу накопичення хвороботворних організмів і створює ризик виникнення небезпечних хвороб.

Для України серйозною проблемою залишається радіаційне забруднення ґрунтів внаслідок Чорнобильської аварії. Загальна площа радіоактивного забруднення ґрунтів радіоактивним цезієм Cs-137 становить 8,4 млн га сільгоспугідь, велика частинка яких розташована в Житомирській області (70%) і в південних районах Київської області (15%). Інші забруднені ділянки розкидані по території Рівненської, Волинської, Чернігівської, Вінницької, Черкаської і Тернопільської областей (Національна, 2003; Яцик, 2001).

**Засолення ґрунтів** є однією з форм забруднення ґрунтів і визначається як підвищення вмісту в ґрунті легкорозчинних солей (карбонату натрію, хлоридів і сульфатів). Засолення звичайно обумовлене природним надходженням солей із ґрунтових чи поверхневих вод, але найчастіше причиною є нераціональне зрошення. Ґрунти вважаються засоленими при вмісті більш 0,1% ваги токсичних для рослин солей або 0,25% солей у щільному залишку (для безгіпсових ґрунтів) (Реймерс, 1990).

Динаміку основних показників екодеструктивного впливу на ґрунти України розраховано за різними джерелами та наведено в табл. 16.5 (Довкілля, 2004; Національна, 2001; Охорона, 1999; Дорогунцов та ін., 1992).



Таблиця 16.5. Показники екологічної деструкції ґрунтів України

Показник	Значення	
	млн га	%
Зменшення вмісту гумусу (за останні 35–40 років)	–	3 3,5 до 3,1
Збільшення площі кислих ґрунтів (за останні 25 років)	На 1,8	25,0
Збільшення площі засолених ґрунтів (за останні 25 років)	На 0,6	24,0
Щорічне зростання площ еродованої ріллі	0,060–0,080	0,1–0,2
Сільгоспугідь, уражених водною ерозією	13,4	32,0
Частка сільгоспугідь, що зазнають вітрової ерозії	6,0	14,4
Частка засолених і солонцюватих ґрунтів	4,3	12,5

До комплексних форм забруднення призводить поховання промислових побутових відходів. Особливо гострою є зазначена проблема в Україні, де це пов'язано з дуже низьким рівнем експлуатації відходосховищ. Досить часто виникають випадки загорання смітників і полігонів. Іноді це переростає в процес перманентного тління відходів, що супроводжується інтенсивним забрудненням атмосфери інгредієнтами невідомого складу. Не вдається уникнути вторинних процесів забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод відходами, що вимиваються і розчиняються (табл. 16.6).

## Цифри і факти

- Сьогодні в Україні загальна маса накопичених відходів (у поверхневих сховищах) перевищує 25 млрд тонн, що в розрахунку на 1 м<sup>2</sup> території становить близько 40 тис. тонн. На одну людину припадає понад 400 тонн. Загальна площа земель, зайнятих під скупченнями відходів (відвали, терикони, шлаконакопичувачі, різного роду смітники тощо), складає більше 160 тис. га (розраховано за даними: Довкілля, 2004; Національна, 2001).
- Щорічно в країні утворюється 35 млн. м<sup>3</sup> побутових відходів, тобто близько 0,8 м<sup>3</sup> на одного жителя. Ці відходи складаються в 770 сміттєсховищах, з яких 80% не обладнані системами захисту від забруднення ґрунтів, води і повітря (Національна, 2001).
- У критичному стані знаходиться зберігання сільськогосподарських хімікатів (отрут, мінеральних добрив, інших речовин). Основна проблема в тому, що в країні накопичилася значна кількість високотоксичних відходів, у більшості з них давно минув термін реалізації, утрачене ідентифі-

*Таблиця 16.6.* Показники утворення, використання і знешкодження токсичних відходів в Україні за станом на початок 2004 р. (Розраховано за даними: Довкілля, 2004; Національна, 2001)

Показники	Відходи всіх класів небезпеки	Клас небезпеки відходів			
		I	II	III	IV
Щорічний обсяг утворення відходів, тис. тонн	79 000	9	488	1940	76 563
Частка відходів, що використовуються, %	33	13	42	50	33
Частка відходів знешкоджених або знищених, %	3	73	12	3	2
Частка відходів, організовано складованих, %	60	2	37	29	63
Частка відходів, складованих неорганізовано, %	1	1	1	<1	<1
Середні витрати на знищення, знешкодження та складування 1 тонни відходів, грн/т	5	641	49	233	1
Загальний обсяг відходів в організованих сховищах на початок 2004 р., тис. тонн	2 745 068	138	1557	22 562	2 720 811
Площа сховищ, необхідна для складування одиниці відходів, га/тис. тонн	0,012	8,123	3,832	0,213	0,022
Об'єм сховищ, необхідний для складування одиниці відходів, м <sup>3</sup> /тис. тонн	34	2811	279	939	27

каційне маркування. Не витримуються вимоги щодо зберігання цих високотоксичних речовин. Бувають випадки загорання сховищ, збереження речовин під відкритим небом, витоки в ґрунт і водойми. Ще й дотепер не вирішено проблему утилізації чи хоча б нейтралізації невикористаних речовин. За укрупненими оцінками в середньому в кожній з областей України зберігається 500–700 тонн невикористаних сільськогосподарських хімікатів.

#### 16.4.4. Порушення режиму водних систем

*Порушення режиму водних систем* – це зміна процесів циркулювання водних потоків, яка погіршує підтримання стану рівноваги природних екосистем.

Вода відіграє надзвичайну роль у забезпеченні існування живих організмів.

*По-перше*, активні процеси обміну речовин в організмах відбуваються тільки у водному середовищі. Поживні речовини і гази надходять до клітин, що їх споживають, тільки в розчиненому вигляді. Вміст води в активно функціонуючих живих організмах – від 70% до 98%. Не випадково відомий фізіолог К. Шмідт-Нільсон характеризував живий організм як «водний розчин, укладений в оболонку – поверхню тіла».

*По-друге*, вода становить основу всього живого на Землі не тільки у кількісному відношенні. Завдяки своєрідним фізико-хімічним властивостям вона забезпечує принципову можливість перебігу процесів метаболізму як у самих організмах, так і на екосистемному рівні. Це відбувається завдяки важливим якісним особливостям води:

- вода – дуже міцна хімічна сполука; вона має найбільший з усіх рідин поверхневий натяг – це визначає її високу капілярність;
- газоподібна вода (водяна пара) легша за повітря, завдяки чому утворюються хмари і відбувається перенесення води в атмосфері;
- вода має унікальні діелектричні властивості; виявляючи надзвичайно низьку електропровідність у хімічно чистому вигляді, вода різко посилює її, перетворюючись на чудовий провідник з появою в ній навіть слідів солей;
- властивості багатьох речовин, розчинених у воді, залежать від конфігурацій гідратних комплексів зв'язаної води; у свою чергу, це визначає особливості молекулярних біологічних структур.

*По-третє*, унікальні фізико-хімічні властивості води сприяють формуванню своєрідної буферної зони, яка «гасить» процеси турбулентності, підтримуючи стан стійкої динамічної рівноваги в екосистемах Землі:

- вода здатна «гасити» гідродинамічні збурювання;
- гідравлічне середовище є чудовим термодинамічним буфером, зокрема, вода має унікальну здатність розширюватися при замерзанні, через що лід набуває густини менше одиниці і не тоне у воді; остання, залишаючись у рідкому агрегатному стані, дає можливість живим організмам існувати під кригою, не замерзаючи;

- жодна природна сполука не має такого поєднання надзвичайно високої питомої теплоємності з високою прихованою теплою плавлення і випарування;
- саме цією властивістю води значною мірою обумовлена велика теплова буферність геосфер, тобто здатність геосфер згладжувати значні коливання температур.

*По-четверте*, водні системи є середовищем існування й міграції багатьох біологічних видів. Водні об'єкти служать їм джерелами їжі, транспортними магістралями, домівкою чи репродуктивним середовищем (простором розмноження).

З іншого боку, водні артерії, несучи життя всьому живому, самі дуже залежать від стану екосистем, які їх підтримують і оточують (болота, луки, прибережні ліси), а також стану екосистем усередині самих водойм.

Усе це обумовлює вразливість водних систем до дії будь-яких видів антропогенного впливу. Розглянемо основні з них.

*Зарегулювання стоку рік* виникає в результаті створення штучних перешкод, що погіршують природну течію рік. Як правило, такими об'єктами є дамби, які зводяться людиною для підвищення рівня води у водоймах. *Первинними наслідками* цього виду впливу є затоплення значних площ (що особливо суттєво для рівнинних умов території України), а також зниження рівня води на ділянках рік, розташованих за течією нижче від дамб. Вторинними ефектами цих явищ можуть бути:

- *підтоплення (заболочування)* площ, які прилягають до затоплених територій; зокрема, тільки в зоні підтоплення водоймищ Дніпровського каскаду опинилося більше 230 тис. га земель, 133 з яких практично заболочені; підтоплено більше 100 міст і селищ (Шевчук та ін., 1996; Яцик, 2001; Загорчевна, 2002);
- *збільшення втрат води* через посилення поверхневого випаровування;
- *висушування земель*, що прилягають до русла рік нижче за течією від дамб;
- *блокування природних магістралей міграції риби* (наприклад на нерест) і річкових тварин;
- *деградація рослинного і тваринного світу* річкових екосистем;
- *замулення, заболочування та евтрофікація* водойм;
- *загроза виникнення катастрофічних ситуацій* у випадку прориву дамб.

**Вилучення води** з водних об'єктів для промислового і сільськогосподарського виробництва може спричинити значне зниження рівня води в річках чи озерах. Це веде не тільки до економічних втрат (зростання дефіциту води), але й до деградації водних прибережних екологічних систем. Зокрема, саме цей вид екодеструктивного впливу спричинив трагедію Аральського моря, рівень води і площа поверхні в якому зменшилися в кілька разів. Море практично перестало існувати, розпавшись на окремі деградуючі водойми. Причина – значне вилучення води з річок Амудар'я і Сирдар'я, що живили море. Іншим прикладом є різке зниження рівня води (на 18 м) у вірменському озері Севан внаслідок спорудження там водозабірної каналу. Лише ціною величезних економічних витрат (довелося пробивати в скелях компенсаційний тунель, що за довжиною лише трохи поступається тунелю під Ла-Маншем) і еколого-економічних збитків (погіршення якості рибних запасів в озері) втрати води вдалося призупинити. В Україні через подібні втручання людини значна кількість рік (особливо маленьких) виявилися під загрозою деградації і навіть зникнення.

**Зміна русел рік** – це штучна деформація напрямку стоку рік. Одним із найбільш небезпечних наслідків цього є порушення усталеного режиму водообміну між водними об'єктами і прибережними екосистемами. З одного боку, біоценози втрачають «звичне» джерело вологи, з іншого боку, ріки залишаються без природного екологічного захисту і біорегуляторів (прибережних лісів, лугов, природної рослинності і тварин – мешканців колишнього русла). Малі ріки міліють внаслідок вирубування прибережних лісів, втрачають у результаті «випрямлення» русел свої смарагдові луки і болотні фільтри. Втрачаючи свої джерела, що замулюються сповзаючою з берегів землею, малі ріки поступово змирають. На жаль, цей вид впливу актуальний не тільки для Сибіру (у зв'язку з горезвісним проектом великомасштабного перерозподілу стоку рік), але й для України. Численні проекти «випрямлення русел рік», які, на жаль, були реалізовані в 60–70-ті роки ХХ ст. в країні, завдали значного удару по річках, особливо малих, які, немов кровоносні судини, насичували екосистеми країни живлющою вологою.

Останні два види впливу на водні системи поєднуються під час будівництва каналів. Значних збитків природному середовищу України завдало будівництво Придунайської системи зрошувальних каналів, водоводу Дніпро – Крим.

*Порушення екосистем, які підтримують водні об'єкти*, викликає зміни стану рослинних і тваринних ресурсів, що прямо чи опосередковано пов'язані з підтриманням стану рівноваги водних об'єктів. Особливої шкоди завдають вирубування прибережних лісів, переорювання лугов, осушення боліт, а також процеси, які прямо чи опосередковано ведуть до знищення тварин, що живуть у даних екосистемах (наприклад, внаслідок використання ядохімікатів). Водні об'єкти, позбавлені біоти, яка їх підтримує, швидко деградують. До цього ж результату веде вже згаданий процес зміни русел рік. Зокрема, через руйнування берегів Дніпра внаслідок знищення рослинності вже втрачено 6176 га землі. За останні 35 років у водоймища потрапило 337 млн м<sup>3</sup> продуктів руйнування берегів (Шевчук та ін., 1996).

#### 16.4.5. Трансформація рельєфу

*Трансформація рельєфу* – це порушення форм земної поверхні, яке змінює природні процеси переміщення водних потоків і повітряних мас, а також шляхи міграції біологічних об'єктів.

Процеси антропогенної трансформації рельєфу звичайно класифікуються на дві групи: прямого впливу (первинні) і непрямого впливу (вторинні).

Процеси *прямого впливу*, у свою чергу, поділяються на дві категорії. До першої категорії належить утворення так званих *вироблених поглиблень*: кар'єрів, шахт, котлованів, тунелів, каналів, ставків, водоймищ. Другу категорію складає утворення *насипних форм рельєфу*: відвалів, валів, териконів, дамб, гребель, засипаних ярів.

Процеси *непрямого впливу* на рельєф виявляються в активізації вторинних форм трансформації ландшафтів під впливом раніше спричинених антропогенних змін. До подібних процесів належать: утворення так званих «оживлених» ярів, зсувів, осідання ґрунту в місцях підземного видобутку корисних копалин, ерозія морського берега внаслідок використання прибережних ґрунтів (скель, піску).

Для запобігання вторинним процесам трансформації рельєфу використовують ряд комплексних заходів: *терасування й обваловування схилів* – для попередження ерозії ґрунтів і утворення ярів; *формування дренажної мережі і шляхів відводу води* – для уникнення підтоплення земель; *спеціальні землеса-*

*хисні конструкції* – проти зрушень і відвалів; *берегоукріплюючі спорудження* – для запобігання ерозії берегу моря чи ріки.

**Руйнування (усунення) природних геологічних об'єктів** є однією з форм трансформації рельєфу місцевості. Однак порівняно з охарактеризованими вище процесами даний вид впливу відбувається в протилежному напрямку. Якщо названі вище види деструкції ландшафтів пов'язуються з формуванням «нерівностей» на земній поверхні, то цей вид трансформації, навпаки, пов'язаний з ліквідацією природних підйомів та поглиблень поверхні: гір, скель, пагорбів, ярів та ін., тобто зі штучним «вирівнюванням» рельєфу.

Штучно «вирівняні» ландшафти дуже зручні для людини, але такий вид трансформаційних процесів може спричинити серйозні екологічні наслідки, які, щоправда, можуть проявитися через значний інтервал часу. Справа в тому, що до згаданих природних «нерівностей» встигають пристосуватися існуючі там біоценози, які утворюють екосистеми саме в поєднанні з даними геологічними об'єктами. Ці форми рельєфу, які можуть здаватися непотрібними, насправді виконують дуже важливі екологічні функції, що підтримують системний метаболізм. На скелях можуть гніздитися птахи, пагорби можуть створювати необхідний мікроклімат для рослин і тварин, яри – служити водотоками для весняних і зливових потоків чи шляхами міграції тварин та насіння рослин тощо.

Часто людина навіть може завдати шкоди, ліквідуючи ті наслідки своєї попередньої екодеструктивної діяльності, до яких природа вже встигла пристосуватися. Йдеться про руйнування так званих реліктових форм трансформації ландшафтів, що з'явилося внаслідок діяльності людини десятки і сотні років тому: курганів, валів, старих гірничих виробок тощо (Яцик, 2001).

**Пневматичний вплив** на природне середовище є одним із видів фізичного забруднення. Він пов'язаний із генерацією під час антропогенної діяльності енергетичних імпульсів: разових (у результаті вибухів) чи у формі періодично повторюваних коливань (шум і вібрація).

Джерела *планованих* імпульсів – це військові дії, випробування зброї і будівельні роботи. Хоча ці вибухи здійснюються в плановому порядку, наслідки їх впливу на геологічне й антропогенне середовище не завжди передбачувані і можуть завдавати значних збитків економіці й об'єктам природного середовища.

Вибухи можуть спричинити будь-яку із згаданих вище форм руйнації рельєфу. Часто вторинні наслідки вибухів (зсуви, лавини, цунами) своїм енергетичним впливом на середовище можуть на кілька порядків перевищувати силу імпульсу самого вибуху. За однією з гіпотез більшість землетрусів провокується антропогенною діяльністю, зокрема випробуваннями ядерної зброї.

Причинами *незапланованих* вибухів є техногенні аварії і катастрофи (вибухи на виробництвах, ємкостей з небезпечними речовинами, трубопроводів, транспортних засобів тощо), інциденти, пов'язані зі зберіганням вибухових речовин і неправильною експлуатацією вибухових пристроїв. Один із техногенних вибухів – що привів до руйнування реактора на Чорнобильській АЕС – у сукупності з повторними наслідками став причиною першої в історії Землі глобальної екологічної катастрофи.

Причинами шуму і вібрації, достатніми для деструктивного впливу на рельєф, можуть бути різні технічні пристрої, великі транспортні засоби (особливо авіаційні), запуски космічних апаратів.

#### 16.4.6. Вплив на біоту

**Вплив на біоту** здійснюється внаслідок антропогенних процесів, які прямо чи опосередковано діють на біологічні об'єкти (рослинний світ і царство тварин) аж до їхнього знищення, або ведуть до погіршення їх репродуктивних чи інших функцій.

Говорячи про негативні наслідки впливу на біоту, звичайно виділяють два основні аспекти: екологічний і моральний. *Екологічні наслідки* пов'язані з погіршенням екологічних функцій біоценозів, порушенням їх динамічного рівноважного стану (заміною на інший небажаний для людини вид рівноваги), деградацією екосистем – унаслідок ушкодження і вилучення частин біологічних об'єктів, порушення умов їх життєдіяльності, блокування усталених зв'язків між організмами.

*Моральні наслідки* звичайно пов'язують із тим моральним збитком, якого зазнає людина, вихована на засадах поваги до будь-яких форм життя на Землі, при знищенні інших представників фауни чи флори або нанесенні їм ушкоджень. Саме цей моральний аспект здебільшого є причиною багатьох «енвайронменталістських» рухів на Заході. При цьому деякі з них узагалі заперечують будь-які форми вбивства тварин, відмовляючись із



цієї причини від вживання м'ясної і рибної їжі, носіння шкіряного і хутряного одягу. Інші, визнаючи необхідність споживання м'яса і використання шкіряного одягу, вважають аморальним тільки невмотивоване заподіяння шкоди тварині. Як найбільш несприятливі дії поряд з іншими називаються проведення наукових експериментів і промислове тестування.

Процеси *прямого впливу* спричинюють ушкодження або загибель біологічних об'єктів. До подібних процесів відносять усвідомлені або непередбачені дії людини. Усвідомлені дії пов'язані з полюванням, збиранням, рибальством, промисловою заготівлею рослин, вирубуванням лісів, знищенням рослин і тварин унаслідок промислового або цивільного будівництва.

Звичайно за первинними процесами прямого впливу на біоту відбуваються *вторинні процеси* деградації екосистем. Так, вирубування лісів веде до заміни біоценозів і появи пустель. Вилучення біологічних видів при досягненні критичного мінімуму популяції веде до її деградації та вимирання.

## Цифри і факти

---

Близько 10 тисяч років тому в Північній Америці майже одночасно вимерли 36 видів ссавців (великі лівінці і броненосці, мастодонти, шерстисті носороги, мамонти, ведмеді, олені, карібу й ін.). Цей час збігся з появою там одного-єдиного виду – *Homo sapiens*, людини розумної. Звернемо увагу на одну цікаву обставину: майже всі зниклі тварини були дуже привабливі з погляду мисливця (Баландин, 2001).

Напевно, особливо уважно слід поставитися до промислового культивування та споживання сільськогосподарських рослин і тварин, а також використання останніх для проведення експериментів. Саме сільськогосподарське виробництво звичайно рідко кваліфікують як форму екодеструктивного впливу. Ймовірно, це пояснюється тим, що контрольоване сільськогосподарське виробництво і споживання біологічних об'єктів вважається не пов'язаним напряму з порушенням функціонування природних екосистем. Більш того, контрольоване людиною відтворення рослинних культур і тварин іноді рятує їх від повного зникнення в природних умовах (як це сталося з зубрами, лосями, багатьма породами хутрових). Облишимо поки що, м'яко кажучи, дискусійну тезу про екологічну безпечність самого сільськогосподарського виробництва. Моральний же аспект даного виду

природокористування пом'якшується «мотивованістю» споживання даного виду ресурсів для забезпечення продуктами харчування, одягом або промисловою сировиною. Інша річ – використання тварин в експериментах і промислового тестуванні. Практично за тих самих екологічних наслідків останній вид впливу несе в собі куди більш вагомий тягар моральної деградації. Припускаючи можливість задоволення своїх непершочергових потреб за рахунок життя тварин чи завдання їм страждань, людина руйнує свою власну природу. Не випадково останнім часом поширюються рухи за заборону або, принаймні, максимальне обмеження подібної діяльності.

До речі, моральний аспект впливу на біоту присутній і у всіх інших видах екодеструктивних процесів. Актуальність його обумовлена тією технічною потужністю, якої набуло людство. Не стримувана внутрішніми моральними обмеженнями, людина перетворюється на «технократичного монстра». Використання вибухівки в рибному промислі, а гелікоптерів і автоматів – у полюванні на тварин перетворюють шляхетний поєдинок між людиною і твариною на акт винищення останніх.

Форми *непрямого впливу* на біоту пов'язані з порушенням рівноваги природних екологічних систем. Основні причини цих явищ обумовлені діями людей, які через свою неосвіченість, неуцтво, технічну неспроможність, моральну недосконалість не можуть або не хочуть передбачати і запобігати вторинним наслідкам впливу на біоту. До числа таких найбільш характерних процесів можна віднести:

- *блокування технічними спорудами* (трубопроводами, дамбами, насипами, транспортними магістралями) або *об'єктами первинної екодеструктивної діяльності* (кар'єрами, відвалами, каналами) *шляхів міграції тварин*; зокрема, величезну шкоду популяціям тварин можуть завдавати в тундрі трубопроводи, що перерізають звичні шляхи міграції тварин;
- *ускладнення або повне блокування пересування тварин, спрямованого на задоволення репродуктивних функцій*; прикладом є каскади водоймищ, що перешкоджають нересту риби;
- *порушення умов зростання рослин і проживання тварин*; конкретними причинами можуть бути: різноманітні види забруднення, кислотні дощі, так звані чинники неспокою (шуми, вибухи, вібрація); останні особливо суттєві для тварин у періоди розмноження;

Таблиця 16.7. Фактори, які загрожують первинним тваринам (Реймерс, 1990)

Фактори	Кількість видів під загрозою	Процент від загальної кількості таких видів *
Руйнування або деградація місця існування	449	67
Переексплуатація	250	37
Вплив привнесених людиною видів	127	19
Втрата, скорочення або погіршення кормової бази	25	4
Знищення з метою захисту с/г рослин, свійської худоби, об'єктів промислу	21	3
Випадкова попутна здобич	12	2

\* Сума більше 100% виникла тому, що деяким видам загрожує кілька факторів.

- *спрощення екологічних зв'язків*; цей вид деструктивного впливу М.Ф. Реймерс порівняв із фізичними процесами, що відбуваються в провідниках: «для забезпечення цілісності біосфери даного типу нею має йти «струм» (через біоценози повинна проходити енергія сонця) певної сили. При зникненні значної кількості видів – «ниток» – інші почнуть «перегоряти» (вимирати) подібно до пробок в електромережі, і може виникнути загроза існуванню всієї тваринної речовини біосфери (Реймерс, 1990);
- *гіпертрофія кількості популяцій деяких біологічних видів*, які, на думку людини, є «більш корисними», ніж інші види; природно, це погіршує умови життя тих самих «інших видів»;
- *порушення екологічної рівноваги через вилучення частини популяцій або привнесення (інтродукування) чужорідних для даної екосистеми екологічних видів.*

Основні показники непрямого впливу на біоту показані в табл. 16.7.

### Вчені застерігають

Скорочення генетичного фонду рослин і тварин – ознака екологічної безграмотності, вважає Роберт Аллен. «Гонитва за сортовою однорідністю та високою продуктивністю спричинила звуження генетичного фонду... Усього чотири сорти жита дають 75 відсотків урожаю, який вирощують у преріях Канади. У США чотири сорти картоплі дають 72 відсотки його виробництва, і лише два сорти гороху – все його виробництво. Майже всі кофейні дерева

Бразилії виникли від однієї-єдиної рослини... Ці та інші культури, схожі з ними, зовсім не захищені від масового нападу шкідників, спалахів хвороб і раптових негативних змін умов існування... Прикладів довго шукати не треба. В 1860 році філоксера – комаха, яка живе на коренях винограду, – потрапила в Європу з Північної Америки. Наслідки виявилися катастрофічними: на материку були знищені майже всі виноградники. Але швидко з'ясувалося, що американський виноград несприйнятливий до філоксери. Європейське виноградарство було врятоване прищепленням кореневих пагінців американського винограду до пагінців винограду європейського, і це культивується до цього часу...» (Аллен, 1983).

Збереження диких і примітивних сортів культур у всьому світі – головна гарантія того, що їхніх «окультурених сородичей» можна буде врятувати від хвороб.

#### 16.4.7. Вплив на людину

Види негативного впливу на організм людини умовно можна об'єднати у дві групи: процеси прямого впливу і процеси непрямого впливу.

*Процеси прямого впливу* обумовлені *безпосереднім контактом* людини з техногенними об'єктами (механізмами, машинами) або робочими агентами цих об'єктів (високою температурою, токсичними речовинами, електричним струмом, електромагнітними полями чи іншими формами енергетичного впливу, активними біологічними організмами, ін.), що можуть завдавати шкоди здоров'ю людини або навіть призводити до її загибелі.

#### Цифри і факти

---

- У 2003 році на виробництві було травмовано 25,7 тис. чол., у тому числі 1100 травм мали смертельний результат (Статистичний, 2004).
- Усереднена структура дій, що призвели до нещасних випадків, має такий вигляд, %:
  - дорожньо-транспортні пригоди – 22;
  - падіння людей з висоти – 13;
  - падіння предметів, обвали землі, інше – 11;
  - ураження предметами, що рухаються, розлітаються, обертаються, – 16;
  - ураження струмом – 10;
  - вплив екстремальних температур – 3;
  - інші причини – 25.

*Процеси непрямого впливу* на організм людини пов'язані з погіршенням умов життя і діяльності людини (склад повітря, температура, вологість, ін.), які зумовлюють процеси метаболізму в організмі людини. Щоб зрозуміти природу цих факторів впливу, досить задуматися про особливості функціонування такої складної матеріально-енергетично-інформаційної системи, якою є людський організм. Зміна будь-якого з тисяч параметрів (хімічних, фізичних, механічних, біологічних), що до того ж дуже тісно взаємодіють між собою, може виявитися достатньою, щоб серйозно погіршити фізіологічні функції організму людини (Окружающая, 1998). У табл. 16.8 показані деякі з факторів впливу і пов'язані з ними можливі наслідки для здоров'я людини.

Погіршення якості їжі і питної води є однією з найбільш небезпечних форм непрямого впливу. Це пояснюється чутливістю організму до процесів інтоксикації продуктів, у першу чергу тих, що відповідають за стан метаболізму в організмі людини.

Слід підкреслити взаємозв'язок ступеня впливу таких екодеструктивних факторів, як забруднення харчових продуктів і питної води, а також інших умов життя і діяльності людини, які, зрештою, визначають імунітет організму і його біологічну стійкість. Серед основних факторів можна назвати: збалансованість і достатність харчування, можливості повноцінного відпочинку, здоровий спосіб життя й ін.

Інтегральними оцінками впливу на організм людини є показники захворюваності і смертності населення.

*Зниження інформаційної цінності природних систем* на відміну від попереднього виду впливу діє не на організм людини, а на її особистісні характеристики. Повноцінне формування особистості людини може відбуватися тільки на тлі інформаційного контакту з природними системами. Інформаційне руйнування природних систем також негативно впливає на психологічний стан людини, а це збіднює резерви її природної життєвої активності, що, у свою чергу, негативно позначається на формуванні соціальних позицій (Быстряков, 1997; Гармонія, 2002; Горелов, 2001, Ноосферогенез, 2002).

На жаль, ці аспекти екодеструктивної діяльності вивчені значно менше. Лише в нечисленних розрізнених роботах розглядається дистресовий феномен природи. Відзначається, наприклад, що серед мисливців-аматорів менш поширені професійні

Таблиця 16.8. Фактори впливу на організм людини в сучасних житлових приміщеннях та його наслідки (Корсак та ін., 1998)

Речовина/агент	Джерело	Можливі захворювання та інші наслідки
Чадний газ (С)	Печі, обігрівачі, неповне окиснення органічних залишків у льохах	Настання смерті при концентрації понад 0,2%. При менших – головний біль, ураження органів дихання
Метан	Газові прилади	Вибухи, пожежі, отруєння
Оксиди азоту	Печі, плити, відкрите полум'я	Ураження легень, головний біль, дитячі хвороби
Дим	Паління тютюну	Рак легень, ураження легень і мозку
Бензапірен	Сигарети, печі	Рак легень
Метиленхлориди	Фарби	Розлади нервової системи, діабет
Трихлоретан	Аерозольні балони	Ураження дихання і мозку
Тетрахлоретан	Одяг після хімістки	Рак, ураження нервової системи, нирок, печінки
Формальдегід	Меблі й інші предмети	Ураження очей, мозку і дихання
Хлороформ	Гарячий душ із хлорованої води	Рак
Стирен	Штучні килими	Ураження нирок і печінки
Азбест	Ізоляція труб, вінілові покриття	Рак, ураження легень
Бактерії, віруси, грибки	Зволожувачі кондиціонерів, люди, тварини	Грип, "хвороба легіонерів" та інші хвороби
Радон	Ґрунт, бетонні стіни, граніт	Рак легень
Шум	Усі гучномовці, побутові прилади	Деградація слуху, неврози
Електромагнітні хвилі	Браковані СВЧ-печі і побутові прилади	Ушкодження очей

захворювання, практично немає алкоголіків і т.д. І навпаки, позбавлення людини інформаційного контакту з природою може вести до серйозних соціальних наслідків. Основні причини дитячої жорстокості, що особливо гостро виявляються в підлітків з індустріальних районів і «спальних» новобудов, більшість соціологів вбачають у дефіциті повноцінного інформаційного контакту з природою (Мельник, 2000).

#### 16.4.8. Вплив на глобальну екосистему Землі

Вплив на глобальну екосистему Землі стосується процесів *порушення екологічної* рівноваги на планеті, що погіршує умови життя біологічних об'єктів. Серед них можна виділити такі форми глобальних екодеструктивних процесів:

- зміна клімату на планеті;
- зміна електромагнітної системи Землі;
- зміна якісних характеристик глобальних геосфер (літосфери, атмосфери, гідросфери);
- зміна буферних захисних систем планети (зменшення озонового шару, зміна іоносфери).

#### Цифри і факти

---

- Про зміну клімату свідчить ряд фактів. За останні 10 років у Європі були побиті всі метеорологічні «рекорди»: найспекотливіше літо, найбільш морозна зима, найсильніший період посухи; протягом 90-х років у світі було зафіксовано більше штормів і ураганів, ніж за весь інший період минулого сторіччя. Улітку 1997 р. на Північному полюсі йшов дощ, що останній раз відбувалося, на думку археологів, 160 000 років тому; полярний лід тоне, за останні 15 років льодовикова маса зменшилася на 20% (Хенс, 1998).
- Загальний запас кисню повітря складає понад  $1,2 \cdot 10^{15}$  тонн. Щорічно він зменшується приблизно на  $1 \cdot 10^{10}$ , а через 150–200 років за прискорених темпів науково-технічного прогресу можна очікувати його скорочення на кілька відсотків. Досить сказати, що організм людини чутливий до зниження концентрації кисню вже на 1–2% (Винокурова й ін., 1998).
- Останній рік минулого тисячоліття приніс також рекордну кількість природних катастроф: землетрусів, повеней, цунамі – більше 700, що значно перевищує показники 1998 року. Якщо в 1998 році внаслідок стихійних лих загинуло близько 53 000 чоловік, то в 1999 році – вже понад 72 000 чоловік. Загальний збиток, нанесений в останньому році тисячоліття, перевищив 80 млрд дол. США (за повідомленнями радіо й телебачення).

З погляду економіста зазначені процеси впливу на природне середовище є також надзвичайно важливими економічними чинниками. Це підтверджується такими аргументами.

• Будь-які процеси цілеспрямованого впливу на природне середовище пов'язані з витратами засобів (фінансових, матеріальних, енергетичних, інформаційних), що можна виразити через систему кількісних показників, у тому числі вартісних, адекватних економічній сфері діяльності людини.

- Сучасне виробництво тісно пов'язане з природним середовищем, яке виконує безліч економічних функцій (джерело ресурсів, середовище здійснення виробничої діяльності, «резервуар» відходів, що видаляються, ін.). Кожна з функцій, як правило, чутлива до зміни характеристик природного середовища. Будь-яке їх відхилення в той чи інший бік негайно позначається на економічних показниках суспільних систем (Гор, 2001; Стан, 2002; Майєр та ін., 2003; Маслов, 2002). В одному випадку (при зміні якості середовища, сприятливому для даної функції) відбувається поліпшення показників у певній економічній сфері (збільшуються доходи підприємств, знижуються витрати тощо); в іншому (несприятливому) – зміна показників має негативний характер, що може кваліфікуватися як економічний збиток (зниження доходів, збільшення витрат та ін.).

Існує принципова можливість: з одного боку, оцінити у вартісній формі витрати ресурсів людського суспільства, що спрямовуються на перетворення компонентів природного середовища; з іншого боку, за допомогою кількісних показників дати економічну інтерпретацію змін, що відбуваються в природі. Це створює об'єктивні передумови порівняння результатів і витрат еколого-економічної діяльності, дозволяє усвідомлено і цілеспрямовано обґрунтовувати і планувати прийняття господарських рішень. Чим глибшим є розуміння економічної природи процесів, що відбуваються в суспільстві і природі, тим більше існує можливостей вибору найбільш ефективних варіантів реалізації виробничої діяльності і суспільної поведінки людини. Саме це прагнення підвищити ефективність функціонування виробничих і суспільних систем з урахуванням їх впливу на природне середовище змушує вивчати особливості формування еколого-економічних оцінок.



## Закономірності взаємодії суспільства і природи

### 17.1. Загальносистемні закономірності взаємовідносин людей і природи

Концепція стійкого розвитку ґрунтується на застосуванні ідей загальної теорії систем. Це стосується перш за все екологічної сфери, де відносини типу «людина – суспільство» трансформуються у відносини «людина – суспільство – довкілля».

Будь-який вплив людини на природні екосистеми призводить до їх змін, які викликають як позитивні, так і негативні наслідки. Саме ці наслідки є об'єктом оцінки досягнення цілей стійкого розвитку на макро- та мікрорівнях. Оцінити їх можна тільки за умови вивчення законів і принципів функціонування системи «людина – довкілля».

М.Ф. Реймерс, досліджуючи взаємовідносини людини та природи, виділяє ряд закономірностей (табл. 17.1) (Реймерс, 1994).

З наведеної сукупності закономірностей ми розглянемо лише основні. І почнемо з аналізу закономірностей системи «людина – природа».

### 17.2. Закономірності розвитку системи «людина – природа»

Історичні зміни, що відбуваються у зв'язках між природою і людиною, одночасно призводять до змін у природі і формах господарювання. Форми господарювання змінюються відповідно до змін у природі. У свою чергу, зміни в економіці викликають

Таблиця 17.1. Закономірності взаємовідносин людини і природи

		Назва
1		2
Закономірності системи "людина – природа"	Закони	<ul style="list-style-type: none"> <li>• бумерангу або зворотного зв'язку взаємодії людина – біосфера</li> <li>• незамінності біосфери</li> <li>• оберненості біосфери</li> <li>• необерненості взаємодії людина – біосфера</li> <li>• спадної віддачі</li> </ul>
	Правила	<ul style="list-style-type: none"> <li>• історичного зростання продукції внаслідок сукцесійного омолодження екосистем</li> <li>• міри перетворення природних систем</li> <li>• демографічного насичення</li> <li>• прискорення історичного розвитку</li> </ul>
Закономірності соціальної екології	Принцип	<ul style="list-style-type: none"> <li>• старого автомобіля</li> </ul>
	Закони	<ul style="list-style-type: none"> <li>• історичної соціально-екологічної необерненості</li> <li>• ноосфери В.І. Вернадського</li> </ul>
	Правила	<ul style="list-style-type: none"> <li>• соціально-екологічної рівноваги</li> <li>• соціально-екологічного заміщення</li> </ul>
Закономірності природокористування	Принцип	<ul style="list-style-type: none"> <li>• культурного управління розвитком</li> </ul>
	Закони	<ul style="list-style-type: none"> <li>• обмеженості (вичерпності) природних ресурсів</li> <li>• відповідності між розвитком продуктивних сил і природно-ресурсним потенціалом суспільного процесу</li> <li>• збільшення наукоємності суспільного розвитку</li> <li>• падіння природно-ресурсного потенціалу</li> <li>• зменшення енергетичної ефективності природокористування</li> <li>• сукупної дії природних факторів</li> <li>• максимальної врожайності</li> <li>• максимуму</li> <li>• граничної врожайності К. Пратта</li> <li>• спадної родючості</li> <li>• зменшення природоємності готової продукції</li> <li>• збільшення темпів обороту природних ресурсів, що залучаються</li> </ul>
	Правила	<ul style="list-style-type: none"> <li>• основного обміну</li> <li>• інтегрального ресурсу</li> <li>• (неминучих) ланцюгових реакцій</li> <li>• "жорсткого" управління природою</li> <li>• "м'якого" управління природою</li> <li>• компонентної екологічної рівноваги</li> </ul>

1	2						
Закономірності охорони природи	<table border="0"> <tr> <td data-bbox="281 193 380 359">Закопи</td> <td data-bbox="380 193 954 359"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• шагреневої шкіри</li> <li>• неусуненості відходів</li> <li>• незмінності кількості відходів у технологічних ланцюгах</li> <li>• “залізні закони” охорони природи П. Ерліха</li> <li>• афоризми Б. Коммонера</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="281 359 380 420">Правила</td> <td data-bbox="380 359 954 420"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “екологічне – економічно”</li> <li>• економіко-екологічного сприйняття Ф. Стайкоса</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="281 420 380 579">Принципи</td> <td data-bbox="380 420 954 579"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• унікальності</li> <li>• розумної достатності і допустимого ризику</li> <li>• неповноти (невизначеності) інформації</li> <li>• інстинктивного заперечення – визнання</li> <li>• оманливого добробуту</li> <li>• віддаленості подій</li> </ul> </td> </tr> </table>	Закопи	<ul style="list-style-type: none"> <li>• шагреневої шкіри</li> <li>• неусуненості відходів</li> <li>• незмінності кількості відходів у технологічних ланцюгах</li> <li>• “залізні закони” охорони природи П. Ерліха</li> <li>• афоризми Б. Коммонера</li> </ul>	Правила	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “екологічне – економічно”</li> <li>• економіко-екологічного сприйняття Ф. Стайкоса</li> </ul>	Принципи	<ul style="list-style-type: none"> <li>• унікальності</li> <li>• розумної достатності і допустимого ризику</li> <li>• неповноти (невизначеності) інформації</li> <li>• інстинктивного заперечення – визнання</li> <li>• оманливого добробуту</li> <li>• віддаленості подій</li> </ul>
Закопи	<ul style="list-style-type: none"> <li>• шагреневої шкіри</li> <li>• неусуненості відходів</li> <li>• незмінності кількості відходів у технологічних ланцюгах</li> <li>• “залізні закони” охорони природи П. Ерліха</li> <li>• афоризми Б. Коммонера</li> </ul>						
Правила	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “екологічне – економічно”</li> <li>• економіко-екологічного сприйняття Ф. Стайкоса</li> </ul>						
Принципи	<ul style="list-style-type: none"> <li>• унікальності</li> <li>• розумної достатності і допустимого ризику</li> <li>• неповноти (невизначеності) інформації</li> <li>• інстинктивного заперечення – визнання</li> <li>• оманливого добробуту</li> <li>• віддаленості подій</li> </ul>						

ланцюгові реакції в природі. Цей постійний зворотний зв’язок дістав назву *закону бумеранга*, чи *закону зворотного зв’язку взаємодії людина – біосфера П. Дансеро*, інакше – *четвертий закон Б. Коммонера*: «ніщо не дається даром». Зміст закону полягає в тому, що людині завжди доводиться розплачуватися за ті зміни, які вона привносить у навколишнє природне середовище (Реймерс, 1994).

Неминучість платежів підкреслюється також *законом незмінності 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* полягає в тому, що біосфера прагне до відновлення екологічної рівноваги тим сильніше, чим більший тиск на неї.

*Закон необерненості взаємодії людина – біосфера*: природні ресурси, що поновлюються, перетворюються на природні ресурси, які не поновлюються, у випадку перевищення можливостей їх відновлення.

Саме на цій сходинці розвитку взаємовідносин людина – природа знаходиться наша цивілізація. Сучасний розвиток не може забезпечити стабільних умов існування життя на Землі, у тому числі і людині.

Далі можна виділити більш окремі закономірності впливу людини на природні екосистеми. Наприклад, **закон спадної віддачі А. Тюрго – Т. Мальтуса**: підвищення питомого вкладення енергії в агросистему не дає адекватного пропорційного збільшення її продуктивності (врожайності). Іншими словами, падіння енергетичної ефективності сільськогосподарського виробництва неминує і викликане заміною ручної праці механічною, а природної родючості ґрунтів – штучною.

Дія законів обумовлює існування правил і принципів взаємин у системі «людина – природа». **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.

З правила міри перетворення природних систем випливає ряд висновків:

1. Одиниця (відновного) ресурсу може бути отримана лише в деякий період часу, обумовлений 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 внаслідок надлишку 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 не відновне) дає локальний чи регіональний виграв за рахунок погіршення певних показників на сумісних територіях чи в біосфері в цілому. (Це є наслідком законів бумеранга і необерненості та взаємодії людина – природа.)
5. Природні ланцюгові реакції ніколи не обмежуються зміною речовини й 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 замінити. У той же час природні системи, що самовідновлюються, являють собою «вічний» двигун, який не потребує економічних вкладень доти, поки ступінь тиску на них не перевищує їхніх можливостей до відновлення.

Наслідком чинності закону бумеранга 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 приводить до різкого дисбалансу у взаєминах людина – природа, що може привести до демографічної катастрофи. Однак на противагу цьому правилу діє **правило прискорення історичного розвитку**, яке полягає в тому, що чим стрімкіше під впливом антропогенних факторів змінюється середовище існування людини й умови ведення господарства, тим скоріше відбуваються зміни в соціально-екологічних властивостях людини, економічному і 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, ін).

### 17.3. Закономірності соціальної екології

Еволюція соціоприродних відносин має досить тривалі періоди стійкого розвитку, що чергуються з більш короткими періодами стану нестійкості. Розвиток соціоприродних відносин відрізняється безперервністю його прискорення, що обумовлено

змінами культури. Ці зміни називають культурологічними або *соціальним антропогенезом*.

За темпами кількісних змін виділяють прискорений і уповільнений розвиток. Причому за якісних перетворень можливі тенденції ускладнення або спрощення. Еволюція соціоприродних відносин змінюється від антитехнічних (повне ігнорування процесу цивілізації) до технократичних (економічне зростання без обмежень при повному ігноруванні його негативного впливу на природне середовище) (Соколов, 2001).

Процес еволюції відносин суспільства і природи можна розділити на два періоди: пасивний і активний. Пасивний характеризується не зовсім усвідомленим або зовсім не усвідомленим ставленням до природи, що має більше біологічний, ніж культурний характер. При цьому соціальна поведінка є біологічною передумовою появи моральності, що дозволило перейти від підпорядкування природному середовищу до перших спроб його перетворення (табл. 17.2).

Активний період пов'язаний з культурною еволюцією і має два етапи. На першому з них має місце осмислення причин взаємодії суспільства і природи, другий передбачає реалізацію задуманого. Осмислення та усвідомлення розвитку спочатку відбувається в релігійній, містичній формі, на більш пізніх етапах релігія зберігається, але паралельно з нею з'являються нерелігійні, світські, наукові та філософські вчення.

Світогляд розвивається у взаємодії з усіма сторонами духовного процесу, включаючи і науку. Зростання матеріальних потреб суспільства визначає розвиток фізики і хімії на третьому етапі еволюції (табл. 17.2). У зв'язку з екологічними проблемами, що виникають і ускладнюються наприкінці третього і на четвертому етапі, розвиток природничих наук відбувається усе більш інтенсивно, що сприяє формуванню єдиної наукової думки. Початок п'ятого етапу характеризується прискореним розвитком гуманітарних наук, також відбувається перехід до формування і вирішення комплексних наукових проблем. При цьому спостерігається зближення наукової спеціалізації та інтеграції осмислення еволюції соціоприродних відносин на базі розвитку теорії синергетичних систем.

Таблиця 17.2. Усвідомлення, осмислення еволюції взаємодії суспільства і природи (Соколов, 2001)

<b>Мета суспільства – задоволення потреб</b>			
Біологічні потреби – «мати»		Культурні потреби – «бути»	
вжити	жити краще (зростаючі матеріальні потреби обмежені захищеною територією і ресурсами, що використовуються)	жити дуже добре (нескінченно зростаючі матеріальні потреби) духовні потреби – додаткові	розвиток духовних і самообмеження матеріальних потреб
пасивність (біологічна еволюція)	<b>активність</b> (культурна еволюція)		
<b>а. Інтегральне, філософське усвідомлення (світлогляд, уявлення, концепція)</b>			
релігійне, містичне, харизматичне	язичество, ідопоклонство	політеїзм	нерелігійне, світське, наукове
тотемізм, віра в духовну єдність із природою	монотеїзм		
боротьба, пристосування, підпорядкованість			
~ природи собі, панування над природою			
<b>АНТРОПОЦЕНТРИЗМ</b>			
принцип ~			
~ себе природі, заглибленість суспільства в природу	ПРОТЯКООПЕРАЦІЯ		МУТАЛІЗМ
	~ сили, обману (право сили, корисливості)	~ справедливості (справедливого обміну)	~ гармонії, любові (екомораль, екоправо)
	Соціально-екологічна концепція		
<b>б. Диференціальне усвідомлення (спеціалізація наук)</b>			
	фізика – техніка хімія – технологія	природні (біологія, географія, екологія) суспільні (психологія, соціологія)	трансдисциплінарна уніфікація наук
<b>Х р о н о л о г і я</b>			
35 0000–7000	6600–4600	1470–1650	1950–1970
лет назад			
1	2	3	4
н о в о ї е р и			
5			

## Подобици

---

Економічна безпека суспільства безпосередньо пов'язана з рівнем культури, освіти та вихованості людей у цьому суспільстві. Ступінь врахування майбутнього в сучасній поведінці людини, колективу або держави можна предствити у вигляді:

$$F = I \cdot \frac{RP}{T}, \quad (17.1)$$

де  $F$  – коефіцієнт майбутнього;  $I$  – індекс цивілізованості (рівень культури, освіти та вихованості);  $R$  – ступінь ризику, імовірність негативних наслідків;  $T$  – час, передбачувана віддаленість наслідків.

Індекс цивілізованості має ключове положення. Від нього залежить стан ще одного параметра, який не вказаний у формулі, – ступеня добробуту на сьогодні. При високому значенні  $I$  добробут ставиться в чисельник, а при низькому  $I$  – у знаменник. Це необхідно підкреслити, тому що коефіцієнт майбутнього характеризує поведінку і «простих людей», і суспільства в цілому. При низькому рівні культури формула зводиться до співвідношення жадібності та страху. Коефіцієнт майбутнього повинен мати важливе значення при формуванні та реалізації екологічної політики, але це можливе тільки за умови, що і в політиці, і в економіці керівні ролі належатимуть дійсно Homo sapiens (Акимова, 1998).

## Примітка

---

З погляду соціальної складової екологічних проблем практичний інтерес становить думка громадськості про пріоритетність тих чи інших екологічних проблем у процесі соціально-економічного розвитку. У ході одного з вибірко-вих обстежень різних груп населення, проведеного природоохоронними органами, 56% опитаних сказали, що забруднення навколишнього середовища викликає в них тривогу, а стан навколишнього середовища за місцем проживання викликає незадоволення. Найбільш актуальними в результаті виявилися такі проблеми: забруднення повітряного басейну – 81% опитаних, забруднення питної води – 73%, засміченість населених пунктів – 71%. При цьому 74% опитаних вважають, що розглянуті проблеми загострюються розпадом господарських зв'язків країни.

Екологічний фактор став реально лімітувати народний добробут, що проявляється в погіршенні здоров'я населення, збільшенні кількості генетичних порушень, скороченні середньої тривалості життя. Так, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), суспільне здоров'я на 50% залежить від способу життя і на 25% від стану навколишнього середовища.

Вивчаючи еволюцію відносин між суспільством та природою, можна виділити ряд закономірностей (Реймерс, 1994) (рис. 17.1).



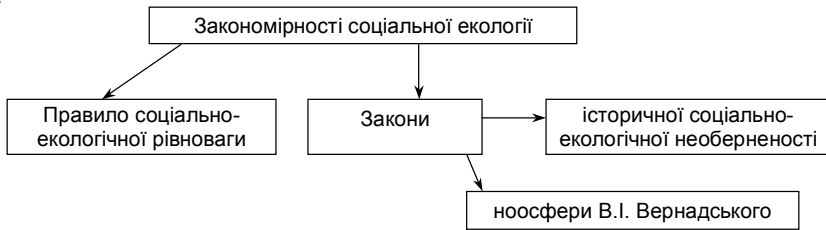


Рис. 17.1. Закономірності соціальної екології

Тиск суспільства на навколишнє середовище і зміни в самому суспільстві дають можливість сформулювати **правило соціально-екологічної рівноваги**: 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. Епоха «незалежного» від природи екстенсивно-експансивного розвитку людства закінчилася.

**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 одностороннім, як і еволюція.

Але якщо соціально-екологічний процес спрямований, як уся еволюція, то в яку сторону? На це питання відповідає **закон ноосфери В.І. Вернадського**: біосфера неминуче перетвориться в ноосферу, тобто сферу, де розум людини буде відігравати домінуючу роль у розвитку системи «людина – природа». Іншими словами, хаотичний саморозвиток, заснований на процесах природної саморегуляції, буде замінено розумною стратегією, що

ґрунтується на прогностно-планових принципах та регулюванні процесів природного розвитку.

Основоположники цього вчення (Е. Леруа, П. Тейяр де Шарден, В.І. Вернадський, П. Флоренський) вкладали в це поняття «розум людини» і божественне начало (сходження до людей божественного розуму), що впливало з їхнього загального світогляду. У наведеному формулюванні закон ноосфери здається логічним, оскільки людство як частина природи, перетворившись на руйнівну загальносвітову «геологічну силу», може або остаточно зруйнувати біосферу, і тим самим знищити себе, або зберегти її і власне існування.

## Подорож

---

Професор Ю. Пузаченко (1993), спираючись на докази Д. Гільберта, Г. Гегеля і численні дані сучасних екологів, стверджує, що ідея побудови гармонійного, несуперечливого світу засобами наукових знань, які завжди формалізують реальні відносини й процеси, недосяжна, і сюрпризи виникатимуть у надрах самого суспільства. Прикладом може бути удар по «всемогутності» науки, якого їй завдали комахи. Розроблені в 1950-х роках пестициди обіцяли велике майбутнє сільському господарству у сфері боротьби зі шкідниками. Проте виявилось, що впродовж кількох років комахи виробили добру стійкість до цих отрут, адаптувалися, виживали, розмножувалися. Виникла необхідність у проведенні дедалі нових розробок, багаторазових збільшеннях доз хімікатів. Врешті-решт, людина виявилася безсилою розв'язати проблему: комахи пристосовувалися швидше, ніж люди знаходили нові ефективні засоби боротьби з ними. З'ясувалося, що біологічні системи взагалі мають схильність «вислизати» з-під управління і контролю. Ці природні відкриті системи і об'єкти можуть стрибкоподібно набувати непередбачених станів і відносин. З аналогічними проблемами зіткнулися кібернетики, соціологи, економісти.

Абсолютно утопічною ідею управління біосферою вважає і відомий біофізик В. Горшков (м. Санкт-Петербург), який із 1970 р. розробляє теорію біотичної регуляції та стабілізації стану навколишнього середовища. Нині ця теорія добре обґрунтована, загнала перехресної перевірки з біологічних, фізико-хімічних і математичних позицій, має прогностичні властивості. Висновки В. Горшкова широко використовували останнім часом (1994–2000) такі відомі вчені, як М. Моїсєєв, К. Лосєв, В. Данилов-Данильян, Т. Акімова, В. Хаскін та інші для розробки власних теорій екологобезпечного, збалансованого розвитку цивілізації.

Головним досягненням наукових розробок В. Горшкова є визначення дуже важливого поняття – критерію, який він назвав рубежем сталості (стійкості, витривалості, усталеності) екосфери до антропогенних навантажень, або несучою ємністю біосфери (її екологічною техноємністю). Ця величина становить 1% чистої первинної глобальної продукції біоти, що дорівнює близько 23 ЕДж/рік або  $0,74 \cdot 10^{12}$  Вт/рік.

За оцінками різних фахівців сучасне пряме споживання людством біопродукції складає від 7 до 12%, тобто в десять разів перевищує межу стійкості біосфери. Валова потужність енергетики нашої цивілізації становить близько  $18 \cdot 10^{12}$  Вт, тобто у 24 рази більше від енергетичної оцінки межі. Єдиний висновок, що випливає з таких розрахунків, – це необхідність негайного зменшення техногенного тиску на біосферу. Найголовнішими шляхами зниження цього тиску є зменшення чисельності населення планети та екологізація економіки і всіх сфер виробництва.

Крім того, В. Горшков розрахував, що в сучасній біосфері живе близько  $10^{26}$  живих організмів, якими, якщо стати на позиції ноосферистів, потрібно буде керувати, формуючи середовище існування майбутньої цивілізації. Це завдання абсолютно утопічне. Адже мікроскопічні живі організми – це природні комп'ютери, у яких обчислювальні пристрої поєднані з елементами активного впливу на довкілля, і ці «комп'ютери» вкривають усю Землю кількома суцільними шарами. Жоден рівень комп'ютеризації не в змозі забезпечити обмін інформаційними потоками всіх живих істот біосфери ні з технологічного погляду, ні як, згадувалося вище, з енергетичного. Оскільки управління біосферними процесами за допомогою незбагненно великої кількості вироблених людиною комп'ютерів різних розмірів і характеру поглинуло б, як зазначалося, не менш ніж 99% усієї енергії цивілізації (Білявський, 2004).

Попри певні розбіжності в поглядах на ідею ноосфери, усі вчені досягли єдності в головному: у тому вигляді, у якому ця ідея була подана і обґрунтована півстоліття тому, без урахування величезних змін, що відбулися за цей період і в біосфері (природі), і в техносфері, вона не може служити базою для розробки шляхів виходу нашої цивілізації з глобальної екологічної кризи та розбудови в перспективі еколого-економічного збалансованого суспільства. Потрібні нові підходи, нове бачення біосферно-техносферних процесів і взаємозв'язків, нові форми поведінки людини в довкіллі, сформовані на засадах нової екологічної культури. Інакше розвиток глобальної екологічної кризи призведе до загибелі нашої цивілізації (у віддаленій перспективі) та дуже серйозного погіршення й ускладнення життєвих умов найближчим часом (Білявський, 2004).

#### 17.4. Закономірності природокористування

Закономірності розвитку обумовлюють чинність *закону обмеженості (вичерпності) природних ресурсів*: усі природні ресурси (і природні умови) Землі не є безмежними. Це обумовлено їх безпосередньою вичерпаністю або спричинене змінами навко-

лишнього середовища, яке стає непридатним для життя і діяльності людини (Реймерс, 1994).

## Примітка

Обмеженість природних ресурсів і факторів довкілля обумовлює обмеження в розвитку соціально-економічної системи. Основні види цих обмежень подаються в табл. 17.3.

Таблиця 17.3. Обмеження розвитку соціально-економічної системи

Ознака	Вид обмежень
1	2
1. По відношенню до системи	<ul style="list-style-type: none"> <li>• внутрішні (внутрішньосистемні)</li> <li>• зовнішні (зовнішньосистемні)</li> </ul>
2. За ступенем унікальності	<ul style="list-style-type: none"> <li>• унікальні</li> <li>• неунікальні</li> </ul>
3. За сферою походження	<ul style="list-style-type: none"> <li>• економічні</li> <li>• політичні</li> <li>• соціальні</li> <li>• екологічні</li> <li>• виробничо-технологічні</li> </ul>
4. За кількісною характеристикою	<ul style="list-style-type: none"> <li>• абсолютні</li> <li>• відносні</li> </ul>
5. За якісною характеристикою	<ul style="list-style-type: none"> <li>• об'єктивні</li> <li>• суб'єктивні</li> </ul>
6. За здатністю до зміни	<ul style="list-style-type: none"> <li>• постійні</li> <li>• умовно-постійні та умовно-змінні</li> <li>• змінні (тимчасові)</li> </ul>
7. За станом (здатністю розвиватися)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• динамічні</li> <li>• статичні</li> </ul>
8. За впливом на процеси розвитку	<ul style="list-style-type: none"> <li>• стимулюючі</li> <li>• нейтральні</li> <li>• пригнічувальні</li> </ul>
9. За масштабом впливу	<ul style="list-style-type: none"> <li>• для підсистем</li> <li>• для систем</li> <li>• для групи однорідних систем</li> <li>• для макросистем</li> <li>• для групи макросистем</li> <li>• для глобальної системи</li> </ul>
10. За об'єктом обмежень	<ul style="list-style-type: none"> <li>• природні (ресурсні)</li> <li>• фінансові</li> <li>• матеріальні</li> <li>• трудові</li> <li>• інформаційні</li> </ul>

Продовження таблиці 17.3

1	2
11. За антропогенною ознакою	<ul style="list-style-type: none"> <li>• побутові</li> <li>• етичні</li> <li>• психологічні (пам'ять)</li> <li>• культурні</li> <li>• релігійні</li> </ul>
12. За місцем розташування відносно системи	<ul style="list-style-type: none"> <li>• норми</li> <li>• стандарти</li> <li>• інтервали (діапазони)</li> <li>• межі</li> </ul>
13. За просторово-часовим впливом	<ul style="list-style-type: none"> <li>• часові</li> <li>• просторові (одно-, дво- і тривимірні)</li> <li>• просторово-часові</li> </ul>
14. За мотиваційним механізмом походження	<ul style="list-style-type: none"> <li>• самообмеження (вимушені і добровільні)</li> <li>• адміністративні обмеження</li> <li>• кримінал</li> </ul>

Наприклад, внутрішніми по відношенню до соціально-економічних систем можна назвати обмеження щодо здатності суспільства і технологій, що використовуються у виробництві, перейти у відносно короткі терміни на якісно новий вид ресурсів. А зовнішнім обмеженням у даному контексті виступає обмеженість самих природних ресурсів.

Обмеженість природних ресурсів, охоплюючи і природні умови розвитку людства, не могла не впливати на виробничі сили суспільства, а через них – на соціальні відносини. 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:



Ця динаміка, в кінцевому підсумку, є зовнішньою причиною суспільного розвитку, який зазнав чисельних екологічних криз.

## Подробиці

Таблиця 17.4. Екологічні кризи та революції в історії цивілізації

Види криз	Революції
Криза ресурсів збирання	Біотехнічна революція
Криза консументів	Перша аграрна революція (перехід до землеробства)
Криза примітивного землеробства	Друга аграрна (освоєння неполивних земель)
Криза продуцентів	Промислова революція
Криза редуцентів	Науково-технічна революція
Теплова криза	Енергетична революція
Глобальна криза екосистеми	Революція екологічного планування

М.Ф. Реймерс виділяє цілий ряд екологічних криз та відповідних екологічних революцій (табл. 17.4). Найбільш важливими є кризи збиральництва і промислу, які обумовили перехід виробничого господарства, та криза продуцентів, яка спонукала людство інтенсивно використовувати мінеральні енергетичні ресурси. Ці обставини стали передумовою промислової революції та розвитку індустріальної цивілізації, що призвели до сучасної кризи. Сучасна екологічна криза названа кризою редуцентів тому, що сукупність редуцентів уже не в змозі справлятися з масою антропогенних забруднювачів середовища. Сучасна екологічна криза дійсно набула глобального характеру і стрімко розвивається в історичних масштабах (Реймерс, 1994).

Під впливом ускладнення взаємовідносин у системі «природа – людина» зростає значимість інформації. Спочатку це був традиційний досвід старших поколінь, який мало відрізнявся від спадкового досвіду у тваринному світі. Потім виникла релігійно-культурна система. Нарешті, відповідно до загального закону збільшення наукоємності суспільного розвитку людство стало наближатися до ноосфери. Конкурентне використання ресурсів стосується як усієї природної системи, так і окремих її компонентів. Поки що ця конкуренція має переважно локально-економічний характер, тобто «екологічний» ринок поки відсутній, що в умовах глобального впливу людства на природу не можна вважати нормальним. Під впливом *закону 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 й енергії на їх вилучення, транс-

портування, а також відтворення) такий ринок обов'язково сформується, що вже має місце в розвинених країнах світу. При наближенні природно-ресурсного потенціалу до суспільнонеприйнятної 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 наукомісткі галузі господарства.

Водночас із законом падіння природно-ресурсного потенціалу діє **закон зменшення енергетичної ефективності природокористування**: з плином історичного часу при отриманні з природних систем корисної продукції питомі енергетичні витрати увесь час зростають.

## Подобиці

---

Витрати енергії (у Ккал за добу) на одну людину в кам'яному віці становили близько 4 тис., в аграрному суспільстві 12 тис., в індустріальну епоху – 70 тис., а в передових розвинених країнах – 230–250 тис. (тобто зросли у 58–60 разів).

На початку 80-х років питомі витрати енергії на виробництво одиниці ВВП внаслідок рішучих заходів з її економії в промислово розвинених країнах скоротилися на 15%. При цьому останнє десятиліття ВВП зріс у цих країнах на 20%, а споживання енергії – лише на 2%. Однак у той самий час у країнах, які розвиваються, витрати енергії збільшилися на 24% і мають тенденцію до зростання. Незважаючи на очікуване зменшення споживання енергії на одиницю ВВП загальне збільшення ВВП у країнах, що розвиваються, призведе до подальшого росту енергоспоживання, а падіння природно-ресурсного потенціалу – до росту енергетичних витрат (Реймерс, 1994).

Очевидно, що цей закон має досить важливий практичний наслідок: зростання енергетичних витрат не може продовжуватися вічно. Тобто можна розрахувати ймовірний момент неминучого переходу на нові технології виробництва, уникнувши тим самим термодинамічної теплової кризи і зменшивши масштаб сучасної екологічної кризи.

Тим часом ця криза явно загострюється в результаті докорінних перетворень природних систем за допомогою технічних пристроїв, що обумовлює дію **правила (неминучих) ланцюгових реакцій «жорсткого» управління природою**: «жорстке», як правило, технічне управління природними процесами спричиняє ланцюгові природні реакції, значна частина яких

виявляється екологічно, соціально і економічно не прийнятними тривалий інтервал часу. Техногенні зміни зумовлюють дію закону внутрішньої динамічної рівноваги і значне збільшення енергетичних витрат. Економічні цілі, до яких прагнуть люди, часто опиняються в тіні потужних ланцюгових реакцій (наприклад, проект перерозподілу річкових вод між Сибіром і Середньою Азією).

Практика свідчить, що «м'яке» управління природними процесами, їх спрямування в русло законів природи є більш ефективним, ніж brutальне техногенне втручання. У цьому і полягає суть **правила «м'якого» управління природою**. Таке управління побудоване на стимулюванні корисних природних ланцюгових реакцій, у тому числі процесів відновлення та поновлення ресурсів (наприклад, біологізовані методи ведення «органічного» сільського господарства).

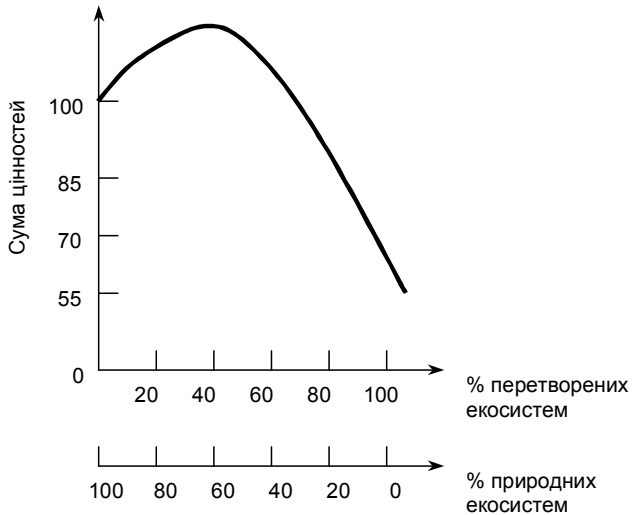
Тільки природні системи забезпечують стабільність, стійкість і надійність глобальної біосфери. У працях Одумів показано, що максимальний урожай (а загалом еколого-соціально-економічний ефект) може бути отриманий при певному поєднанні природних і перетворених людиною екосистем (рис. 17.2).

Збільшення наукоємності й енергоємності суспільного виробництва спричинює дію двох позитивних процесів, які формулюються у вигляді **закону зменшення природоємності готової продукції**: питомий вміст природної речовини в усередненій одиниці суспільного продукту історично неухильно зменшується; і **закону збільшення темпів обороту природних ресурсів, що залучаються**: в історичному процесі розвитку світового господарства швидкість оборотності залучених природних ресурсів (вторинних, третинних і т.д.) невпинно зростає на тлі відносного зменшення обсягів їх залучення в суспільне виробництво (щодо зростання темпів самого виробництва).

Перший із законів певною мірою діє навіть у землеробстві, оскільки відбувається заміна природної родючості штучною, а відкритого ґрунту закритим. Площа полів, які оброблюються, зменшується, а валовий урожай збільшується.

Зростає мініатюризація виробів і відбувається заміна ресурсоємних виробництв не ресурсозберігаючі. Зростає і швидкість ресурсного обороту, про що свідчить другий із законів. Інколи навіть питна вода вже не має чисто природного походження, а є продуктом реутилізації. Збільшення замкнутості природних





*Рис. 17.2.* Крива Одума – сумарний еколого-соціально-економічний ефект при різних співвідношеннях площі перетворених і природних екосистем. Доцільна екологічна рівновага (100% корисність) виникає при 40% перетворених і 60% природних екосистем

циклів, що спостерігається в еволюції біосфери, охоплює й антропогенну складову.

У ряді випадків спостерігається квазізниження природоємності щодо речовини. Вона зменшується в одному місці і зростає в іншому. Зменшення питомого споживання речовини відбувається лише в тих областях, де різко збільшується наукоємність. Існує зворотний зв'язок у ланцюгу «речовина – енергія – інформація», коли при зниженні споживання речовини різко зростає споживання енергії та інформації.

Таким чином, стійкий розвиток передбачає гармонізацію відносин у системі «людина – економіка – природа» з урахуванням загальних законів, правил та принципів розвитку складних систем.

## 17.5. Закономірності охорони природи

Узагальнення, які стосуються основних принципів природокористування, тісно переплітаються з усім масивом теорем екології і безпосередньо пов'язані з теоретичними основами охорони природи.

*«Залізні закони» охорони природи П.Р. Ерліха:*

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 й охорона природи принципово суперечать один одному.
3. Економічна система, охоплена манією росту, і охорона природи також принципово протистоять одне одному.
4. Не тільки для всіх інших організмів, але і для людства смертельно небезпечним є уявлення про те, що при виробленні рішень щодо використання Землі треба брати до уваги одні 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 повинна вважатися питанням добробуту й у більш далекій перспективі – виживання людини (Реймерс, 1994).

Перший із процитованих законів фактично збігається із законом незворотності взаємодії людина – біосфера П. Дансеро. Цей закон не такий самоочевидний, як здається П. Ерліху, оскільки положення про те, що «навіть якби було можливо відтворити екосистему з точно тим же видовим складом, який був раніше, вона неминуче стала б еволюціонувати по-іншому, тому що генетична конструкція популяцій, які входять до її складу, відрізнялася б від початкової», технократично мислячим людям не так просто усвідомити. Адже частини механічної системи замінні. Чому ж у біологічній системі вони не підкорюються цьому «очевидному» правилу?

Другий закон П. Ерліха зрозумілий для екологів, але також не настільки самоочевидний, як вважає його автор.

З економічної точки зору зростання населення дає додаткові робочі руки, що дуже вигідно при екстенсивному рості суспіль-

ного прогресу. І справа не тільки в тому, що людство незворотно руйнує місце свого існування, але й у тому, що вектор суспільного розвитку в наші дні вже змінився. Почалася епоха вищої цінності інформації. Закон збільшення наукоємності суспільного розвитку почав діяти на повну силу. У той же час усі механізми, які узагальнюються закономірностями в системі «людина – природа» і законами природокористування, стали руйнувати рівновагу демографічного насичення. Відбулося перенасичення, абсолютне перенаселення планети, що загрожує дією екологічних факторів, які залежать від густоти населення. Збільшення людності перетворилося в загрозу для людини і людства. Т. Мальтус в основі (з урахуванням того, що ідеї були висловлені у XVIII сторіччі) виявився правим. І це слід визнати з усією відвертістю і рішучістю.

Розглянемо третій «залізний закон» П. Ерліха. З якісної зміни характеру економічного росту впливає природоруйнівна тенденція екстенсивного суспільного розвитку. Грандіозні природоперетворювальні і технічні проекти дуже вражають. Прагнення до гігантизму буквально закладене в психології людей. На певному етапі економічного і соціального розвитку він виправданий, але ще і ще раз доводиться повторювати, що гігантизм завжди є початком кінця. Закон оптимальності неблаганний – усе грандіозне надзвичайно вразливе в еволюційному й історичному розвитку. Динозаври і супертанкери, кити і надмірно великі сільгоспідприємства – усе, що пов'язане з не виключно технічними процесами, повинне мати обмеження і або вимирати, або ставати раритетами. З цього випливає, що економічна «манія кількісного росту» і охорона природи несумісні між собою. Це не означає, що потрібно прагнути до нульового економічного росту, як іноді вважають. Повинен змінитися сам тип росту: з екстенсивного він має перейти в інтенсивний, з кількісного в якісний, із такого, що просторово розширюється, в такий, що звужується, з додатного – на від'ємний, зі знаком мінус. З урахуванням розумної достатності і припустимого ризику. В остаточному підсумку усі надмірно великі започаткування приречені на провал. Якщо в чомусь ще є неясність, так це в тому, який збиток для природи і суспільства виникне при цьому неминучому провалі.

## Подробиці

---

Негативний кількісний ріст має компенсуватися якісним удосконаленням. Девіз «мале, але досконале, більш функціональне при меншому розмірі» – неминуче стане домінуючим. Малий культурний народ, мале впорядковане місто і т.д. краще, ніж дикі орди голодних людей і гуркітливий мегаполіс. Людина за розмірами менша за слона чи ведмедя, але це не означає, що вона примітивніша за всіх... (Реймерс, 1994).

Четвертий «залізний закон» П. Ерліха, по суті, є відображенням системних законів. Монокультура людства настільки ж небезпечна, як будь-яка монокультура. Технократичне мислення, на жаль, ще є звичайним, а спрощена технічна парадигма нав'язується з дитинства. Однак екологізація виховання, якій присвячено розділ, поступово вирівнює становище.

П'ятий свій закон П. Ерліх коментує саркастичними питаннями, які зрозумілі для біологів, але потребують деякого пояснення для фахівців інших галузей знання. П. Ерліх пише: «Зрештою, якщо якийсь унікальний об'єкт здається комусь гарним або цікавим, хіба це повинно зупиняти інших людей і заважати їм знищити його задля своєї вигоди? Яке право на існування має якийсь вид рибки, якщо знищення його дає можливість горіти невеликій галактиці лампочок протягом, можливо, цілого сторіччя?».

Чи зрозумілий ледь прихований сарказм цих риторичних питань? Аж ніяк. Види і природним чином вимирають. Канони краси змінюються. Технократична епоха породила новітні напрямки в образотворчому мистецтві, музиці, архітектурі... Краса наукового фізичного закону і мелодії класичної симфонії зовсім недоступні для більшості людей. У нашій країні були безцільно знищені найбільші досягнення національної культури і її представників. Війни і репресії поглинули не одного генія. Чому б не продовжувати додержуватися принципу власної вигоди, нехай навіть печерно-примітивної?

Справа не в красі, не в унікальності і навіть не в значенні якогось об'єкта для соціального й економічного добробуту. Конкурентний розвиток, на жаль, не зважає на красу: грація лані оцінюється бурчанням шлунку ситого гурмана. Однак охорона природи як середовища життя людини соціально неминуча. Її цінність вища для людства, ніж егоїстичні інтереси окремих осіб. Тому з огляду на закон незворотності природних процесів, збереження різноманіття й естетики як ознаки досконалості

організації має абсолютний пріоритет. Усе, що принципово невідновне, є абсолютним табу для насильницького знищення. Заповідь «не убий» поширюється на всю цю категорію явищ, тому що саме вона складає основу виживання людства.

Ще один настільки ж «залізний» закон охорони природи – принцип унікальності: неповторюване і неповторне заслуговує особливої охорони.

## Подобици

---

Унікальна краса, як відомо, зберігається в національних парках як всевітнє надбання. Але іноді ми не зважаємо на те, що, скажімо, унікальний курортний район настільки ж, а можливо, і більш важливий, ніж щось інше. Так, Катунський каскад ГЕС знищив би не тільки унікальну красу долини ріки Катунь, але й не менш унікальний Чемальський курортний район, де успішно лікували від туберкульозу багато поколінь знаменитих шаманів. Втрата була б абсолютно невідновна для всього Сибіру і Далекого Сходу, а можливо, і всієї Північної Азії в цілому. Тут побічно виявляється та ж біблійна заповідь «не убий» (Реймерс, 1994).

Говорячи про узагальнення, які стосуються природокористування і поведінки людей, у їх взаємозв'язку з природою, не можна не згадати про «закопи» (афоризми) Б. Коммонера. Їх чотири:

- усе пов'язано з усім;
- усе має кудись подітися;
- природа знає краще;
- ніщо не дається даром.

Сам учений назвав їх *законами екології*. Вони не претендують на системологічну суворість, але виражають важливі закономірності (Акимова, 1998).

*Про загальний зв'язок речей і явищ у природі й у людському суспільстві* («Усе пов'язано з усім»). Всеохопний характер зв'язків входить у саме поняття системи і може бути продемонстрований на будь-якому системному рівні. У світі живих істот тотальність зв'язків проявляється особливо яскраво, тому що при фізико-хімічній єдності всього живого живі системи характеризуються найбільш різноманітними, розгалуженими та інтенсивними взаємопереходами речовини, енергії та інформації. Вони утворюють *екологічні мережі взаємозв'язків*.

Множинність зв'язків властива не тільки локальним екосистемам. Усе живе на Землі підкорюється космічним силам,

єдиному потоку сонячної енергії, його ритмам. Глобальні кругообіги речовини, вітри, океанські течії, ріки, трансконтинентальні і транскеанічні міграції птахів і риб, переноси насіння і спор, діяльність людини і вплив антропогенних агентів – усе це тією чи іншою мірою пов’язує просторово віддалені природні комплекси і надає біосфері ознак єдиної комунікативної системи.

Густа й динамічна мережа зв’язків і залежностей притаманна і людському суспільству. Порівняно з природною вона багаторазово збагачена потоками інформації. В економіці все переплетено, будь-яка оцінка залежить від інших економічних оцінок і у свою чергу впливає на них. Не слід уявляти собі ці закономірності так, начебто все пов’язано з усім окремо в природі й окремо в людському суспільстві, в економіці. Важливо підкреслити, що насправді *і природа, і суспільство знаходяться в одній мережі системних взаємодій.*

**Про закони збереження** («Усе має кудись подітися»). Закон збереження маси речовини одночасно є й однією з найважливіших вимог раціонального природокористування. На відміну від людського виробництва і побуту жива природа в цілому майже безвідхідна, у ній немає такого явища, як сміття. Опале листя, екскременти і трупи тварин – все це стає їжею для інших організмів – комах, хробаків, грибів, бактерій, розкладається ними до простих сполук і в такому вигляді рано чи пізно знову споживається рослинами. При цьому в цілому для біосфери завжди існує кількісний баланс мас і рівність швидкості синтезу і розпаду. Це означає високий ступінь *замкнутості кругообігу речовин* у біосфері.

Діяльність людини привела до змін хімічного середовища на поверхні планети, до виникнення незвичайних для поверхні землі, води і повітря високих концентрацій ряду елементів, до появи стійких синтетичних сполук, не властивих хімізму живих організмів – *ксенобіотиків* (від грец. *xenos* – чужий). Деякі з цих речовин є сильними отрутами. Оскільки з усього колосального обсягу матеріалів і речовин, які вилучаються з надр, переробляються і синтезуються людиною, у природний кругообіг потрапляє лише мала частина, то з погляду живої природи людство створює в основному сміття й отруту. При цьому істотно порушується замкнутість кругообігу речовин.

**Про ціну розвитку** («Ніщо не дається даром»). В екологічному контексті за цим твердженням прихована думка про якіс-

ну спрямованість еволюції систем. Ми вже говорили про здатність великих систем до еволюції в напрямі ускладнення й удосконалення організації. Але розвиток відбувається за рахунок не тільки навколишнього середовища, але і власних якісних ресурсів: будь-яке нове надбання в еволюції системи обов'язково супроводжується втратою якоїсь частини попереднього надбання і виникненням нових, усе більш складних проблем.

## Подобиці

---

Ось приклади плати за вдосконалення в ході біологічної еволюції.

Перші справжні клітини – прокаріоти-автотрофи, предки ціанобактерій (синьо-зелених водоростей), які жили близько 3,5 млрд років тому, були надзвичайно життєстійкими, виживали в будь-якому, навіть найбільш агресивному середовищі, і не знали природної смерті, розмножуючись простим поділом. Слідом за ними з'явилися ядерні фотосинтезуючі клітини, які одержали більш досконалу енергетику, але заплатили за це втратою безсмертя. Виникнення генетичного коду і механізму передачі спадкоємних програм розвитку збільшило різноманіття форм і здатність до пристосування вільних клітин, але зате різко знизилась їх індивідуальна фізико-хімічна, метаболічна стійкість. Їм знадобилася кооперація.

З появою багатоклітинних організмів, утворенням царств грибів, рослин і тварин та виходом їх на сушу біорізноманіття знову збільшилося багатократно. Почалося освоєння екологічних ніш і формування біосфери Землі. Але разом із багатоклітинністю до живих істот прийшли старість і хвороби, у тому числі інфекції, злоякісні пухлини, паразитизм.

Рухливість тварин, їх гнучка поведінка на основі опрацювання сигнальної інформації значно розширили сферу життя. З'явився мозок – живий комп'ютер, який має величезний потенціал самонастроювання, збільшення пам'яті, самозабезпечення адаптивними програмами. Виникла чудова периферія – органи чуттів і досконалих рухових реакцій. Але за велику кількість ступенів свободи і багатство вибору довелося заплатити надзвичайним зростанням напруженості життя, гостротою боротьби за існування, постійним ризиком загибелі.

Теплокровність, термостатичність мозку у вищих тварин набагато підвищили точність нервових процесів, можливість їх складнорефлекторної організації. З'явилися задатки розумової діяльності і передумови інтелекту. Уміння переробляти інформацію, відділену від інстинктів, подарувало нашому предку здатність до творчості, уміння створювати штучні предмети, які не зустрічаються в природі. А матеріалізація інформації за допомогою мови, образотворчого мистецтва і письма дозволила перебороти біологічну заборону на спадкування набутих властивостей і забезпечила культурне спадкування у вигляді навчання.

Людина поширила ці можливості на всі сфери свого життя, поступово відгороджуючись і від суворих природних умов, і від законів живої природи,

але споживаючи при цьому все більше природних ресурсів. Їй ніщо не давалося даром, проте вона зайняла надзвичайне місце в природі, і сьогодні ще важко визначити ціну, яку за це доводиться платити.

Є ще одна сторона закону «Ніщо не дається даром». В економіці природи, як і в економіці людини, не існує безплатних ресурсів: простір, енергія, сонячне світло, вода, кисень, якими б «невичерпними» не здавалися їх запаси на Землі, неухильно оплачуються будь-якою системою, яка їх витрачає. Оплачуються повнотою і швидкістю повернення, обороту цінностей, замкнутістю матеріальних кругообігів – біогенних елементів, енергоносіїв, їжі, грошей, здоров'я... (Акимова, 1998).

*Про головний критерій еволюційного відбору («Природа знає краще»).* Це твердження не настільки очевидне, але дуже важливе для розуміння взаємин людини і природи.

Принцип «природа знає краще» визначає, насамперед, те, що може і що не повинно мати місця в біосфері. Можливість і право такого «знання» вироблені протягом мільярдів років у незліченному чередуванні актів добору, проб і помилок, у прискіпливому припасаванні кожної речовини, кожної нової органічної форми до всього комплексу умов існування, до величезної безлічі інших речовин і форм.

Усе в природі – від простих молекул до людини – мало пройти дуже жорстокий конкурс на вакансію в біосфері. З багатьох мільйонів можливих органічних мономерів залишено всього кілька десятків; відібрана лише одна стомільйонна частина можливих білків; ще на багато порядків жорсткішим був добір нуклеїнових кислот; сьогодні планету населяє лише одна тисячна частина видів рослин і тварин, які випробувані еволюцією.

*Головний критерій цього добору* – здатність залучитися в глобальний біотичний кругообіг, збільшення його ефективності, наповненість усіх екологічних ніш, вилучення «мертвих зон» із мережі природних взаємозв'язків. Для будь-якої речовини, яка вироблена організмами, повинен існувати фермент, який її розкладає. І всі продукти розпаду мають знову залучатися до кругообігу. Таке життя. Кожний біологічний вид, який порушував цей закон, зменшуючи замкнутість біотичного кругообігу, рано чи пізно нещадно видалявся з процесу еволюції, знаходились організми-«заступники», здатні відновити замкнутість екологічних циклів.

Людська індустріальна цивілізація дуже швидко і грубо порушує замкнутість біотичного кругообігу в глобальному масш-



табі, що не може залишитися безкарним. У цій критичній ситуації необхідно знайти компроміс і виробити умови його прийняття. Це можемо зробити тільки ми.

Наслідком усього циклу екологічних і близьких до них узгалянь є те, що протягом тисячоріч всі активні дії людства були спрямовані назовні – на перетворення природи. Внутрішні процеси відбувались як саморегуляція, а пропозиції щодо поліпшення соціальних механізмів були утопічними насамперед через бажання управляти жорстко, технократично-авторитарно. 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 у вже видимій перспективі. І якщо люди екологічно не порозумішають, вони приречені. Глибоко песимістичний, але необхідний висновок. Одночасно він і оптимістичний, тому що перспектива все-таки є.



## Поняття про стійкий розвиток

### 18.1. Зміст поняття «стійкий розвиток»

Концепція стійкого розвитку була прийнята в червні 1992 р. у Ріо-де-Жанейро на Конференції ООН по навколишньому середовищу 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.

Конференція прийняла кілька важливих документів. Серед них:

- Декларація Ріо з навколишнього середовища і розвитку;
- Заява про принципи глобального консенсусу з управління, збереження і стійкого розвитку всіх видів лісів;
- Порядок денний на ХХІ століття – документ, орієнтований на підготовку світового співтовариства до розв'язання еколого-економічних і соціально-економічних проблем близького майбутнього.

Крім того, у межах Конференції були підготовлені Рамкова конвенція про зміну клімату та Конвенція про біологічне різноманіття.

Усі документи КНСР-92 пронизує *концепція стійкого розвитку*.

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).

## Історична довідка

---

- Уперше поняття «екорозвиток» було сформульовано Морісом Стронгом – Генеральним секретарем Першої всесвітньої конференції з навколишнього середовища в Стокгольмі в 1972 році. Під екорозвитком розумівся екологічно орієнтований соціально-економічний розвиток, при якому зростання добробуту людей не супроводжується погіршенням середовища існування і деградацією природних систем.
- У 1983 р. з ініціативи Генерального Секретаря ООН була створена Міжнародна комісія з навколишнього середовища і розвитку (МКНСР). Її очолила прем'єр-міністр Норвегії Г.Х. Брундтланд.
- У 1987 р. був опублікований звіт МКНСР «Наше спільне майбутнє» (російський переклад 1989 р.). Цей документ загострив питання про необхідність пошуку моделі цивілізації.
- Комісія заявила, що економіка повинна задовольняти потреби людей, але її зростання має вписуватися в межі екологічних можливостей планети. Пролунав заклик до «*нової ери економічного розвитку, безпечно-го для навколишнього середовища*».
- З часу опублікування і схвалення Генеральною Асамблеєю ООН доповіді Комісії Брундтланд у міжнародний обіг увійшло поняття «*sustainable development*», яке зазвичай перекладається українською мовою як *стійкий* або *сталий розвиток* (російською – як «устойчивое развитие») і близьке до поняття «екорозвиток». Під ним розуміють таку модель соціально-економічного розвитку, при якій досягається задоволення життєвих потреб нинішнього покоління людей без того, щоб майбутні покоління були позбавлені такої можливості через вичерпання природних ресурсів і деградацію навколишнього середовища. Саме це поняття стало основою визначення, представленого на Ріо-конференції.
- У серпні 2002 року в Йоганнесбурзі (Південна Африка) відбувся Всесвітній саміт зі стійкого розвитку. Він підвів підсумки десятирічного періоду реалізації концепції та поставив нові завдання на найближчу перспективу.
- У травні 2003 року в Києві на Євросаміті міністри екологічних відомств Європи обговорили загальні питання забезпечення стійкого розвитку та прийняли кілька важливих документів, у тому числі Карпатську конвенцію, що передбачає збереження біорізноманіття в цьому регіоні.

«Стійкий розвиток» є однією з утопій людства, яка, не маючи чітких критеріальних меж, як чергове «світле майбутнє», дозволяє нескінченно фантазувати про конкретні цільові орієнтації, шляхи та засоби наближення до кінцевої мети. Те, що сьогодні написано про стійкий розвиток, залишає більше питань, 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.

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* (що передає підтримування чого-небудь, чи стан стійкості) і *sustainable development* (що дослівно означає «підтриманий розвиток»). Втім, 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.

Більш детально зміст даного поняття можна розглянути, проаналізувавши окремі визначення стійкого розвитку (табл. 18.1) та їх ключові компоненти.

**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. Зокрема, саме даний аспект міститься у визначеннях 1, 5 і 7. Тут доречно привести 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

Таблиця 18.1. Окремі визначення стійкого стану (CC) (*sustainability* – S), стійкого розвитку (CP) (*sustainable development* – SD) або схожих за змістом понять (екорозвиток, рівноважне природокористування)

Автор, джерело	Визначення
1. Г.Е. Делай (Daly, 1990)	(SD) "Розвиток, при якому зростання не перевищує несучої здатності ( <i>carrying capacity</i> ) навколишнього середовища... можна вважати соціально стійким"
2. Міжнародний союз охорони природи ЮНЕП, Світовий фонд дикої природи (Каринцева А.И., 1997)	(S) Використання організму, екосистеми чи іншого відтвореного ресурсу на рівні його здатності до самовідновлення і відтворення
3. Р. Констанза (Constanza, 1991)	(S) Процес чи стан, підтримуваний наскільки завгодно довго
4. А. Янссон (Jansson, 1992)	(S) Підтримання загального природного капіталу на одному рівні незалежно від споживання
5. В.Г. Горшков, К.Я. Кондратьев, К.С. Лосев (Винокурова и др., 1998)	(CC) Поліпшення життя людей в умовах стійкості біосфери, тобто в умовах, коли господарська діяльність не породжує перевищення допустимого порога збурювання біосфери чи коли зберігається такий об'єм природного середовища, який здатний забезпечити стійкість біосфери з включенням у неї господарської діяльності людини
6. М. Стронг (1972) (Акимова и др., 1998)	( <i>Екорозвиток</i> ) Екологічно орієнтований соціально-економічний розвиток, при якому зростання добробуту стану людей не супроводжується погіршенням середовища і деградацією природних систем
7. П.К. Олдак (1983)	( <i>Рівноважне природокористування</i> ) Суспільство контролює всі сторони свого розвитку, намагаючись, щоб сукупне антропогенне навантаження на середовище не перевищувало самовідновлюваного потенціалу природних систем
8. Комісія Брундтланд (Акимова и др., 1998)	(SD) Така модель соціально-економічного розвитку, при якій досягається задоволення життєвих потреб нинішнього покоління людей без того, щоб майбутні покоління були позбавлені такої можливості через вичерпання природних ресурсів і деградації навколишнього середовища
9. Ріо-конференція'92 (Hunter, 1994, Програма 1993)	<b>Стійкий розвиток (SD)</b> – це такий розвиток, який задовольняє потреби теперішнього часу, але не ставить під загрозу спроможність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби

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 служитиме 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 внаслідок 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.

*Стан рівноваги й еластичність.* Ще однією відмітною рисою поняття про стійкий розвиток є стан *динамічної рівноваги* (гомеостазу) і пов'язаної з цим *еластичності* систем (визначення 4, 7 в табл. 18.1). Причому, як відзначає більшість дослідників, для досягнення стійкого розвитку умовний стан *гомеостазу* повинні забезпечувати всі три системи: *соціальна, економічна та екологічна*. Для динамічних систем (а саме такою є розглянута триєдність і її складові підсистеми) стабільність означає не кон-



сервацію існуючого стану, а еластичну змінність, за якої зберігається цілісність системи та її найважливіших елементів.

Як відзначають дослідники, стан динамічних систем залишається стабільним (чи стійким) за рахунок внутрішніх і зовнішніх факторів доти, поки значення дисбалансу гаситимуться раніше, ніж система змінить свою структуру шляхом зміну 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 більше 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: 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. Інформаційне різноманіття охоплює різноманіття біологічних форм (якщо мова йде про біосферу) чи розмаїття культур (якщо йдеться про суспільство). Стійкість у рівноважному стані зводиться до того, що системні компоненти й організаційні параметри адаптуються до мінливих умов усередині системи, коли сама система розвивається.

## Аргументи вченого

---

На думку Й. Кена, поки система перебуває в *еластичному стані*, її поведінку можна передбачати, але тільки на короткий період, поки зміни характеризуються плавністю. Стійкість (усталеність) системи – це результат симетричних і асиметричних трансформаційних процесів. Перші визначають стійкі зміни системи, другі виводять систему з рівноваги і, відповідно, формують групу нестабільних органічних змін. Останні можуть пом'якшуватися («гаситися») організаційними факторами системи. Роберт Айєрс (Ayres, 1988) показує, що ці протилежно спрямовані сили існують як у природній, так і в соціальній системі і що вони нерівномірно розподіляються в просторі і часі.

Бойд і Річардсон (Boyd et al, 1985) показують, що асиметрична трансформація управляє соціальною еволюцією. Це означає, що еволюція обумовлена асиметричним розподілом інформації. Асиметрична інформація та її передача є визначальними змінними процесу (Kohn, 1998).

**Етичний компонент.** Безумовно, одним із найважливіших компонентів стійкого розвитку, що прямо чи побічно зауважується в більшості визначень, є посилення на *справедливості*. 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.

---

## Подобиці

---

Мабуть, не випадково англійська термінологія стосовно поняття «екосправедливість» використовує термін *eco-equity* (близьке за звучанням слову *equate* – зрівнювати), а не, скажімо, *eco-justice*, («справедливість» з юридичним підтекстом). Автори цього поняття (а вперше воно з'явилось саме в англійській мові) акцентують на наявності рівних можливостей у використанні природних благ. Разом з тим вважаємо за доцільне підкреслити необхідність вживання саме слова «справедливість» (а не «рівність») і у відносинах стосовно використання природних благ серед людей, що живуть у той самий час у різних регіонах планети (тобто екосправедливість всередині покоління – *intra-generational equity*) і між представниками різних поколінь (*inter-generational equity*).

Дійсно, безглуздо говорити про абсолютну рівність стосовно використання природних ресурсів у часі й просторі. Наприклад, у людей, що живуть

у різних географічних широтах, зовсім різні потреби в природних ресурсах. Зокрема, у тропіках не потрібні паливні ресурси для обігріву. Людям, господарство яких сформувалося на основі ресурсів моря, майже не потрібні дарунки лісу, і навпаки: люди, господарство яких розвивалося головним чином на основі лісового комплексу, практично не залежать від морепродуктів.

Не слід намагатися зрівняти потреби в природних ресурсах жителів різних поколінь. Ці потреби видозмінюються і розвиваються разом із розвитком економіки і суспільства. Відповідно змінюється ставлення людей до різних джерел природних ресурсів і взагалі до природних благ – від паливних до рекреаційних ресурсів. Проте можна і потрібно говорити про *екосправедливість* між представниками різних поколінь, розуміючи під цим гарантії передачі майбутнім поколінням екосистем планети в стані спроможності здійснювати найважливіші функції, що у принципі не можуть бути замінені штучно створеними техногенними системами.

Говорячи про *моральні* аспекти поняття стійкого розвитку, необхідно 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.

## 18.2. Цілі, завдання і проблеми 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* (тобто спрямованих на підтримання здоров'я та виконання основних фізіологічних функцій людини як біологічного виду) і *особистісних* (тобто 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. Цей момент відбитий у визначеннях 2 і 3 (див. табл. 18.1).

## Примітка

Якщо перевести завдання забезпечення умовно нескінченно тривалого існування людини як *біологічного виду* на мову термінів методології розвитку, яку представлено в першому підрозділі, можна сказати, що це завдання полягає в тому, щоб свою подальшу еволюцію природа здійснювала на основі *адаптаційного механізму* в межах одного біологічного виду, яким є людина. Інакше кажучи, виникає питання, чи зможе людина (якщо від неї це взагалі залежить) уникнути *біфуркаційного шляху* еволюції, коли розвиток природи може піти за іншим варіантом без участі біологічної природи людини? Чи реальне це завдання? Існують доводи і «за», і «проти».

1. *Аргументи «проти»*. У процесі еволюції природа вже випробувала два класи біфуркаційних механізмів, внаслідок яких процес розвитку розгалужувався (звідси і назва механізму «біфуркація» – «роздвоєння, розгалуження»), після чого набирав сили добір, відсіваючи менш ефективні шляхи.

*Перший клас біфуркаційних механізмів* з'явився з появою смертності еукаріотів (прокаріоти були безсмертні) і виникненням генетичного механізму відтворення нащадків. Після цього розвиток живої природи пішов шляхом послідовної зміни поколінь.

*Другий клас біфуркаційних механізмів* пов'язаний з виникненням і зміною біологічних видів. Поява цього виду еволюції стала можливою завдяки дії першого класу біфуркацій і в кінцевому рахунку, згідно з дарвінською теорією, привела до виникнення людини і розвитку на її основі інтелекту та інформаційних форм еволюції.

Чому б не припустити подальшу дію другого класу біфуркаційних механізмів, внаслідок чого відбулася б зміна одного лідируючого в еволюції біологічного виду (людини) іншим? Цей вид може мати біологічну природу, наприклад, бути штучно створеним біологічним роботом чи кіборгом. Саме такий вид еволюції вже проглядається сьогодні. Істотною перевагою такої біологічної сутності порівняно з людиною може бути суттєве розширення інтервалу фізичних параметрів (температури, тиску, електромагнітної зарядженості, ін.), у межах якого може існувати матеріальне тіло цієї сутності.

Втім, подібні гіпотези дають можливість припустити виникнення і третього класу біфуркаційних механізмів. Випущений людиною «джин» штучних самовідтворювальних систем може виявитися імпульсом виникнення нової лавини інформаційних сутностей, які формуватимуться на принципово іншій

(ніж у біологічних істот) матеріально-енергетичній основі, що не має тих жорстких обмежень, які сьогодні спостерігаються в представників біологічного життя на Землі. Наприклад, це можуть бути польові структури, де провідну роль відіграватиме зміна електромагнітного поля. Власне кажучи, початок цієї сутності вже покладений самою людиною та її мозком, який перетворився в основну функціональну систему. Саме вона втілюється в штучних інформаційних системах, діяльність яких визначається функціонуванням струмів низьких енергій та високих частот. До речі, саме на подібний шлях подальшого розвитку людства наполегливо вказував К.Е. Ціолковський. Адже і сама людина, на чому ми наголошували раніше, вже містить зародок інформаційної сутності (особистості) у своєму біологічному тілі. Цілком можливо, що настане той момент, коли це біологічне тіло не знадобиться для подальшого еволюційного процесу природи. Відповідно, подальше «доведення» нових сутностей буде відбуватися під впливом трьох груп факторів: мінливості, спадковості і добору – які визначають процеси розвитку будь-яких систем.

Якби мова йшла не про долю біологічного виду, до якого ми настільки небайдужі, подібний розвиток подій навряд чи настільки схвилював би нас. Приклади еволюційних трансформацій через стадію певного кокона або личинки не настільки вже рідкі в природі, якщо не сказати більше. Все живе проходить подібну стадію ембріонального (внутріяйцевого, внутріличинкового) розвитку. Чому б не уявити етап біологічного розвитку людини, обмеженої, як у коконі, жорсткими матеріально-енергетичними «оболонками», як своєрідну передісторію, що готує формування більш вільної від матеріальних обмежень інформаційної сутності? Зрештою, і вся Земля з її запасами необхідних матеріально-енергетичних ресурсів, що виявилася настільки благодатною для біологічної природи людини, певною мірою нагадує яйце, у надрах якого змогла розвинути принципово нова сутність життя.

2. *Аргументи «за».* Головний із них – те, що шляхи Господні несповідимі. Можливо, наявність енергетично-речових обмежень для біологічної основи людини – мудрий захист природи від можливого руйнування екосистеми Землі людиною. Застрахувавши в такий спосіб біосферу, Природа змусить найбільш невгамовного мешканця планети стримувати свій екодеструктивний запал, перейшовши на інформаційне виробництво і скоротивши в тисячі разів енергоємність і матеріалоємність економічних систем.

Що ж стосується принципової можливості реалізації біфуркаційних механізмів розвитку, то вони вже давно запущені і реалізуються на основі інформаційної сутності людини, але в межах біологічної природи людини.

Утім, яким би шляхом не пішла еволюція, цілі, що декларуються *стійким розвитком*, узгоджуються з можливістю реалізації кожного з них. Навіть якщо людському роду призначено передати естафетну паличку своєму спадкоємцю, це може відбуватися лише природним шляхом через вищий ступінь розвитку людського суспільства. І навряд чи це станеться внаслідок екологічної катастрофи.

---

У центрі концепції стійкого розвитку – збереження *людини* як біологічного виду та прогресивний розвиток її як особистісної сутності.

---

Зазвичай 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), *підтримувальні цілі* (збереження біосфери та локальних екосистем, які підтримують умови існування людства).

**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.

## 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 унеможливають 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 вищезазначеного, 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 зазначених параметрів слід виділити ключові характеристики клімату, фізичні параметри (температура, електромагнітні чинники, космічне опромінення, ін.), склад атмосфери та води, склад ґрунтів для вирощування продуктів сільськогосподарства; 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.

**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 непрямої дії.

**Фактори прямої дії** створюють ризик подриву стійкого розвитку людства (або взагалі ставлять під сумнів існування цивілізації) безпосередньо внаслідок дій людей. Як правило, наслідки

цього бувають стислими в часі і досить наглядними 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 безпека 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.

**Проблеми.** Основною проблемою є динамічний характер порушення стійкого стану системи «природа – суспільство». Неможливо 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 (Биологический, 1989);
- *швидка якісна зміна антропогенних факторів впливу.* Види порушення природних систем (матеріальні та енергетичні інгредієнти впливу) змінюються з 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 XX століття та початок XXI явно продемонстрували реальну загрозу порушення енергетичної системи планети.

### 18.3. Напрями розв'язання проблем стійкого розвитку

**Напрями розв'язання проблем.** Щоб зрозуміти логіку формування напрямів забезпечення стійкого розвитку, необхідно повернутися до вищенаведених проблем, які спричиняють загрозу його порушення.

Невпинне зростання населення постійно порушує стійкий стан екосистем планети, тобто той, при якому природа здатна компенсувати (відтворити, поповнити, знешкодити, нейтралізувати) вплив людини на довкілля.

#### Цифри і факти

---

Середня земельна площа заселеної суші, необхідна для харчування однієї людини в суспільстві, заснованому на мисливстві та збиральництві, становить приблизно 10 км<sup>2</sup>. Це визначає оцінений граничний максимум населення нашої планети в 10 млн чоловік (Ларуш, 1992).

Рано чи пізно екодеструктивні дії людини починають перевищувати пороги самовідновлення природи, що невідворотно обумовлює порушення екологічної рівноваги, а потім невпинну деградацію даної екосистеми, її повне руйнування і перетворення в пустелю. Існують свідчення, які дають підстави стверджувати, що найбільші пустелі світу (у тому числі Сахара, Калахарі, Тенере та ін.) мають антропогенне походження.

Ще не так давно (усього 2–3 тисячоліття тому) на місці пустель були квітучі савани. Їх руйнування було обумовлене діяльністю людини (Баландин, 2001).

#### Аргументи вченого

---

П.Г. Олдак: «Кожна цивілізація починалася з екстенсивного природокористування. І коли антропогенний тиск переходив межі місткості природних систем, як свідчать уроки минулого, слідував або зрив (екологічна і соціальна катастрофи), або перехід до застійних форм існування в межах локальних екологічних ніш, за фактичної відмови від будь-яких перетворень навколишнього середовища. Відомі застійні східні цивілізації, відомо також, що численні малі народності всіх континентів тисячоліттями жили в межах застійних господарських систем» (Олдак, 1983).

Таким чином, існує лише два можливих напрямки забезпечення стійкого існування людської цивілізації. Перший пов'язаний з *консервуванням* існуючого стану системи «людина –

природа». При цьому стабілізується чисельність населення і форми антропогенного впливу на природу, включаючи кількісні та якісні параметри цього впливу.

### Примітка

---

Прикладами суспільств, у яких взаємозв'язки людства та природи де в чому наближалися до зазначеного консервативного типу існування, можна назвати стародавні цивілізації в долинах Нілу та Євфрату. Перша проіснувала майже 7 тисяч років (приблизно з 5500 років до н.е. і до XIX сторіччя н.е.), друга – майже 2000 років (починаючи з третього тисячоліття до н.е.). Зокрема, стійка система господарювання трималась, головним чином, на складній системі використання розливів рік у сільському господарстві. Це регулювалося гнучкою податковою системою (низькі рівні розливів – низькі мита, високі рівні розливів – високі податки) (Кен, 1998; Всемирная, 1987). Про це більш детально в підрозділі 19.2.

При цьому треба віддати належне тому факту, що в згадані часи діяли природні чинники контролю над чисельністю населення, адже середня тривалість життя людини наближалась до 18 років.

Другий напрям забезпечення стійкого розвитку пов'язаний з випереджальними *прогресивними змінами* суспільної системи. Дещо спрощуючи, можна сказати, що, відповідаючи на кількісне зростання населення (і відповідне можливе збільшення екологічного навантаження на екосистеми планети), людство має якісно змінювати свої продуктивні сили і суспільний устрій так, щоб питоме екодеструктивне навантаження на умовну одиницю природного потенціалу (одиницю території) кількісно не збільшувалося (а краще зменшувалося). Це означає, що, зважаючи на значне збільшення населення планети, обсяг матеріальних потоків речовини та енергії, якими обмінюється людство із природними системами в розрахунку на одну особу, має неухильно зменшуватися.

Цей напрям став магістральним у суспільному розвитку людства. Саме його реалізує людина шляхом постійного підвищення ефективності своїх продуктивних систем та революційних якісних трансформацій, коли технологічні системи «міняють свою шкіру». Ці зміни давали змогу стрибком зменшити природоємність суспільного виробництва.

## Аргументи вченого

---

У межах ретроспективного історичного аналізу розвитку людства М.Ф. Реймерс виділив п'ять екологічних криз і відповідних їм технологічних революцій:

1. Криза збіднення ресурсів промислу та збиральництва – *біотехнічна революція* (початок використання знарядь праці).
2. Перша антропогенна екологічна криза (криза перепромислу консументів) – *сільськогосподарська революція*, перехід до виробничого господарства.
3. Криза примітивного поливного землеробства – *друга сільськогосподарська революція* поширеного освоєння неполивних земель.
4. Друга антропогенна екологічна криза (продуцентів) – *промислова революція*.
5. Сучасна глобальна екологічна криза редуцентів (тобто відтворювальної здатності біосфери) і загроза нестачі мінеральних ресурсів – *науково-технічна революція* (Реймерс, 1994).

Зазначені два підходи: *консервативний* та *прогресивних змін* – складають методичну основу і сучасного інструментарію забезпечення стійкого розвитку.

*Консервативний* підхід базується на застосуванні негативних механізмів зворотного зв'язку. За допомогою їх людство протидіє (тому вони і мають назву негативних) будь-яким змінам, які можуть створювати загрозу стійкому стану екосистем. У сучасному природокористуванні зазначений підхід реалізується, зокрема, у таких формах:

- *консервативні методи*: створення заповідників, заказників, національних парків – тобто територій, де обмежується вплив на природу; заборона промислу певних біологічних видів, занесених до Червоної книги;
- *обмежувальні методи*: 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;
- *заборонні методи*: 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, ін.);

- *регламентуючі методи*: 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;
- *стримуючі методи*: економічні санкції, штрафи, підвищені ціни, мита.

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.

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. Всі 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 доменних печей почало збільшуватися виробництво чавуну і сталі. Максимальна продуктивність нової технології порівняно з попередньою збільшилася у 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, досягши 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).

Використовуючи публіцистичну термінологію, можна зроби́ти таке порівняння: якщо *консервативний* підхід змушує

людину не наближатися до екологічно небезпечної «межі» (або ж відступати від екологічних проблем), то підхід *прогресивних змін* начебто змушує людину тікати від екологічних проблем, але не назад, а вперед. Це дещо нагадує сюжет однієї з реклам, коли слідом за авто, яке на великій швидкості рухається над прірвою, один за одним обвалюються прогони мосту. Назад дороги немає... – тільки вперед!

### Аргументи вченого

---

Ліндон Х. Ларуш (американський економіст): «Якщо б не існувало зростання економії праці, населення Землі складало б близько 10 млн чоловік або менше, які жили б у повній злиденності... Слід чітко усвідомити, що спроби повернутися до мисливсько-збиральницького укладу життя (як вимагають деякі найрадикальніші сьогоденні енвайронменталісти) загрожують зникненням із Землі близько 4,5 млрд чоловік, що було б найбільш диким масовим убивством в історії. Якщо станеться повернення до більш низького технологічного рівня, то спричинений цим геноцид скоїться головним чином через ланцюгову реакцію вибухів голоду і епідемії – найжахливішого і найактивнішого зі способів масових убивств, які будь-коли були винайдені людством» (Ларуш, 1992).

Звичайно, напрямок прогресивних змін має і свій власний арсенал мотиваційних методів. Це перш за все економічні інструменти (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. Втім, 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 факто-

ри (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 вищенаведеного можна зробити висновок, що проблема забезпечення стійкого розвитку лежить у площині трьох базових сфер: соціальної, економічної та екологічної.

Не випадково для графічного зображення стійкого розвитку звичайно використовуються фігури, які тією чи іншою мірою нагадують тріади: трикутник (де вершини символізують три базові сфери, а сторони між ними відповідають проміжним підсферам) чи сполучення трьох перетинних окружностей (рис 18.2).

При цьому цілі, що характеризують стан сфер і підсфер, можуть передбачати:

- *в економічній сфері*: середньостатистичний дохід на одного жителя, економічне зростання; економічну ефективність; стабільність економічних систем, ін.;

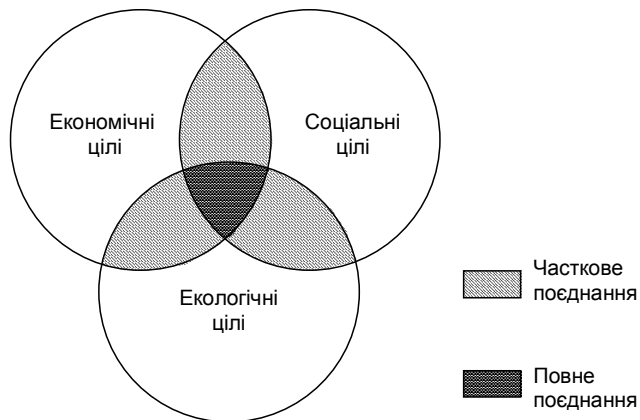


Рис. 18.2. Стійкий розвиток: поєднання економічних, соціальних і екологічних цілей

- у соціальній сфері: матеріальну забезпеченість населення; рівень освіти; стан здоров'я; рівень розвитку мистецтв, спорту, культури, ін.;
- в екологічній сфері: екологічну ємність (асиміляційний потенціал) природних систем; рівновагу і цілісність екосистем; біорізноманіття; якість природних ресурсів; ступінь впливу на екосистеми, ін.;
- у соціально-економічній підсфері: рівень зайнятості населення; соціальну справедливість у розподілі доходів і матеріальних благ; соціально-економічну мотивацію; співвідношення між максимальною і мінімальною зарплатою, ін.;
- в еколого-економічній підсфері: природоємність виробничих систем; питома екологічне навантаження процесів виробництва і споживання продукції; ступінь мотивації природоохоронної діяльності, ін.;
- у соціально-екологічній підсфері: якість середовища існування людини; можливості інформаційного контакту людини з природними системами; рівень розвитку екологічної етики; ступінь соціальної справедливості в розподілі екологічних благ у суспільстві, включаючи взаємини між поколіннями.

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 сполучає 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 пройдену путь добутими фактами й набутими навичками.



## 18.4. Стійкий розвиток: підсумки і проблеми реалізації

Концепція стійкого розвитку вже добре відома у світі. Вона присутня майже у всіх національних екологічних програмах. З нею змушені рахуватися 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 ХХ століття.

**Позитивні зміни.** Ті, хто перш за все акцентує на значних прогресивних досягненнях останніх 30 років, зможе довести це, серед іншого спираючись на такі факти.

### *Соціальний вимір.*

- Середня тривалість життя у світі зросла більш ніж на третину. Сьогодні як мінімум 120 країн із сукупним населенням більш ніж 5 мільярдів чоловік мають тривалість життя понад 60 років. Загальний середній показник у світі – 66 років порівняно із 48 роками в 1955 р. Передбачається, що середня тривалість життя людей на Землі до 2025 року зросте до 73 років.
- Дитяча смертність знизилася в розвинених країнах більш ніж у два рази (зі 149 чол. на 1000 немовлят до 64).
- Кількість людей, що страждають від хронічного недоїдання, у розвинених країнах зменшилася з 40% до 20%.
- Частка населення, що має доступ до чистої води, становить 70%.
- Значний прогрес спостерігається щодо можливості контролювати більшість інфекційних хвороб, таких, як

поліомієліт, проказа, ришта (підшкірний паразит), а також багато інших.

- За офіційними даними кількість людей із середньою освітою збільшилася приблизно на дві третини, а грамотність серед дорослого населення збільшилася у два рази.

#### ***Економічний вимір.***

- За останні 50 років кількість бідних скоротилося так само, як за попередні 500 років. Тому довгоочікуване викорінення бідності як такої здається реальним за умови, що це стане узгодженою метою всіх політиків.
- З 1980 р. спостерігається різке економічне зростання у провідних країнах світу (їх близько 15), що веде до швидкого збільшення доходів населення цих країн, яке складає майже чверть населення Землі (близько 1,5 млрд чол.).
- Докладаються зусилля для здійснення економічних реформ, результатом чого є стабільне поліпшення економічної ситуації, принаймні у розвинених країнах. Однак країни Африки також відчули зростання економіки починаючи з 1996 року, що виразилося в збільшенні випуску, зростанні експорту і зниженні інфляції.

#### ***Екологічний вимір.***

- Світовий екологічний прогрес спостерігався в галузі інституціонального розвитку, міжнародного співробітництва, суспільної участі, а також виразився в зростанні впливу приватного сектору на всі процеси, що відбуваються в країнах.
- За останні 25 років екологічний спосіб життя набув значного поширення в розвинених країнах, довівши, що може бути ефективною політикою. Внаслідок цього деякі індустріальні країни провели ряд змін у своїй політиці, подавши іншим країнам приклад найкращої практики.
- Зокрема, в розвинених країнах були розроблені і впроваджені нові системи господарювання, економічні інструменти, екологічно чисті технології і виробничі процеси.
- Рівень забруднення води і повітря в розвинених країнах знизився за останні роки, так само як знизилися й інші показники забруднення.
- Внаслідок впровадження нових технологій рівень екологічної недосконалості країн, які розвиваються, знижується, що повторює історію розвинених країн на аналогічному етапі розвитку економіки.

### *Політичний вимір.*

Можливо, найвидатніші досягнення і найбільш радикальні зміни за останні 30 років можна спостерігати на політичній арені.

- Кількість (відносно) плюралістичних і демократичних режимів неухильно зростає з 1989 р.
- Принципи «гарного правління» стали основним питанням відкритого обговорення у сфері міжнародного розвитку.
- Роль держави трактується не стільки як домінанта розвитку і творець багатства, скільки як каталізатор, що доповнює і заохочує дії приватних осіб.
- Інституціональний розвиток більше не являє собою процес нарощування потужності тільки суспільних інститутів (які посилюються домінуванням держави і слабкістю суспільної участі), а також являє собою процес розвитку приватного сектору у недержавних організацій.
- Посилення ролі жінок у досягненні стійкого розвитку визнається більш глобально і на практиці береться до уваги частіше, ніж раніш.

Сучасний світ за останні 30 років подолав такий шлях, на який індустріальному світові знадобилося б близько століття. Усі ці позитивні зміни відбулися незважаючи на безупинне збільшення чисельності населення (більш ніж на 2500 млн чол.). Значна частина людей живе довше і живе настільки повним життям, як ніколи раніше за всю історію.

**Нерозв'язані проблеми.** Однак, незважаючи на значні досягнення у всіх важливих вимірах стійкого розвитку, існують величезні недоліки, що неодмінно мають бути усунуті.

### *Соціальний вимір.*

- Різниця в тривалості життя людей у розвинених країнах і в найбідніших дотепер становить близько 45 років (люди в Японії живуть у середньому майже 80 років, тоді як люди в Сьєрра-Леоне живуть у середньому 33,6 років). Три з чотирьох жителів найбідніших країн вмирають у віці молодше 50 років, що є показником середньої тривалості життя XIX століття.
- Смертність серед немовлят у найбідніших країнах усе ще в 50 разів перевищує цей показник у найбільш розвинених (у Фінляндії він становить 3,9 смертей на 1 тис. народжуваних, а в Сьєрра-Леоне – 200).

- Близько 800 мільйонів чоловік у світі недоїдають, а близько 500 мільйонів чоловік хронічно голодують. Голод притупляє інтелектуальні і фізіологічні здібності цілих суспільств.
- Понад 840 мільйонів дорослих людей дотепер неписьменні; близько двох третин із них – жінки (538 мільйонів).
- Все ще спостерігається значна статева диференціація в якості життя; відхилення від природної рівності в деяких країнах приводить до того, що близько 100 мільйонів жінок зазнають утисків у своїх правах.
- В африканських країнах катастрофічних масштабів набуває епідемія СНІДу. В останні роки у тварин і людей почали з'являтися нові й нові, небачені до цього хвороби (коров'ячий сказ, курячий грип, азійська пневмонія, ін.).

#### ***Економічний вимір.***

- Світ став більш поляризований в економічному сенсі. Полюси створені як між країнами (у найбагатших спостерігається зростання добробуту з 70% до 85%, доходи найбідніших країн зменшилися з 2,3% до 1,4%), так і між окремими верствами населення (капітали 358 найбільш багатих мільярдерів перевищують сукупний щорічний дохід 45% земель).
- Розрив у доходах на душу населення в розвинених країнах і країнах, що розвиваються, майже потроївся з 1960 по 1995 рр. (з 5700 до 16 168 доларів). З 1990 р. середній рівень доходів зменшився у п'ять разів у 21 країні, включаючи країни колишнього СРСР (у деяких з них певне економічне пожвавлення почалося лише після 2000 р.).
- Приблизно 1,3 млрд чол. (близько третини населення країн, що розвиваються) живуть менш як на 1 долар у день. Близько 3 млрд чол. живуть менш ніж на 2 долари в день.

#### ***Екологічний вимір.***

- Використання невідновних ресурсів (землі, лісів, чистої води, прибережних зон, міського повітря) у багатьох регіонах перевищує природні можливості з їх відновленням.
- Енергетичний сектор у глобальному вимірі розвивається нерівномірно. Споживання енергії у світовому масштабі вросло на 70% з 1971 року, і передбачається подальше зростання споживання енергії на 2% щорічно протягом наступних 15 років. Менше чверті населення планети споживає три чверті її ресурсів і створює 70% усіх твердих відходів.

- Парникові гази дотепер викидаються в атмосферу в кількостях, що перевищують граничні значення, прийняті на міжнародному рівні. З часу конференції в Ріо-де-Жанейро (1992) викиди карбонатів збільшилися на 4%. Концентрація вуглекислого газу в атмосфері досягла найвищого показника за 160 000 років.
- Середня температура на Землі досягла найвищої оцінки з часу початку вимірювань у 1866 році.
- Природні зони та їх біорізноманіття скорочуються через втручання людини, зокрема внаслідок проведення сільськогосподарських робіт і створення нових поселень. Продовжується знищення лісів на Землі. Величезних збитків завдають пожежі.
- Зростає споживання води; передбачається, що забезпеченість водними ресурсами стане основною проблемою XXI століття. Вже сьогодні спостерігається серйозний дефіцит води: понад 1,2 мільярдів чоловік відчувають нестачу питної води і понад 500 млн бідних людей живуть в екологічно непридатних регіонах.
- Проблема кислотних дощів загострилася в Азії. Передбачається, що опади діоксиду сірки збільшаться втричі до 2010 року при збереженні нинішньої тенденції викидів газу в атмосферу.
- Недостатнє розуміння взаємозв'язку глобальних біогеохімічних циклів привело до поширення окислювання, перепадів клімату, змін у гідрологічних циклах, а також до скорочення біорізноманіття, біомаси і біопродуктивності, до змін у кліматі планети і збільшення кількості природних катаклізмів (повені, цунамі, землетруси).

#### ***Політичний вимір.***

- Незважаючи на всі позитивні зрушення у світовій політичній культурі десятки мільйонів людей дотепер страждають від гніту і насильства через етнічні, релігійні і політичні суперечності.
- Недоліки методів правління залишаються найбільш значними перешкодами для досягнення стійкого розвитку в більшості країн, що розвиваються. Стійкий розвиток не може бути досягнутий у країнах, де панує корупція, авторитаризм і егоїзм. В усьому світі зберігаються ознаки бідності поряд з екологічною деградацією.

Звичайно, це далеко не повний підсумок останніх десятиліть, але навіть він показує, що надати однозначну оцінку отриманих результатів неможливо. Кожний може вибрати свою точку зору – песимістичну чи оптимістичну. А позиція країни складається з поглядів її громадян щодо основних економічних, соціальних, екологічних і політичних питань; і вже виходячи зі своєї позиції країна здійснює вибір політики в новому столітті.

**Світові рубежі.** За десять років, що минули після Ріо-конференції, людство намагалося реалізувати основні цілі концепції стійкого розвитку. У 2001 році нова Всесвітня конференція з проблем довкілля і розвитку була проведена в Йоганнесбурзі (ПАР). Результатом саміту в Йоганнесбурзі було визначення п'яти головних напрямків екологоорієнтованої діяльності: 1) вода і санітарія; 2) енергія; 3) здоров'я; 4) сільське господарство; 5) біорізноманіття. Напрацювання стратегічних екологічних цілей людства велось не тільки на самому саміті, а й протягом підготовчого періоду, включаючи проведення 5 підготовчих регіональних конференцій, що відбулися у 2001 році (Женева, Найробі, Ріо-де-Жанейро, Каїр, Пномпень). Незважаючи на деякі розбіжності в регіональних пріоритетах, консенсус був досягнутий у ряді галузей (Priorities, 2001; Ріо-де-Жанейро, 2002).

Зазначені пріоритети спираються на конкретні цільові показники і терміни виконання:

1. До 2015 року зменшити вдвоє частку людей, чий дохід становить менше 1 долара в день.
2. Створити спільний Світовий фонд для ліквідації бідності та сприяння соціальному і людському розвитку в країнах, що розвиваються.
3. До 2015 року зменшити вдвоє частку населення, яке не має доступу до ресурсів безпечної питної води.
4. До 2015 року зменшити вдвоє частку населення, яке не має доступу до санітарного забезпечення.
5. Запровадити інтегроване управління водними ресурсами та здійснити плани щодо ефективного водозабезпечення до 2005 року з підтримкою у цій сфері дій країн, що розвиваються.
6. До 2015 року реалізувати програми та ініціативи щодо зниження на дві третини показників смертності немовлят і дітей до п'яти років, материнської смертності на 75% порівняно з базовим показником 2000 року.

7. До 2005 року зменшити розповсюдження ВІЛ серед молоді віком 15–24 років на 25% у найбільш уражених країнах та до 2010 року у всьому світі.
8. Розширити доступ до сучасних систем енергозабезпечення населенню, яке його не має.
9. Ввести в дію програми, що підвищуватимуть енергоефективність і збільшуватимуть використання відновних джерел енергії.
10. Проводити політику, яка забезпечить однакові правила для застосування технологій, що ґрунтуються на використанні відновних джерел енергії та більш чистого органічного палива.
11. До 2015 року відновити продуктивність рибних ресурсів до їх максимально сталого значення.
12. На національному і регіональному рівнях забезпечити виконання міжнародного плану дій щодо управління рибними запасами до 2005 року та міжнародного плану дій із запобігання, стримування і ліквідації нелегального рибальства до 2004 року.
13. До 2012 року організувати зразкову мережу захищених морських акваторій.
14. Здійснити модернізацію муніципальних очисних споруд у період 2002–2006 рр. у рамках Глобальної програми дій щодо захисту морського середовища від наземних джерел забруднення.
15. Організувати до 2004 року під проводом ООН регулярний процес глобальної звітності й оцінювання стану морського середовища, включаючи соціально-економічні аспекти – як поточні, так і прогнозні – на основі існуючих регіональних даних.
16. До 2020 року досягти такого виробництва і використання хімічних речовин та небезпечних відходів, яке б дало змогу мінімізувати їх шкідливий вплив на довкілля і здоров'я людини.
17. До 2010 року поліпшити доступ країн, що розвиваються, до екологічно ефективних замінників речовин, які руйнують озоновий шар.
18. Вжити негайних дій щодо нагляду за виконанням лісового законодавства і міжнародною торгівлею лісоматеріалами.

19. Здійснювати фінансування заходів у рамках Конвенції по боротьбі з опустелюванням через Глобальний екологічний фонд (ГЕФ).

20. Поповнити ГЕФ до рівня 2,92 млрд дол.

21. Посилити роль жінок на всіх рівнях і в усіх питаннях стосовно розвитку сільських районів, сільського господарства, харчування та продуктової безпеки.

Солідарне досягнення цих орієнтирів у світі, який ще зберігає багато суперечностей, потребує впровадження глобальної етики в цілях сталого розвитку і гармонізації суспільства. Паростки ноосферогенезу і відповідальності за майбутнє ще дуже тендітні й самі потребують захисту. Деякі загальні тенденції є обнадійливими і повинні стати предметом спеціальних наукових досліджень, розробок і практичних дій.

**Цілі України в забезпеченні стійкого розвитку.** Наразі в Україні розроблено Проект державного Закону про стратегію сталого розвитку. У ньому визначені стратегічні завдання стійкого розвитку, зокрема:

1) у сфері екологічно збалансованого розвитку економіки:

- забезпечення переходу економіки на інноваційну модель;
- структурна перебудова економіки шляхом прискорення розвитку високотехнологічних галузей;
- створення конкурентоспроможної, соціально орієнтованої ринкової моделі економіки;
- імплементація (дотримання) сталих економічних методів природокористування та впровадження екологічної складової в систему національних рахунків;
- підвищення ефективності інвестиційних проектів, у тому числі у сфері відновлення природного капіталу;
- стимулювання впровадження екологічно безпечних, енергетично ефективних і ресурсозберігаючих технологій;
- розвиток технологій замкнутого циклу і технологій очищення, переробки та утилізації промислових і побутових відходів;
- підтримка екологічно ефективного виробництва енергії, включаючи використання відтворювальних джерел енергії та вторинних енергетичних ресурсів;
- розвиток екологічно безпечних видів транспорту і транспортних комунікацій, створення альтернативних видів палива, у тому числі неуглеводневого;



2) у сфері забезпечення соціальної справедливості:

- підвищення рівня життя, зниження рівня бідності та розшарування населення за доходами та майновим станом;
- зниження рівня безробіття населення і забезпечення продуктивної зайнятості;
- збереження і зміцнення демографічного і трудового ресурсного потенціалу країни;
- зміцнення фізичного здоров'я нації;
- оптимізація соціальної структури суспільства, встановлення гарантій забезпечення рівних можливостей для досягнення матеріального, екологічного і соціального благополуччя;
- розвиток системи освіти, просвіти та поширення інформації з питань сталого розвитку;

3) у сфері суспільних відносин:

- створення дієвих механізмів захисту конституційних прав і свобод людини;
- формування громадянського суспільства, забезпечення в ньому політичної стабільності та взаєморозуміння;
- розвиток духовності, культури, моральних засад, інтелектуального потенціалу українського народу;

4) у сфері раціонального використання природно-ресурсного потенціалу:

- сприяння забезпеченню екологічно збалансованого стану навколишнього природного середовища країни та розвитку окремих регіонів;
- економічно та екологічно обґрунтоване використання невідновних та ефективно відтворення відновних природних ресурсів;
- мінімізація шкоди, яка завдається довкіллю під час видобутку корисних копалин; рекультивация земель, порушених у процесі розробки родовищ корисних копалин;
- формування екологічної мережі, збереження та відтворення природного біорізноманіття;
- створення екологічно чистих сільськогосподарських технологій, збереження та відтворення природної родючості ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення;
- удосконалення ринкових механізмів регулювання у сфері природокористування;

- вжиття заходів до запобігання та припинення всіх видів незаконного використання природних ресурсів, у тому числі браконьєрства;

5) у міждержавних відносинах:

- проведення активної міжнародної політики;
- поглиблення інтеграції в європейську та світову економічні системи, активізація участі в міжнародних організаціях.

## Наукові і світоглядні передумови формування засад стійкого розвитку

### 19.1. Вихідні будівельні блоки формування 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 зрівнює, 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 сформувати адекватний мотиваційний інструментарій досягнення поставлених цілей. Спробуємо проаналізувати, як людство наближалось до формулювання основних ідей стійкого розвитку.

## 19.2. Світоглядна і методична 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 XIX 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 Ціліну. 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 почвальним 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

---

- Висловлюючись сучасною мовою, державна програма природокористування, яка зробила регулювання водопостачання основою економічних відносин у країні, була реалізована на території Стародавньої Месопотамії в Шумерсько-Аккадському царстві ще в III тисячоріччя до н.е. Зробити це було дуже складно, тому що на відміну від Нілу, сезонність розливу якого була приблизно постійною, розливи Тигру і Євфрату від-

бувалися часто раптово, завдаючи великої шкоди. Це, напевно, можна порівняти зі збитком від нинішніх НС. Проте завдання регулювання було вирішене настільки успішно, що і через 2000 років (!) на тій же території, але вже в іншій державі (Нововавилонському 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 (Там же, с. 52–65).

- Прообраз «національних економічних рахунків», причому з урахуванням природних факторів, з'явився в тій же 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 відображалось в спеціальних земельних кадастрах, у яких вказувалася не тільки перелік ділянок, але і якість оброблюваної землі, а також особливості місця її розташування (Там же, 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 завіті Біблії (Там же, 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 веде до запустіння земель, тому аскетизм прямо засуджується (Там же, с. 71–74).
- В 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, сучільно 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 по своїй вільній волі.» (Там же, с. 75).
- *Гармонія інтересів поколінь* розглядається як економічна основа стійкості розвитку суспільства в працях Конфуція (Китай, VI–V ст. до н.е.) (Там же, 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 же, 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 же, с. 103).
- *Необхідність відповідності знарядь праці характеру ґрунту* (Китай, 81 р. до н.е. – думка, що, на жаль, дотепер не сприйнята в нашій країні) (Там же, 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 же, с. 105).
- *«Щоб управляти землею, держава має знати її природні властивості».* Це не із сучасного підручника по сільському господарству, а з того ж Гуань-цзи. Там же рекомендується більш гнучко сформувати 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 це рядки з трактату Мо Ді (Мо-цзи) (Китай, V ст. до н.е.) (Там же, с. 109).
- Розвиток особливої форми соціально-економічної і політичної організації суспільства-поліса (міста-держави) дозволяв ще в Стародавній Греції реалізувати ідеї автономного управління локальними екосистемами («думати глобально — діяти локально») у межах федеральної держави (Греція, VII–VI ст. до н.е.) (Там же, с. 113).

Напевно, 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. Але 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 в тому, що нинішній конфлікт набув форми глобальної екологічної кризи.



### 19.3. Біля витоків економічної науки

**Засновники економічної науки.** Якщо говорити безпосередньо про економічну науку, то більшість дослідників погоджуються 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 зрозумілий 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 XIX 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 Зем-*

ля» і за формування основ інформаційного суспільства. Якщо зацікавлений читач зможе перебороти «алергію», пов'язану з ім'ям К. Маркса, він зможе знайти 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 привести 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 вперше 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!)

#### 19.4. Здобутки неокласичної та інституціональної шкіл

*Неокласична школа*, основоположниками якої були У. Джевонс (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 ряд 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 веде до 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 дестабілізують економіку, Дж.Б. Кларк називає збільшення населення. Таким чином, економічна наука формує передумови для врахування прийдешніх змін, які викликані поряд з іншим 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 стан 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 стануть зрозумілими 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 роздування 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 знаходи-

лися 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 веде до збільшення попиту, ріст економіки через зростання ВВП на душу населення. Інакше кажучи, чим більше людей – тим більше споживання, а отже, виробництво. Процеси перенаселення, виснаження ґрунтів та інші сполучені 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 напрямів економічної науки.

**Інституціоналізм.** На початку ХХ століття на протипагу посиленню монополістичних тенденцій виник новий напрям 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 укласти 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, управління, 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 же). 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 же).

---

ІНСТИТУЦІОНАЛІСТИ усвідомили ІНФОРМАЦІЙНІ ФАКТОРИ як активну компоненту економічної системи.

---

### 19.5. 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 довгу 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 перевести 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, яка акумулюється на Землі» (Подолинський, 1880).

---

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 визначене завдання формування стійкого розвитку і відповідальності людства за перебудову *«біосфери в інтересах вільно мислячого людства як єдиного цілого»* («Кілька слів про ноосферу», 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 *«Автотрофність людства»*, 1925).

У 1970-ті роки широкої популярності набувають праці Говарда 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 tetogy*), 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) (Боулдінг, 1977). Завдання, яке було сформульоване Боулдінгом, полягає в переході від «ковбойської економіки» до «економіки космонавтів».

### 3 першоджерела

---

К. Боулдінг 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» (Боулдінг, 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.

## Принципи забезпечення стійкого розвитку

### 20.1. 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 керманичів. У таких умовах 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) організація в просторі;
- 2) організація в часі;
- 3) забезпечення стійкості, або рівноваги всієї системи чи окремих її елементів;
- 4) спрямованість розвитку;
- 5) наявність рушійної сили.

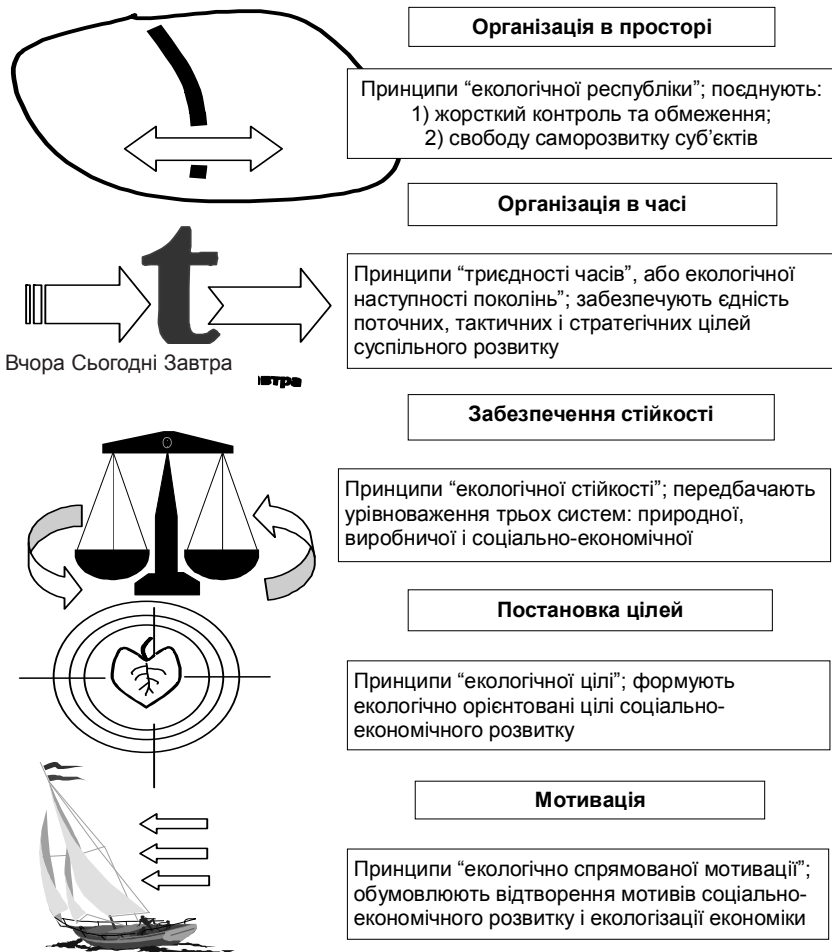


Рис. 20.1. Групи принципів забезпечення стійкого розвитку

Відповідно до цих напрямків можуть бути сформульовані п’ять груп принципів організації суспільства для забезпечення в ньому основ стійкого розвитку (рис. 20.1). Зупинимося на них детальніше.

## 20.2. 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 тім, 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'язкові для всіх. Подібним чином відбувається формування системи управління республік, мешканці яких об'єднуються 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.

---

## Сторінки історії

---

Офіційний відлік 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.

Вже 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. 20.1.

## Подобиці

---

1. Принцип *екологічної конституційності*. Можна констатувати своєрідні конституційні ознаки «екологічної республіки» Земля: законодавчі органи – міжнародні форуми; виконавчі органи – ООН, ЮНЕП; організації, що реалізують різні міжнародні функції (наукові, технологічні, фінансові, інформаційні, освітні, ідеологічні, спостережні та ін.); правова основа (конвенції, договори, угоди, протоколи, міжнародні стандарти, правила, рекомендації); механізм формування цілей і засобів їх реалізації; інструменти мотивації екологічної діяльності: політичні, економічні, соціальні.
2. Принцип *єдності інструментарію*. Дотримання даного принципу має зняти протиріччя або непорозуміння, що можуть виникати і виникають сьогодні через різницю в трактуваннях схожих термінів і характеристик.



Таблиця 20.1. 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 (напр., 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. Лібералізація 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).

Наприклад, при закупівлі сировини, устаткування або технологій країна-імпортер може зробити помилку, придбавши зразки, які не відповідають екологічним стандартам, що діють у цій країні. Причиною може бути розходження в маркуванні характеристик або взагалі відсутність будь-яких показників екологічності даного товару. Однак єдність екологічних стандартів не повинна означати рівність екологічних стандартів, про що буде сказано далі.

3. Принцип *«спільної ковдри»*. На глобальному рівні йдеться про збереження природних факторів планети: озонового шару, клімату; біологічного різноманіття, кисневого балансу, ін. На регіональному рівні: між кількома країнами, адміністративними підрозділами всередині країни – економічні (торговельні) угоди мають передбачати дбайливе відношення до спільних екосистем: морів, озер, лісів, боліт, річок, ін.
4. Принцип *неекспортування екологічних проблем*. Даний принцип є основним при регулюванні трансграничних екологічних проблем. Прикладом може служити трагедія Аральського моря. Вода з рік Амудар'ї і Сирдар'ї розбирається ще у верхів'ях, які знаходяться в сусідній країні. Кордон, що пролягає між країнами, заважає виробленню єдиної політики водокористування, перетворюючись у нездоланий бар'єр на шляху вирішення екологічної проблеми.
5. Принцип *екологічної еквівалентності*. Які ж конкретні випадки можуть зустрічатися? Регіон, виробляючи продукцію, внаслідок трансграничного забруднення (повітря або водного джерела) завдає економічної шкоди сусідам. Або навпаки: регіон випускає в себе продукцію, виробництво якої пов'язане з інтенсивним впливом на природу; при цьому регіон-виробник «залишає» в себе економічний збиток, продаючи споживачеві екологічно чисту продукцію. Втім, можна назвати і третій випадок: регіон, маючи на своїй території природні об'єкти (болота, тропічні ліси, верхів'я рік), що мають важливе значення і для інших регіонів, змушений для збереження цих об'єктів стримувати свій економічний розвиток, несучи відповідні витрати. Цілком очевидно, що у всіх трьох випадках необхідні економічні заходи для захисту інтересів регіонів, змушених нести тягар екологічних втрат. У першому випадку це може бути податок на трансграничний перенос, у другому випадку питання може бути вирішене корегуванням цін на величину збиткоємності продукції, у третьому – очевидно, зацікавлені регіони мають «у складчину» компенсувати регіонові, відповідальному за відтворення або збереження природних об'єктів, необхідні для цього витрати, а також втрачену вигоду.
6. Принцип *індивідуальності співтовариств*. Тут немає суперечності з декларованим вище принципом «єдності інструментарію». При зіставленні методичної бази («інструментарію») конкретні екологічні характеристики товарів і послуг для умов кожної екосистеми мають бути свої. Екосистема кожної території на планеті є унікальною. Тому при формуванні стійкого розвитку на цих територіях повинен застосовуватись суто індивідуальний підхід.  
Екосистеми Землі настільки різноманітні і неповторні, що тільки жителі певного куточка планети можуть відчувати тонкі грані природної рівноваги свого рідного краю і зберігати його. За очевидної необхідності впровадження загальних принципів і законів повинна мати місце свобода конкретних дій на місцях. «Думати глобально – діяти локально!» – це один із найважливіших принципів сучасної екології.
7. Принцип *добровільності*. Попри всю очевидність прийняття жорстких заходів у відношенні співтовариств для досягнення екологічних цілей ці

заходи можуть застосовуватися тільки до тих суб'єктів, які визнали правомочність цих заходів. Інакше кажучи, будь-які санкції, передбачені в міжнародних угодах, зокрема, торговельні санкції, можуть застосовуватися тільки до тих співтовариств, які підписали дану угоду. І тільки у надзвичайних випадках, коли поведінка будь-якого співтовариства загрожує екологічній безпеці інших суб'єктів, до співтовариства, згідно з рішенням міжнародних організацій, над/або міжрегіональних органів можуть бути застосовані санкції для виправлення становища.

8. Принцип *екологічної чесності*. Прикладами порушення цього принципу можуть служити торговельні війни між Японією і США, коли сторони намагалися використовувати жорсткість екологічних стандартів на ту чи іншу техніку (наприклад, автомобілі) у ролі нетарифних митних бар'єрів для протекціонізму вітчизняних товарів. Фактично ту саму роль відіграють надмірно високі митні тарифи (часто такі, що перевищують вартість самого автомобіля) для ввозу використаних автомобілів в Україну. Привід той самий – екологічна загроза, справжня причина – економічна загроза недоброякісним вітчизняним товарам.
9. Принцип *лібералізації торгівлі*. Цей принцип, здавалося б, жодним чином не стосується екологічних проблем. Разом з тим такий зв'язок існує. Лібералізація торгівлі поліпшує обмін досвідом, інформацією, навичками, технологією, сприяючи вирішенню соціальних і екологічних проблем. І навпаки: торговельні бар'єри гальмують економічний і соціальний розвиток, посилюють бідність, загострюють екологічні проблеми.

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 боку – *свободу розвитку*.

### 20.3. 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 тріаду або тріади 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.

Говорячи про екологічну справедливість стосовно різних поколінь, доцільно сформулювати ряд окремих принципів (табл. 20.2).

Таблиця 20.2. Принципи організації в часі (принципи «триєдності часів»)

Назва принципу	Зміст
1. Екологічної "матрьошки"	"Всеохопноу"(обов'язковою) має бути прийнята умова збереження можливості розвитку для поколінь у "далекому майбутньому", наступною групою пріоритетів ( <i>необхідні умови</i> ) має бути незбіднення екологічного потенціалу для поколінь "близького майбутнього"; всередині цих умов існуючі покоління мають знаходити середину ( <i>умови доцільності</i> ) 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. Транзитую 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	Всі 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".

## Подобици

---

Принцип «*екологічної матрешки*». Очевидно, було б цілком справедливим декларувати неприпустимість передачі одним поколінням іншому (або іншим) створених ним і невіршених екологічних проблем (наприклад, поховання радіоактивних відходів, виснаження ґрунтів, нагромадження в ґрунтах і вододіймах шкідливих речовин; складування в природі відходів, що нерозкладаються, 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 озонowego 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 вижити завдяки лікуванню лікарськими препаратами, що містять активні речовини, виявлені в *рожевому барвінку*, який зустрічається в тропічних лісах Мадагаскару.
- Вартість ліків, вироблених у світі з дикоростучих рослин і природних продуктів, становить близько 40 млрд дол. США в рік.
- Близько 4,5% валового національного продукту США (приблизно 87 млрд дол. за рік) одержують за рахунок диких видів.
- Один ген ефіопського ячменю зараз 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. 20.2 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 сьогодення. 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. 20.2). 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 і з урахуванням величини збитків, пов'язаних із порушенням природного середовища. Техніко-економічне обґрунтування й екологічна експертиза проектів зазвичай враховують інтереси, які віднесені до *тактичного* рівня, але і на цьому рівні мають братися до уваги екологічні фактори. Третій етап урахування екологіч-

них 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.

## 20.4. 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 відзначено 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, досягатиметься 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. 20.2). 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. 20.3). Основне завдання рівноважного природокористування на сучасному



Рис. 20.2. Взаємозв'язок груп принципів екологічної стійкості

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*.

### Подобиці

Принцип нормування екологічних навантажень. Екологічні нормативи (стандарти), обмежуючи екологічне навантаження на середовище (викиди і кон-



Таблиця 20.3. Принципи екологічної стійкості (принципи «вічного колодязя»)

Назва принципу	Зміст
1	2
<b>Принципи неперевищення екологічних порогів</b>	
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 допустимих 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	Нарівні з фізичними та хімічними параметрами природного середовища, що нормуються для цілей контролю за екологічним впливом на екосистеми, необхідно також враховувати реакцію (поведінку) об'єктів живої природи як екологічних індикаторів.
<b>Принципи єдності природокористування і природовідтворення</b>	
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 протікають у природі.
<b>Принципи єдності економічних і екологічних цілей</b>	
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 20.3

1	2
11. Економічної відповідальності за екологічні ефекти	Економічні витрати, обумовлені негативним впливом на довкілля, мають компенсуватися тим економічним суб'єктом (державою, підприємством, 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); "все 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.

центрації шкідливих речовин; ступінь фізичного впливу на компоненти природного середовища, ін.), повинні гарантувати неперевищення екологічних порогів. У свою чергу, екологічні нормативи (стандарти) 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) – десять частки й одиниці відсотків від норми;
- 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.

V. 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, ін.);
- *національні* (наприклад, надходження шкідливих речовин в атмосферу, воду, ґрунти; інтенсивність вилучення лісових ресурсів і т.д.);
- *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.

Необхідно відзначити, 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. Приблизно 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, які становлять загрозу для людини або природи, але основна увага приділяється речовинам, що потрапили в робочий список хімічних речовин міжнародної значимості, 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) (Міжнародний, 1992).

## Подобиці

---

Не менш важливі й інші принципи, що формують підгрупу «неперевищення екологічних порогів».

Принцип *урахування реакції природи*. Один і той самий фактор є згубним для однієї екосистеми і нейтралізується внаслідок природного розкладання в іншій. Отже, необхідне корегування екологічних нормативів і здійснюваних дій з урахуванням реакції природи в кожній окремій екосистемі.

Принцип *«вузької ланки»*. Найбільш вразливий біологічний вид або система мають стати критерієм, що визначає граничні навантаження на середовище.

Принцип *замикаючого ефекту*. В одному випадку може відбуватися ослаблення (нейтралізація) результуючого впливу внаслідок дії різноспрямованих процесів (підтоплення і висушування земель, кислі і лужні речовини, ін.), в іншому випадку може відбутися значне посилення ефекту, у третьому випадку деструктивний фактор може відіграти роль *«спускового гачка»*, викликавши лавиноподібну реакцію.

Останні два принципи найбільш важливі для формування економічних інструментів при торгівлі небезпечними відходами, засобами хімізації сільськогосподарства або фармацевтичними препаратами.

Принцип *природних індикаторів*. На жаль, досвід нормування навантажень на середовище невиправдано малий (на відміну від досвіду нормування гігієнічних навантажень), хоча слід зазначити і складність розробки подібних нормативів, ступінь якої має відповідати складності і різноманіттю компонентів природного середовища. Цілком імовірно, для цих цілей спочатку можуть бути використані непрямі індекси навантаження. У цьому відношенні заслуговує на увагу досвід інших країн.

## 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 корол, – 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. 20.3).

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 зараз) 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 же 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 у тому, щоб у систему товарно-грошових відносин нарівні 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.

## Подробиці

---

Принцип «екологізації економічних чинників». Даний принцип спрямований на формування інформаційної бази платного природокористування. Однією з переваг ринкового механізму регулювання економічної системи є здатність до *самонастроювання* і *самокорекції* в напрямку підвищення ефективності системи. Економічна система тільки тоді зможе набути здатність до саморегулювання в напрямку екологізації, зберігаючи властиву їй здатність до саморегулювання, спрямовану на підвищення ефективності, якщо екологічні явища (наслідки й ефекти) отримують адекватну даній системі економічну форму оцінки. Методики економічної оцінки природних ресурсів і наслідків впливу на природне середовище складають основу реалізації даного принципу.

Для економічної оцінки природних ресурсів використовуються такі базові показники: 1) витрати на відтворення якісних і кількісних характеристик одиниці даних природних ресурсів; 2) економічний ефект (рента) від використання одиниці природного ресурсу. Для визначення еколого-економічних втрат використовуються такі базові величини: 1) додаткові витрати суспільства у зв'язку зі змінами в навколишньому середовищі; 2) економічна оцінка втрат суспільства (утрати сільськогосподарської і лісової продукції, утрати праці, ін.), пов'язаних з екологічною деструкцією; 3) упущена вигода, пов'язана з екологічною деструкцією; 4) витрати уповільненого зростання регіонів, пов'язані з необхідністю збереження і підтримки на необхідному рівні стану екосистем (тропічних лісів, боліт, ін.), вигодами від яких користуються інші регіони; 5) витрати на повернення навколишнього середовища в попередній стан; 6) витрати, пов'язані зі створенням страхових екологічних фондів для майбутніх поколінь або на випадок надзвичайних ситуацій (екологічних аварій і катастроф).

Принцип «екологізації економічних чинників». Даний принцип є і логічним продовженням, і завершенням попередніх. Він спрямований на реалізацію концепції *платного природокористування*, тобто включення в систему економічних інтересів підприємств екологічного вектора. Досягається це впровадженням системи еколого-економічних інструментів (платежів, штрафів, податків).

---

Економічна система повинна мати здатність до *самокорегування* в напрямку підвищення еколого-економічної ефективності.

---

## Факти публікацій

---

За повідомленнями, у розвинених країнах використовується 153 різних економічних важеля, у тому числі: 81 – штрафи різного роду, 41 субсидія і 31 – інші заходи. Як приклади національних дій можна згадати існування у Франції штрафу за викиди, пов'язані з забрудненням повітря, і введення у Фінляндії та Швеції «антивуглецевого» податку на використання викопних видів палива.

В Австралії, Бельгії, Нідерландах і Сполучених Штатах Америки стягується податок на відходи. У Німеччині, Данії, Нідерландах, Новій Зеландії, Об'єднаному Королівстві, Фінляндії, Швейцарії і Швеції встановлені різні рівні податку на етилований і неетилований бензин, а в Німеччині, Нідерландах, Швеції і Японії оподаткування використовується як засіб заохочення виробництва автомобілів з низьким рівнем забруднення навколишнього середовища (Environmental, 1996; Ecotaxation, 1997; Human, 1997).

В Україні, Росії та інших країнах колишнього Радянського Союзу початок реалізації зазначеного принципу забезпечило введення системи платежів, яка передбачає плату підприємств за використання природних ресурсів і відшкодування економічного збитку від порушення природного середовища. В Україні прийнятий Закон про охорону навколишнього середовища, який зафіксував законодавчо платність природокористування. Зазначений принцип починає реалізовуватися і в іншому напрямку: за допомогою обліку можливих еколого-економічних наслідків при плануванні і проектуванні.

Якщо обидва охарактеризовані принципи окреслюють загальний напрямок трансформації системи економічних відносин, то решта передбачають формування конкретного економічного інструментарію (Мельник, 2003).

## Підроблиці

---

Підвищення ефективності є об'єднуючою умовою для вирішення проблем навколишнього середовища, розвитку і торговельної політики. Діяльність є ефективною, якщо дозволяє використовувати *мінімальну суму ресурсів* для досягнення поставленої мети або досягти *максимального результату* за даної кількості ресурсів.

## 20.5. 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 фор-



Таблиця 20.4. 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).

мують екологічну спрямованість процесів розвитку, умовно можна назвати принципами *«екологічних цілей»* (табл. 20.4).

## Подобици

**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. У силу цього людина повинна визначити своє місце в циклічній економічній системі, що має здатність нескінченно відтворювати різні матеріальні форми.

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 зараз 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, академмістечко в Новосибірську, Дивногорськ поблизу Красноярська, житловий район Вільнюса Лаздинай, литовське містечко Южнайчяй.

## Подобиці

---

**Принцип гуманізації середовища.** На даний час економіка, як і раніше, продовжує зберігати пріоритетні позиції при формуванні середовища існування. Основним принципом прийняття рішень й 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.

Все, 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 будівництво «котловану щастя», показано 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 і 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 запевнити, не випадково це відзначено навіть у матеріалах ООН.

---

Екологічна програма – не документ, а процес.

---

## 20.6. 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. 20.5).

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);
- створення передумов конкуренції (суперництва) окремих структурних підрозділів, що сприяє активізації *біфуркаційних механізмів* розвитку;
- формування в суспільстві пріоритетності позитивної мотивації, що сприяє здійсненню трансформаційних перетворень.

Таблиця 20.5. Принципи екологічної мотивації

Назва принципу	Зміст
<b>Принципи імпульсів розвитку</b>	
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	В суспільстві має підтримуватися баланс позитивної (стимулюючої) та негативної (обмежуючої) мотивації при пріоритеті позитивної мотивації.
<b>Принципи екологізації</b>	
4. "Знати – хотіти – вміти"	Необхідне постійне відтворення в суспільстві трьох взаємозв'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.

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 іноваційної 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 відношенні) потреби підвищення якості життя. Неврівноважені даними явищами, односторонні процеси екологізації, коли люди борються за ліквідацію виробництв, не турбуючись про те, чим їх замінити, як екологічно шкідливе зробити екологічно досконалим, можуть розвивати утриманські тенденції, вести до економічного застою і, у кінцевому рахунку,

знижувати життєвий рівень людей і заводити в глухий кут 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; *вміти* – обійти хвороби.

«Знати», «хотіти», «вміти» – 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 *«вміти»* 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, нересурсоемні 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 стану і динаміки природних і соціально-економічних систем

### **21.1. Підходи до формування соціально-економічного та екологічного моніторингу**

У процесі розвитку цивілізація досягла такого рівня, коли антропогенний вплив на природу набуває якісно нового характеру. Як відомо, сам термін «розвиток» пов'язаний з підвищенням складності й багаторівневості систем, а запорукою розвитку деякі вчені вважають сталість основних механізмів у системі – гомеостаз. Для підтримання гомеостазу і збереження цивілізації людина має переосмислити процеси, що відбуваються не тільки в природі, але й у самому людському суспільстві, виявити основні взаємозв'язки між ними та оцінити їх перспективність.

Нерозумне використання величезного природного потенціалу, який сьогодні має людство, нарівні з науково-технічним прогресом, при недалекоглядному підході легко може привести до деградації й навіть загибелі людини. Ця думка знайшла відображення в документах ООН і багатьох доповідях на міжнародних конференціях. У них, зокрема, відзначається, що єдину можливість вирішення глобальних проблем сучасності надає стійкий розвиток. Стійкий розвиток – це процес поетапного переходу до такого стану суспільства, насамперед економічної системи, при якому більшої значущості набуває екологічний фактор.

Ураховання екологічних критеріїв є одним із факторів гомеостазу системи «людина – природа – суспільство». Питання стабільності цієї системи обумовлені глибокою дестабілізацією

стану навколишнього середовища в результаті масштабного розвитку продуктивних сил, росту населення, що привело до якісних змін у відносинах природи і суспільства, величезного посилення навантаження на екосистеми. Розвиток техногенного типу світової економіки обумовив виникнення глобальних екологічних проблем, кожна з яких здатна призвести до деградації нашої цивілізації. Серед цих проблем можна виділити: спустелення, загибель лісів, сировинну проблему, парниковий ефект, озонові діри, кислотні дощі, дефіцит прісної води, забруднення Світового океану, зникнення видового біорізноманіття планети. Ці екологічні проблеми тісно пов'язані з глобальними проблемами економічного характеру, вони впливають одне на одного, і виникнення одних приведе до виникнення або загострення інших.

Створення економічно незалежних систем, подолання кризової екологічної ситуації й становлення держави на траєкторію стійкого розвитку безпосередньо пов'язане з вибором економічного курсу, що найбільш повно може реалізувати потенційні можливості країни. Ефективне використання наявного науково-технічного й виробничо-ресурсного потенціалів, високого загальноосвітнього рівня населення може полегшити Україні процес входження в загальносвітове господарство і дозволить використати нову хвилю науково-технічної революції для створення ефективної національної економіки.

У такій ситуації особливе місце має належати якісному управлінню системами будь-якого типу (як економічними і екологічними, так і соціальними), стратегічно орієнтованому на принципи стійкого розвитку. Серед засобів для вирішення проблем управління розвитком систем будь-яких рівнів особливе місце займає *моніторинг*. Він є інформаційним базисом концепції стійкого розвитку й свого роду початковою функцією управлінського циклу. Система моніторингу повинна в інформаційному плані забезпечити організацію, концентрацію необхідних інформаційних потоків і поліпшити спостереження за багатьма процесами і явищами. Не підлягає сумніву той факт, що ефективність управління будь-якими системами однозначно залежить від якості інформаційного забезпечення. Для прийняття раціональних управлінських рішень будь-яким особам і органам влади важливі аналіз і прогнозування динаміки показників різних сфер життєдіяльності. Негативні тенденції, що відбуваються в

розвитку складної системи «людина – природа – суспільство», підвищують актуальність як екологічного, так і соціально-економічного моніторингу.

*Моніторинг* (від лат. *monitor* – той, що нагадує, наглядає) у науковій літературі визначається як спеціально організоване систематичне спостереження за станом певного об'єкта. Моніторинг будь-якого розвитку – процес надання системі управління інформації про відповідність результатів діяльності об'єкта обраним критеріям. Якісна організація моніторингу передбачає спостереження за чинниками й тенденціями розвитку об'єктів з метою інформаційної підтримки оперативних і стратегічних управлінських рішень, встановлення рівня пристосованості об'єкта до навколишнього середовища тощо.

Результати моніторингу можуть бути викладені у вигляді узагальнених показників, що характеризують стан і динаміку зміни довкілля, соціальних та економічних параметрів розвитку суспільства.

Перехід до стійкого розвитку потребує відповідного екологічного мислення, нових підходів до розробки соціально-економічної стратегії держави, що спирається на цільові орієнтири – *індикатори*, які виражаються через кількісні показники якості життя населення, рівня економічного розвитку та екологічної безпеки (Данилішин, 1997).

В 1992 році Європейське Співтовариство вирішило адаптувати систему національних рахунків для обліку параметрів навколишнього середовища. Світовий банк також зробив істотний внесок у розробку індикаторів сталого розвитку, випустивши в 1995 році доповідь «Моніторинг розвитку навколишнього природного середовища» (Monitoring Environmental Progress), присвячену проблемі інформаційного забезпечення процесу сталого розвитку, включаючи показники сталого розвитку, з метою оптимізації процесу прийняття рішень. Перший проект цього видання у квітні 1995 року був презентований на засіданні Міжнародної комісії ООН з навколишнього середовища й розвитку (Маркандія, 2003).

Зміни екодеструктивних тенденцій у ході розвитку країни можна досягти, спираючись на добре налагоджену систему еколого-економічних показників, які дозволяють вірогідно оцінювати існуючий рівень екологічного навантаження на природні системи, можливі наслідки екологічних змін для суспільства та

економічної системи. Загальноприйняті показники економічного добробуту (валовий внутрішній продукт (ВВП), валовий національний продукт (ВНП), національний дохід (НД) та інші) не відображають екологічну ситуацію, і за їх формальним ростом може приховуватися виснаження природних ресурсів і збільшення забруднень, тобто екологічна деградація. Тим самим створюється можливість різкого погіршення економічних показників у майбутньому у випадку підриву природного потенціалу (Бобылев, 2001).

Для багатьох країн світу, у тому числі й для України, орієнтація на традиційні економічні показники в найближчій перспективі може мати негативні наслідки. Формально домогтися прогресу в соціально-економічному розвитку можна, добуваючи корисні копалини в нерозумних кількостях, вирубуючи ліс, збільшуючи навантаження на ґрунт, використовуючи дешеві «брудні» технології та інше, що, на жаль, деякою мірою зараз і відбувається. Багато енергетичних і аграрних програм дозволяють збільшити традиційні макроекономічні показники. Однак очевидні надзвичайно негативні екологічні наслідки даного курсу для багатьох країн. Такий розвиток не можна вважати стійким (Диксон и др., 2003).

## 21.2. Цілі і завдання формування моніторингу стійкого розвитку

На сучасному етапі розвитку інформаційного суспільства здійснюється розробка критеріїв та індикаторів стійкого розвитку, що містять часто досить складну систему показників. Провідними міжнародними організаціями – ООН, Світовим банком, ОЕСР, Європейським Співтовариством та іншими – здійснюються спроби «зеленого» виміру (*green accounting*) основних економічних показників з урахуванням екологічного фактора. Зокрема, Статистичним відділом ООН запропонована система еколого-економічного обліку (СЕЕО) (*a System for Integrated Environmental and Economic Accounting*), спрямована на врахування екологічного фактора в національних статистиках.

Відповідно до методики еколого-економічного обліку виділяються два базових компоненти: *фізичний облік* природних ресур-

сів і їх грошова оцінка. Ця система описує взаємозв'язок між станом навколишнього середовища і економікою держави за допомогою так званих «зелених рахунків». «Зелені рахунки» базуються на коректуванні традиційних економічних показників за допомогою вартісної оцінки виснаження природних ресурсів і еколого-економічного збитку від забруднення. В основу екологічної трансформації національних рахунків покладено такий показник, як екологічно адаптований чистий внутрішній продукт (ЕЧВП) (Environmentally adjusted net domestic product – EDP). Він є результатом корекції чистого внутрішнього продукту.

Спочатку із чистого внутрішнього продукту (NDP) віднімається вартісна оцінка виснаження природних ресурсів (DPNA) (видобуток нафти, мінеральної сировини, вирубування лісу), а потім вартісна оцінка екологічного збитку (DGNA) у результаті забруднення повітря або води, виснаження ґрунтів, складування відходів:

$$EDP = (NDP - DPNA) - DGNA.$$

За середніми оцінками ООН ця величина складає близько 60–70% від ВВП.

### Примітка

---

Цікавим є показник, на основі якого ряд авторів пропонують судити про прогрес: істинні заощадження (*genuine savings*). Це норма заощаджень країни після обліку виснаження природних багатств, інвестицій у людський капітал, оцінок глобальних збитків від емісії парникових газів, амортизації вироблених активів. Саме цей показник відображає реальність соціально-економічного прогресу в довгостроковій перспективі з позицій сталості. Норма істинних заощаджень може бути одним із пріоритетних показників при розробці макроекономічної політики країни, складанні соціально-економічних планів і програм розвитку. Наприклад, середньосвітовий рівень істинних заощаджень у 2001 р. оцінювався Світовим банком у 13,6% від ВВП, у той час як валові внутрішні заощадження оцінювалися у 22,2% від ВВП (Бобылев, 2001).

Цікавий європейський досвід реалізації проектів GARPI, GARPII і TEPI, здійснених за підтримки Європейської комісії. Проекти були виконані провідними спеціалістами у сфері екологічної економіки (*environmental economics*) і мали на меті оцінити можливості проведення на рівні країн Європейського Союзу вартісної оцінки збитку, викликаного господарською діяльністю.

У багатьох розвинених країнах урядовими й неурядовими групами підготовлені системи індикаторів стійкого розвитку. Слід відзначити систему індикаторів стійкого розвитку, запропоновану Комісією ООН по стійкому розвитку (КСР). У рамках цієї системи виділяються такі підсистеми показників: економічні, екологічні, соціальні, інституціональні (табл. 21.1).

Розробка індикаторів стійкого розвитку є комплексною й дорогою процедурою, що потребує великої кількості інформації, одержати яку буває складно, а іноді й просто неможливо (наприклад, за багатьма екологічними параметрами).

Для України найближчим часом може стати цілком реальною ситуація, коли вихід із кризи й формальне економічне зростання (рост ВВП, промисловості тощо) супроводжуватиметься подальшою екологічною деградацією. Так, відсутність урахування екологічних факторів у прийнятті рішень відбувається при одночасній структурній перебудові економіки й системи державного регулювання, спрямованої на розвиток ринкових відносин у країні. Тобто існуюча модель управління економікою не дозволяє створити економічні й правові механізми, що забезпечують реалізацію прав громадян на чисте середовище існування та сприятливе підвищення ефективності використання природоресурсного потенціалу країни в ринкових умовах.

«Екологічно орієнтована» корекція статистики традиційних економічних показників може привести до їх значного скорочення аж до від'ємних величин приросту. Ігнорування екологічного фактора ускладнює процедуру прийняття ефективних економічних і соціальних рішень як на макрорівні, так і в регіонах. Ряд проєктів і програм при адекватному економічному врахуванні екологічного фактора виявляються неефективними. Це в перспективі може привести до негативних соціальних, екологічних і економічних наслідків для країни.

У зв'язку із цим актуальною є розробка набору індикаторів, що дозволяють урахувати екологічний фактор у системі соціально-економічних показників розвитку країни. Поряд з використанням уже існуючого у світі досвіду розробки таких індикаторів, необхідно враховувати й об'єктивно існуючі труднощі: облік екологічного фактора в макроекономічних показниках (таких, як, наприклад, національні рахунки, показник заощаджень), як правило, є складною й дорогою процедурою у зв'язку з відсутністю багатьох необхідних даних (Бобылев, 2001).

Таблиця 21.1. Характеристика системи індикаторів стійкого розвитку, розроблена КСР

Група індикаторів	Характеристика групи індикаторів
Екологічні	<ul style="list-style-type: none"> <li>• викиди шкідливих речовин, показники захисту атмосфери від забруднення;</li> <li>• обсяги споживання чистої води, показники збереження якості водних ресурсів і постачання ними, захисту океанів, морів і прибережних територій від забруднення;</li> <li>• показники, що характеризують раціональне управління вразливими екосистемами, збереження біологічного різноманіття;</li> <li>• частка розораних земель, показники раціонального використання земельних ресурсів;</li> <li>• показники, що відображають результати боротьби із спустеленням і посухами, боротьби за збереження лісів;</li> <li>• показники розвитку сільських районів і сприяння веденню стійкого сільського господарства;</li> <li>• показники екологічно безпечного використання біотехнологій;</li> <li>• обсяги похованих шкідливих відходів, показники екологічно безпечного управління твердими відходами і стічними водами, токсичними хімікатами, небезпечними й радіоактивними відходами</li> </ul>
Економічні	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ВВП;</li> <li>• середня заробітна плата;</li> <li>• капітальні вкладення в екологічну діяльність;</li> <li>• міжнародна кооперація для прискорення стійкого розвитку;</li> <li>• зміна характеристик споживання;</li> <li>• фінансові ресурси й механізми;</li> <li>• частка еколого-економічного збитку у ВВП</li> </ul>
Соціальні	<ul style="list-style-type: none"> <li>• тривалість життя;</li> <li>• забезпеченість житлоплощею;</li> <li>• інвестиції в охорону здоров'я й соціальні цілі;</li> <li>• боротьба з бідністю;</li> <li>• демографічна динаміка й стабільність;</li> <li>• поліпшення якості освіти, інформованості й виховання суспільства;</li> <li>• захист і поліпшення здоров'я людей;</li> <li>• поліпшення розвитку населених пунктів</li> </ul>
Інституційно-ональні	<ul style="list-style-type: none"> <li>• урахування питань екології й розвитку в плануванні й управлінні для стійкого розвитку;</li> <li>• національні механізми й міжнародне співробітництво для створення потенціалу СР у країнах, що розвиваються;</li> <li>• міжнародний інституціональний порядок;</li> <li>• міжнародні правові механізми;</li> <li>• інформація для прийняття рішень;</li> <li>• посилення ролі громадянськості</li> </ul>

Індикатори відображають тенденції і динаміку всіх сфер життя людини й можуть використовуватися в системах спостереження та контролю при проведенні моніторингових досліджень, надавати інформацію про ступінь стабільності регіонів.

Індикатори призначені для вирішення окремих завдань:

1) визначення цілей:

- виявлення конкретних цілей політики стійкого розвитку в кількісній формі;
- розробка стратегій для майбутнього розвитку;
- прогнозування ефекту від запланованих заходів;

2) управління:

- моніторинг досягнення стійкого розвитку;
- оцінка досягнутого прогресу;
- оцінка ефективності впровадження попередньої політики;
- інформація для планування й прийняття рішень органами влади;
- підвищення якості управлінських рішень з урахуванням позицій і інтересів різних груп населення;

3) оцінка стану регіону в країні й світі (для регіонального рівня):

- міжрегіональні порівняння, обґрунтування трансфертів;
- взаємини регіону з міжнародним співтовариством, залучення іноземних інвестицій, програм, грантів;

4) участь громадськості:

- інформування, навчання, взаємозв'язок із суспільством і окремими групами населення;
- залучення громадськості до участі в суспільній діяльності (Рута, 2001).

У зв'язку із зазначеними завданнями індикатори стійкого розвитку мають виконувати такі функції:

- визначати або виражати мету проведення загальнодержавних чи регіональних програм;
- забезпечувати основу для оцінки ходу реалізації стратегій на різних рівнях (технічні й управлінські цілі). Індикатори дають можливість здійснювати вимір, моніторинг, оцінку й аналіз темпів і ефективності руху в напрямку до досягнення цілей стійкого розвитку і, якщо буде потреба, коректувати загальну політику таким чином, щоб направити розвиток у потрібне русло, що забезпечує його стабільність;



- можуть використовуватися для забезпечення інформаційної підтримки процесів планування й прийняття рішень у регіональних адміністраціях та інших відомствах і організаціях, а також як основа для оцінки довгострокової політики стійкого розвитку й програм реалізації соціально-економічних заходів;
- забезпечувати інформування громадськості про хід реалізації стратегій, про темпи руху до стійкого розвитку в чіткій і доступній формі з метою стимулювати необхідні зміни у ставленні населення до цих проблем (Бобылев, 2003).

З певністю можна сказати, що процеси, які відбуваються сьогодні в економіці, політиці і соціальній сфері, суперечливі й неоднозначні. Вище зазначені глобальні проблеми екологічного характеру переконують у необхідності постійного контролю всіх процесів, що відбуваються у світі. Досвід багатьох країн показує, що ідеальне вирішення проблем – це не викорінення наслідків уже здійсненого, а своєчасне прийняття осмислених політичних або економічних рішень, які ґрунтуються, насамперед, на реальній і багатогранній інформації. Тим більше, що динаміка сучасної цивілізації потребує постійного відстеження будь-якої інформації.

Таким чином, мова йде про створення глобальної системи моніторингу розвитку, що передбачає як екологічний, так і соціально-економічний моніторинг.

### **21.3. Екологічний моніторинг, його сутність і види**

У різних видах наукової і практичної діяльності людина здавна застосовує метод спостереження — спосіб пізнання, заснований на відносно тривалому цілеспрямованому і планомірному сприйнятті предметів і явищ навколишнього світу.

Ще наприкінці 60-х років ХХ століття багато країн усвідомили, що необхідно скоординувати зусилля щодо збирання, збереження й переробки даних про стан навколишнього середовища. У 1972 р. в Стокгольмі пройшла конференція з охорони навколишнього середовища під егідою ООН, де вперше виникла необхідність визначення поняття «моніторинг». Вирішено було під моніторингом навколишнього середовища розуміти комплексну систему спостережень, оцінки й прогнозу змін стану

навколишнього середовища під впливом антропогенних факторів. Термін з'явився як доповнення до поняття «контроль стану навколишнього середовища».

Отже, **екологічний моніторинг** – це інформаційна система спостережень, оцінки і прогнозу змін у стані навколишнього середовища, створена з метою виділення антропогенних складових цих змін на тлі природних процесів (рис. 21.1) (Израэль, 1984).

Основними завданнями екологічного моніторингу є:

- спостереження за джерелами антропогенного впливу;
- спостереження за факторами антропогенного впливу;
- спостереження за станом природного середовища й процесами, що відбуваються в ньому під впливом факторів антропогенного впливу;
- оцінка фактичного стану природного середовища;
- прогноз зміни стану природного середовища під впливом факторів антропогенного впливу й оцінка прогнозованого стану природного середовища.

Моніторинг може здійснюватись такими засобами: фізичними, хімічними, біологічними, авіаційними, космічними.

Екологічний моніторинг виник на стику екології, біології, географії, геофізики, геології та інших наук. Розглянемо сучасну класифікацію моніторингу за окремими ознаками.

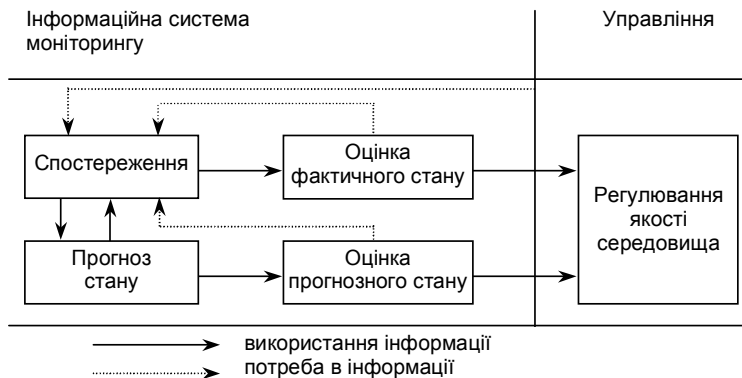


Рис. 21.1. Блок-схема системи моніторингу

Так, *залежно від вирішуваних завдань* розрізняють такі види моніторингу:

- біоекологічний (санітарно-гігієнічний);
- геоєкологічний (природно-господарський);
- біосферний (глобальний);
- геофізичний;
- біологічний.

Особливу роль у системі екологічного моніторингу відіграє біологічний моніторинг, тобто моніторинг біологічної складової екосистеми (біоти). *Біологічний моніторинг* – це контроль стану навколишнього природного середовища за допомогою живих організмів. Головний метод біологічного моніторингу – біоіндикація, зміст якої полягає в реєстрації будь-яких змін у біоті, викликаних антропогенними факторами. У біологічному моніторингу можуть бути використані не тільки біологічні, але й будь-які інші методи, наприклад, хімічний аналіз вмісту забруднюючих речовин у живих організмах.

*Геоєкологічний (природно-господарський) моніторинг* забезпечує спостереження за природними екосистемами, агробіотою, індустриальними екосистемами. У цьому випадку застосовують геофізичні, геохімічні, біохімічні, біологічні методи.

*Біосферний моніторинг* здійснює спостереження за змінами в біосфері, що пов'язані з антропогенним впливом.

*Залежно від призначення* за спеціальними програмами здійснюються загальний, кризовий та фоновий екомоніторинги довкілля.

*Загальний екомоніторинг* довкілля – це оптимальні за кількістю та розміщенням місця, параметри і періодичність спостережень за довкіллям, які дають змогу на основі оцінки і прогнозування стану довкілля підтримувати прийняття відповідних рішень на всіх рівнях відомчої і загальнодержавної екологічної діяльності.

*Кризовий екомоніторинг* довкілля – це інтенсивні спостереження за природними об'єктами і джерелами техногенного впливу, розташованими в районах екологічної напруженості, у зонах аварій та небезпечних природних явищ із шкідливими екологічними наслідками. Його призначення – забезпечення своєчасного реагування на кризові та надзвичайні екологічні ситуації й прийняття рішень щодо їх ліквідації, створення нормальних умов для життєдіяльності населення й господарювання.

*Фоновий екомоніторинг* довкілля – це багаторічні комплексні дослідження спеціально визначених об’єктів природоохоронних зон із метою оцінки і прогнозування зміни стану екосистем, віддалених від об’єктів промислової і господарської діяльності, або одержання інформації для визначення середньостатистичного (фонового) рівня забруднення довкілля в антропогенних умовах.

В Україні моніторинг природного середовища здійснюється багатьма відомствами, які мають складові підсистеми моніторингу. Так, наприклад, у системі моніторингу, що здійснюється в Україні, розрізняють *три рівні моніторингу* навколишнього природного середовища: *глобальний, регіональний і локальний*. Визначення, методичні підходи і практика моніторингу на різних рівнях відрізняються. Так, на локальному рівні – це реалізація такої стратегії, що дає можливість забезпечити нормативну якість довкілля.

На регіональному рівні підхід до моніторингу ґрунтується на тому, що забруднюючі речовини, потрапивши в кругообіг речовин у біосфері, змінюють стан абіотичної складової і, як наслідок, спричиняють зміни в біоті (екзогенні сукцесії). Будь-який господарський захід, проведений у масштабі регіону, позначається на регіональному фоні – змінює стан рівноваги абіотичного й біологічного компонента.

Цілі глобального моніторингу визначаються в процесі міжнародного співробітництва в рамках різних міжнародних організацій, угод (конвенцій) і декларацій.

## Примітка

---

Ідею створення Глобальної системи моніторингу навколишнього середовища (ГСМНС) було висловлено на Стокгольмській конференції ООН з навколишнього середовища в 1972 р., реальні основи ГСМНС закладено на спеціальній зустрічі в Найробі (Кенія) в 1974 р., де була уточнена роль агентів і держав – членів ООН. Основи ГСМНС у колишньому СРСР були розроблені академіком Ю.А. Ізраєлем і повідомлені на засіданні Ради керівників ЮНЕП у 1974 р. Відмітною рисою концепції Ю.А. Ізраєля було спостереження за антропогенними змінами в навколишньому природному середовищі.

Добре відомо, що за будь-який період відбуваються природні зміни клімату, температури, тиску, сезонні зміни біомаси рослин і тварин. Природні зміни відбуваються порівняно повільно,

за великі періоди часу. Їх реєструють різні геофізичні, метеорологічні, гідрологічні, сейсмічні та інші служби. Антропогенні зміни розвиваються набагато швидше, наслідки їх дуже небезпечні, тому що можуть стати необоротними. Це обумовлює правомочність іншої назви глобального моніторингу – фоновий моніторинг, чи моніторинг фонового забруднення навколишнього природного середовища.

У даний час створено світову мережу станцій фонового моніторингу, які здійснюють спостереження за певними параметрами стану навколишнього природного середовища. Спостереження охоплюють усі типи екосистем: водні (морські й прісноводні) і наземні (лісові, степові, пустельні, високогірні). Ця робота проводиться під егідою ЮНЕП.

## Подобиці

---

Станції комплексного фонового моніторингу України розташовані в біосферних заповідниках (Чорноморський, Асканія-Нова) і є частиною глобальних міжнародних спостережних мереж. Мета ГСМНС – вивчення Землі як цілісної природної системи – визначена Міжнародною геосферно-біосферною програмою (МГБП) і здійснюється із широким застосуванням космічних засобів спостережень. МГБП, роботи за якою почалися з 1990 р., передбачає сім ключових напрямків розробок:

1. Закономірності хімічних процесів у глобальній атмосфері й роль біологічних процесів у кругообігу газових компонентів.
2. Вплив біогеохімічних процесів в океані на клімат і зворотний вплив.
3. Вивчення прибережних екосистем і впливу змін землекористування на екосистему.
4. Взаємодія рослинного світу з фізичними процесами, відповідальними за формування глобального кругообігу води.
5. Вплив глобальних змін на континентальні екосистеми.
6. Палеоекологія й палеоекологічні зміни та їх наслідки.
7. Моделювання земної системи з метою прогнозу її еволюції. У рамках МГБП вивчаються біогеофізичний кругообіг вуглецю, азоту, фосфору й сірки, які зараз визначаються як природними, так і антропогенними факторами.

В Україні основними напрямками *глобального моніторингу* вважаються:

- вивчення незначних змін, що повсюдно виявляються, наприклад, глобальних змін клімату внаслідок забруднення;
- дослідження ефектів, пов'язаних з поширенням забруднюючих речовин на великі відстані, наприклад, закислення середовища під впливом викидів в атмосферу сірки;

- антропогенних впливів, що мають велику інертність ефектів, наприклад, кумулятивного ефекту органічних пестицидів та ін.

### Примітка

---

На даний час моніторинг довкілля виконується згідно з Ухвалою Кабінету Міністрів України № 391 від 30.03.1998 р. Міністерством надзвичайних ситуацій, Міністерством охорони здоров'я, Мінагрополітики, Держкомлісгоспом, Мінекономресурсів, Держводгоспом, Держкомземом, Держбудом України. Всі ці органи влади мають у своїй структурі спеціальну службу, що здійснює спостереження за станом забруднення повітря в містах і промислових центрах, забруднення ґрунту, забруднення прісних і морських вод, за трансграничним перенесенням речовин, що забруднюють атмосферу, хімічним і радіонуклідним складом, кислотністю атмосферних опадів і забрудненням сніжного покриву та ін.

Значна роль в екологічному моніторингу належить громадськості. Разом з тим далеко не всі завдання, що виконує екологічний моніторинг, доцільно ставити перед громадськістю. Головною метою глобального екологічного моніторингу є підвищення доступності екологічної інформації для громадськості.

Таким чином, державна система екомоніторингу довкілля повинна стати інтегрованою інформаційною системою, що здійснюватиме збирання, збереження та обробку екологічної інформації для відомчої та комплексної оцінки й прогнозу стану природних середовищ, біоти і умов життєдіяльності, вироблення обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних соціальних, економічних та екологічних рішень на всіх рівнях державної виконавчої влади, удосконалення відповідних законодавчих актів, а також виконання зобов'язань України з міжнародних екологічних угод, особливо в межах стійкого розвитку.

## 21.4. Застосування екологічних індикаторів при проведенні моніторингу

Для оцінки тенденцій стійкого розвитку країни на національному рівні необхідна система *базових* індикаторів, що відображають сукупність економічних і екологічних змін. Система повинна передбачати індикатори, що найбільш повно характери-

зують ключові проблеми стійкого розвитку країни та відповідають міжнародним вимогам.

Використанню зарубіжного досвіду й методології в побудові еколого-економічних індикаторів повинен передувати ретельний аналіз українських реалій і специфіки. Це обумовлено рядом причин, серед яких досить згадати особливості перехідного періоду української економіки, її нестационарний характер, а також природну унікальність країни, що відображається в колосальних природних ресурсах. Все це робить неефективним пряме використання деяких ключових традиційних індикаторів, які розроблені міжнародними організаціями та окремими країнами і успішно застосовуються в більшості країн світу.

## Подробиці

---

Як приклад української специфіки можна навести базові показники для основних природоексплуатуючих секторів – аграрного і лісового, типові для систем індикаторів.

У світовій практиці в аграрному секторі до найважливіших базових показників впливу відносять показник зміни площі сільськогосподарських земель, площі ріллі оброблюваних земель. Для України площа сільгоспугідь нині не розглядається як лімітуючий чинник. Більш того, є підстави говорити про доцільність її скорочення через ступінь еродованості ґрунтів і порушення екологічного балансу, економічної неефективності обробки маргінальних малородючих земель.

Аналіз лісового сектору в багатьох країнах, що мають обмежені лісові ресурси, починається з оцінки запасів лісу і швидкості його вичерпання. Інтенсивність вирубок лісу, забезпеченість лісовими ресурсами становлять головні проблеми. У лісовому секторі України основні проблеми поточного періоду стосуються не запасів, а їх використання.

Ці приклади свідчать про те, що перенесення традиційних для світу еколого-економічних індикаторів на макро- чи мікро-рівні виявляється не завжди адекватним, потрібне обґрунтування базових еколого-економічних індикаторів, що відображають проблеми і специфіку України. Сучасна економіка країни характеризується високою природоемністю. В Україні витрати природних ресурсів на одиницю кінцевої продукції в середньому у 2–6 разів перевищують витрати розвинених країн. Систему показників стабільності ОЕСР для країн з перехідною економікою наведено в табл. 21.2, 21.3 (Бобылев, 2001).

Таблиця 21.2. Загальні екологічні показники стабільності ОЕСР<sup>1</sup>

Ключові питання охорони навколишнього середовища	Фактори тиску (прямого й непрямого)	Стан навколишнього середовища	Реакція
Повітря	Інтенсивність викидів (SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , CO <sub>2</sub> , тверді частинки) на одиницю ВВП	Тенденції забруднення повітря в містах і промислових центрах <i>Вплив забруднення повітря на населення</i>	Зміна рівня забруднення: рівні для основних забруднюючих речовин
Вода	Інтенсивність скидання стічних вод (промислових і побутових) на одиницю ВВП	Якість поверхневих вод Доступність придатної для вживання води <b>Вплив на здоров'я: дитяча смертність у ранньому віці (від шлунково-кишкових захворювань)</b> <i>Концентрація нітратів у криничній воді в сільській місцевості</i> <i>Вплив на здоров'я: спалахи захворювань, пов'язаних з питною водою</i>	Штрафи за забруднення по основних забруднюючих речовинах Муніципальні служби: рівень тарифів
Відходи	<i>Інтенсивність виробництва відходів (промислових, муніципальних) на одиницю ВВП</i>		Муніципальні служби: рівень тарифів

Необхідно відзначити, що дані спостережень, оцінок і прогнозів, не є безпосередньою підставою для управлінської діяльності. Дуже важливим є наукове осмислення інформації (моделювання, побудова схем і програм) перед прийняттям конкретних рішень.

<sup>1</sup> Індикатори, виділені в табл. 21.2, 21.3 жирним шрифтом, пропонуються ОЕСР як ключові. Для індикаторів, виділених курсивом, на думку ОЕСР, у країнах з перехідною економікою необхідна статистика може бути відсутня.



Таблиця 21.3. Галузеві показники

Екологічно значимі галузеві тенденції	Взаємодія з навколишнім середовищем	Політико-економічні аспекти
<b>ЕНЕРГЕТИКА</b>		
Споживання енергії на одиницю ВВП і душу населення	Викид парникових газів (C <sub>2</sub> )	Ціни на електроенергію Ціна й податки на паливо
Структура витрати палива за його типами	Забруднення повітря електростанціями	Штрафи за забруднення по основних забруднюючих речовинах (наприклад, SO <sub>x</sub> )
<i>Споживання твердого палива невеликими стаціонарними джерелами енергії</i>	<i>Забруднення повітря невеликими стаціонарними джерелами енергії</i>	<i>Природоохоронні інвестиції в секторі енергетики</i>
<b>ПРОМИСЛОВІСТЬ</b>		
Промислове виробництво: загальні тенденції й частка у ВВП	Промислове виробництво і забруднення повітря (SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , тверді частинки)	Економічні реформи Ціни на сировину Ціни на воду
Важка промисловість – тенденції обсягу виробництва	Промислове виробництво і скидання стічних вод	Більш чисте виробництво: рівень базового потенціалу
Вік промислового устаткування	Промислове виробництво і обсяг твердих відходів <i>Ефективність використання сировини</i>	Природоохоронні витрати по галузі Сертифікація EMAS/ISO
<b>ТРАНСПОРТ</b>		
Тенденції збільшення кількості моторних транспортних засобів	Забруднення повітря транспортними засобами: NO <sub>x</sub> , тверді частинки	Економічне зростання Стандарти по вихлопних газах
Споживання бензину та інших видів палива	Концентрація NO <sub>x</sub> у міському середовищі	Ціни й податки на пальне <i>Інвестиції в будівництво шосейних доріг</i>
Частка неетилованого бензину в загальному споживанні <i>Міський пасажирський транспорт за типами (співвідношення громадського транспорту і приватних транспортних засобів)</i>	<i>Дорожньо-транспортні пригоди</i>	
Вантажний транспорт за типами (процентне співвідношення вантажів, перевезених залізницею і автотранспортом)		
Тенденції в міжнародному перевезенні вантажів		

## 21.5. Соціально-економічний моніторинг

Відомі різні визначення поняття «соціально-економічний моніторинг». Найчастіше під цим поняттям розуміють систему спостережень, оцінки й прогнозу економічної та соціальної обстановки, що складається в країні або регіоні.

Головна мета функціонування системи соціально-економічного моніторингу полягає в забезпеченні органів управління повною, своєчасною і достовірною інформацією про процеси, що відбуваються в різних сферах економіки, соціальної ситуації в країні.

У літературі виділяють такі основні завдання соціально-економічного моніторингу:

- організація спостереження, одержання достовірної та об'єктивної інформації про перебіг соціально-економічних процесів;
- оцінка й системний аналіз одержуваної інформації, виявлення причин, що викликають той чи інший характер перебігу цих процесів;
- забезпечення органів управління підприємств, установ, організацій і громадськості інформацією, отриманою при здійсненні соціально-економічного моніторингу;
- розробка прогнозів розвитку соціально-економічної ситуації;
- підготовка рекомендацій, спрямованих на подолання негативних і підтримання позитивних тенденцій розвитку і доведення їх до відповідних органів управління.

Головними принципами соціально-економічного моніторингу вчені вважають цілеспрямованість і комплексність. Ще слід зазначити безперервність спостереження за об'єктами, періодичність зняття інформації про зміни, що відбуваються, зіставлення застосовуваних показників моніторингу в часі. При організації моніторингу необхідне дотримання таких вимог до інформації: повнота, вірогідність, своєчасність і репрезентативність.

Моніторинг виступає як своєрідний регулятор людської діяльності. Це механізм, що формує економічні відносини й правила, на яких будуються й діють ці відносини. Економічний розвиток пов'язаний із соціальним регулюванням: способом дій, поведінкою, звичками людей, їхніми інтересами й потребами.

## Примітка

Соціальні зв'язки між людьми впливають на економічний розвиток у цілому. Дану тезу можна продемонструвати на простому життєвому прикладі. Як люди використовуватимуть ту частину своїх місячних доходів, яка залишається на руках після задоволення первинних потреб? Якщо вони внесуть їх у фінансову систему країни й обернуть в акції, позики, у будь-які форми кредитування, це дасть додатковий поштовх до зростання національної економіки. Якщо населення, як і раніше, зберігатиме гроші в доларах, то наша економіка не матиме майбутнього, адже інвестуватиметься американська економіка. Соціально-економічний моніторинг повинен показати, як по'єднати заощадження населення з інвестиціями в економіку.

Якість інформаційних даних залежить від вірогідності методів опису економічних процесів і визначає адекватність показників, що характеризують стан економіки. У табл. 21.4 представлені деякі загальні показники, не пов'язані з конкретною екологічною проблемою або сектором економіки.

За своєю сутністю показники та індикатори можуть бути диференційовані на чотири групи: *показники розвитку мети*, які вказують на досягнення важливого соціально-економічного завдання (перспективні показники); *показники засобів*, які вказують на соціальні механізми процесів, що ведуть до реалізації

Таблиця 21.4. Загальні показники стійкого розвитку

Тенденції	Показники
Макроекономічні тенденції та економічна реформа	ВВП на душу населення Зростання ВВП Економічна реформа: окремі показники
Фінансування природоохоронної діяльності	Економічна реформа Інфляція й банківські процентні ставки Рівень банківського кредитування приватного сектору Тарифи на муніципальні послуги (вода, очищення стічних вод, збір сміття тощо) Природні інвестиції Витрати екологічних фондів Ефективність витрат фондів
Тенденції у сфері охорони здоров'я	Середня тривалість життя Сукупний вплив забруднення на здоров'я людей
Галузеві тенденції	Вибрані показники (представлені вище для енергетики, транспорту й промисловості)

цілей (операційні показники); *показники ресурсів*, які вказують на матеріально-речовинні та соціально-демографічні можливості (ресурсні показники); *показники результату*, які в кількісно вимірних величинах указують на певний ступінь реалізації програмних цілей у певні часові інтервали 2–3 роки, а також до 5 років (цільові показники) (Заславская, 1991). У процедурному плані система показників складається зі статистичних і соціальних показників. Перші являють собою конкретне значення процесів, що відбуваються в економіці, другі – в сучасній соціології та соціальному менеджменті.

## Примітка

---

На думку деяких учених, система соціально-економічних показників має будуватися на єдиній методологічній основі, пронизувати всі напрямки розвитку, не бути громіздкою (Новикова, 2003).

Основними функціональними елементами системи моніторингу мають стати:

- багатовимірна база даних, призначена для нагромадження й зберігання соціально-економічних і фінансових показників регіону в галузевому й територіальному розрізах;
- розрахунково-аналітична підсистема підтримки прийняття управлінських рішень, що складається з комплексу імітаційних і цільових моделей, які відображають основні соціально-економічні процеси регіону, і прогнозування динаміки соціально-економічних показників.

Багатовимірна база даних має складатися з декількох блоків.

Один із головних блоків – кадастр регіону. У цей блок має входити систематизований звіт даних про територію і майновий комплекс, створений на основі електронної карти країни. Він має містити комплексні відомості про земельні, водні, лісові ресурси, сировинні джерела, промисловий та сільськогосподарський комплекси, мережі і об'єкти соціальної та невиробничої інфраструктури.

Наступний блок – статистичні дані, тобто інформація, одержувана від органів державної статистики. Вона повинна підрозділятися на три підблоки: державну, відомчу й галузеву статистики, – у яких необхідно виділити щотижневі, щомісячні та щоквартальні показники.

У цілому пропонуються такі розділи: територія і розселення; чисельність і склад населення; народжуваність і смертність; шлюби і розлучення; здоров'я; зайнятість, ринок праці; добробут, доходи і видатки населення; правоохоронна діяльність; соціальна інфраструктура; екологія і охорона природи; промисловість; агропромисловий комплекс; лісове господарство; виробництво товарів народного споживання; транспорт і зв'язок; фінанси, бюджет; муніципальне господарство; капітальне будівництво.

Наступний блок повинен містити інформацію нормативно-правового і довідкового характеру. У підблок довідкової інформації заносяться відомості

про статус регіону або країни, час утворення, площу території, чисельність населення, економіко-географічне положення, адміністративно-територіальний поділ. Важливо, щоб така інформація була представлена в текстовій, числовій і графічній формах.

Не підлягає сумніву, що 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. Тому створення такої системи вимагає об'єднання зусиль фахівців у галузі економіки, екології, права, статистики та інформатики і відповідно усвідомлення ними важливості виконуваної роботи. Повертаючись до теми стійкого розвитку слід відзначити, що існуюча в Україні державна статистична інформація дозволяє одержати кількісні значення основних соціальних і еколого-економічних індикаторів і запропонувати їх для оцінки рівня стабільності країни. А при використанні зарубіжного досвіду і методології в побудові індикаторів стійкого розвитку необхідне проведення ретельного аналізу реалій і специфіки країни. Це обумовлено багатьма обставинами, серед яких досить згадати особливості перехідного періоду нашої країни.



## Економічний механізм раціонального природокористування

### 22.1. Економічний механізм і еколого-економічні інструменти

Як відомо, в економічно розвинених країнах основою регулювання товарно-грошових відносин, у тому числі і в природоохоронній сфері, є економічний механізм.

*Економічний механізм* – це сукупність економічних структур, інститутів, форм і методів господарювання, за допомогою яких реалізуються чинні в конкретних умовах економічні закони та здійснюється погодження і корегування суспільних, групових і приватних інтересів (Райзберг и др. 1996; Экономическая, 1999). Як ми ще переконаємося, економічний механізм відіграє важливу роль у реалізації цілей екологічної політики господарського суб'єкта будь-якого рівня.

Основними компонентами економічного механізму є:

- *правові основи* здійснення економічної діяльності (права, обов'язки, ліцензії, обмеження, процедури тощо);
- *система відносин* власності на основні засоби виробництва;
- *організаційна структура економіки*, тобто система формальних і неформальних організаційних зв'язків, що формує реальні економічні відносини між господарськими суб'єктами; ці зв'язки можуть реалізовуватись як по вертикалі (реалізація владного впливу), так і по горизонталі (взаємодія між суміжними економічними суб'єктами, а також на регіональному рівні внаслідок організаційної діяльності територіальних адміністративних органів);

- *система суспільних інститутів* (традиції, моральні засади, порядки, релігійні звичаї, духовні цінності тощо), що формують соціально-інформаційне поле економічної активності;
- *економічні інструменти*.

Одну з провідних ролей в реалізації дії економічного механізму відіграють економічні інструменти. Це пояснюється тим, що саме через них передається вплив на головні спонукальні мотиви діяльності суб'єктів господарювання – їх економічні інтереси.

*Економічні інструменти* – це засоби (заходи, методи, важелі) 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*.

**1. Ціни за ресурси.** В широкому розумінні ціна – це кількість благ (зокрема грошей, товарів, послуг), яку має заплатити економічний суб'єкт за право використовувати певний товар (природний ресурс/благо, предмет, послугу) або володіти ним.

У контексті розглянутої екологічної тематики до умовної групи *цін за ресурси* можна віднести широкий спектр різних за формою економічних показників: ціна за сировину, матеріали, енергію; платежі за право користуватися землею, водою, лісом та іншими природними ресурсами; платежі за використання асиміляційного потенціалу екосистем (плата за забруднення); орендна плата за використання основних фондів (у тому числі природоохоронної спрямованості); ціна за трудові фактори (зарплата, нарахування на зарплату); ціна за використання фінансових ресурсів (облікова ставка національного банку, процентна ставка комерційних банків, виплати по позиках, ін.).

Звичайно вже сам по собі термін *ціна* передбачає певне значення цього показника, тобто задане в розрахунку на одиницю використовуваного ресурсу. Це відповідає, зокрема, поняттю *ставка*. Однак застосовуються й інші форми цього показника, наприклад: *тарифи* за використання 1 м<sup>3</sup> води; *ставки платежів (зборів)* за викиди в атмосферне повітря чи скидання у водойми 1 тонни шкідливих речовин; *платежі за використання 1 га*



*земель; платежі за використання природних ресурсів* (зокрема, на геологорозвідувальні роботи) у процентних частках від товарної вартості використаної мінеральної сировини, ін.

Ще раз нагадаємо, що базою (нижньою межею) при формуванні цін у ринковій економіці є витрати виробництва і продажу даного виду ресурсів. Верхня межа цін при достатній платоспроможності покупця обумовлена тією *вигодою*, яку сподівається отримати з даного товару споживач. Отже, такі два види економічних інструментів, як *ціна за ресурс* і *економічна вигода* (від використання блага), виявляються тісно пов'язаними: вигоди визначають верхню межу цін, а ціни (як ми переконаємося далі) обмежують обсяг економічних вигод.

Основна екологічна функція *ціни за ресурс* у системі товарно-грошових відносин – *обмежувальна*. Адже обсяг коштів, за які споживач ресурсів (він же потенційний виробник інших ресурсів) може їх одержувати, завжди обмежений. Це лімітує можливості придбання ресурсів. Чим вищий рівень цін, тим менше вихідних ресурсів може бути придбано для здійснення господарської діяльності. В курсах макроекономіки це відомо як дилема «масло чи сталь». Здатність цін впливати на рівень споживання ресурсів активно застосовується в природокористуванні для обмеження (зниження) інтенсивності споживання природних ресурсів. До неї ми ще повернемося, розглядаючи характеристику третього виду інструментів – перерозподільних платежів.

**2. Економічні вигоди.** Під *економічною вигодою* (від використання чи застосування будь-чого) звичайно розуміють додатковий дохід (прибуток), чи одержання певних переваг, які можуть бути втілені в додатковий дохід (прибуток).

*Економічна вигода* від використання природних благ формується під впливом трьох основних груп факторів. *Перша* визначається внутрішньою ефективністю господарювання економічного суб'єкта, який споживає природні блага, тобто його вмінням одержати максимум вигоди від використання цих благ. *Друга* група факторів обумовлена властивостями даного природного блага, тобто його кількісними і якісними характеристиками. *Третя* група визначається зовнішніми умовами економічного середовища, у якій здійснює свою діяльність даний суб'єкт господарювання: цінами за використані первинні ресурси (матеріальні, енергетичні, фінансові), можливостями регулювання цін

на свою власну продукцію, системою формальних і неформальних перерозподільних механізмів та інструментів (податків, платежів, знижок, пільг, хабарів, рекету) тощо.

Основна функція *економічних вигод* у системі товарно-грошових відносин – *мотиваційна*. Саме одержання прибутку є рушійною силою здійснення будь-якого виду господарської діяльності. Ця здатність економічної вигоди впливати на перебіг економічних процесів може ефективно використовуватися при формуванні мотиваційного інструментарію екологізації економічних систем.

**3. Перерозподільні платежі/виплати.** *Це система вилучення частини доходів в одних економічних суб'єктів з метою передачі іншим економічним суб'єктам* (рис. 22.1). Юридичний механізм перерозподілу може ґрунтуватися: на законодавчих актах (так, зокрема, функціонують системи оподаткування і платежів); на формалізованих двосторонніх угодах (наприклад, між власником і орендарем землі, за що останній виплачує ренту); на добровільній (однобічній) основі (зокрема, здійснюються спонсорські пожертвування на екологічні чи соціальні цілі).

Звичайно система перерозподілу містить чотири основні елементи:

- порядок вилучення доходів в економічних суб'єктів-донорів;
- ставки вилучення доходів;
- порядок передачі зібраних коштів економічним суб'єктам-реципієнтам;
- ставки виплат реципієнтам.

Можна говорити, що в контексті розглянутої економічної тематики *перерозподільні платежі/виплати* виконують функції *еколого-економічної та еколого-соціальної корекції*.

### **Примітка**

---

Цілеспрямована *еколого-економічна корекція* товарно-грошових потоків може здійснюватися в напрямку екологізації економічних систем. Зокрема, екологічно орієнтовану трансформацію економіки можна здійснити, якщо застосувати постійно діючу систему вилучення частини доходів у економічних суб'єктів, які створюють екологічно несприятливі сфери господарювання, тобто пов'язані з порушенням ландшафтів чи забрудненням довкілля (металургія, хімічна галузь тощо). Це можна здійснити, наприклад, за допомогою податків чи платежів з подальшою передачею доходів іншим економічним суб'єктам, що створюють умови для розвитку екологічно перспективних напрямків господарської діяльності. Останнє може бути здійснене,

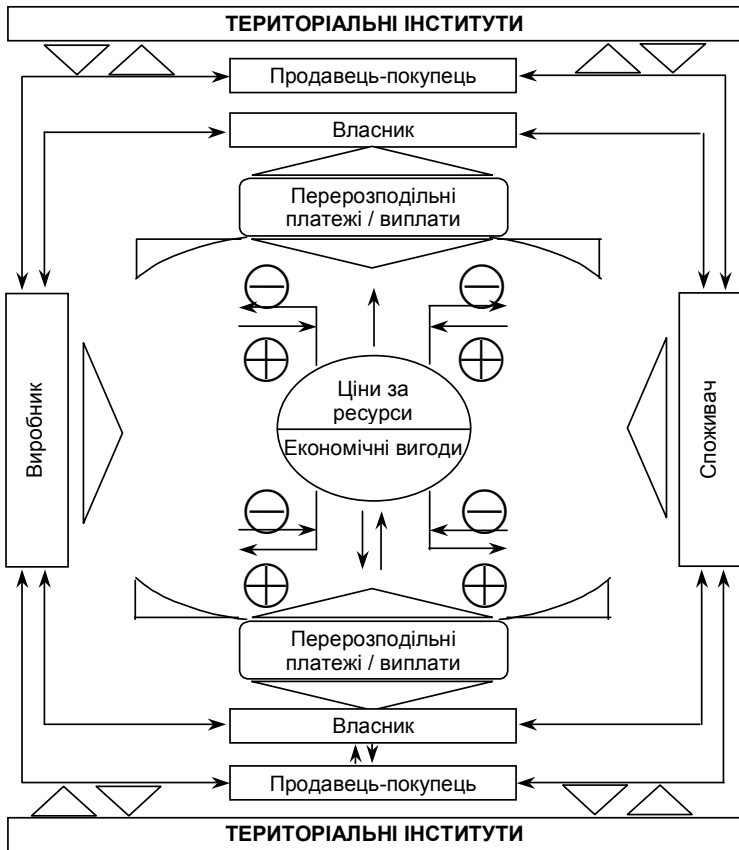


Рис. 22.1. Схема використання економічних показників-інструментів

наприклад, за допомогою податкових пільг, кредитних механізмів чи прямих субсидій. Таким чином, досягти стимулювання екологічної перебудови економіки можна (що дуже важливо) зі збереженням основних переваг ринкових механізмів регулювання економічної системи. Одна з них полягає в здатності до самонастроювання, інша – у можливості автоматичного здійснення функцій самоконтролю.

Еколого-соціальна корекція має на меті забезпечення так званої екологічної справедливості як у просторі (тобто в межах поколінь, що живуть на Землі зараз), так і в часі (тобто між дистанційованими в часі поколіннями).

Як уже було зазначено вище, безпосередні (прямі) товарно-грошові відносини між виробниками і споживачами товарів не можуть урахувати значну

кількість еколого-економічних ефектів і наслідків навіть у межах поточного періоду. Зокрема, економічні збитки, спричинені діяльністю господарських суб'єктів, негативно впливають на їхні ж економічні показники. За їхню екологічну несумлінність також змушені сплачувати інші економічні суб'єкти («суміжні виробники», «суміжні споживачі» або територіальні/національні суб'єкти власності). Застосування перерозподільних платежів/виплат створює можливість відновити певною мірою екологічну справедливість, зокрема, частина доходу може бути вилучена в екологічних «винуватців» і передана екологічним «жертвам», тобто населенню чи економічним суб'єктам, що сприймають негативні наслідки екодеструктивної діяльності своїх несумлінних сусідів. Це лише частина завдань, які доводиться вирішувати в межах еколого-соціальної корекції економічних відносин.

Сюди ж слід віднести фінансування великомасштабних природоохоронних програм, що мають народногосподарське чи регіональне значення, або стратегічних екологічних завдань, які забезпечують інтереси майбутніх поколінь (наприклад, ставлять за мету збереження біорізноманіття, охорону важливих природних об'єктів чи збереження клімату). Здійснення подібних програм може бути забезпечене тільки шляхом формування централізованих екологічних фондів, які створюються за допомогою механізмів перерозподілу (податків, платежів, штрафів, добровільних пожертвувань).

За допомогою перерозподільних механізмів можна задіяти і два інші види економічних інструментів, тобто *ціни за ресурси* та *економічні вигоди*. Наприклад, збільшення/зниження цін на певні ресурси або збільшення/зменшення вигідності виробництва будь-яких товарів можна досягти за рахунок застосування саме перерозподільних механізмів (зокрема, податкових чи кредитних важелів, субсидій, платежів, ін.). Таким чином, перерозподільні платежі/виплати можуть побічно виконувати *обмежувальні* та *мотиваційні* функції, які, як було показано вище, є характерними ознаками, властивими відповідно ціновому інструментарію та економічним вигодам. Тому саме через перерозподільні інструменти органи управління можуть екологічно орієнтувати діяльність економічних суб'єктів, не ризикуючи зруйнувати автоматичний механізм ринкової саморегуляції економічної системи. Саме це найчастіше трапляється при спробах централізованого (директивного) цінового регулювання (тобто прямого контролю за ресурсними цінами і вигідністю сфер господарювання).

Механізм дії перерозподільних інструментів стає більш зрозумілим, коли ми переходимо до конкретики питання.

## 22.2. Еколого-економічні інструменти: принципи формування і механізми дії

*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 при різних сценаріях 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, найчастіше наводять як приклад 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.

Найбільш суттєвими факторами при розробці і застосуванні систем *еколого-економічних інструментів* слід вважати: механізм їх реалізації, природу впливу на економічні інтереси суб'єктів, методичні підходи до встановлення ставок, критеріальну базу розрахунку ставок, вихідний принцип впливу на ключові групи економічних суб'єктів, форму інструментів.

Залежно від *механізмів реалізації* системи еколого-економічних інструментів поділяються на чотири основні групи:

1. *Адміністративний перерозподіл коштів* (головним чином, штрафи, субсидії). Ця система економічних інструментів має індивідуальний адресний характер вилучення і передачі

коштів (наприклад, від винуватців до потерпілих) і звичайно застосовується у випадках аварійного забруднення навколишнього середовища, коли наслідки екодеструктивного впливу є досить нестандартними і потребують специфічного підходу до їх оцінки.

2. *Фінансові трансферти* (від франц. *transfert* – передача). Це відносно жорстко регульована і контрольована система перерозподільних механізмів (податки, платежі, кредити, виплати, ін.). Аналізуючи далі форми інструментів, ми докладніше зупинимося на інструментах цього виду.

3. *Вільні ринкові механізми перерозподілу коштів*. Наочним прикладом інструментів, що належать до даної групи, є так звана торгівля дозволами на викиди забруднюючих речовин, яка поширилася в деяких штатах США.

## Подробиці

---

Сутність торгівлі дозволами на викид полягає ось у чому. Економічні суб'єкти, купуючи в місцевої адміністрації даного регіону ліцензію, отримують не лише дозвіл на викид певного обсягу атмосферних емісій (забруднювачів), але й право на подальший перепродаж отриманих ліцензій за тією ціною, яку вони вважають для себе прийнятною. Отже, виникає вільний ринок торгівлі правами на забруднення в межах суворо лімітованого місцевою адміністрацією загального обсягу викидів. Останні встановлюються на основі безпечного для даного району рівня забруднення. Таким чином, адміністрація розв'язує собі руки, позбувшись турбот надмірного контролю за процедурою екологічного управління. Процес екологічного перерозподілу коштів іде, умовно кажучи, в режимі самообслуговування. Адміністрації лишається лише одержувати суми обов'язкових щорічних платежів, встановлених первісною процедурою, і контролювати загальний процес.

4. *Сприяння на ринку*. До цього виду інструментів звичайно відносять застосування негрошових форм підтримання економічних суб'єктів (нагородження спеціальними знаками, безплатна реклама тощо); це надає їм додаткові переваги в конкурентній боротьбі на ринку.

## Цифри і факти

---

«Сприяння впровадженню на ринок екологічно чистої продукції» – так називається метод, сутність якого полягає в наданні (присвоєнні) спеціального екологічного торгового знака. «Блакитний ангел екології» – такий знак одержують найбільш «чисті» товари, що продаються в Німеччині і йдуть на експорт (не дивно, що нарозхват).

Незалежне журі визначає найбільш екологічну (порівняно з аналогічними виробами) продукцію. Однак якщо екологічно чиста продукція випускається на «брудній» технології, то вона не може одержати екологічний товарний знак. Знак «Блакитний ангел» може надаватися і самим технологіям.

Якщо в 1979 р. маркою «Блакитний ангел» було відзначено лише 48 продуктів, то наприкінці 1990-х років цей знак мали понад 4000 товарів з 55 різних груп – від лаків з низьким вмістом шкідливих речовин до будівельних машин з низьким рівнем шуму. Екологічний товарний знак зробив значний внесок у впровадження чистої продукції. Екологічним знаком можуть відзначатися не тільки товари, але й фірми, які їх виробляють. Безумовно, підприємства, відзначені знаком, отримують і певні грошові нагороди, але їх можна вважати символічними порівняно з конкурентною перевагою, яку одержують власники «Блакитного ангела» на ринку. Ця перевага і виконує ту головну функцію, для якої призначені економічні інструменти. Вона надає можливість перерозподіляти доходи від менш екологічних економічних суб'єктів до більш екологічних підприємств, створюючи потужний стимул екологічного прогресу (Мельник и др., 2003).

Аналізуючи зазначені механізми реалізації еколого-економічних інструментів, не важко переконатися, що вони різняться жорсткістю економічного регулювання й адресністю впливу. Причому в наведеному переліку механізмів ступінь жорсткості й адресності зменшується від першого до четвертого виду механізмів. Зокрема, *перша* група механізмів передбачає жорсткий адміністративний вплив і адресне (для кожного економічного суб'єкта) визначення обсягу коштів, які перерозподіляються. Еластичність *другої* системи вже значно вища. Її жорсткість виявляється лише в обов'язковості виконання всіма суб'єктами правил перерозподілу коштів, які є загальними для всіх, тобто не мають конкретної адресності. У *третьому* механізмі для господарського суб'єкта регламентується лише один елемент його діяльності: обов'язковість покупки прав на викид (у тому випадку, якщо його діяльність пов'язана з атмосферними емісіями). У суб'єкта залишається право вибору процедури покупки, її ціни та (якщо обидва фактори його не влаштовують) іншого місця розміщення підприємства (наприклад, в іншому районі чи іншому штаті). У *четвертому* випадку суб'єкт зберігає максимум економічної свободи: перш за все, можливість добровільного прийняття рішення про участь у конкурсі, а також свободу реалізації економічних переваг у випадку одержання екологічної нагороди.

**Природа впливу на економічні інтереси суб'єкта.** За цим фактором еколого-економічні інструменти умовно можна поділити на дві групи:

- інструменти, спрямовані на *вилучення доходів*;
- інструменти, спрямовані на *збільшення доходу*.

Підкреслимо, що це значною мірою умовний розподіл, тому що крім штрафів (складають групу інструментів вилучення) і субсидій (належать до групи збільшення доходу) інші види інструментів залежно від обставин можуть виконувати функції кожної з розглянутих груп. Зокрема, такі види інструментів, як податки і платежі, здавалося б, покликані виконувати винятково функції вилучення. Однак у випадках пільгового режиму оподаткування чи платежів вони, вилучаючи дохід, власне кажучи, виконують одночасно і функції відносного збільшення доходів економічного суб'єкта. Величину цього умовного збільшення доходів легко оцінити, якщо порівняти можливу величину платежів підприємства, розраховану за номінальними і пільговими ставками. Подібну подвійну роль можуть відігравати практично всі економічні інструменти, що містять у собі потенціал як механізмів вилучення, так і дотаційних механізмів.

## Примітка

---

*Природа впливу на економічні інтереси* безпосередньо пов'язана з видами мотивації діяльності економічних суб'єктів. Зокрема, інструменти, спрямовані на вилучення доходів, є основою *негативних* видів мотивації, які звичайно ототожнюються з покаранням. Інструменти, пов'язані зі збільшенням доходів, складають економічну основу *позитивних* видів мотиваційного впливу, які звичайно асоціюються з заохоченням.

Незайвим буде додати, що негативні види мотивації використовуються в управлінні, як правило, у тих випадках, коли намагаються зберегти існуючий стан речей (існуючий рівень гомеостазу системи). Позитивна ж мотивація – основа ініціювання трансформаційних перетворень системи (зміна рівня гомеостазу системи). Зокрема, екологічні штрафи і платежі орієнтують підприємства на будівництво природоохоронних споруджень і встановлення очисного обладнання. Однак всі ці заходи покликані пом'якшити (компенсувати) екологічну недосконалість технології, яка спричиняє зазначені екодеструктивні процеси. Зберігаючи в такий спосіб природу, ми побічно консервуємо той порядок і технології, які потребують спеціалізованих очисних систем. Своєрідним антиподом зазначених мотиваційних заходів є *позитивне* стимулювання (зокрема, за допомогою податкових і кредитних пільг) інноваційних сфер розвитку екологічно досконаліх виробництв і товарів. Екологічно орієнтовані трансформації виробничих систем і стилю життя (базових пред-



метів і послуг) усувають не наслідки екологічної деструкції, а самі причини, тобто технології, здатні руйнувати природу, чи навіть товари, виробництво яких нерозривно пов'язане з подібними процесами.

Найбільш ефективні результати екологічного переозброєння економіки, як правило, забезпечуються при оптимальному поєднанні негативної (вилучення доходів) і позитивної (збільшення доходів) мотивацій. Перші обмежують екодеструктивні процеси існуючого гомеостазу (базові технології, економічні структури, прийняті моделі виробництва і споживання товарів, ін.). Другі сприяють ініціюванню трансформаційних процесів зміни рівня гомеостазу (перехід на нові технології, зміна базових економічних структур, трансформація стилю життя зі зміною існуючих моделей споживання предметів і послуг).

**Методичні підходи до встановлення ставок.** З урахуванням цього фактора ставки еколого-економічних інструментів поділяються на дві групи: *емпіричні* і *розрахункові*.

*Емпіричний* шлях встановлення ставок еколого-економічних інструментів (податків, платежів, ін.) означає, що значення ставок не прив'язуються до реальних показників впливу екодеструктивної діяльності на економічну систему (тобто до еколого-економічних витрат – показників видатків чи збитків). Критеріями для встановлення ставок у цьому випадку служать винятково фіскальні показники, що підбираються найчастіше емпіричним шляхом. У ролі таких показників можуть виступати: реальна платоспроможність підприємств (цілком імовірно, саме в такому режимі діють існуючі зараз в Україні екологічні платежі), еластичність реакції суб'єктів господарювання на екологічно орієнтовану зміну економічних важелів (цін, податків, платежів, ін.). Інакше кажучи, останнє означає, що дослідним або пробним шляхом підбираються такі розміри ставок, які б реально змогли вплинути на поведінку виробника чи споживача, змінивши її на екологічно спрямовану. При цьому вони не повинні суттєво підірвати економічний стан підприємств.

*Розрахунковий* метод встановлення базових ставок еколого-економічних інструментів спирається на реальні еколого-економічні показники економічних суб'єктів (витрати і вигоди), що пов'язані безпосередньо з процесами впливу на природне середовище. Докладно методичні підходи до розрахунку подібних еколого-економічних оцінок аналізуються в розділі з основ економічної оцінки природних факторів.

Дуже часто використовуються комбіновані методи встановлення ставок еколого-економічних інструментів. Зокрема, за

основу може бути прийнятий розрахунковий метод, за яким ставки формуються за допомогою того чи іншого методичного підходу визначення еколого-економічних показників. Отримані подібним чином ставки корегуються (зменшуються або збільшуються) з урахуванням суто економічних факторів (зокрема, реальної платоспроможності підприємств). Такі корегування можуть встановлюватися тимчасово (наприклад, на один рік) або вибірково (для окремих галузей, сфер діяльності, регіонів).

**Критеріальна розрахункова база ставок.** Ставки є основою приведення в дію економічних інструментів. *Еколого-економічні ставки* – це питомі економічні показники (тарифи, частки, процентні нормативи, ін.), що враховують дію або вплив екологічних факторів та забезпечують реалізацію економічних інструментів (системи цін і платежів, умов одержання прибутку, ін.).

Критерії для розрахунку ставок еколого-економічних інструментів безпосередньо пов'язані з методичними підходами до встановлення ставок. Виходячи з вищерозглянутих положень, за основу критеріальної бази еколого-економічних інструментів можуть братися дві основні групи показників:

1. Суто *економічні показники*: а) ті, що характеризують економічний стан суб'єктів господарювання, (зокрема, платоспроможність підприємств); б) ті, що характеризують можливу поведінку суб'єкта у відповідь на зміну будь-яких параметрів системи (цін, ставок податків, платежів, ін.). До останнього виду показників належить, зокрема, еластичність господарської діяльності у відповідь на зміни зазначених інструментів, що визначають можливі напрямки (сфери) впливу на економічних суб'єктів.

2. *Еколого-економічні оцінки*, що характеризують ті економічні показники господарських суб'єктів (виробничі витрати, рівень рентабельності, якість продукції, продуктивність праці тощо), які пов'язані з використанням природних факторів чи зі зміною стану природного середовища. Окремі види таких еколого-економічних оцінок можуть розраховуватися на основі: а) витрат на відтворення природних факторів; б) вигод (прибутку, доходу), отримуваних завдяки використанню природних факторів; в) економічного збитку від погіршення якості природних факторів (прямі збитки, витрати на компенсацію втрат, упущена вигода, ін.); г) економічних ефектів від поліпшення якості природних факторів.

Докладно питання, пов'язані з розрахунком еколого-економічних оцінок, розглядаються у відповідному розділі.

**Вихідний принцип впливу на ключові групи економічних суб'єктів.** Одним із найважливіших моментів процесу формування системи еколого-економічних інструментів є виділення ключових груп економічних суб'єктів, які мають розглядатися як донори (тобто суб'єкти, з яких вилучатиметься дохід). Проблема, кого вважати винуватцем екодеструктивної діяльності, зовсім не є однозначною.

Згідно з *першим* поглядом, винуватцями можуть вважатися *виробники* продукції, які створили її такою екологічно недосконалою. Прихильники такого підходу переконують, що виробник повинен нести відповідальність за еколого-економічні збитки, які спричиняються не тільки сферою виробництва, але й стадіями споживання продукції і навіть постспоживчою фазою (утилізацією відходів). Це обґрунтовується тим, що екологічна недосконалість продукції закладена вже на стадії її виготовлення. Економічну відповідальність виробника за екологічні наслідки можна реалізувати (і частіше за все так і відбувається) через систему платежів. Часто ця система передбачає відповідальність за весь ланцюжок просування товарів, аж до утилізації відходів.

Прихильники *другого* погляду відповідальними за екологічні наслідки вважають *споживачів*: це вони провокують виробників задовольняти свої зростаючі потреби. Прихильники такого підходу доводять, що виробники є лише слухняними виконавцями соціального замовлення. Не провина, а біда виробників у тому, що на сьогодні немає виробничих альтернатив існуючим технологіям чи конструкціям самих товарів. Часто, як у випадку з використанням сільськогосподарських пестицидів і мінеральних добрив, подібні міркування не є такими вже й безпідставними. Екологічна відповідальність може бути покладена на споживачів через систему податків, які включають екологічну складову витрат виробництва і споживання продукції.

І нарешті, третій підхід може бути пов'язаний з позицією солідарної відповідальності. Адже саме недосконалість суспільства з властивою йому системою виробничо-споживчих циклів забезпечення життєдіяльності є основною причиною екодеструктивних процесів та їхніх економічних наслідків, які при цьому виникають. Аналізуючи такі явища, як антропогенні зміни клімату, розумієш, що й у такій позиції теж є частка правди.

У 60–70-ті роки ХХ сторіччя економісти Заходу вели гарячі суперечки, безкомпромісно відстоюючи одну з названих позицій. Сьогодні вже не стоїть так гостро питання: «або-або»; завданням фахівців, скоріше, є вибір оптимального поєднання усіх зазначених підходів, яке б найбільш ефективно вирішувало конкретні екологічні проблеми і заклало основу формування еколого-економічних інструментів. Розглянемо більш докладно особливості зазначених підходів.

*Принцип «забруднювач сплачує».* В англomовній термінології він відомий під назвою «3 Пі» (PPP – *polluter pays principle*). Суть принципу полягає в тому, що компенсацію екологічних витрат, викликаних впливом на природне середовище, повинен здійснювати економічний суб'єкт, який своєю діяльністю безпосередньо призвів до їх виникнення.

Теоретично даний принцип слід застосовувати в тому випадку, коли в суспільстві існують технічні можливості виробництва продукції без еколого-економічних наслідків (або існує можливість їх суттєвого зниження). Компенсацію величини збитків (або різниці між можливим і фактичним рівнями) «забруднювач» (деструктор) повинен здійснювати за рахунок свого власного прибутку.

*Принцип «споживач сплачує».* В англomовній літературі він відомий за назвою «Ю 2 Пі» (UPP – *user pays principle*). Суть принципу в тому, що компенсацію екологічних витрат, пов'язаних із впливом на довкілля, повинні здійснювати *споживачі* товарів, виробництво яких спричинило цей вплив.

Теоретично даний принцип слід застосовувати, коли в суспільстві не існує технічних можливостей забезпечити випуск продукції без екодеструктивних процесів. У цьому випадку компенсація економічних збитків переноситься на споживачів продукції шляхом включення екологічних витрат у собівартість, а отже, і ціну товару.

## Примітка

---

На практиці поєднання принципів «забруднювач сплачує» і «споживач сплачує» здійснюється за допомогою диференціації ставок і вартісної бази екологічних платежів. Зокрема в Україні, відповідно до чинної системи екологічних платежів, встановлені різні ставки і база для звичайних (у межах установлених норм) і понадлімітних викидів/скидів шкідливих речовин. Платежі за звичайні викиди стягуються за номінальними ставками і включаються під-

приємством-забруднювачем у *собівартість* продукції з відповідним відображенням у ціні реалізації (реалізується принцип «споживач сплачує»). Платежі за *понадлімітні* викиди/скиди встановлюються за *збільшеними ставками* (у 3–5 разів вище від номінальних) і стягуються з *прибутку* підприємства-забруднювача (реалізується принцип «забруднювач сплачує»).

*Принцип «усе суспільство сплачує».* Суть принципу в тому, щоб оплату витрат реалізації екологічних цілей, що мають глобальне, загальнонаціональне або регіональне значення, здійснювати з фондів відповідного рівня, які створюються за рахунок коштів платників податків на солідарній основі.

### Примітка

---

Хоча теоретично три зазначені принципи досить чітко розподіляють фінансову відповідальність у сфері природокористування, на практиці встановлення адресності джерела фінансування екологічних витрат є перманентним завданням, яке суспільство має вирішувати заново в кожному період часу, у кожній країні, стосовно кожної екологічної проблеми.

## 22.3. Форми еколого-економічних інструментів

Ведучи мову про різні форми еколого-економічних інструментів, слід пам'ятати про певну умовність подібної класифікації.

### Примітка

---

Умовність форм еколого-економічних інструментів пояснюється кількома обставинами. По-перше, різні форми еколого-економічних інструментів є в основному варіаціями двох основних видів впливу на економічні інтереси суб'єктів господарювання: *податкового*, який являє собою вилучення доходу, і *дотаційного*, який є прямою чи непрямою передачею доходу. Зокрема, будь-які види платежів можуть кваліфікуватися як окремі форми податку (на викиди шкідливих речовин, на складування відходів, на використання природних ресурсів і т.ін.), а будь-які види пільг (наприклад, по податках, кредитах, ін.) – як приховані форми субсидій чи дотацій. По-друге, часто ті чи інші схожі за змістом інструменти в різних країнах називаються по-різному (в одних – податки, в інших – плата, в третіх – платежі, у четвертих, як віднедавна називаються в Україні, – збори), хоча під цим мається на увазі фактично один і той самий інструмент. Отже часто розбіжності в назві інструмента визначаються не стільки його змістом, скільки термінологічними особливостями даної країни. По-третє, віднесення еколого-економічного інструмента до тієї чи іншої форми пов'язане не стільки з видом вилучення чи передачі доходу, скільки з організаційною процедурою. Зокрема, податки пов'язують



Рис. 22.2. Форми еколого-економічних інструментів

звичайно з акумулюванням коштів на бюджетних рахунках, а платежі – з подальшим створенням спеціальних позабюджетних фондів цілеспрямовано го використання зібраних коштів.

І все-таки, пам'ятаючи про певну умовність, спробуємо сформулювати найбільш характерні риси різних еколого-економічних інструментів і можливі сфери їх використання (рис. 22.2).

**1. Податкові інструменти.** Відповідно до енциклопедичного визначення, *податок* (англ. – *tax*, рос. – *налог*) – це обов'язкове і безповоротне вилучення коштів, яке здійснюється державою чи місцевими органами влади для фінансування суспільних витрат (Бернар и др., 1994).

Головною особливістю податкового еколого-економічного інструментарія є те, що кошти, які збираються таким чином, надходять, як правило, на бюджетні рахунки відповідного рівня (державного чи місцевого) і використовуються на фінансування екологічних проблем, що мають загальне для даного рівня значення. Податки екологічної спрямованості стягуються або окремо (тобто передбачені спеціальні статті), або в складі інших податків (відраховуються частки від загальної суми податків). Можна назвати багато різних форм використання податкових інструментів в екологічних цілях (див. наприклад: Ecotaxation,

1997; Oosterhuis, 1996; Environmental, 1996; Human, 1997; Lister, 1996; Environmental, 1994; Making, 1994):

- *громадянський екологічний податок*; стягується із платоспроможних громадян країни на екологічні потреби (застосовується в багатьох країнах, одна з форм цього податку, зокрема, практикується у Франції);
- податок на *розв'язання глобальних, національних чи регіональних екологічних проблем*; характерним прикладом подібного податку є податок на ліквідацію наслідків Чорнобильської катастрофи (Україна); у деяких країнах існують місцеві податки на охорону конкретних природних об'єктів (лісів, озер, боліт);
- податок на *транзит через країну вантажів* (в Україні на екологічні цілі передбачена частина зазначеного податку);
- екологічний податок на *автомобілі* (екологічна складова податку звичайно включається в загальний податок за використання автомобіля; застосовується в більшості країн Європи, а також у США, Канаді, Японії);
- екологічний податок на *повітряний транспорт*; включається в загальні ставки податку за здійснення даного виду діяльності в країні (Канада, США, Данія, Норвегія, Швеція) і за проліт через територію країни (є стандартним заходом для міжнародних правил);
- екологічний податок на *конкретні групи товарів*, у тому числі: *мінеральні добрива* (Норвегія, Швеція); *пестициди* (Данія, Франція, Угорщина, Португалія, Швейцарія та ін.); *пластмасова тара, упаковка* (Данія, Угорщина, Ісландія, Польща); *шини* (Канада, Данія, Фінляндія, Угорщина, Польща); *батарейки/акумулятори* (Данія, Швеція, Японія), *галони* (тобто хлор- і фторвмісні гази, які використовуються при гасінні пожеж у замкнених просторах і належать до класу озоноруйнівних речовин) (Австрія, Чехія, Данія, Угорщина, Польща); *розчинники* (вважаються озоноруйнівними речовинами) (Данія); *мастила* (Фінляндія, Франція, Норвегія);
- екологічний податок на *паливо*, в тому числі залежно від наявності екологічно шкідливих компонентів: *свинцю* (у більшості країн); *вуглецю* (Данія, Фінляндія, Нідерланди, Норвегія), *сірки* (Бельгія, Данія, Франція, Польща, Швеція), *окислів азоту* (Чехія, Франція, Польща, Швеція);

- комунальний податок (що передбачає компенсацію витрат на водогін, каналізацію, утилізацію відходів).

## Цифри і факти

---

У промислово розвинених країнах світу спостерігається тенденція до зростання ролі екологічних податків та їх стимулюючого впливу на розвиток економіки. Частка екологічних податків у цілому від суми оподаткування юридичних і фізичних осіб становить: у США – 3,2%, Данії – 3,4%, Австрії – 4,4%, Канаді – 4,5%, Швейцарії – 4,7%, Німеччині – 4,9%, Франції – 5,4%, Нідерландах – 5,5%, Греції – 6,1%, Новій Зеландії – 6,1%, Японії – 6,5%, Фінляндії – 7,3%, Іспанії – 7,5%, Великобританії – 8,2%, Італії – 9,0%, Норвегії – 10,8%, Португалії – 11,5%, Ірландії – 11,9%.

Зазначені податкові інструменти умовно можна вважати такими, що спрямовані на вилучення доходів. Не менш (а можливо, й більш) важливим заходом є стимулювання екологічно обумовленої діяльності економічних суб'єктів за допомогою системи пільгових (дотаційних) податкових інструментів.

До можливих видів податкових пільг можна віднести: зменшення ставок ПДВ і податку на прибуток (аж до повного звільнення від сплати податків); зменшення ставок податку на власність; дозвіл на включення в собівартість продукції витрат екологічного призначення, не пов'язаних безпосередньо з основним видом діяльності, надання податкових привілеїв з інвестування в екологічну сферу, формування режимів прискореної амортизації, зниження ставок акцизних зборів, ін.

До основних напрямків надання податкових пільг можна віднести (Прокопенко, 2000):

- податкові пільги (ПДВ, податки на прибуток) на *виробництво продукції екологічного призначення* (очисне устаткування, моніторингові системи, рекультиваційна техніка, медичні товари, засоби індивідуального екологічного контролю);
- податкові пільги (ПДВ, податок на прибуток) на *здійснення екологічно орієнтованих видів діяльності*: переробки відходів, облагородження ландшафтів (очищення рік і озер, озеленення територій, ін.), екологічної освіти, рекреаційних видів послуг, екотуризму, роботи з підтримання біорізноманіття (створення і підтримка заповідників, заказників, національних парків, особливо цінних природних об'єктів, ін.);



- податкові пільги (податок на власність, податок на землю) для економічних суб'єктів, що займаються екологічно орієнтованими видами діяльності;
- податкові пільги (ПДВ, податки на прибуток) для підприємств, що випускають екологічно чисту продукцію, яка дає можливість замінити екологічно несприятливі товари (екологічно чиста сільгосппродукція; продукція, що заміняє озоноруйнівні речовини; будматеріали; мийні засоби тощо);
- податкові пільги на продукцію, що сприяє підвищенню інтегральної економічної ефективності економічної системи і зниженню матеріаломісткості та енергоємності продукції (нові будматеріали, біогазові установки, альтернативні джерела енергії тощо);
- податкові пільги (податок на прибуток) на інвестиції екологічного призначення;
- податкові пільги (плата за надра) на використання виснажених і бідних джерел природних ресурсів;
- відстрочення виплати патентних мит за екологічні відкриття і винаходи екологічної спрямованості;
- надання прав підприємствам включати в собівартість продукції витрати на підвищення екологічної грамотності (оплата навчання, літератури, ін.) незалежно від основного виду діяльності;
- надання прав на прискорену амортизацію основних фондів, що обслуговують екологічно орієнтовані види діяльності.

*Акциз* (від франц. *accise*, в англ. – *excise tax*, рос. – *акциз*) є одним із видів податку; це непрямий податок на продаж певного виду товарів. На відміну від податку з обороту, цей податок вилучається не з усієї вартості товару, а лише з її приросту на кожній наступній стадії виробництва та реалізації. Оподаткування підлягає різниця між виручкою, отриманою компанією від реалізації товарів і послуг, та витратами на закупку сировини і оплату послуг. Фактично акциз є вилученням надприбутку, що можуть одержувати суб'єкти при торгівлі. У здійсненні екологічної політики акцизи відіграють важливу роль, насамперед, завдяки можливості впливати на ціни енергоносіїв і мінеральної сировини. Як правило, застосування акцизів дозволяє підняти рівень цін на енергоносії, що сприяє реалізації енергозберігаючої політики. Цей захід активно застосовують країни ЄС і Японія.

**2. Митні інструменти.** *Мито* (англ. – *customs, duty, toil, customs tax*; рос. – *пошлина*) – це обов’язковий внесок, який стягується митними органами даної країни при ввезенні товару на її територію чи його вивезенні з цієї території і є невід’ємною умовою такого введення чи вивезення. Розрізняють:

2.1. *Мито імпортне* (ввізне); стягується з товарів, ввезених через кордон на територію країни. З урахуванням екологічних факторів найбільш поширеними видами інструментарію, реалізованого через імпортні мита, можна вважати:

- *встановлення екологічних ввізних мит* (чи підвищення митних тарифів) для екологічно несприятливих товарів, тобто тих, що можуть завдавати екологічної шкоди при їх експлуатації на території країни; серед найбільш поширених товарів, до яких застосовується зазначений інструмент, можна назвати: використані автомобілі (зокрема, діє в Україні); пестициди, відходи, озоноруйнівні речовини; мийні засоби, ін.;

- *звільнення від ввізних мит* (зменшення величини митних тарифів) продукції екологічного призначення: екологічного устаткування; засобів моніторингу; рослин і тварин, що сприяють підтриманню біорізноманіття в країні; ін.

2.2. *Мито експортне* (вивізне); стягується з товарів, що вивозяться з країни. З урахуванням екологічних аспектів можна назвати найбільш характерні випадки:

- *застосування вивізних мит* (чи митних тарифів) на продукцію, виробництво якої в країні, звідки вона вивозиться, пов’язане із завданням еколого-економічних збитків; до подібної продукції звичайно належить продукція первинної переробки природної сировини (метали, паливо, хімічна сировина); цінні сорти рослин, породи тварин тощо;
- *звільнення від вивізних мит* (чи зниження митних тарифів) продукції, експорт якої сприяє заміщенню виробництва матеріаломісткої, енергоємної, збитоємної продукції; подібними інструментами користується Росія для збільшення експорту поліграфічної продукції; своєрідною формою зазначеного інструментарію є максимальне зниження вартості в’їзної візи (застосовується країнами – потенційними експортерами туристичних послуг, наприклад, Туреччиною, Кіпром, Болгарією, ін.).

## Примітка

---

У цьому випадку виникає ситуація, коли завдяки «імпорту» економічних агентів (споживачів) створюються умови для експорту різного роду послуг (туристичних, готельних), а також експорту предметів вітчизняного виробництва (товарів швейної промисловості, хутряних і шкіряних виробів, сувенірів тощо).

**3. Плата, платежі** (англ. – *payment, fees, charges*, рос. – *плата, платежи*). Це грошові чи інші блага, які економічний суб'єкт сплачує за використання ресурсів, природних благ (включаючи асиміляційний потенціал) і за можливості здійснення господарської діяльності. В еколого-економічній сфері плати і платежі є найбільш поширеною формою інструментарію, що в тому чи іншому вигляді застосовується в більшості країн. Найбільш характерними прикладами є:

- плата за *землю*;
- плата за *мінеральні ресурси*;
- плата за використання інших *компонентів природного середовища*, наприклад, ефіру;
- платежі за *вирубку лісу*;
- платежі за використання ресурсів *рослинного і тваринного світу*;
- плата за *випас худоби*;
- платежі за *полювання і рибальство*;
- плата за *вхід на територію природних парків*;
- платежі за *атмосферні емісії* (викиди);
- платежі за *скидання у водні джерела*;
- платежі за розміщення твердих (чи рідких у контейнерах) *відходів* у навколишньому середовищі;
- платежі за інші види *забруднення* середовища (шумові, електромагнітні, ін.).

## Цифри і факти

---

Щорічно в Україні підприємствам пред'являється екологічних зборів на суму близько 300 млн грн. Частка фактичної сплати становить близько 85% (Довкілля, 2004).

## Примітка

---

Згідно із Законом України «Про внесення змін у Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 05.03.1998 р. терміни «плата», «платежі» замінюються термінами «збір», «збори».

Термін «збори» є, мабуть, найбільш універсальним з усіх тих, що позначають заходи для вилучення доходів. За енциклопедичним визначенням, «**збори** – це різноманітні види податків, платежів, вилучень, що в обов'язковому порядку вносяться підприємствами, організаціями, громадянами у формі оплати послуг, які надаються їм державними органами» (Райзберг и др., 1996). В англійській мові не існує спеціального терміна на позначення поняття «збір», і для його перекладу застосовують терміни, що передають зміст зборів у вищенаведеному визначенні: *tax, charge, fee, dues, duty*.

**4. Штраф** (від нім. *strafe* – покарання; в англ. – *fine, penalty*; рос. – *штраф*). Це грошове покарання у вигляді стягнення з винних певної суми; засіб матеріального впливу на юридичних і фізичних осіб, винних у порушенні чинних законів, договорів, правил (Райзберг и др., 1996). Стосовно екологічної сфери можна назвати такі види штрафних санкцій:

- *міжнародні санкції* за порушення умов міжнародних договорів у галузі навколишнього середовища;
- *штрафи за недотримання екологічного законодавства* в країні;
- *відшкодування (на міжнародному рівні) збитків*, що завдані однією країною іншій країні (чи країнам);
- *відшкодування (на національному рівні) збитків*, завданих одним економічним суб'єктом іншому економічному суб'єкту господарської діяльності.

## Цифри і факти

---

Щорічно за вплив на довкілля аварійними забрудненнями і надзвичайними ситуаціями в Україні нараховується понад 10 млн грн штрафних санкцій (Методи, 2004).

**5. Субсидія** (від лат. – *subsidium*; в англ. – *subsidy*; рос. – *субсидия*). Це цільова незворотна допомога в грошовій чи натуральній формі, що надається за рахунок коштів державного бюджету або спеціальних державних і недержавних фондів економічним суб'єктам (один із напрямів фінансування екологічно орієнтованих видів діяльності). Адресні субсидії у вигляді безпосередньо наданих коштів називають прямими, а ті, що здійснюються за допомогою податкових, кредитних чи інших пільг, називають непрямими субсидіями. Серед напрямків екологічної діяльності, під які звичайно виділяють субсидії, можна назвати:

- здійснення *природоохоронних програм*, що мають загальнодержавне, загальнорегіональне значення (створення заповідників, озеленення території, збереження природних об'єктів, створення об'єктів для утилізації відходів тощо);
- фінансування науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт (*НДР і ДКР*) за «пілотними» проектами, що мають загальнонаціональне чи регіональне значення (альтернативні джерела одержання енергії; нові екологічно орієнтовані технології, ін.);
- фінансування *міжнародних проектів* екологічної спрямованості (збереження клімату і біорізноманіття, підтримання природних об'єктів, що мають трансграничне значення);
- фінансування *освітніх, просвітницьких і культурних програм*, ін.

6. **Дотація** (від лат. *dotatio* – дарунок, пожертвування; в англ. – *grant-in-aid, subsidy*; рос. – *дотація*). Це грошова допомога або інші види допомоги з державних чи інших джерел, що надаються юридичним чи фізичним особам для покриття збитків або на спеціальні цілі. Дотація – це вид субсидій на збільшення вигідності екологічно спрямованих видів діяльності.

### Примітка

*Дотація є одним із видів субсидій. Не випадково, що в англійській мові не знайшлося спеціального терміна для передачі різниці між субсидією і дотацією. Основна ж відмінність субсидії від дотації в тому, що дотація лише частково покриває необхідну частину витрат, у той час як субсидія передбачає, як правило, повне фінансування всіх витрат. Можливо, ця розбіжність могла виявитися лише в умовах командної економіки з її необхідністю постійного підтримування (дотування) збиткових підприємств.*

Те, що в пострадянських державах розуміють під терміном «дотація», часто застосовується в розвинених індустріальних країнах як фінансова допомога низькорентабельним і збитковим виробництвам, що мають значення з погляду вирішення важливих соціальних і екологічних завдань. Як приклади екологічно орієнтованих дотацій можна назвати:

- дотації в сільському господарстві на *виращування продукції без отруйних хімікатів*;
- *несення частини ризику* щодо просування на ринок піонерної продукції, яка має екологічне призначення;

- ведення сільського господарства *в особливо обережному екологічному режимі* (наприклад, в умовах збереження первинних ландшафтів або пам'ятників історії; зокрема, набуло розвитку у Великобританії);
- дотацію *регіонам чи країні, навіть цілим державам, змушеним «притримувати» індустриальний розвиток* заради збереження природних ландшафтів, що мають національне чи міжнародне значення (такими природними об'єктами, зокрема, можна вважати болота півночі України, що живлять її ріки; тропічні ліси Амазонки, що виробляють значну частину кисню Землі, та багато іншого).

## Цифри і факти

---

Бюджет федерального міністерства Німеччини з питань навколишнього середовища щорічно виділяє до 100 млн євро для фінансування економічного ризику екологічних проєктів. З цього фонду підприємства, що готові піти на високий ризик пілотних екологічних проєктів, одержують дотації в розмірі до 50% (!) сум капіталовкладень.

Дотацію в Німеччині можуть отримати не тільки підприємства, але й громадяни – на екологічне вдосконалення свого помешкання. Зокрема, вони отримують фінансову і безплатну консультаційну допомогу з питань зменшення енергоємності своїх будинків, значні знижки на проїзд у громадському транспорті (особливо ті, хто їздить на роботу з приміських зон у місто і навпаки), доплати за оснащення двигунів триступеневим каталізатором.

Існує і повчальний радянський досвід застосування екологічних дотацій. Ще 20 років тому у Вірменії безплатно регулювали двигуни всім, хто бажав зменшити вихлопи своїх автомобілів.

**7. Грант** (англ.: *grant* – дарунок, субсидія; рос. – *грант*). Це оплачуване субсидоване замовлення державних чи інших організацій на виконання наукових досліджень, конструкторських розробок чи інших робіт; кошти, що виділяються в порядку добродійності для фінансової підтримки наукових досліджень, вчених, діячів культури. Взагалі під грантом розуміють вид економічної допомоги, що надається на конкурсній основі.

## Примітка

---

Як самостійні економічні інструменти *гранти* набули поширення в останні роки з розвитком міжнародних проєктів з фінансовою підтримкою. Тоді ж це слово почало застосовуватись в слов'янських мовах. Цілком імовірно, основною рісью, що супроводжує будь-які види грантів – чи замовлення на науковий

проект, чи підтримка конкретного вченого, – є *конкурсність*. Для того щоб отримати грант, юридична чи фізична особа повинна довести свою спроможність (здатність) використовувати кошти з максимальною ефективністю.

Однією з пріоритетних сфер, де надаються гранти, є екологічна. Так само, як субсидії і дотації, гранти звичайно виділяються на незворотній основі. При цьому, як правило, дотримуються досить жорстких умов (вимог) витрати коштів.

**8. Кредити** (від лат. *credit* – «він вірить»; в англ. – *credit*; рос. – *кредит*). Це позичка в грошовій чи товарній формі, надана кредитором позичальнику на умовах зворотності, найчастіше з виплатою позичальнику відсотка за користування позичкою. Основними формами використання кредиту як економічного інструментарію для вирішення екологічних проблем можуть бути:

- пільги за *термінами* кредитування;
- пільги за *процентними ставками* (аж до безпроцентних умов використання позики);
- пільги за *обсягами* кредитування;
- пільги за *гарантіями* на кредит.

У багатьох країнах для здійснення пільгового кредитування екологічних програм засновано екологічні банки або у звичайних комерційних банках створені спеціальні лінії кредитування екологічно орієнтованих видів діяльності.

## Цифри і факти

---

Комерційний банк Німеччини, розташований у Бонні, надає пільгові кредити фірмам і комунам для природоохоронних інвестицій. З 1998 року у Франкфурті-на-Майні функціонує новий банк екологічного спрямування. Підтримують екологічну діяльність і інші банки. «Commerzbank» виділяє кошти на екологічну освіту молоді. У середньому на ці заходи виділяється до півмільйона євро на рік. «LBS»-банк забезпечує підтримання діяльності, пов'язаної з будівництвом із дотриманням екологічних вимог.

**9. Виплати, відшкодування витрат** (англ. – *reimbursement, refund*; рос. – *выплаты*). Це грошові виплати юридичним чи фізичним особам або система заходів, спрямована на компенсацію різних форм збитку, пов'язаного з порушенням середовища чи необхідністю нести додаткові витрати для його попередження.

Виплати можуть здійснюватись безпосередньо (від винуватця екодеструкції її «жертви») або за посередництвом спеціально створених екологічних фондів. У практиці природокористування

різних країн можна зустріти різноманітні форми використання виплат, у тому числі:

- виплати підприємствам чи окремим особам *на компенсацію збитків* від забруднення середовища (як аварійного, так і того, що діє постійно);
- виплати країнам, що мають негативний *баланс у трансграничному забрудненні* середовища (тобто більше його отримують, ніж експортують);
- виплати підприємствам чи населенню *за згоду «терпіти»* поруч із собою («по сусідству») екологічно несприятливий або потенційно небезпечний промисловий чи інший об'єкт;
- виплати регіонам чи країнам *втраченої вигоди*, на що вони змушені погодитися через необхідність «консервувати» рівень свого індустріального розвитку заради збереження суспільно необхідних природних об'єктів (боліт, озер, рік, лісів);
- компенсація витрат підприємствам, що здійснюють *екологічно необхідні*, але економічно не прибуткові види діяльності (створення і підтримання територій, що охороняються, переробка відходів, ін.).

## Досвід

---

В арсеналі японських фахівців у галузі екології існує цілий набір економічних важелів, за допомогою яких вони вміло управляють якістю виробництва, досягаючи його «нешкідливості». Можна згадати регулярні виплати – відшкодування корпораціями і державними підприємствами за збитки, які вони спричиняють забрудненням середовища. Своєрідну компенсацію за дискомфорт одержують також жителі, що мешкають поблизу аеропортів, залізничної лінії Сінкансен, атомних електростанцій, деяких автомагістралей, підприємств – джерел шуму, вібрації і неприємних запахів.

**10. Прискорена амортизація** (англ. – *accelerated depreciation* (знос)/*amortization* (відшкодування); рос. – *ускоренная амортизация*). Це система заходів (реалізується переважно шляхом застосування спеціальних норм амортизації), що створює умови для збільшення розмірів амортизаційних фондів (неоподатковувана частина доходу) в перші роки експлуатації основних фондів. З погляду досягнення екологічних цілей цей захід має сенс і застосовується в багатьох країнах (Японія, Франція, Німеччина), тому що створює економічні передумови для прискореної модернізації екологічно орієнтованих основних фондів і активізації інноваційної політики в екологічній сфері.



**11. Цінові інструменти** (англ. – *pricing, price instruments*, рос. – *ценовые инструменты*). Це система заходів впливу на економічні інтереси суб'єктів господарювання, основним результатом механізмом якої є цілеспрямована зміна вигідності різних видів діяльності (товарів) за допомогою зменшення чи збільшення цін.

Можна назвати два основні напрямки використання цінових інструментів у природокористуванні: пряме регулювання цін і непряме (за допомогою інших інструментів) регулювання цін.

*Методи прямого регулювання цін* використовуються в тих випадках, коли існують можливості адміністративного впливу на ціни. В умовах ринкової економіки це відбувається, як правило, у двох випадках: по-перше, в умовах монопольного положення продавця чи покупця, по-друге, коли в будь-якому економічному просторі припиняється дія вільного ринкового регулювання цін. Як правило, в обох випадках активним економічним суб'єктом (монополістом або суб'єктом адміністративного регулювання цін) виявляється держава або органи місцевої адміністрації. Як форми прямого регулювання цін можна назвати:

- *диверсифікацію цін у часі* (протягом доби) на електроенергію з метою більш рівномірного споживання енергії, а отже, підвищення ефективності використання енергоресурсів; звичайно встановлюють двотарифний (день-ніч) чи тритарифний (день – ніч – години «пік») режими, які активно використовуються в багатьох країнах світу (зокрема, в Австралії, Німеччині та інших країнах);
- *диверсифікація цін за споживачами на природні ресурси*; прикладом є встановлення різних тарифів на воду для різних споживачів (наприклад, населення, комунального господарства, промисловості, сільського господарства); подібні заходи застосовуються в багатьох країнах (зокрема, в Україні, Японії); пільгові тарифи звичайно встановлюються для населення, більш жорсткі (іноді в 2–4 рази вищі) – для промисловості;
- *диверсифікація цін за споживачами на послуги інфраструктури* (зв'язок, транспорт, комунальні послуги), що має місце в Україні; наявність подібної диверсифікації цін може використовуватися для створення пільгових режимів роботи екологічно орієнтованим підприємствам;
- *встановлення підвищених закупівельних цін на екологічно чисту продукцію* (наприклад, сільськогосподарську); у тому

випадку, якщо держава чи територіальні органи управління є замовником такої продукції;

- *адміністративний контроль цін* (встановлення максимуму чи мінімуму) на деякі види продукції, наприклад, на відходи, рослинну чи тваринну сировину, природні ресурси, ін.

## Очима очевидця

---

У Японії серед різноманіття економічних форм контролю за природокористуванням зустрічаються досить екзотичні – такі, які ніде, крім Японії, може, і не зустрінеш. Наприклад, у префектурі Аїті відділ охорони природи місцевого муніципалітету контролює угоди, що укладають підприємства на передавання (продаж) один одному відходів. Більш того, служба стежить, щоб ціна на них була не дуже низькою. За таких умов, вважають у префектурі, гарантується ефективне використання відходів. Можна зайвий раз подивуватися спритності та ініціативності місцевих чиновників. Дивною в Японії може здатися і ціна на батарейки, що відслужили: вона є від'ємною. Тобто платить не завод, що їх переробляє і отримує від цього прибуток, а навпаки, муніципальні служби платять заводу за те, що він погоджується приймати старі батарейки. Безумовно, подібний захід може триматися лише на суворих адміністративних заборонах здійснювати поховання батарейок в землі, але ще більше – на внутрішній дисципліні і свідомості японців. Усе разом надає можливість створити добре налагоджену систему збору і переробки відходів. Вона значною мірою тримається на дисципліні людей, які добровільно і зовсім безплатно здають батарейки, що відслужили, в магазини, де встановлені спеціальні контейнери.

*Методи непрямого регулювання цін* мають у ринковій економіці значно ширші можливості. Ці методи базуються на механізмах впливу на рівень цін за допомогою інших інструментів. Саме вони можуть здійснити, здавалося б, неможливе: зробити більш чисту продукцію дешевшою для споживача і вигіднішою для виробника – підвищуючи на неї одночасно і попит, і пропозицію. І навпаки: створити економічні бар'єри – підвищену ціну споживання (тиск на попит) і зменшені закупівельні ціни (тиск на пропозицію) – для екологічно неспроможної продукції.

Кінцевими стратегічними цілями методів непрямого регулювання цін, таким чином, можна вважати:

- 1) *підвищення рівня цін для споживача на екологічно несприятливу продукцію*, тобто на ті види продукції, виробництво і споживання яких пов'язане з процесами порушення природного середовища; можливе одночасне зменшення закупі-

вельних цін (ціни виробника) на такі види продукції (це обумовлює зниження вигідності виробництва і споживання продукції);

- 2) *зниження рівня цін споживача на екологічно сприятливу продукцію*, тобто на ті види продукції, які сприяють зниженню екологічного пресу на різних стадіях виробництва і споживання продукції, можливе одночасне підвищення закупівельних цін на такі види продукції, наприклад, на сільгоспродукцію, вирощену без застосування отрутохімікатів (все це обумовлює підвищення вигідності виробництва і споживання продукції);
- 3) *створення цінових гарантій вирішення екологічних проблем*, що виникають на різних стадіях життєвого циклу виробу; прикладами подібного механізму дії цін є: використання *заставних цін на тару* (гарантують організований збір тари після використання продукції); *включення в ціну продукції вартості її утилізації* після використання (подібний захід передбачений, наприклад, для пластикового посуду) та ін.

## Очима очевидця

---

Загальновідомим фактом вважається те, що екологічно чиста продукція є більш дорогою, а отже, менш вигідною. Але чи можна змінити ситуацію так, щоб у справі екологізації попиту працювали не тільки психологічні мотиви, але й економічні стимули? Виявляється, можна, якщо застосовувати механізми непрямого регулювання цін.

- У Кобе (Японія) існує торговий кооператив. Уряд, заохочуючи самозабезпечення населення, бере з нього менше податків (якщо в середньому для підприємства вони становлять 32%, то в кооперативі – 28%). Завдяки цьому кооператив продає товари дешевше звичайних. Однак частину заощадження на податках кооператив використовує на посилення екологічного контролю за товарами. Тепер він може гарантувати пайовикам, що вони куплять овочі без хімікатів і тканину, яка не містить шкідливих барвників. І дешевше, і чистіше!
- У Німеччині неетилований (без вмісту етилу) бензин став продаватися за більш низькими (на 4–6%) цінами, ніж етилований. Хоча його виробництво потребує додаткових витрат, подвійний еколого-економічний ефект (і чистіше, і вигідніше) досягається завдяки зниженню бюджетного оподаткування на виробництво неетилованого бензину.
- У багатьох містах Німеччини завдяки зниженню цін квитків на приміські потяги вдалося значно зменшити кількість поїздок людей приватним автотранспортом. Зниження ж транспортних цін вдалося домогтися шляхом дотацій з бюджету.

**12. Сприяння/обмеження на ринку** (англ. – *promotion/restriction at a market*; рос. – *содействие/ограничения на рынке*). Це комплекс організаційних заходів, який дозволяє надати додаткові економічні переваги екологічно орієнтованим суб'єктам або створити економічні обмеження екологічно несприятливим господарникам, як правило, без прямого фінансового впливу на інтереси суб'єктів (вилучення доходу або субсидування). Серед основних напрямків застосування зазначеного виду заходів можна назвати:

- *присудження нагород* (звань, призів), сам факт володіння якими надає додаткові ринкові переваги екологічно передовим підприємствам;
- *маркетингове сприяння* екологічно орієнтованим суб'єктам (у тому числі безплатна реклама);
- *розширення сфер діяльності* екологічно орієнтованим суб'єктам (збільшення дозволеного часу роботи або розширення сфер діяльності); зокрема, в Японії менш гучним літакам надається додатковий час для злету і посадки (рано вранці і пізно ввечері); у деяких країнах існують обмеження на роботу в певних секторах (кварталах міста, дитячих установах) устаткування, що не відповідає екологічним стандартам;
- *надання додаткових ресурсів* (зокрема території), лімітів на електроенергію, воду, газ під розвиток екологічно сприятливих видів діяльності; особливо цей захід актуальний для країн з дефіцитом ресурсного забезпечення (як, наприклад, в Україні);
- *інформаційна підтримка* підприємств; у деяких префектурах Японії малим приватним підприємствам безплатно передається технічна документація на виготовлення нових видів продукції (особливо це характерно для керамічних виробів);
- *державний протекціонізм* для екологічно орієнтованих видів продукції в зовнішній торгівлі.

**13. Премія, нагорода, приз** (англ. – *bonus, award, prize*; рос. – *премия, награда, приз*). Це грошова чи інша винагорода за успіхи в здійсненні екологічної діяльності. Найбільш поширеними є такі види нагород:

- премії і нагороди підприємствам, що мають успіхи в екологічній діяльності (щорічно проводиться в Німеччині);
- премії і звання переможців у конкурсі на краще екологічне місто (селище); у Німеччині щорічно розігрується звання «Екологічна столиця Німеччини» з одержанням грошового призу;

- премії підприємцям, громадянам, домовласникам, що домоглися успіхів в економічній діяльності; у Хайделберзі (Німеччина) кожний домовласник одержує премію в 1000 євро, якщо йому вдається знизити до нормативної величини енерговитрати на утримання будинку.

**14. Екологічне страхування** (англ. – *environmental insurance*, рос. – *экологическое страхование*). Це створення за рахунок коштів економічних суб'єктів резервних (страхових) фондів, призначених для відшкодування збитків від впливу на природне середовище внаслідок непередбачених надзвичайних ситуацій (екологічних аварій, катастроф, ін.).

Екологічне страхування покликане вирішити такі завдання:

- 1) сформулювати систему економічної відповідальності (економічних суб'єктів) за можливі економічні збитки внаслідок надзвичайних ситуацій;
- 2) створити резервні фонди для відшкодування можливих збитків;
- 3) забезпечити економічну захищеність реципієнтів (економічних суб'єктів), які можуть зазнати шкоди в результаті надзвичайних ситуацій.

Таким чином, екологічне страхування забезпечує економічну відповідальність потенційних екодеструкторів і гарантує економічну захищеність потерпілим.

Екологічне страхування широко використовується в багатьох країнах (Японія, США, Німеччина та ін.). Страхуванню підлягають об'єкти, які є носіями екологічного ризику (ємності шкідливих і вибухонебезпечних речовин; виробництва, що несуть загрозу виникнення надзвичайних ситуацій; трубопроводи, транспортні засоби, ін.). Екологічне страхування непрямо створює економічні стимули відмови від потенційно небезпечних виробництв.

Еколого-економічні інструменти є потужними важелями екологізації системи виробництва і споживання продукції. Різноманіття форм еколого-економічних інструментів створює багатий спектр можливостей цілеспрямованого екологічно орієнтованого впливу на економічні інтереси суб'єктів господарювання. Уміле використання цих можливостей у поєднанні з іншими методами дозволяє ефективно вирішувати складні еколого-економічні проблеми в межах механізмів саморегулювання ринкової економічної системи.

## 22.4. Ринкові механізми регулювання природокористування

Одна з головних переваг ринку – здатність досягати високої ефективності використання будь-яких виробничих факторів, які включаються в систему ринкових відносин (тобто тих, які стають товаром). Для того щоб використовувати всі переваги ринку, економісти (у тому числі й ті, діяльність яких пов'язана з екологічною сферою) повинні досконало знати закони, за якими функціонують його механізми, чітко окреслювати ті межі, в яких можуть бути реалізовані можливі переваги. Ринок, зокрема, блискуче розв'язує завдання зниження енергоємності й матеріаломісткості систем). Слід також чітко розрізняти ті межі, поза якими варто залишити ілюзії з приводу вирішення проблем за допомогою ринкових механізмів. Необхідною передумовою такого аналізу є дослідження функцій природного середовища.

Можна назвати дві форми процесів купівлі-продажу, у яких можуть брати участь природні фактори.

1. Процеси *прямої реалізації ринкових відносин*; відбуваються тоді, коли об'єктом купівлі-продажу стає безпосередньо *фактор* природного середовища. Так, зокрема, продаються мінеральні ресурси, продукти лісу, моря, природна сировина тощо.
2. Процеси *опосередкованої реалізації ринкових відносин*; відбуваються тоді, коли об'єктом купівлі-продажу стає не сам природний фактор, а *функції*, які він виконує; саме вони опосередковуються в процесах продажу інших предметів і послуг.

### Подобиці

---

Наприклад, такі природні блага, як сонячні промені і море, не можуть бути в принципі об'єктом відносин власності (інакше кажучи, не можуть бути кимось привласнені). Отже, вони не можуть бути об'єктом купівлі-продажу. Однак для того, щоб загорати на березі і купатися в морі, потрібні певні *умови*: місце проживання недалеко від моря; ділянка берега, яка б забезпечувала необхідні умови для прийняття сонячних ванн, підхід до моря і дно, зручне для купання; предмети, що полегшують відпочинок і оздоровлення (тенти від сонця, лежачки, душові, шезлонги, ін.); інфраструктура, що забезпечує нормальні умови життєдіяльності (ідальні, ресторани, магазини, туалети).

ти, транспортні послуги, санаторне обслуговування тощо); інфраструктура супутнього відпочинку (туристичні послуги, розваги, ін.); предмети особистого користування, необхідні для даного виду рекреації (купальні костюми, шорти, головні убори, світлозахисні окуляри тощо).

Усі ці предмети і послуги, що є об'єктами купівлі-продажу, якраз і являють собою товари, через які здійснюється опосередкований продаж фізіологічних і соціальних функцій природних благ (у даному випадку – сонячних променів і моря). Безумовно, зазначені товари і послуги мають свої власні вартісні оцінки (собівартість виготовлення і продажну ціну). Але саме зазначені природні блага, з реалізацією яких пов'язаний продаж цих товарів, формують підвищений попит на них «саме в цей час і саме в цьому місці». Так само потреби людини в чистому середовищі й тиші реалізуються через бажання придбати дорожче за ціною житло, розташоване далі від промислових об'єктів чи транспортних магістралей. Потреби в інформаційному контакті з природою задовольняються за рахунок витрат, пов'язаних з екотуризмом.

Таким чином, можемо говорити, що *природні блага* мають властивості *товару*, бо можуть продаватися прямо або опосередковано через інші предмети і послуги.

Теоретично опосередкована вартісна оцінка будь-якого природного блага може бути визначена через додатковий обсяг продажу і/або підвищений рівень цін на відповідний товар порівняно з аналогічними економічними показниками в тих місцях і в той час, де і коли відсутня підвищена потреба в зазначених природних благах. Схематично це може бути виражено формулою:

$$B_{\text{оп}} = \sum_{i=1}^n (\Pi'_i \cdot C'_i - \Pi_i \cdot C_i), \quad (22.1)$$

де  $B_{\text{оп}}$  – опосередкована вартісна оцінка певного природного блага;  $\Pi'_i, \Pi_i$  – обсяг продажів  $i$ -го товару відповідно в умовах підвищеного попиту (викликаного потребою в природних благах) і за відсутності підвищеного попиту;  $C'_i, C_i$  – ціна на  $i$ -й товар відповідно в умовах підвищеного попиту і за відсутності такого;  $n$  – кількість товарів (предметів і послуг), за допомогою яких може бути реалізована потреба в даних природних благах.

**Мінова вартість, ціна.** Природні фактори є специфічними елементами товарно-грошових відносин. З одного боку, вони є носіями властивостей, звичайних для будь-яких елементів системи економічних відносин (наприклад, властивості товару). З іншого боку, особливості природних факторів (на чому ми вже

зупинялися вище) істотно відрізняють їх від інших елементів економічної системи і суттєво обмежують дію традиційних економічних властивостей.

До розряду традиційних економічних властивостей, які при-  
таманні *товарам*, належать їх *мінова вартість* і *ціна*.

Такі ж властивості мають і природні фактори, що беруть участь у процесі товарно-грошових відносин. *Мінова вартість* характеризує купівельну спроможність одного товару відносно іншого. Раніше на конкретному прикладі ми переконалися, що наша можливість задовольняти потреби в конкретних природних благах може бути прямо чи опосередковано реалізована за певну суму грошей. Саме ця сума і виступає в ролі універсального еквівалента купівельної спроможності (*мінової вартості*) даного природного блага.

З міноювою вартістю тісно пов'язана інша характеристика – *ціна*, під якою звичайно розуміють ту кількість коштів (грошей), за яку продавець згоден продати, а покупець готовий купити одиницю товару (Райзберг и др., 1996).

Таким чином, формування ціни можна вважати процесом пошуку компромісу між *продавцем* (ціною пропозиції) і *покупцем* (ціною попиту). У першому наближенні схема формування ціни на природні блага показана на рис. 22.3.

Цілком природно, що *продавець* прагне продати якнайдорожче. Мінімальний рівень *ціни продавця* (нижче якого він не може знизити ціну) при цьому визначається *витратами виробництва і доставки на ринок товару*. Коли товаром є природні фактори (природні блага) – це витрати, пов'язані з відтворенням кількісних і якісних характеристик даного природного фактора, або витрати, необхідні для створення умов (зокрема, необхідної інфраструктури, допоміжних товарів і послуг), достатніх для задоволення потреб у даних природних благах. Крім того, ціна пропозиції залежить і від інших факторів: психології продавця, його ринкової стратегії, цін конкурентів, можливостей виробника/продавця одержати фінансові чи негрошові пільги або різні форми підтримки (субсидії, податкові пільги, сприяння організації діяльності тощо).

*Покупець* прагне купити товар якомога дешевше, й існує та межа максимального рівня *ціни покупця*, вище якої він не може чи не згоден платити. Ціна покупця, як правило, набагато більше зазнає впливу суб'єктивних факторів порівняно з ціною про-



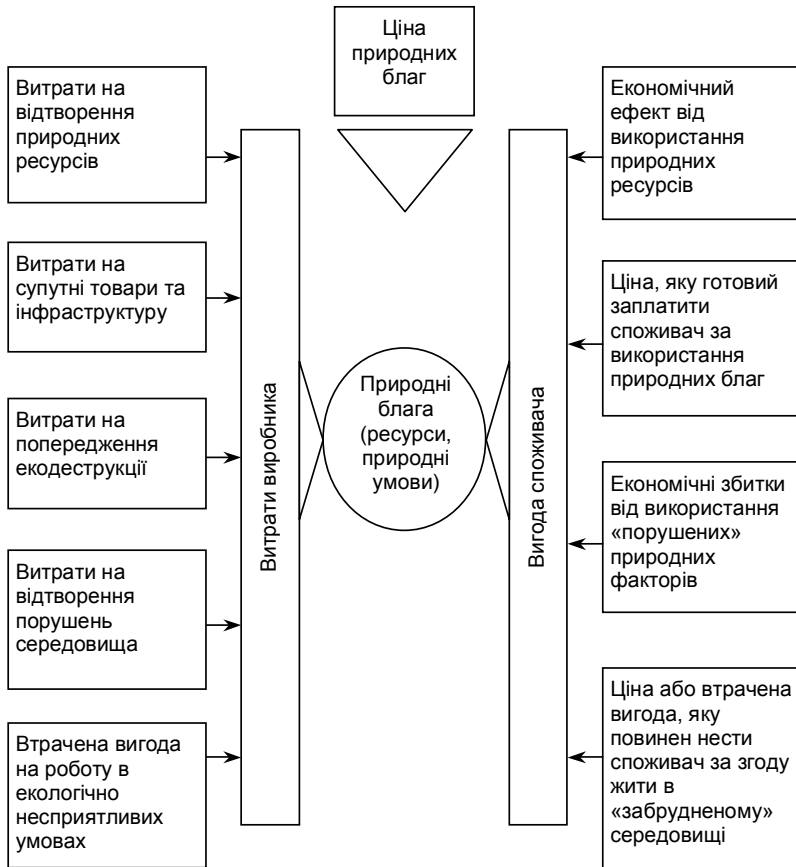


Рис. 22.3. Схема формування ціни на природні блага

давця. Це пояснюється тим, що в її основі звичайно лежить суб'єктивна оцінка покупцем усіх вигод, які він може одержати у випадку придбання товару (задоволення своїх потреб). У цілому на ціну попиту крім суб'єктивних смаків і переваг покупця впливають такі фактори: ступінь насичення ринку аналогічними (такими, що можуть замінити певні функції) товарами і послугами, еластичність попиту, платоспроможність покупця тощо. Мінімальний рівень ціни продавця визначається

витратами відтворення природних благ. Максимальний рівень ціни покупця обумовлений вигодою їх використання.

Для такого специфічного товару, яким є природні фактори, значний вплив на *ціну попиту* 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 при будь-якій зміні 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 взаємозамінників: 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; г) ступінь необхідності блага: попит на предмети першої необхідності менш еластичний, ніж на предмети розкоші; д) 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, ін.), практично *не мають взаємозамінників*. 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 в змозі забезпечити себе зазначеними благами, про це повинні потурбуватися держава або органи місцевої адміністрації. Підкреслимо ще раз, що мова йде: по-перше, про природні блага певної якості (склад компо-

нентів, 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.

*Друге.* Незамінність даного виду природних благ для фізіологічних потреб населення не означає, що ці блага так само незамінні 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. На практиці це означає, що потреба в такому природному ресурсі, як вода, частково задовольнятиметься (заміщатиметься) іншими видами ресурсів, зокрема, обладнанням та електроенергією. У цьому плані попит на більшість природних благ, які використовуються у виробництві і побуті, є значною мірою еластичним. Це може бути використано з метою зниження природоємності економічних систем через застосування цінового інструментарію.

### Примітка

---

Правда, 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 вищий, чим глибше усвідомить людина значення цих функцій у її житті чи 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, ін.). З іншого боку, це різні види послуг (транспортні, туристичні, сервісні), які дозволяють реалізувати інформаційний контакт із дикими чи наближеними до диких природними ландшафтами.

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 опосередковано 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 залученням інших форм капіталу (зокрема, використанням будь-яких матеріальних ресурсів чи додатковою працею).
- Значна частина природних факторів *не може бути відчужена* (неможливе встановлення 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) продаватися опосередковано 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 сполученні з транскордонним характером зазначених природних благ, їх взаємозв'язком і взаємозумовленістю, а найголовніше – їх високою вразливістю, обумовлюють високий ступінь ризику внаслідок виникнення господарської діяльності, екодеструктивних явищ, різних за ступенем своїх наслідків (аж до катастрофічних) і за масштабами дій (аж до глобальних). Усе разом змушує створювати глобальну систему екологічної безпеки, мобілізуючи неекономічні (організаційні, адміністративні, соціальні) ме-

тоди: встановлення квот природокористування; використання системи обмежень, ліцензій, пільг; введення екологічних стандартів; застосування санкцій до порушників; екологічне виховання й освіти 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.

## 22.5. Практичні процедури управління екологізацією економіки та її підрозділів

Удосконалення методів екологізації економіки здійснювалось не тільки шляхом застосування природозберігаючих технологій або формування екологічних обмежень (стандартів), але й завдяки створенню й удосконаленню управлінських процедур (схем, принципів, рекомендацій, прийомів). Вдала управлінська схема, що була одного разу вже вибрана шляхом проб і помилок, давала змогу потім повторити вдалий досвід, уникнувши можливих прорахунків. Процедури економічного управління закріплювались і вдосконалювались у процесі повторення, враховуючи місцеві особливості при поширенні на інші регіони чи країни світу. Вони вирішували дуже важливі завдання: компенсували брак знань і досвіду з окремих проблем природокористування в простих виконавців (ім, зокрема, вже не потрібно було думати над тим, *що робити*, значною мірою процедури відповідали й на питання *як робити*). Крім того, ці процедури підтягували рівень знань більшості виконавців до рівня лідерів (стандартні пункти процедур висували певні вимоги до знань і навичок виконавців); заощаджували кошти в галузі природокористування (оскільки щось повторити завжди дешевше, ніж винайти); змушували обмінюватися досвідом між регіонами під час передачі процедур. Мабуть, найбільшого поширення в практиці природокористування набули такі процедури екологічного управлін-

ня, як: оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВОС), екологічний аудит, екологічна оцінка життєвого циклу виробів, міжнародні стандарти екологічного менеджменту та аудиту, місцеві ініціативи із забезпечення сталого розвитку («Місцева агенда – 21»).

*Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВОС)* (англ. варіант: *environment impact assessment*). У широкому розумінні ця процедура передбачає оцінку можливих наслідків впливу будь-яких видів діяльності на довкілля. Як стандартна процедура ОВОС стала застосовуватися (практично одночасно в багатьох країнах) у формі екологічної ревізії (експертиза) великих господарських проектів. Не випадково в Радянському Союзі довгий час вона була відома саме під назвою «екологічна експертиза».

## Сторінки історії

---

Роком народження рекомендацій (методики) проведення ОВОС можна вважати 1970 р., місцем народження – США. Трохи пізніше роботи з екологічного обґрунтування проектів, пов'язаних із великомасштабним впливом на природу, почали проводити в Австралії, Великобританії, Канаді, ФРН. З 1972 р. екологічна експертиза проектів почала впроваджуватися в Радянському Союзі.

У 1972–1973 рр. обов'язковість процедури ОВОС була вже тією чи іншою мірою закріплена законодавчо в зазначених країнах, а крім того в Японії, Франції, Швеції, Іспанії, Індонезії. У Японії за здатність висвітлювати екологічні вади майбутніх проектів вона дістала влучну назву «запалювати світло до настання темряви». У 1980 р. була затверджена «Методика еколого-економічної оцінки проектів», що була розроблена Радою з вивчення продуктивних сил України (РВПС). У 1985 р. процедура ОВОС була законодавчо зафіксована в країнах ЄЕС.

У 2002 р. Верховна Рада України внесла кілька змін до Законів України «Про охорону навколишнього природного середовища» та «Про екологічну експертизу». Головний зміст поправок – забезпечити населенню можливість вільного доступу до екологічної інформації та участь в обговоренні проектів щодо будівництва і реконструкції об'єктів, які можуть негативно впливати на стан довкілля (Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України» від 28.11.2002, № 254-IV).

Звичайно ОВОС передбачає кілька стадій:

- виявлення необхідності і ступеня деталізації ОВОС;
- попередня оцінка впливу, визначення найбільш важливих видів екодеструктивної діяльності для їх оцінки;
- дослідження впливу проекту на навколишнє середовище;
- складання висновку про вплив на довкілля;

- рецензування фахівцями отриманих результатів, формування висновків про можливість реалізації чи нереалізації проекту, виявлення альтернатив розвитку (змін) проекту чи його повної заміни;
- моніторинг впливу і післяпроектний аналіз/аудит (ревізія післяпроектної діяльності).

У багатьох країнах складовою частиною ОВОС є громадянська експертиза проекту. Зокрема, в Японії всі бажаючі (найчастіше це жителі тієї території, на яку може поширюватися вплив майбутнього об'єкта) можуть ознайомитися з висновком ОВОС, зустрітися з проектантами, поставити запитання і протягом певного періоду (звичайно 0,5–1,5 місяця) висловити свої побажання. Таким чином, процес ОВОС переростає в процедуру пошуку компромісу, де дійовими особами (суб'єктами) є: підприємець (ініціатор) проекту, інвестор (якщо кошти кредитуються в банку), проектант, місцева адміністрація, жителі.

З 1991 р. ОВОС включена складовою частиною в розроблений ЮНІДО (Організація ООН з промислового розвитку) «Міжнародний посібник з техніко-економічного обґрунтування реалізації проектів» (Behrens *et al.*, 1991). У світовій практиці інвестиційного проектування цей посібник розглядається як основа розробки бізнес-планів.

Будь-яке відхилення від стандартів цього посібника може служити достатньою підставою для відмови від фінансування міжнародних проектів будь-яким банком.

## Подобиці

---

Відповідно до посібника ЮНІДО передбачається всебічна оцінка умов реалізації проекту за трьома основними блоками:

1. Природні умови в місці розташування проекту, в тому числі:

а) характеристика земель; б) водні умови (включаючи умови поверхневих і підземних вод); в) атмосферна характеристика, (включаючи параметри забруднення, дані про клімат, ін.); г) характеристика флори (дерева, кущі, трава, злаки, рідкісні види, ін.); д) дані про фауну (тварини, зоопланктон, комахи, рідкісні види, види, що мігрують, ін.); е) енергетичні ресурси (відновні і невідновні); ж) характеристики екосистем (екосистеми суші, водні екосистеми, ін.).

2. Характеристика соціально-культурного середовища: а) фактори культури (характеристика співтовариств, традиції і звичаї, історія, релігійні особливості, можливості сервісу і рекреації); б) соціальна інфраструктура (освітній рівень, рівень добробуту і здоров'я, у т.ч. ризик хвороб, густота населення,

ін.); в) фактори соціального розвитку (зайнятість населення, розподіл доходу, забезпеченість житлом, соціальна безпека і захищеність, ін.); г) економічні фактори (рівень розвитку промисловості, с/г, сервісу, транспорту і комунікацій; міський і сільський розвиток).

3. Можливий вплив проекту на середовище: а) емісії (рідкі, тверді і газоподібні відходи; шум і вібрація; неприємні запахи; виробництво шкідливих продуктів; використання шкідливих реагентів); б) створення ризику здоров'ю та інших небезпек (ризик аварій, можливих наслідків під час роботи підприємства і після його закриття; можливість збільшення вже існуючих ризиків; небезпека для здоров'я працюючих); в) порушення і можлива деградація природних ресурсів і екосистем (прямий вплив на водні ресурси і ґрунт; нераціональне використання непоновлюваних ресурсів; ушкодження рослинності; розрив природних ланцюгів; заміна складу екосистем); г) порушення і можливість деградації існуючих соціальних систем (міграція; переселення жителів; зміна існуючих видів діяльності; порушення існуючого культурного середовища і зв'язків; порушення існуючого життєвого середовища).

Заключним етапом даного дослідження є економічна оцінка екологічних наслідків, яка має стати складовим елементом аналізу витрати-вигоди (Behrens et al., 1991; російською мовою посібник вийшов у 1995 р.: Беренс и др., 1995).

При розробці систем ОВОС набули розвитку два види еколого-економічного аналізу.

*Аналіз «витрати-вигоди»* (англ. – *cost-benefit analysis*) передбачає оцінку повних витрат на одиницю отриманих (або передбачених) вигід (ефекту) для суспільства і екосистем, пов'язаних з певною економічною діяльністю. Цей аналіз має охоплювати як прямі, так і непрямі витрати і вигоди.

### Примітка

---

Цей метод, як правило, використовується для забезпечення процесу кількісної економічної оцінки конкретних заходів чи стратегій з урахуванням результатів економічної діяльності. Однак кількісні фактори, які характеризують соціальні, екологічні чи інші зовнішні витрати і вигоди (ефекти), звичайно невраховані в собівартості, часто незадовільно враховуються при аналізі, що потребує їх доопрацювання для оцінки повних (реальних) витрат і вигід економічної діяльності.

*Аналіз «вигоди-витрати»* (англ. – *benefit-cost analysis*) передбачає оцінку вигід (ефекту) на одиницю витрат. Цей тип аналізу ґрунтується на концепції раціонального вибору, відповідно до якої індивіди вибирають альтернативу з вигодами, що перевищують витрати.

### Примітка

---

Аналіз «вигоди-витрати» (АВВ) був розроблений спочатку для оцінки чистих вигід проектних пропозицій, однак пізніше став використовуватися для оцінок



у соціальній і природоресурсній сферах. В АВВ порівнюються грошові величини вигід і витрат певної політики, програми чи проекту в певних часових і просторових межах. Незважаючи на зростаюче застосування АВВ у природоохоронній сфері, критики методу вважають його непридатним для екологічних проектів; зокрема, видається неетичним застосування грошових оцінок до екологічних товарів і послуг, які з огляду на їх фізіологічні, соціальні та екологічні функції слід вважати безцінними. Виділяють п'ять дискусійних моментів, через які залишаються відкритими питання: як підрахувати прямі і непрямі витрати; як урахувати соціальні вигоди і витрати; як вимірювати позаринкові цінності, зокрема якість атмосферного повітря; як співвідносити вигоди і витрати, розраховані для різних років, використовуючи єдиний базовий підхід (вважається, що дисконтування в цих випадках неприйнятне, тому що невідновні природні ресурси повинні мати нульовий коефіцієнт дисконтування); як враховувати невизначеності у фінансових і біологічних прогнозах (Перлет, 1996).

*Екологічний аудит* (англ. – *environmental audit*). Український термін є калькованим перекладом англійського терміна; через це часто виникають ситуації, коли його плутають з фінансовим аудитом. За змістом екоаудит близький до російського поняття «экологическое обследование (ревизия)» і до українського «екологічне обстеження/огляд». За визначенням Міжнародної організації зі стандартизації, *екологічний аудит* – це процес екологічної перевірки, який має систематично проводитись і документуватись; він полягає в отриманні й оцінці об'єктивної інформації з метою визначення відповідності критеріям аудиту конкретних екологічних заходів, умов, систем управління чи інформації про них з подальшою передачею результатів цього процесу замовнику.

## Подобици

---

Концепція *екологічного аудиту* була вперше розроблена в США наприкінці 70-х років і спочатку застосовувалася для перевірки дотримання компаніями екологічного законодавства і нормативів. Екологічний аудит часто передбачає такі види аналізу:

- аудит (перевірка) дотримання екологічного законодавства, нормативів і правил (у тому числі встановлених самою компанією), аналіз екологічної діяльності компанії;
- аудит системи управління природокористуванням;
- перевірка сертифікації компаній;
- перевірка сумлінності дотримання компанією екологічних зобов'язань, особливо за умов придбання чи злиття компаній;
- перевірка заяви чи звіту компанії про екологічну діяльність.

Екологічний аудит є також частиною післяпроектної оцінки впливу на навколишнє середовище, коли порівнюються вплив реальної діяльності з його оцінкою на передпроектній стадії. Екологічний аудит компанії часто проводиться на вимогу громадськості чи акціонерів компанії для з'ясування ставлення її керівництва до навколишнього середовища.

**Екологічний аналіз життєвого циклу продукції** (англ. варіанти: *environmental life-cycle approach or analysis; cradle-to-grave analysis*; останнє означає «аналіз – від колиски до могили») – це аналітичний метод оцінки ефектів впливу на навколишнє середовище протягом усього часу існування даної продукції (виробу): з моменту її створення до знищення. При цьому звичайно називають такі основні етапи життєвого циклу продукції:

- наукові дослідження і розробки;
- конструкторська підготовка;
- технологічна підготовка;
- виробництво вихідних матеріалів і енергоресурсів;
- транспортування і зберігання природних ресурсів;
- виготовлення і пакування продукції;
- транспортування, зберігання і продаж продукції;
- використання продукції споживачем;
- утилізація (ліквідація) відходів продукції після її використання.

### Примітка

---

Мета цього методу – оцінити величину попередніх (минулих) та ймовірність подальших (майбутніх) впливів продукції (товару) на навколишнє середовище. Фірми використовують результати аналізу для оцінки альтернативних наслідків виробництва і використання певної продукції шляхом їх урахування в процесах прийняття рішень, аналізу ризику, обґрунтування сценаріїв своєї діяльності й аналізу проектів.

**Міжнародні стандарти екологічного менеджменту та аудиту** – це регламентовані міжнародною організацією зі стандартизації (The International Organisation for Standardisation – ISO) порядок і зміст робіт і документів у сфері екологічного управління й аудиту.

### Історія питання

---

У 1992 році у Великобританії, що лідирувала в галузі формування економічного інструментарію в природокористуванні, з'явився новий вид стандар-

ту. Вперше стандартизувалася не наявність шкідливих речовин у матеріалах чи компонентах середовища, не технічні параметри машин, а порядок управлінської процедури. Стандарт був розроблений Британським інститутом стандартизації, названий специфікацією (*specification*) на системи екологічного менеджменту (Environmental Management Systems – EMS) і включений до Британської системи стандартів під номером BS 7750. Стандарт регламентував:

- види робіт з екологічного управління;
- види і зміст необхідних документів;
- права й обов'язки окремих виконавців;
- оцінку ступеня впливу на природне середовище підприємства чи його постачальників;
- екологічні цілі і завдання підприємства;
- аналіз стадій, процесів і видів діяльності, що можуть викликати екодеструкцію;
- розробку програми дій з екологічного удосконалення і відповідальних за окремі види робіт;
- детальні рекомендації з перевірки (аудиту) функціонування системи;
- системи реєстрації подій;
- графік внутрішніх і зовнішніх перевірок.

Зазначена система Британських стандартів була також прийнята Нідерландами, Фінляндією і Швецією. Трохи пізніше Франція, Ірландія та Іспанія розробили власні системи подібних стандартів.

У 1993 р. комітет з питань екологічного менеджменту Міжнародного інституту стандартизації (ISO) у Женеві розробив спеціальну серію міжнародних стандартів ISO 14000, що регламентує схеми екологічного менеджменту й аудиту (Environmental management and audit scheme – EMAS).

Серія розроблялася на основі двох документів: (1) згаданого британського стандарту систем екологічного менеджменту (EMS) BS 7750 і (2) чинної в Європейському Співтоваристві міжнародної системи стандартів управління якістю продукції, так званої Системи всеохопного менеджменту якості (Total Quality Management – TQM) ISO 9000. Остання передбачала контроль якості виробів і послуг протягом усього життєвого циклу продукції: від виробництва сировини до кінцевого розміщення відходів.

Кращі риси двох названих систем і увібрала в себе міжнародна серія ISO 14000 (Sunderland, 1996; Stoesser, 1996).

Система екологічних стандартів ISO 14000 орієнтована не на кількісні параметри (обсяг викидів, концентрації шкідливих речовин, ін.), не на технічні характеристики чи технологічні рішення (наприклад, використовувати чи не використовувати певні технології), а на принцип *постійного удосконалення*. Зокрема, згідно з цими стандартами, існує вимога використовувати «найкращу доступну технологію». Основні документи серії

ISO 14000 не містять ніяких *абсолютних* вимог до впливу підприємства на навколишнє середовище, за винятком того, що підприємство в спеціальному документі повинне заявити про своє бажання дотримуватись національних стандартів. Подібний характер міжнародних стандартів обумовлений, по-перше, тим, що вони не повинні суперечити сферам дії конкретних національних стандартів; по-друге, тим, що вони спрямовані не на досягнення певного абсолютного рівня, а на постійне відносне вдосконалення; по-третє, тим, що це все-таки стандарти не технічних умов, а економічних процедур. Стандарти ISO 14000 згруповані за трьома напрямками:

- регламентація загальних принципів;
- формування інструментарію;
- управління екологічною якістю продукції.

### 3 першоджерела

---

Перелік стандартів ISO 14000 має такий вигляд:

1. *Принципи екологічного менеджменту:*

ISO 14001: Система екологічного менеджменту (EMS) – специфікації і посібник з використання.

ISO 14004: EMS – загальний посібник із принципів, систем і методів.

ISO 14014: Посібник з визначення «початкового рівня» екологічної ефективності виробництва.

2. *Інструменти екологічного контролю й оцінки:*

ISO 14010: Посібник з екоаудиту. Загальні принципи.

ISO 14011: Посібник з екоаудиту – процедури аудиту, аудит систем екологічного менеджменту.

ISO 14012: Посібник з екоаудиту – критерії кваліфікації екологічних аудиторів.

ISO 14031: Посібник з оцінки екологічних показників діяльності організацій.

3. *Стандарти вимог на продукцію:*

ISO 14020: Принципи екологічного маркування продукції.

ISO 14040: Методика оцінки «життєвого циклу» – оцінка (серія) екологічного впливу, пов'язаного з продукцією на всіх стадіях її життєвого циклу.

ISO 14050: Словник термінів (госарій) з екологічного менеджменту.

ISO 14060: Посібник з обліку екологічних аспектів у стандартах на продукцію.

(ISO/DIS 14001: Specification for Environmental Management System. Specification with guidance for use (Geneva, Switzerland: International Organisation for Standardisation, August, 1995)).

Офіційно стандарти ISO 14000 є добровільними. Вони не підмінюють законодавчих вимог і служать фірмам своєрідним поси-

бником стосовно самозобов'язань у сфері природокористування. Однак усе більше компаній застосовують ці стандарти – і мають для цього причини.

По-перше, існує м'який пресинг із боку міжнародних організацій. Наприклад, провідні банки Швейцарії та Німеччини не виділяють кредитів без екологічного обґрунтування проєктів. У цьому відношенні зазначена система стандартів є однією з небагатьох, що визнаються банками. Недавно ЄС оголосив про намір допускати на свої ринки тільки ISO-сертифіковані компанії.

По-друге, впровадження системи екологічного менеджменту надає компаніям додаткові переваги.

### Примітка

---

Звичайно називають такі переваги впровадження ISO-стандартів:

- полегшується вирішення екологічних проблем, підвищується відповідальність, досягається чіткий розподіл обов'язків;
- забезпечується системний підхід;
- створюється можливість зменшення витрат внаслідок більш раціонального використання води, сировини, енергії, зменшення відходів;
- гарантується відповідність вимогам природоохоронного законодавства, мінімізується ризик залучення до судової відповідальності;
- поліпшуються взаємини працівників фірми з громадськістю (зближуються інтереси підприємства і суміжних суб'єктів);
- поліпшується позиція підприємства на ринку (підвищується його репутація, конкурентоспроможність);
- досягається оздоровлення середовища і виробничих процесів на самому підприємстві;
- створюються передумови залучення висококваліфікованої робочої сили;
- виникають можливості завоювання ринків «зелених продуктів»;
- збільшується оціночна вартість основних фондів (це буває корисним, бо створює можливість одержання додаткових кредитів).

### Цифри і факти

---

Швейцарська фірма SQS провела опитування близько 500 європейських компаній, які використовують ISO-стандарти, на предмет ефективності екологічної сертифікації. Результати опитування показали, що понад 80% компаній вважають цю діяльність ефективною, у тому числі 60% окупили свої капіталовкладення за один рік. Крім того, 80% тих, що дали позитивний відгук, упевнені в майбутньому одержанні доходів від проведених заходів (Кісільова, 1998).

У зв'язку з рішенням України приєднатися до Генеральної Угоди з тарифів і торгівлі (ГАТТ) і вступити до Всесвітньої організації торгівлі (ВТО), вона першою з країн СНД з 1 січня 1998 року ввела на своїй території стандарти серії ISO 14000 як добровільні стандарти, що діють у сфері екологічного управління (ДСТУ, 1997).

*Місцеві ініціативи щодо забезпечення сталого розвитку* (Місцева агенда – 21) (англ.: Local Agenda – 21). Суть таких ініціатив у реалізації рішень Ріо-конференції 1992 року, яка прийняла «Порядок денний на XXI століття» (Agenda-21) (Ріо-де-Жанейро – Йоганнесбург, 2002). Основна ідея, що пролунала на конференції: стійкого (невиснажливого) стану природних систем планети можна досягнути тільки на основі децентралізованого підходу до врахування місцевих особливостей у розвитку соціально-економічних систем. Саме тому на конференції пролунало гасло: «Думати глобально – діяти локально!». Однак окремі особливості територіального управління не означають відсутності загальних принципів у методах керування. Однією з таких спільних рис є перехід органами місцевого самоврядування від планів і програм соціально-економічного розвитку (доповнених програмами охорони природи) до єдиних планів/програм, що передбачають сталий соціально-економічно-екологічний розвиток (Local Agenda – 21). Таким чином, природокористування з другорядної сфери перетворюється на базовий компонент формування планів територіального розвитку.

Зокрема, в прийнятій у 1994 р. в датському місті Олборзі «Європейській хартії міст і територій сталого розвитку» можна виділити такі принципи планування стійкого розвитку (СР) на території:

- програми СР мають сприяти підтримці стійкого розвитку природних систем (зокрема, темпи споживання невідтворюваних природних ресурсів не повинні перевищувати темпів їх заміни відтворюваними ресурсами, а темпи споживання відтворюваних ресурсів – темпів їх природного поповнення);
- розвиток економіки і суспільства повинен сприяти формуванню стилю життя, адекватного ідеям стійкого розвитку;
- принципові рішення з розвитку територій повинні враховувати думку людей, що там живуть;
- дана територія не повинна створювати екологічних проблем майбутньому населенню;

- дана територія не повинна створювати екологічних проблем сусіднім територіям; у разі потреби ці проблеми повинні вирішуватися спільно;
- інвестиції мають сприяти підтриманню природного капіталу, зниженню рівня експлуатації природних систем, збільшенню частки використання відновних ресурсів, ефективному використанню матеріальних і енергетичних ресурсів;
- землевпорядкування має сприяти підвищенню ефективності використання земель;
- організація транспорту має відбуватися шляхом розвитку громадських видів транспорту, а також умов для пересування велосипедами й пішки;
- засоби масової інформації повинні сприяти підвищенню відповідальності громадян як за місцеві екологічні проблеми, так і за збереження клімату планети;
- міське управління має розвиватися шляхом розвитку самоврядування і максимального залучення громадян до вирішення найважливіших проблем;
- має постійно діяти система мотиваційних інструментів, які б сприяли вирішенню завдань стійкого розвитку.

До цього слід додати, що процедура «Local Agenda – 21» (LA–21) передбачає систему конкретних механізмів і інструментів, яка постійно вдосконалюється завдяки накопиченню досвіду міст і муніципалітетів багатьох країн. Серед подібних механізмів та інструментів – процедура пошуку консенсусу і партнерства різних соціальних груп і громадян, що проживають на даній території; система постановки цілей і завдань; система критеріїв і показників контролю, оцінки і планування; система освітніх, тренінгових програм; система мотиваційних інструментів і багато іншого.

Існують і багато міжнародних організацій, що узагальнюють і систематизують досвід з удосконалення LA–21, у тому числі: Міжнародна рада місцевих екологічних ініціатив (ICLEI), Європейська асоціація екологічно орієнтованих міст; Міжнародна асоціація міського розвитку (INTA) та інші.

Мабуть, найбільш важливою рисою місцевих процедур формування умов сталого розвитку територій є їх динамізм. Не випадково в одному з посібників до розробки «Local Agenda – 21» сказано: «Програма сталого розвитку – це не документ, а процес». Це стосується і самого розвитку.





## Стратегія і тактика реалізації екологічної політики

### 23.1. 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*.

Всі три поняття передбачають міру впорядкування в просторі і часі певних видів діяльності. В 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. *Стратегія і тактика* підпорядковуються реалізації політики і можуть визначити лінію дій будь-якого господарського суб'єкта. При цьому: якщо *стратегія* передбачає більш довгострокові, значні і важливі настанови, то *тактика* бере до уваги більш короткострокові орієнтири, що деталізують засоби реалізації стратегії.

#### Примітка

---

Слід наголосити на певній умовності зазначених понять. Ця умовність полягає в тому, що не існує визначених, фіксованих критеріїв віднесення певних явищ чи дій до розгляду того або іншого поняття. Існує лише лінія умовного зв'язку між цими поняттями, коли *стратегія* підпорядковується *політиці*, а

тактика, у свою чергу, – стратегії. Тим не менш вживання в мовній практиці або літературі цих понять значною мірою ґрунтується на індивідуальних особливостях сприйняття і змістових відносинах, що їх надають ті чи інші фахівці або автори згаданим елементам термінології. Зокрема, цілком можливо, що в деяких випадках *екологічна політика* буде названа *екологічною стратегією*, а *стратегія* – *тактикою*. Часто зміна термінів відбувається при переході з одного рівня управління на інший: те, що є *стратегією* для нижчого рівня, може вважатися *тактикою* на більш високому рівні. І це природно. Масштаби предметів і об'єктів управління збільшуються з підвищенням рівня управління.

З урахуванням тих традицій, що існують в науковій і навчальній літературі, можна дати такі визначення.

**Екологічна політика** – це здійснювана економічним суб'єктом вищого рівня (державою, міждержавним утворенням) генеральна лінія дій або система заходів, що визнають напрями природокористування і стан довкілля. Екологічна політика визначає екологічну спрямованість діяльності окремих складових господарського суб'єкта згідно з його цілями, завданнями та інтересами. З екологічною політикою пов'язані структурна, інвестиційна, фінансово-кредитна, соціальна, зовнішньоекономічна, науково-технічна, податкова, бюджетна політика суб'єкта господарювання.

У широкому розумінні *екологічна стратегія* поєднує довгострокові, найбільш принципові, важливі настанови, плани, наміри керівництва суб'єкта господарювання щодо екологічної діяльності.

**Екологічна стратегія.** Сутність стратегії можна коротко визначити 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.

У літературі зазначені два змістовні відтінки розглянутих функцій стратегії часто відрізняються термінологічно. Якщо стратегія розглядається як формування цільової настанови, вона називається *стратегією результату*, а стратегія, спрямована на визначення пріоритетної моделі поведінки, називається *стратегією процесу*.

*Стратегія результату* обумовлена формуванням головних цілових настанов господарського суб'єкта. Звичайно виділяють три основних рівні формування екологічних цілей будь-якого суб'єкта:

- 1) вибір *генеральної мети*; вона служить точкою відліку при аналізі альтернативних управлінських рішень (зокрема, на міждержавному рівні генеральною метою може бути забезпечення стійкого розвитку та збереження можливостей виживання людства, на державному рівні генеральною екологічною метою може бути збереження несучої здатності екосистем чи, навпаки, тривале забезпечення промислових потреб у природних ресурсах або невиснажливому їх споживанні);
- 2) формування на основі генеральної мети *стратегічних цілей* (довгострокових, середньострокових, короткострокових), які є критеріями для всього подальшого процесу прийняття рішень (такими цілями можуть бути поліпшення якості компонентів довкілля: повітря, води, ґрунтів, зменшення кількості еродованих земель тощо);
- 3) розробка завдань, що забезпечують досягнення стратегічних цілей (такими завданнями можуть бути: зміна промислових технологій з метою зменшення шкідливих викидів, відмова від випуску збиткоємних видів продукції, зменшення рівня розораності земель тощо).

*Стратегія процесу* передбачає вибір і застосування пріоритетних форм і методів діяльності, на які спирається керівництво даного господарського суб'єкта в досягненні генеральної мети.

*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). Тактика реалізації будь-якої стратегічної мети, як правило, передбачає: встановлення проміжних цілей, вибір засобів для досягнення цих цілей, визначення в часі послідовності операцій, розподіл обов'язків і відповідальності між різними учасниками процесу на різних його етапах, визначення витрат і джерел фінансування на кожному з етапів тощо.

## Примітка

---

Поняття «стратегія» і «тактика» запозичені з військової термінології і мають грецьке походження. «Стратегія» складається із двох частин: *stratos* – військо і *ago* – веду. «Тактика» походить від *faktiks* – мистецтво шикунвання військ *big tasso* – шикую (ряди, шеренги).

### 23.2. Тенденції в еволюції екологічної політики

Виходячи з вищезазначеного, *екологічна політика* – це послідовне здійснення системних перетворень у суспільстві з метою контролю за екологічним станом у країні (тобто його збереження або зміни), яке спирається на весь комплекс діючих у суспільстві факторів: технічних, соціальних, економічних. 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 й 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 і досі базується попереднє очищення

шкідливих скидів у водойми. Пovoєнний 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 маловихідні технології, комплексну переробку сировини, корисне використання відходів при збереженні основної номенклатури та обсягів промислового виробництва. Внаслідок 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 виробництва, 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 не 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 із 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.

## Подобици

---

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 з 1970-ми роками, *другий період* (застосування маловідхідних технологій) припав, головним чином, на 1980-ті роки, *третій період* (підвищення ефективності) почався у 1990-ті роки минулого сторіччя. Початок *четвертого періоду*, можливо, слід очікувати наприкінці нинішнього десятиріччя.

Невтримна повоенна 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 наближатися 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 уловлені 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 на зміну тактиці «кінець труби» поступово почала приходити тактика впровадження маловідходних 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 і 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 і 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:

- інформатизація економіки;
- збільшення варіантності вибору у сферах виробництва і споживання, завдяки чому в споживача значно збільшуються можливості вибору різних товарів для задоволення тих самих потреб; отже, створюються реальні передумови заміни екологічно неспроможних речовин і процесів на їх більш ефективні аналоги (наприклад, коли знадобилося замінити озоноруйнівні речовини, їм було знайдено заміну, те саме відбувалося з пестицидами і деякими іншими виробами);
- збільшення функціональності економічних систем та їхніх складових; зокрема, сфери діяльності виробничих агрегатів і обладнання, сільськогосподарських машин, побутової техніки значно розширюються, що дає змогу різко збільшити питому ефективність цих систем;
- поява значної кількості виробничих систем і споживчих товарів, заснованих на інформаційних принципах, запозичених у природи;
- як наслідок попереднього пункту відбувається зниження питомої енергоємності, матеріаломісткості та ціни виробничих процесів, виробів і послуг;
- виникнення передумов до досягнення *індустріального метаболізму*, тобто формування замкнених інтегральних систем виробництва і споживання продукції за аналогією з циклами кругообігу речовин і енергії в природі;
- насичення в розвинених країнах ринку кількісного споживання матеріальних благ, що дає змогу перейти до розвитку ринку духовних та інформаційних благ і послуг;
- розвиток територіального самоврядування і в результаті значно краще врахування індивідуальних особливостей екосистем і соціальних співтовариств в управлінні економічним розвитком;
- інтернаціоналізація процесів виробництва і споживання продукції; міжнародна кооперація і спеціалізація створюють можливості для різкого скорочення питомих витрат виробництва продукції, максимальної реалізації територіальних факторів оптимізації компонентів життєвого циклу товарів.

У 1972 р. світ був схвилюваний фактами доповіді групи вчених під керівництвом Д. Медоуза Римському клубу «Межі зростання». У доповіді йшлося про реальну небезпеку, що загрожує людству і екосистемам Землі внаслідок безжальної 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 рішення 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 четверо 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 удвічі 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 зекономленої 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 (Вайццеккер, 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.

### **23.3. Формування сучасної економічної стратегії екологізації**

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 на 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.

Процеси екодеструктивного впливу групуються за п'ятьма напрямками:

- забруднення;
- порушення ландшафтів;

- прямий вплив на організм людини;
- вплив на характеристики людини як особистості;
- прямий вплив на тварин і рослини.

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. 23.1. Зупинимось 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 не прогнозований компенсаційний потік виробів і послуг для латання «проривів» у споживчих стандартах. Виробництво цих товарів може звести нанівець очікувані екологічні успіхи.

- Наукові ідеї
- Технологічні рішення
- Технічні засоби
- Фінансові можливості
- Інформаційні матеріали

- Переконавання
- Знання
- Навички
- Відповідальність
- Обов'язки
- Звички



- Адміністративні
- Економічні
- Інформаційні
- Організаційні
- Соціальні
- Психологічні

- Потреби
- Інтереси
- Можливості

Рис. 23.1. Схема відтворювального механізму екологізації економіки

*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.

*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. 23.1).

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. 23.2 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

Таблиця 23.1. Еволюція екологічних потреб

Типи екологічних потреб	Види товарів
I. Засоби природозахисного характеру	<p>1.1. Засоби для запобігання екодеструктивного впливу (очисне обладнання, технології щодо 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 (в 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 й 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>

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, скажі-

Таблиця 23.2. 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, переносити 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.

мо, 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.

## 23.4. 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 системних компонентів, що, умовно кажучи, утворюють «квадрат» управлінського механізму екологізації (рис. 23.2): 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 надходження в компоненти навколишнього природного середовища або трофічні ланцюги тієї чи іншої шкідливої речовини; зменшення процесів, що ведуть до порушення ландшафтів, тощо.

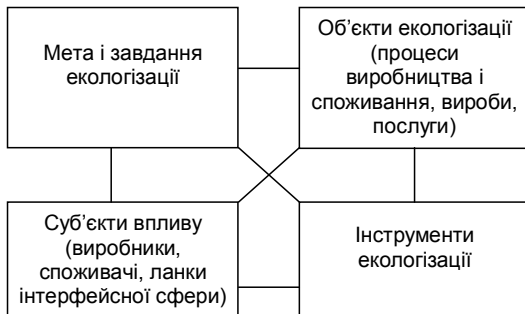


Рис. 23.2. Схема механізму реалізації завдань екологізації



## 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 чи частково) від використання продукту, при виробництві якого виникає «джерело» забруднення атмосфери. Тим самим усувається потреба в даному виді виробництва взагалі й у 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 мінімальними витратами й отриманням максимальної віддачі коштів, спрямованих на розв'язання поставлених завдань.

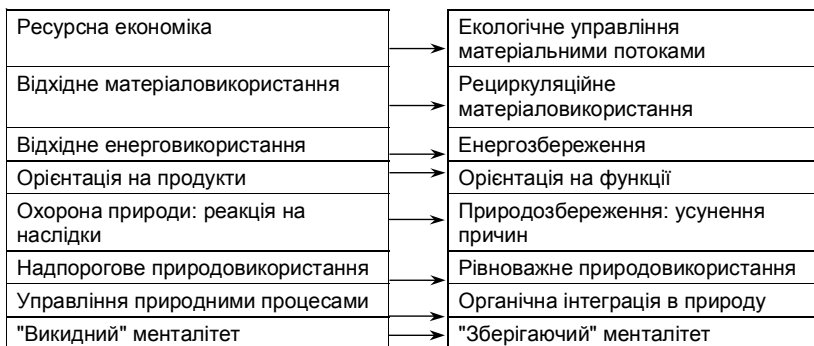


Рис. 23.3. Схема концептуальних напрямків формування завдань екологізації

Зазначені принципи в поєднанні з аналізом найбільш гострих вузлів екодеструктивного впливу у виробничо-споживчому циклі дають змогу визначити основні напрямки і завдання екологізації господарського комплексу (рис. 23.3) (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. 23.4).

Згадані базові стратегії можуть бути класифіковані таким чином. Стратегія I: зменшення *потреби в продукті*. Стратегія II: *зміни в продукті* для підвищення рівня його екологічності.

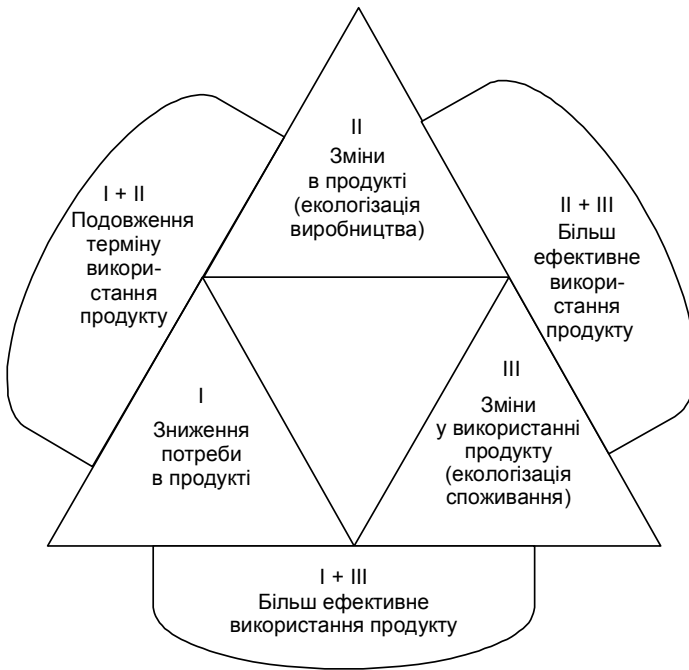


Рис. 19.4. Інноваційні стратегії визначення об'єктів екологізації

Стратегія III: зміни у використанні продукту для підвищення екологічності процесів споживання й 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 з 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, вдосконалення структури споживання, відмова від товарів і послуг, які не є життєво необхідними для людини.

*Стратегія II* стосується будь-яких змін у продукті, у т.ч. зменшення шкідливості ресурсів (зокрема, шляхом заміни 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 ремонтпридатності, 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 *тактично* му 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*.

**Керовані 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, поховання 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, торгові 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 уявити 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. 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 екологічні податки на продукти (наприклад, пестициди, мінеральні добрива, батареї, 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 критерії.

*Таблиця 23.3.* 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

## Примітка

---

Інноваційні процеси, що відбуваються зараз 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; в 70–80-ті – на розробку маловідходних технологій; то у 90-ті роки вона була спрямована на розробку незбиткоємних видів продукції, створення високоефективних 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.

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 у розвинених країнах для управління екологічною спрямованістю інноваційних процесів. Різноманіття можливого інструментарію у вирішенні такої екологічної проблеми, як утилізація використаних батарейок, охарактеризоване в табл. 23.3.

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.



## 23.5. 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. 23.5.

**1. Стратегія впливу на пропозицію.** У спеціальній літературі подібна стратегія пов'язується зі словом «шттовхати». Суть її у формуванні системи мотиваційного впливу (кредитні й податкові пільги, дотації, інші економічні стимули, екологічні стандарти, доведення інформації про розширення екологічних потреб тощо), яка б підшттовхувала виробників до переходу на «зелену» продукцію.

### Подробиці

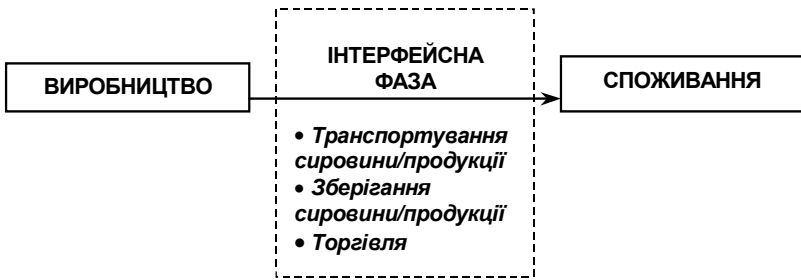
---

Екодеструктивні фактори сфери виробництва умовно можуть поділятися на дві підгрупи: зовнішні стосовно даного виду виробництва та внутрішні.

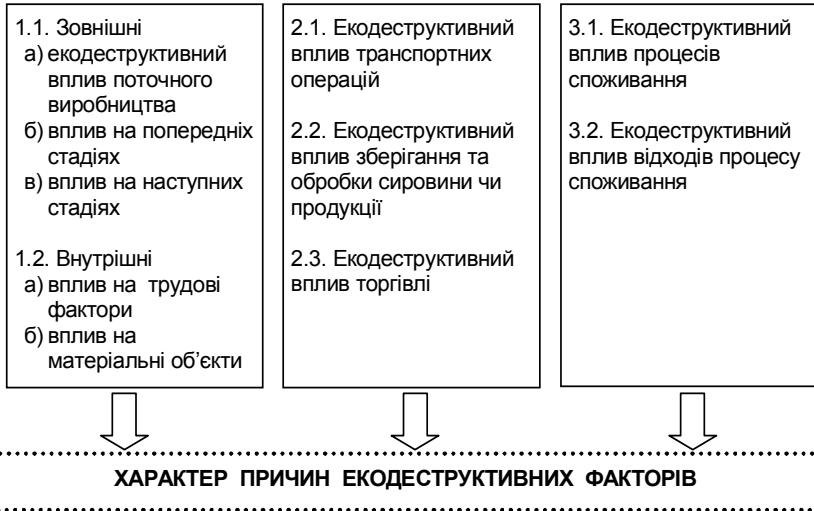
*Зовнішні*, у свою чергу, можуть бути поділені на три групи: а) фактори поточних стадій виробництва; б) фактори попередніх стадій виробництва; в) фактори наступних стадій виробництва.

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



### ЕКОДЕСТРУКТИВНІ ФАКТОРИ:



- Обумовлені виробником
- Обумовлені інтерфейсною сферою
- Обумовлені споживачем

Рис. 23.5. Схема реалізації стратегій впливу на суб'єкти з метою екологізації економіки

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 ведуть до значного забруднення навколишньої природи, це буде значно більш ефективним «природоохоронним заходом» у масштабах країни, ніж використання дорогих очисних спо-

руд 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 веде до 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 електропобутові прилади, устаткування, обладнання, транспортні засоби. Особливо суворими мають 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 виходить, 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 дало змогу 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 ввозу 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 ввозу будь-яких сільськогосподарських продуктів Австралія значно знизилла 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, вдосконалення 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 у 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, внаслідок 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.

Структура економіки (виробництва, споживання) – це поділ економіки чи економічних суб'єктів/об'єктів на складові частини за певними ознаками (наприклад, на підрозділи, які спеціалізуються на випуску/споживанні окремих груп товарів), що супроводжується визначенням взаємозв'язків між цими складовими частинами. Найбільш характерним прикладом структурного поділу економіки є галузева структура. При *реструктуризації* економіки (тобто зміні її структури) трансформується перш за все галузевий устрій. Однак у ході цього процесу змінюється і структура окремих підприємств (тобто склад цехів, служб і ділянок). Перехід на виробництво нових видів продукції, природно, змінює і структуру сфери споживання (співвідношення окремих груп споживчих товарів).

Перевага організованих, керованих державою структурних змін (реструктуризації) обумовлена кількома обставинами. По-перше, будь-які трансформаційні зміни в економіці (зміни *гомеостазу* суб'єктів господарювання і економічних систем) неминуче пов'язані з економічними втратами. Централізована координація екологічно спрямованих змін дає можливість зменшити загальні витрати перебудови. По-друге, проведення значених змін потребує значних інвестиційних вкладень. Це обумовлює концентрацію інвестиційних джерел на державному рівні. Виходячи з наведеного, можна зробити ще два висновки. *Перший*: масштабні перебудови в економіці повинні відбуватися не постійно, а чергуватися з відносно спокійними періодами функціонування вже сформованих структур (у цьому випадку скорочуються можливі економічні втрати перебудов). *Другий*: перебудови (реструктуризації) мають здійснюватись комплексно, охоплюючи, по можливості, всі рівні

економічної системи (це знижує інтегральний обсяг витрат перебудови). Подібні зміни мають ретельно готуватися на державному рівні. Держава зобов'язана контролювати і сам конструкційний процес, забезпечивши його чітким управлінням, адекватними мотиваційними інструментами, належною оцінкою і корекцією перебігу процесів.

## Примітка

---

Структурні зміни є своєрідним проривом на новий якісний рівень економіки, при якому за галузями-лідерами на інноваційний «плацдарм» спрямовуються інші підрозділи національної економіки. Реструктуризація на певний період закріплює досягнуті успіхи, у тому числі екологічного характеру. Період роботи економіки між реструктуризаційними зрушеннями – це час, коли галузі і підприємства-аутсайдери підтягуються до рівня передових підрозділів, а лідери готують інноваційну, інтелектуальну та інвестиційну базу для нового ривка.

У зв'язку з цим надзвичайної ваги набуває формування комплексу економічних і організаційних заходів, які на першому етапі створюють умови для пошкваллення виробництва в традиційно сильних наукоємних сферах української економіки (виробництво ракетно-космічної техніки, авіаційна промисловість, виробництво композитних матеріалів, порошкова металургія, електроніка, мікробіологія, суднобудування, ін.). Подібні структурні зміни можуть дати значний екологічний ефект не тільки внаслідок того, що в зазначених секторах економіки збиткоємність продукції значно нижча від рівня, властивого народному господарству країни. Головне – дані види виробництва завдяки високій рентабельності створюють надійний базис майбутніх трансформацій економіки країни. А високий науковий і технологічний рівень може дати інноваційний імпульс і іншим секторам економіки.

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.



## Екологічна освіта і виховання як компоненти механізму забезпечення стійкого розвитку

### 24.1. Необхідність поліпшення якості екологічної освіти

Один із принципів екорозвитку наголошує, що екологічна безпека суспільства тісно пов'язана з рівнем культури, освіченості та вихованості людей у цьому суспільстві.

Зростання актуальності проблем формування та реалізації концепції стійкого розвитку в Україні гостро ставить питання про якісне поліпшення екологічної освіти і виховання. Уся державна система управління охороною довкілля відчуває гостру потребу у кваліфікованих фахівцях, які швидко сприймають нові вимоги еколого-економічної політики, здатні компенсувати екологічну неосвіченість керівників різного рівня і ефективно вирішувати сучасні екологічні проблеми.

Підготовка таких фахівців можлива лише за умови подальшого вдосконалення всієї системи екологічного виховання та освіти. Тому в планах екологічної освіти потрібно ширше використовувати міжнародний досвід, накопичений розвиненими країнами. Це обумовлено перш за все тим, що проблеми екологічної освіти і виховання вже виходять за національні межі і все більше набувають міжнародного характеру.

Вторгнення людини в біосферну систему саморегуляції, яка формувалася в процесі еволюції планети протягом мільйонів років, вимагає особливих знань, обережності, передбачливості та високих прогностичних можливостей науки, що гарантують безпеку біосфери. У зв'язку з цим подальший розвиток екологічної освіти і виховання, підвищення його теоретичного рівня є одним із актуальних завдань людства.

Перед науковцями світу вперше стоять завдання екологізації матеріальної і духовної діяльності людства. Тому подальший розвиток екологічної свідомості на сучасному етапі розглядається як об'єктивна необхідність. Освіта, що використовує результати сучасної науки і техніки, повинна відігравати провідну роль в усвідомленні та кращому розумінні сучасних проблем навколишнього природного середовища. Вона повинна сприяти встановленню раціонального відношення до природи і до використання державою своїх природних ресурсів. Освіта в галузі довкілля повинна охоплювати людей усіх вікових груп на всіх ступенях формальної та неформальної освіти.

Необхідність розширення та вдосконалення системи екологічної освіти і виховання була визнана не лише делегаціями держав, що брали участь у роботі першої Міжурядової конференції з освіти в галузі довкілля, але й більшістю країн світу.

### Примітка

---

Великих зусиль щодо розвитку екологічної освіти докладають різні міжнародні організації. Так, організація економічного співробітництва та розвитку в Європі (ОЕСР) регулярно проводить семінари з питань екологічної освіти. Організація африканської єдності (ОАЄ) здійснює заходи, спрямовані на розвиток екоосвіти в країнах Африки. Організація ліги арабських держав з питань освіти, науки й культури розробила спільно з ЮНЕСКО програму з питань довкілля не лише для державних, але й громадських форм екологічної освіти.

Питанням екологічної освіти і екологічного виховання в нашій країні почали приділяти увагу на початку 70-х років ХХ ст., коли стало зрозуміло, що багато помилок, які призводять до порушення екологічної рівноваги в природі, виникають через незнання законів екології. Було сформовано систему природоохоронної освіти, яка здійснювалася за двома основними напрямками:

- 1) поширення відповідних природоохоронних знань серед населення через лекційну пропаганду, видання науково-популярної і спеціальної літератури, засоби масової інформації та ін.;
- 2) природоохоронна підготовка через систему загальної, професійної та вищої освіти.

Одним із недоліків існуючої системи екологічної освіти є те, що природа розглядається як енергетичний та сировинний ре-

курс матеріального виробництва, а її цінність визначається, перш за все, як господарська. Екологічний аспект розуміння природи як необхідного середовища життєдіяльності людини залишався на периферії екологічної освіти, головним критерієм якої було раціональне природокористування. Передбачалося, що в результаті використання досягнень НТП стара природомістка техніка і технології з великим обсягом виробничих відходів буде замінена менш ресурсоемною та екологічнобезпечною, що, у свою чергу, вимагає підготовки нових спеціалістів з іншим рівнем екологічної освіти.

Слід відзначити, що ця система екологічної освіти, незважаючи на всі її недоліки, була, безперечно, кроком уперед від загальної екологічної безграмотності 70-х років ХХ ст. Інша річ, що вона була дітищем свого часу і існуючої державної системи, тому, звичайно, не може відповідати сучасним вимогам, як, зрештою, і вся нинішня система державної освіти. Тому цілком зрозуміло, що в сучасних умовах вона потребує подальшого розвитку і вдосконалення.

Однією з основних вимог сучасності до системи екологічної освіти і екологічного виховання є формування в населення екологічної свідомості і екологічного складу мислення як важливої складової загальнолюдської моралі. Основою екологічної свідомості і екологічного складу мислення є знання, переконання і навички у сфері взаємодії людини з природою. Ці знання і навички людина повинна засвоювати на всіх етапах навчання і виховання.

## 24.2. Мета і принципи екологічної освіти

**Екологічна освіта** – процес і результат засвоєння систематизованих знань, умінь і навичок теорії та практики раціонального природокористування і охорони природи, формування екологічного мислення і світогляду, що базуються на принципі індивідуальної екологічної відповідальності.

Серед головних *ідей* екологічної освіти можна виділити такі:

- світогляд на основі сучасної екологічної картини світу;
- усвідомлення єдності всього живого та неживого в природі;
- пізнання себе як частини навколишнього світу;
- розуміння різноманітності цінностей природи (матеріальної, емоційної, естетичної та ін.);

- використання системного підходу до вивчення живих систем різного рівня організації;
- розуміння екологічних взаємозв'язків, що забезпечують цілісність живих систем як процесів обміну речовиною, енергією, інформацією;
- перехід від антропоцентричного підходу до вивчення природних процесів та явищ до екоцентристського та поліцентристського підходів;
- розуміння причин суперечностей (виникнення екологічних проблем) у системі «природа – суспільство» як невідповідність природних та соціальних законів;
- розуміння екологічної кризи як кризи культури;
- розуміння внеску екологічної культури в загальну культуру людини;
- усвідомлення морального вибору способів доцільної діяльності, узгодженої з екологічними і моральними імперативами;
- виховання екологічної відповідальності за стан навколишнього природного середовища, свого здоров'я та здоров'я інших людей;
- розуміння концепції сталого розвитку людства як коєволюції суспільства і природи;
- розуміння необхідної гармонізації взаємовідносин суспільства і природи як соціальної проблеми (Корекина и др., 2000).

Реалізація цих ідей можлива лише за умови створення *єдиної системи неперервної екологічної освіти та виховання* (ЕОВ). Формування такої системи в реальній дійсності ускладнюється такими факторами:

- 1) значним розширенням вікових меж людей, які навчаються (від народження і протягом усього життя);
- 2) значним збільшенням тривалості освіти (обов'язкова школа все більше втрачає функції останнього етапу освіти, постійне самовдосконалення стає необхідною її складовою);
- 3) потребою поширення впливу освіти на сфери емоційної, соціальної та фізичної діяльності.

Таким чином, неперервна екологічна освіта – це результат взаємодії трьох основних освітотворчих факторів: сім'ї, навчальних закладів та засобів масової комунікації. Без такої єдності не можна вирішити проблему неперервної екоосвіти.

Основні її принципи полягають ось у чому:

- здійснюється протягом усього свідомого життя людини;

- спрямовується на систематичне поповнення, оновлення, вдосконалення екологічних знань, умінь, навичок і життєвих орієнтацій людини;
- задовольняє потребу у формуванні в особистості глибоких внутрішніх мотивів діяльності як у рамках навчальних закладів, так і шляхом самоосвіти (Некос и др., 1996).

Неперервною екоосвіту можна вважати тільки тоді, коли вона здійснюється протягом усього життя людини і характеризується належною глибиною і різноманітністю.

Її можна уявити як особливий аспект трудової діяльності, як внутрішню потребу особистості, що їй вона присвячує частину свого вільного часу. Неperервна система екоосвіти – це не просте додавання її окремих частин (у базовій та суспільній освіті, самоосвіті тощо), а єдина детермінована система, яка формує мотивацію екологічної освіти та виховання на державному рівні.

Мета екологічної освіти впливає із сучасного розуміння її суті, визначеної колективними зусиллями спеціалістів багатьох країн світу, рекомендацій міжнародних форумів з даної проблеми, специфіки розвитку та потреб нашої держави.

Основною *метою* освіти в галузі охорони навколишнього середовища є формування екологічної культури особистості як форми регуляції взаємодії людини з природою.

*Екологічна культура* характеризується:

- наявністю світоглядних ціннісних орієнтацій щодо природи;
- різнобічними глибокими знаннями про навколишнє середовище (природне і соціальне);
- набуттям умінь і досвіду вирішення екологічних проблем (насамперед на місцевому і локальному рівнях);
- екологічним стилем мислення і відповідальним ставленням до природи і свого здоров'я;
- безпосередньою участю в природоохоронній діяльності;
- передбаченням можливих негативних наслідків природопетворювальної діяльності людини.

Екологічна культура виявляється у свідомості, мисленні, поведінці особистості.

Мета екологічної освіти досягається поетапно, шляхом вирішення освітніх, виховних і розвиваючих *завдань*:

- виховання розуміння сучасних проблем навколишнього середовища та усвідомлення їх актуальності для всього людства, своєї країни і рідного краю;

- розвиток особистої відповідальності за стан навколишнього середовища на національному й глобальному рівнях;
- засвоєння кращих досягнень загальнолюдської і національної культур, розуміння багатогранної цінності природи (не лише утилітарної, а й естетичної, санітарно-гігієнічної, науково-пізнавальної, рекреаційної, морально-етичної);
- оволодіння науковими знаннями про взаємозв'язок у системі «людина – суспільство – природа», формування знань і умінь дослідницького характеру, спрямованих на розвиток творчої і ділової активності при вирішенні екологічних проблем і життєвих ситуацій;
- сприяння переходу набутих знань в особисті переконання, які б виключали можливість лицемірства щодо природи; розвиток потреби в спілкуванні з нею;
- розвиток умінь приймати відповідальні рішення щодо проблем навколишнього середовища, оволодіння нормами екологічно грамотної поведінки;
- засвоєння і використання у взаємозв'язках людини з природою народних традицій і кращих досягнень світової практики;
- виховання постійної турботи про власне здоров'я та вироблення навичок його збереження;
- залучення підростаючого покоління до активної природоохоронної діяльності на основі набутих знань і ціннісних орієнтацій.

На міжнародному рівні освіта в галузі навколишнього середовища розглядається як неперервний процес, що охоплює всі вікові, соціальні та професійні групи населення. Основоположне значення мають такі її *принципи*:

- неперервність, системність і систематичність, які забезпечують організаційні умови формування екологічної культури особистості, наступність між окремими ланками освіти;
- виховання розуміння цілісності, єдності навколишнього середовища, нерозривного зв'язку його компонентів, взаємозумовлення природних процесів. Істотну роль у реалізації цього принципу відіграє вчення про екосистему, біосферу і ноосферу;
- міждисциплінарний підхід до формування екологічної культури, який передбачає не механічне впровадження різнобічних знань екологічного спрямування у зміст різних предметів, а їх логічне підпорядкування основній меті екологічної освіти;

- висвітлення екологічних проблем на глобальному, національному і краєзнавчому рівнях, що передбачає ознайомлення із загальними і локальними проблемами навколишнього середовища, а також практична участь у розв'язанні місцевих екологічних проблем;
- спрямованість навчання на розвиток ціннісно-мотиваційної сфери особистості, гармонізація зв'язків із навколишнім середовищем.

### Примітка

---

Останній принцип можна виразити формулою: «Відчувай, спостерігай, узгаляй, дій». Поряд із високою екологічною компетентністю акцентується увага на формуванні моральних загальнолюдських якостей, оціночно-критичного мислення, емоційно-художнього сприйняття довкілля, засвоєння правових норм поведінки.

Екологічна освіта передбачає вдосконалення внутрішнього світу самої людини на засадах почуття людської гідності, гуманізму, взаємодопомоги, виховання альтруїстичних якостей особистості. Екологічна освіта розвивається з урахуванням традиційної культури, але не у вузьконаціональному, а планетарному аспекті, через усвідомлення себе як частини макросвіту, пов'язаної з ним численними нерозривними зв'язками.

Отже, мета, завдання й принципи положення концепції екологічної освіти в Україні спрямовані на різнобічну підготовку підростаючого покоління, яке у майбутньому зможе вирішувати екологічні проблеми на основі наукових знань, здорового глузду й набутого досвіду, керуючись національними гуманістичними ідеалами й традиціями господарювання (Пустовіт та ін., 1996).

## 24.3. Етапи і зміст екологічної освіти

Принцип неперервності процесу екологічної освіти означає, що вона має починатися на дошкільному рівні і продовжуватися на всіх етапах формальної і неформальної освіти (рис. 24.1).

Необхідно зауважити, що кожний із цих етапів у сучасних умовах потребує певного вдосконалення. Потрібно не тільки переглянути орієнтири екологічної освіти та виховання, а й створити їх нову модель, яка була б спрямована на посилення еколого-правової освіти, культури і науки. Процес екоосвіти та

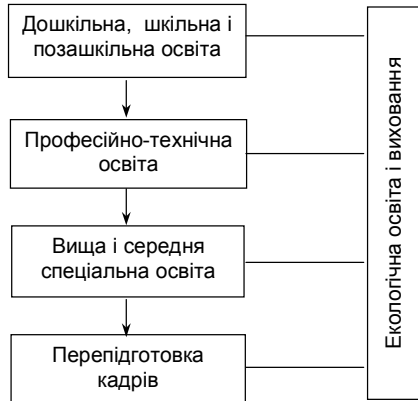


Рис. 24.1. Основні етапи (ступені) екологічної освіти і виховання

виховання повинен мати мобільний характер і корегуватися з урахуванням сучасної та прогнозованої екологічної ситуації.

**Дошкільна, шкільна та позашкільна освіта.** Мета освіти – формування в зростаючого покоління відповідного ставлення до природи як до головного надбання на основі загальнолюдської моралі та міжнародних правових норм (Програма, 2002).

У дошкільному віці діти вперше знайомляться з природою. З огляду на підвищену емоційну чутливість малят перевага надається емоційно-естетичному сприйняттю природи, розвитку естетичних (красиво), інтелектуальних (цікаво), гуманістично спрямованих почуттів (рослини і тварини теж живі організми і мають право на існування) у ставленні до природи.

Основа екологічної свідомості – це елементарні знання про природу:

- орієнтування в найближчому оточенні;
- усвідомлення життєво необхідних потреб живих істот;
- ознайомлення з елементарними відомостями про взаємозв'язки живої і неживої природи, значення її в житті людини.

Пізнання дітьми природи відбувається під час активної діяльності, коли вони оволодівають навичками бережливого ставлення до її об'єктів, збереження і створення умов для їх нормального існування.



Під керівництвом батьків і педагогів розвиваються притаманні дітям любов, потяг до природи, виховуються почуття співпереживання, що є необхідною основою формування особистості.

Загальна середня освіта спрямовується на те, щоб випускники основної школи здобули базовий рівень екологічної освіти, засвоїли такі елементи екологічної культури:

- знання про взаємозв'язки між компонентами природи та людською діяльністю, про причини і шляхи вирішення головних екологічних проблем;
- навички здорового способу життя і бережливого ставлення до об'єктів природи.

Екологічна освіта в середній школі передбачає також виховання почуття власної відповідальності за стан навколишнього середовища, свідомого ставлення до природи на основі розуміння її різнобічної цінності.

Зміст шкільної екологічної освіти структурується за блочно-модульним принципом і відображає напрями сучасної екології. Обов'язковими є блоки: а) екологія як наука про закономірності співіснування організмів і взаємодію із середовищем життя; б) екологічні аспекти сучасної цивілізації.

Шкільний етап – дуже важлива ланка неперервної екологічної освіти. Він ґрунтується на позитивному емоційному досвіді спілкування з природою, розвиваючи початкові уявлення про світ, закладені в дошкільний період. Водночас шкільний етап є базою для подальшого розвитку і поглиблення екологічної освіти.

*Напрямки вдосконалення шкільної екологічної освіти:*

1. Забезпечення підготовки викладачів з екології та екорадників для шкіл з метою засвоєння нових методик проведення занять з охорони довкілля.
2. Розробка концепції екологічної освіти, що забезпечує відповідне міжпрограмне охоплення як місцевих, так і світових екологічних проблем.
3. Розробка програми екологічного навчання для шкіл.
4. Включення екоосвіти як складової частини в програми освіти для дорослих.
5. Введення в школах програми з рециклінгу.
6. Підтримка місцевої діяльності в галузі природоохоронної та екологічної освіти за допомогою забезпечення інформацією, матеріалами і створення обладнання для природоохоронної та екологічної освіти.

7. Внесення в розділ «Ознайомлення з природою» програми виховання та навчання в дитячому садку елементів екологічного виховання для дошкільників.
8. Внесення в навчальні плани шкіл польової практики, що формує практичні навички екологічної діяльності.
9. Впровадження розділу «Екологічне виховання дошкільників (школярів)» у програми педучилищ, університетів, засідань методичних об'єднань, курсів підвищення кваліфікації педагогічних кадрів.
10. Розвиток системи позашкільної роботи в галузі екологічного виховання в різних формах її організації: табори праці та відпочинку, екологічні табори, польові екологічні практикуми, шкільні екологічні клуби та об'єднання за інтересами.
11. Подальша підтримка вже існуючих шкільних екологічних клубів, станцій юннатів та гуртків еколого-натуралістичного профілю.
12. Підтримка та посилення шкільних/класних проєктів і конкурсів.
13. Розробка та впровадження навчально-методичного забезпечення за всіма зазначеними напрямками.

**Професійно-технічна освіта.** *Мета* – формування екологічної компетентності майбутніх робітників як складової частини професійної підготовки; формування навичок екологічної оцінки технологічних процесів і техніки, виховання відповідально-го ставлення до природного середовища.

Екологічна освіта учнів навчально-виховних закладів різного рівня акредитації полягає в опануванні спеціальними професійними екологічними знаннями та вміннями відповідно до напряду майбутньої трудової діяльності.

Важливим завданням екологічної освіти учнів професійних навчально-виховних закладів є виховання відповідального ставлення до природи та наслідків виробничої діяльності.

Зміст екологічної освіти для даної ланки орієнтований:

- на формування цілісних уявлень про природу та місце людини в ній, про природоперетворювальну роль виробничої діяльності;
- набуття професійних знань про шляхи запобігання негативним впливам певних видів діяльності на природу й здоров'я;

- формування професійних природоохоронних умінь, а також навичок збереження власного здоров'я.

*Напрямки удосконалення професійно-технічної освіти:*

1. Внесення питань охорони природи до структури навчальних програм і планів виховної роботи училищ.
2. Розроблення навчальних програм і навчально-методичних посібників з питань охорони навколишнього середовища, що розраховані на різні категорії фахівців у галузі промисловості, сільського господарства, сфери послуг та ін., з урахуванням їх потенційного та можливого впливу на стан довкілля.
3. Розроблення та запровадження нових розділів у програми на спеціальних курсах підвищення кваліфікації інженерних і педагогічних кадрів.
4. Розроблення для профтехучилищ спеціальних навчальних програм з раціонального використання природних ресурсів, їх рециркуляції, енергозбереження.
5. Внесення природоохоронних проблем до дипломних робіт випускників профтехучилищ.
6. Узагальнення та поширення передового досвіду в ековихованні та екоосвіті учнів системи профтехосвіти.

**Вища та середня спеціальна освіта.** Мета – формування в майбутніх фахівців екологічної культури виробництва, знань, умінь, навичок, необхідних для вирішення завдань контролю за якістю природного середовища, створення маловідходних та ресурсозбережних технологій, а також медико-екологічних умов для забезпечення здоров'я населення.

Вихідними положеннями вузівської екологічної освіти є таке:

- метою освіти має бути усвідомлення кожною особистістю своєї належності до сім'ї, народів, своєї відповідальності не тільки за рідний край, а й за Землю в цілому, виховання розуміння необхідності збереження генетичного фонду планети й турботи про долю наступного покоління, тобто формування в студентів основ біосферного погляду;
- екологічна освіта у вищих закладах освіти є продовженням попередніх етапів екологічної освіти, наступним вищим рівнем у системі неперервної багатоступеневої екологічної освіти;
- вузівська екологічна освіта має бути різноплановою, охоплювати всі рівні, бути організованою так, щоб забезпечувати потреби України в екологічних кадрах;

- екологічна освіта у вищих закладах освіти повинна мати кілька рівнів (принаймні три).

### Примітка

---

Так, найвищим ступенем підготовки спеціаліста-еколога інженерного рівня слід вважати якісне засвоєння ним усього обсягу знань відповідно до програми, уміння самостійно аналізувати й моделювати типові екологічні ситуації з орієнтацією на управління останніми, якісно виконувати нескладні комплексні екологічні експертизи, приймати рішення на перспективу, виконувати екологічну паспортизацію об'єктів. Фахівців-екологів вищого рівня і широкого профілю готують провідні університети України, де є для цього відповідна база. На базі цих закладів готуються кандидати, магістри і доктори наук екологічного профілю.

Особливе значення має екологічна освіта студентів педагогічних вузів, майбутніх учителів, які, маючи високий загальний рівень екологічної культури, повинні опанувати і методику виховної роботи зі школярами.

#### *Напрямки удосконалення:*

1. Розроблення та запровадження в кожному вищому та середньому спеціальному навчальному закладі комплексної програми безперервного навчання та виховання студентів і учнів у галузі інженерного захисту довкілля та раціонального природогосподарювання з урахуванням усіх аспектів екології, ресурсозбереження, екологізації культури, екологізації педагогічної, юридичної та медичної освіти.
2. Розроблення навчальних програм, підручників та навчальних посібників з проблем екології та реалізація їх у навчальному процесі.
3. Удосконалення методики викладання екологічного права (основ екологічного права) та спецкурсів з еколого-правових дисциплін у сучасних умовах для підготовки фахівців у галузі права, інших гуманітарних та природничих наук і знань.
4. Створення нових та реорганізація діючих наукових, зокрема, еколого-експертних центрів, діяльність яких спрямована на дослідження та оцінку різноманітних проблем охорони довкілля, використання природних ресурсів, дотримання принципів екологічної безпеки.
5. Визначення пріоритетних напрямків наукових досліджень у галузі використання природних ресурсів, охорони довкілля, створення засад екологічної безпеки.
6. Організація досліджень та експериментів з вирішення проблем охорони природного середовища, раціонального приро-

догосподарювання, запровадження маловідходних та енергозбережних технологій, з еколого-педагогічної, еколого-юридичної, медико-екологічної тематики.

7. Створення в системі управління екологічної безпеки регіонального наукового центру екологічного права та законодавства для здійснення комплексних еколого-правових досліджень.
8. Внесення пріоритетних природоохоронних проблем у дипломні роботи випускників.
9. Підтримка проведення науково-практичних семінарів, конференцій з екологічної тематики для студентів вищих навчальних закладів.

**Перепідготовка кадрів.** *Мета* – трансформація існуючого суспільного світогляду на базі формування нової парадигми екологізації виробництва та споживання; модернізація знань, удосконалення навичок.

Система неперервної екологічної освіти охоплює також післявузівську освіту, метою якої є підвищення рівня екологічної культури, ознайомлення з новітніми досягненнями екології та охорони природи. Першочерговим є навчання керівного складу, господарників, адміністраторів, менеджерів, політичних діячів.

Базовий зміст післявузівської екологічної освіти охоплює:

- сучасні уявлення про біосферу, її склад, функціонування, причини деградації, перспективи виходу з кризи;
- поняття й закони екології, відомості про основні напрями екологічних досліджень;
- правові аспекти охорони навколишнього середовища.

Особлива увага приділяється вивченню екологічних проблем конкретної сфери діяльності слухачів.

Перевага надається рольовим іграм, екскурсіям та іншим активним формам і методам.

Екологічна освіта і перепідготовка викладачів, керівних працівників та інших категорій населення здійснюється інститутами післявузівської освіти за спеціальними галузевими програмами.

*Напрямки удосконалення на цьому етапі:*

1. Проведення семінарів з біології та географії для вчителів середніх шкіл.
2. Залучення викладачів до додаткових джерел екологічної інформації.

3. Навчання викладачів роботи з доступними засобами масової інформації.
4. Проведення конференцій викладачів.
5. Розвиток перепідготовки викладачів на всіх рівнях і для всіх категорій освіти, створення факультетів підвищення кваліфікації при вищих навчальних закладах з підготовки та перепідготовки викладачів з освіти в галузі природного середовища.
6. Введення в навчальні плани перепідготовки фахівців (друга вища освіта) дисциплін екологічного напрямку (наприклад, «Основи екології та екологічного управління природними ресурсами»).

Одним із важливих компонентів, що забезпечують досягнення навчально-виховної мети, є зміст екологічної освіти.

*Зміст екологічної освіти* передбачає розроблення системи наукових знань (уявлень, понять, закономірностей), які відображають філософські, природничо-наукові, соціально-економічні, технічні, правові й морально-етичні аспекти комплексної екології, розвиток цієї системи.

Набуття знань як елемент екологічної освіти охоплює пізнавальні і діяльнісні компоненти навчання. *Пізнавальні* компоненти передбачають не лише систему екологічних знань, а й визначають внутрішню культуру підростаючого покоління, формують готовність до свідомої діяльності щодо гармонізації стосунків у системі «людина – суспільство – природа». До інтелектуальних належать уміння мислити, здійснювати такі розумові операції, як аналіз, синтез, абстрагування, класифікація даних, наукове прогнозування. На цій основі виробляється уміння приймати екологічно доцільні рішення, формуються дослідницькі навички.

*Практичні* (діяльнісні) вміння спрямовані перш за все на дотримання норм екологічно грамотної поведінки людей у природі і виконання практичних дій щодо захисту навколишнього середовища та власного здоров'я.

*Загальнонавчальні* вміння спрямовані на формування вміння підвищувати екологічну компетентність, працювати з літературними джерелами, аудіовізуальними засобами, складати плани, програми, проекти, здійснювати самоосвіту, працювати як індивідуально, так і в колективі, дбаючи при цьому про своє здоров'я, а також створюючи мікроклімат взаєморозуміння, взаємоповаги, терпимості в колективі.

Національний характер змісту екологічної освіти та виховання відображає один із напрямів міжнародної стратегії дій у галузі освіти з проблем навколишнього середовища і виражається в широкому і активному залученні здобутків етнопедagogіки, використанні трудових народних традицій, елементів календарної обрядовості, фольклору з метою виховання в учнів шанобливого ставлення до природи.

Водночас зміст екологічної освіти орієнтований на загальнолюдські цінності, ідеї гуманізму, демократії, вдосконалення самої людини.

## 24.4. Екологічне виховання

*Екологічне виховання* – це процес систематичного та цілеспрямованого впливу на духовний і фізичний розвиток особистості з метою формування екологогуманістичного світогляду, підготовки до виробничої, громадської та культурної діяльності.

Вирішити проблему екологічного виховання значно складніше, ніж вдосконалити систему екологічної освіти. Якщо екологічна освіта людини визначається сукупністю її знань про особливості взаємодії суспільства з природою, то екологічне виховання має набагато складніший зміст. Воно, крім екологічних знань, охоплює широкий спектр найрізноманітніших людських якостей і характеристик, певний світогляд і світосприйняття, моральні, правові, екологічні, соціальні принципи та норми. Тому воно не мислиться окремо від естетичної, моральної, правової освіти та виховання.

### Примітка

---

Відома незліченна кількість прикладів варварського ставлення до природи людей екологічно освічених. Екологічне виховання передбачає формування таких гуманістичних якостей особистості, які, ставши її внутрішнім надбанням, функціонують у практиці повсякденного життя як внутрішній регулятор і контролер поведінки людини. Екологічно вихована людина не з примусу, а саме з власних принципів не дозволить собі заподіяти шкоду природі та іншим людям. Через це екологічне виховання сьогодні є вирішальною умовою запобігання подальшій деградації природного середовища, забезпечення коєволюції природи й суспільства, створення ноосфери – такого симбіозу суспільства й природи, у якому подолано загрозу екологічної кризи, а людина та природа перебувають у стані гармонійної рівноваги.

На цьому шляху, однак, виникає безліч найскладніших проблем. Провідна умова успіху будь-якого виховання – віковий інтервал формування в людині бажаних персональних якостей. Якщо прогайти сприятливий час для формування певних якостей особистості, то пізніше їх уже неможливо сформувати взагалі.

Згадаємо В.О. Сухомлинського, який вважав, що особистість в основних своїх проявах формується приблизно до 12 років. Тому комплексне екологічне виховання людини практично треба починати від моменту її народження. Інший важливий фактор екологічного виховання – навколишнє середовище: соціальне і природне. Якщо дитина в перші роки життя позбавлена можливості постійно і безпосередньо (не за допомогою малюнків або телеекрана) спілкуватися з живою природою, якщо роки дитинства проходять у заасфальтованому, брудному дворі без єдиного живого деревця і пташки, якщо в дитячих яслах, садку і школі вона, в кращому разі, бачить представників живої природи в клітці або акваріумі і, будучи мешканцем великого міста, ніколи не бачить зоряного неба, то така дитина, незважаючи на будь-які заходи екологічної освіти, не стане повноцінною людиною з розвиненим почуттям прекрасного, любові до природи і дбайливого ставлення до неї. Вона буде неповноцінною і в інших людських проявах.

## Примітка

---

Оскільки фундамент екологічного виховання закладається змалку, а першими вихователями є батьки та сім'я, то закономірно виникає питання щодо можливості такого виховання. Чи здатні сучасні молоді батьки ефективно почати цю роботу? Виникає сумнів, бо більшість сучасних батьків самі мають низький рівень екологічної культури.

Проблема стара, як світ: вихователь повинен сам бути вихованим. Коло замкнулося. Виникає запитання: чи можливо в такій ситуації вирішити проблему екологічного виховання та здійснити пов'язані з ним надії на поліпшення екологічної ситуації в цілому?

Надія зрушити проблему екологічного виховання з мертвої точки пов'язана з природним почуттям чадоловства. Якщо батьки бажать, щоб їхні діти й онуки не стали жертвами техногенного безглуздя, вони повинні компенсувати прогалини у власному екологічному вихованні й освіті, не допустити, щоб таке сталося з їхніми дітьми.

Невід'ємним атрибутом екологічного виховання є практична діяльність кожної людини, спрямована на охорону природного середовища, захист тваринного та рослинного світу в міс-



цях її проживання. Усвідомлення кожним власної відповідальності за стан природного середовища, безпосередня участь в екологічній діяльності можуть стати вирішальними факторами не тільки оздоровлення природного оточення в місцях проживання, праці та відпочинку, а й поліпшення глобальної екологічної ситуації. Це буде найбільш дієвим засобом екологічного виховання – формування гуманної, моральної, естетично розвинутої, духовно багатой і фізично здорової людини.

Результатом екологічної освіти та виховання є формування екологічної особистості.

**Екологічна особистість** – це особистість, якій притаманний екоцентричний тип екологічної свідомості.

Екоцентричний тип екологічної свідомості характеризується такими головними *особливостями*:

1. Психологічний потяг до світу природи, що ґрунтується на уявленні про взаємозв'язок світу людей і світу природи, в основі якого лежать такі *положення* (Деребо, 1996):

- людина не ізольована від природи, а входить як один з елементів до складної системи екологічних взаємозв'язків, тобто будь-яка її дія може мати непередбачені наслідки, що порушують баланс в екосистемі. Тому екологічна особистість прагне бути екологічно обережною;
- відходи людської діяльності не зникають в природі безслідно, а так чи інакше повертаються назад до людини, здійснюючи руйнівний вплив на її організм. Всі закони функціонування системи є для людини такими ж обов'язковими, як і для інших живих істот. Тому екологічна особистість прагне бути екологічно поміркованою;
- світ природи є не лише джерелом матеріальних ресурсів, а й фактором особистого, духовного розвитку людини. Тому екологічна особистість прагне до психологічної єдності зі світом природи, що дозволяє реалізувати духовний потенціал, який формується при взаємодії з природою;
- не лише людське суспільство здійснює односторонній вплив на природу, але й природа впливає на характер розвитку суспільства. Тому екологічна особистість прагне впливати на інших людей, а також різні громадські, економічні і політичні структури, щоб їх діяльність була екологічно доцільною, тобто особистість прагне бути екологічно активною.

2. Суб'єктивний характер сприйняття природних об'єктів, що виявляється в такому:

- природні об'єкти належать до сфери «людського», рівного людині у своїй самоцінності, відповідно взаємодія з ними належить до сфери дії етичних норм, правил і т.ін.;
- природні об'єкти можуть виступати для людини в ролі повноправних партнерів у спілкуванні і спільній діяльності.

3. Прагнення до непрагматичної взаємодії зі світом природи, що має такий вияв:

- естетичне освоєння природних об'єктів та їх комплексів;
- пізнавальна діяльність, що обумовлена інтересом до життя природи, задоволенням від самого процесу пізнання;
- практична взаємодія з природними об'єктами, в основі якої не бажання отримати який-небудь «корисний продукт», а потреба в спілкуванні з ним;
- участь у природоохоронній діяльності, продуктивність якої не в міркуваннях «далекого прагматизму» (необхідність зберегти природу, щоб нею могли користуватись майбутні покоління), а в потребі турбуватися про природу заради неї самої.

Зазначені особливості складають *характеристику* екологічної особистості.

Система основних завдань формування екологічної свідомості людини схематично зображені на рис. 24.2.

Таке розуміння названих вище завдань впливає з аналізу тенденцій розвитку громадської екологічної свідомості, який

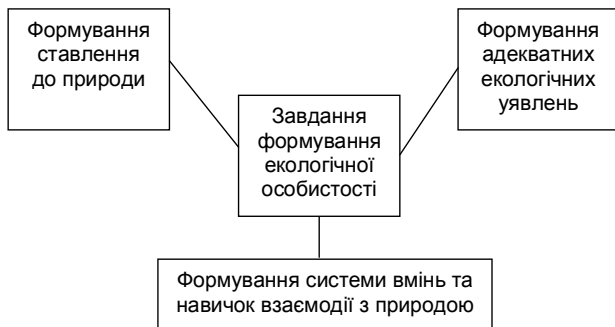


Рис. 24.2. Основні завдання формування екологічної особистості

показує, що антропоцентричний тип свідомості є психологічним підґрунтям екологічної кризи. Альтернативою, яка дозволяє знайти шляхи вирішення екологічних проблем, є екоцентричний тип екологічної свідомості, який саме і характеризується психологічним входженням людини у світ природи, суб'єктивним характером сприйняття природних об'єктів та прагненням до непрагматичної взаємодії з ними.

## 24.5. Екологічна етика як невід'ємна складова стійкого розвитку

Категорію «етика» європейська філософія успадкувала від грецької культури, саме поняття походить від слова «*ethos*», що в буквальному перекладі означає «звичне місцепроживання», тобто місце постійного мешкання людини. У переносному значенні «*ethos*» – це звичка, традиція, людська вдача і поведінка. Отже поняття «етика» характеризує сталу поведінку індивідуумів на підставі традиційних норм і правил, обмежених рамками пристойності. Екологічна етика є невід'ємною складовою стійкого розвитку, хоча можна сказати, що в сучасності їй не приділяється належна увага. Тому, щоб досягти стійкого розвитку, необхідно чітко розуміти, що мають на меті і що означають екологічна та економічна етики і їх взаємодія.

**Екологічна етика.** Екологічна етика як учення утворилася на межі двох наук – класичної людської етики і екології, використовуючи їх підходи, методи, погляди та ідеї.

Засновниками екологічної етики вважаються американський еколог Олдо Леопольд (1887–1948) і німецький лікар Альберт Швейцер (1875–1965). У своїх класичних працях О. Леопольд («Календар піщаного графства») і А. Швейцер («Культура і етика») вперше сформулювали ідею, що до живих істот і екосистем потрібно ставитися не як до речей, а як до собі подібних. З 1970-х років екологічну етику як дисципліну почали викладати в США, а потім у Великобританії, Австралії, Норвегії, Фінляндії та інших розвинених західних країнах.

Паралельно з екологічною етикою бурхливо розвивається біоетика, що розглядає проблеми на межі екології і медицини.

У 1982 р. Генеральна Асамблея ООН прийняла Всесвітню хартію природи – перший міжнародний документ, який

затвердив *етичний принцип*, що всім формам життя повинна бути забезпечена можливість існування.

**Екологічна етика** – це вчення про моральні відносини людини з природою, засновані на сприйнятті природи як морального партнера (суб'єкта), на рівноправності і рівноцінності всього живого, а також обмеженні прав і потреб людини.

Екологічна етика мотивує природоохоронні дії у *двох напрямках*:

- 1) люди діють або уникають дій з міркувань і заради блага самої природи, охороняють природу заради неї самої;
- 2) ці дії спираються на моральні принципи, попри корисливі інтереси людини, іноді навіть із шкодою для неї.

Досить коротко, емно і зрозуміло дав визначення екологічної етики американський еколог Олдо Леопольд: *екологічна етика* – це обмеження свободи в боротьбі за існування.

Екологічна етика має *два головних завдання*:

- 1) *зруйнувати старе, споживацько-негуманне ставлення до природи*, засноване на антропоцентричному міфі, що людина є центром і царем природи;
- 2) *виробити новий, екологічний світогляд*, заснований на тому, що не все має робитися в ім'я людини і на благо людини.

**Цінності природи.** Поняття цінностей природи є одним з основоположних у теорії екологічної етики, а отже, прямо стосується теорії стійкого розвитку. Цінності природи – це свого роду її «корисності», які можна розбити на *дві категорії*: внутрішні і зовнішні, які, у свою чергу, мають подальшу класифікацію (рис. 24.3).

## Подобиці

---

Неусвідомлені цінності. Природно, дика природа має не тільки всі вищезазначені цінності. Багато що в ній знаходиться поза людським розумом і досвідом, багато що ще належить оцінити і зрозуміти.

Слід зазначити, що заповідники і національні парки, як хранителі цінностей дикої природи, можуть мати також додаткові цінності, наприклад, миротворчу (у випадку, якщо заповідник розташований на межі двох держав). У цьому випадку екологічна етика тісно переплітається з економічною, оскільки тут уже йдеться про економіко-екологічний аспект прикордонного співробітництва. Останнім часом екологічний аспект, що передбачає сумісну охорону територій, присутній в багатьох програмах і договорах про прикордонне співробітництво сусідніх країн.

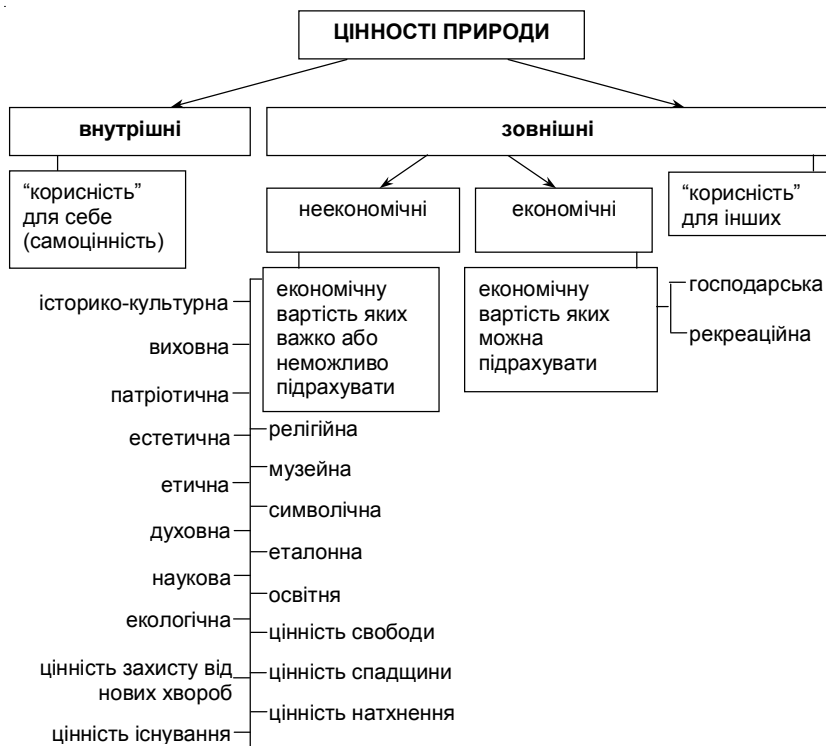


Рис. 24.3. Цінності природи

**Етичні принципи і правила поведіння з природою.** В екологічній етиці розроблені спеціальні принципи і правила, що регламентують наші відносини з природою. Вони досить прості, зручні і можуть з успіхом застосовуватися в повсякденній практиці. Дотримання цих принципів і правил екологічної етики є необхідною передумовою переходу суспільства до стратегії стійкого розвитку. Принципи екологічної етики, на відміну від правил, мають більш загальний характер і визначають наші зобов'язання щодо здійснення дій або утримання від них.

***П'ять екоетичних принципів:***

1. *Не зашкодь* (не заподіювати шкоди живим істотам, екосистемам).

2. *Не втручайся* (утримуватись від обмежень свободи живих істот або екосистем).
3. *Будь порядним* (не обманювати диких тварин, не зраджувати домашніх тварин).
4. *Дотримуйся прав природи* (визнання і пошана прав природи).
5. *Компенсуй збиток* (створення природних територій, що охороняються, захист рідкісних видів, відновлення порушеної якості навколишнього середовища, допомога тваринам і рослинам і т.ін.).

**П'ять екоетичних правил.** Правила етичної етики мають більш вузьку сферу застосування. Про них доводиться згадувати тоді, коли виникає конфлікт між інтересами людини і природи. Ці правила полягають в наступному:

1. *Правило самооборони* (дозвіл застосування сили проти будь-якої іншої живої істоти і екосистеми в цілях захисту свого здоров'я або життя, якщо неможливо уникнути нападу або врятуватися від нього).
2. *Правило справедливого розподілу* (у разі зіткнення життєво-важливих інтересів людей і життєво-важливих інтересів природи обом конфліктуючим сторонам має бути надана рівна частка благ).
3. *Правило пропорційності* (у разі конфліктів життєво-важливих інтересів природи і нежиттєво-важливих, до того ж пустих, інтересів людини пріоритет надається природі).
4. *Правило мінімальної шкоди* (у разі конфліктів життєво-важливих інтересів природи і нежиттєво-важливих, але істотних інтересів людини пріоритет може надаватися людині. Проте якщо виникає необхідність завдання шкоди природі, то ця шкода повинна бути мінімальною).
5. *Правило справедливого відшкодування* (якщо в разі задоволення інтересів людини завдано шкоди природі, то людина має компенсувати шкоду).

## Подобиці

---

Практичне застосування екологічної етики. У Стародавньому Римі, де до рабів ставилися як до речей (об'єктів, а не моральних партнерів), процвітала відома нам традиція – гладіаторські бої. Громадяни Риму розважалися, дивлячись, як інші люди вбивали один одного. Потім, коли багато в чому завдяки філософам будь-яку людину (незалежно від раси, статі і віросповідання) почали

визнавати рівною з іншими, такою, що має самоцінність і права, рабство було відмінено, а гладіаторські бої визнані аморальними.

*Резюме.* Таким чином, під екоетичним ідеалом розуміється таке співтовариство або світ, де благо живих істот і екосистем може бути досягнуте тільки одночасно з (частково контрольованим) задоволенням людських потреб. Першим і важливим кроком на шляху до екоетичного ідеалу є внутрішня зміна наших моральних переконань і поглядів.

**Етика в економіці.** Класики економічної науки (А. Сміт, Д. Ріккардо та ін.) оцінювали всі явища суспільного життя виключно під кутом зору економічної раціональності і матеріальної продуктивності. Зрозуміло, що з позицій економіки відповідь на питання про суть економіки має дати економічна наука, що займається виявленням причинно-наслідкових зв'язків економічних процесів. У даному підході етична компонента або слабо освітлюється, або не розглядається зовсім.

Виходячи з «правила недостатності», основне призначення економіки можна сформулювати як максимальне скорочення дефіциту з метою якнайповнішого задоволення людських потреб. У такому разі самі людські потреби визначають, що необхідно виробляти і в якій кількості. Чим сильніше зростає попит на продукцію, чим більш бажаною вона стає, тим більше інтенсифікується її виробництво. Такий підхід можна вважати справедливим, коли йдеться про потреби, що охоплюють життєво необхідний мінімум. Варто переступити цю межу, і «правило недостатності» набуває відтінку відносності. Адже потреби відрізняються одна від одної. Класичний і водночас яскравий приклад – потреба в їжі і потреба в наркотиках. Задоволення однієї потреби служить життю, підвищенню його рівня, задоволення іншої завдає непоправної шкоди людській особі, іноді руйнує її зовсім і веде до повного фізичного знищення. У такому разі виникає природне питання: чи зобов'язана економіка забезпечувати задоволення індивідуальних потреб, які здійснюють руйнівний вплив на індивіда, оточуючих його людей і природне середовище, тільки тому, що товар має попит, задоволення якого обіцяє прибуток? Вирішення питання може мати дещо різну спрямованість, але ігнорувати його етичну компоненту не можна.

Сьогодні ніхто не може дати чіткої обґрунтованої відповіді на питання про межу кількісного економічного зростання

у зв'язку зі споживанням непоновлюваних природних ресурсів і перевантаженням екосистеми. Значна кількість технологій спричинюють кумулятивний або довгостроковий вплив на навколишнє середовище. Зростання народонаселення, ерозія ґрунту і використання невідновних природних ресурсів впливатимуть на життя наших майбутніх нащадків.

### **Факти публікацій**

---

Хлорфторвуглецеві холодоагенти (ХФВ), які потрапляють до атмосфери, виснажують озоновий шар, що спричинює посилення впливу сонячної радіації, яка викликає рак шкіри.

Радіоактивні відходи сьогоднішніх атомних електростанцій загрожуватимуть усім, хто стикатиметься з ними, ще 10 тисяч років.

Генна інженерія спадкових клітин рослин, тварин і людини позначатиметься в далекому майбутньому.

Дійсно, в політичних рішеннях складно врахувати інтереси нескінченно довгої низки майбутніх поколінь. Коли йдеться про відновні ресурси, то слід орієнтуватися на максимально постійний рівень видобутку. Під час переходу споживання за певну межу (надмірні вилови риби, вирубування лісів) продуктивність природних багатств швидко знижується. Тоді люди починають споживати продуктивний біологічний «капітал», замість того щоб жити на «відсотки», які могли б нараховуватися вічно.

При використанні невідновних ресурсів справедливість між поколіннями можлива лише тоді, якщо ми виснажуватимемо ресурсну базу не швидше, ніж розширюємо її за допомогою технології. Нинішнє покоління повинне передати наступному такі технологічні вдосконалення, які замінять продуктивні можливості, втрачені через виснаження ресурсів.

### **Факти публікацій**

---

На сьогодні 90% природних ресурсів втрачається на виробництво недовговічних споживчих товарів і лише 10% – на капітальні вкладення і технологічне устаткування, від яких, можливо, виграють майбутні покоління.

Планування довгострокової стійкості підвищує шанси на існування суспільства в просторі й часі, а такі кроки, як рециклінг, впровадження менш ресурсоемних технологій і економного способу життя в багатих країнах, створюють передумови стійкого розвитку.



Дійсно, межі етики, які є обов'язковими для всіх членів суспільства, визначає суспільство. При рабовласницькому ладі рабів вважали майном, і господар не мав щодо них жодних етичних обов'язків. З часом межі етики розширилися від племені і роду до нації і всього людства.

## Подробиці

---

Екологічна етика проти економіки. Дана проблема полягає в тому, що при підрахунку економічної вартості дикої природи економісти спираються на її сьогоdnішню оцінку людьми. Проте ця оцінка значною мірою залежить від моди, платоспроможності населення, рівня його освіти та ін. Економічний аналіз, що спирається на сьогdnішні погляди, пріоритети людей, практично не враховує майбутнього. Так, великий художник Ван Гог за життя не зміг продати жодної своєї картини і помер у бідності. Проте через сторіччя, коли він став модним, його картини почали продаватися на аукціонах за найвищими цінами. Виникає питання, чому подібна фантастична переоцінка не може відбутися в майбутньому і з об'єктами природи?

Таким чином, можна говорити про еволюцію етики, наступним етапом якої є розширення меж на все земне співтовариство, у якому всі елементи будуть рівноправними членами. Цілісність екосистеми важлива тому, що вона робить можливим благополуччя взаємозалежних індивідуумів – людей та інших істот. Цінність кожного окремого індивіда полягає в тій унікальній біологічній інформації, якою він володіє і яка, можливо, ще не відкрита людиною сьогdnі, проте може бути виявлена в майбутньому. Ця інформація повинна допомогти зберегти все живе на планеті, у тому числі і людину.



## Особливості забезпечення стійкого розвитку при переході до інформаційного суспільства

### 25.1. Інформація як базовий фактор суспільного виробництва

*Інформація* стає базовим фактором суспільного виробництва. Формування інформаційної індустрії обумовлене рядом обставин.

*По-перше*, тим, що інформація дедалі більше набуває рис продуктивної сили. З'являється усе 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 відеоіндустрії 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 (як показано на початку цього розділу) на практиці означає постійне підвищення ефективності виробництва й удосконалення його екологічно-го рівня.

*По-п'яте*, посилення позицій людини «соціо-» веде до 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). Вперше 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 (стаття «Автотрофність людини», 1925). 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.

## 25.2. Базові фактори суспільних формацій

Кінець нинішнього тисячоліття людство зустрічає 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».

Це не перша і, видимо, не остання подібна криза в історії людства. У давні епохи вихід з екологічних тупиків людство знаходило в технологічних і соціально-економічних революціях. Чи знайде зараз? Якщо так, то на порозі якої революції стоїть людство сьогодні? Відповідь на це питання можна дати, тільки проаналізувавши уважно всі попередні етапи розвитку людства і логіку вирішення суперечностей між суспільством і природою.

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.

«Ця динаміка, у кінцевому рахунку, служить зовнішньою причиною суспільного розвитку, що зазнавав кількаразово випробування екологічними кризами» (Реймерс, 1994).

З цього можна зробити висновок: екологічні кризи були першоджерелами будь-яких соціально-економічних революцій.

У рамках ретроспективи історичного розвитку людства учений виділяв 5 екологічних криз і відповідних їм технічних революцій:

1. Криза збідніння ресурсів промислу і збиральництва – *біомеханічна революція* (початок використання знарядь праці).
2. Перша антропогенна екологічна криза (криза перепромислу консументів) – *сільськогосподарська революція*, перехід до виробляючого господарства.
3. Криза примітивного поливного землеробства – *друга сільськогосподарська революція* широкого освоєння неполивних земель.
4. Друга антропогенна екологічна криза (продуцентів) – *промислова революція*.
5. Сучасна глобальна екологічна криза редуцентів (тобто відтворювальної здатності біосфери) і загрози нестачі мінеральних ресурсів – *науково-технічна революція*.

Щоб ефективно управляти сьогоденням, потрібно добре передбачати майбутнє. У свою чергу, вірогідність прогнозу можна забезпечити тільки на основі глибокого ретроспективного ана-

лізу 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 теперішнього часу 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» (Торфлер, 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.

**Базова структура метаболізму.** Існування на Землі людини і її виробнича діяльність нерозривно пов'язані з використанням трьох природних факторів, що визначають усі процеси, які відбуваються в природі. Ці фактори – речовина, енергія, інформація.

Цілком імовірно, що для мешканців дикої природи можна говорити про збалансовану участь зазначених факторів у підтриманні життя й обміні речовин. Людині, яка перейшла до

виробничої діяльності, притаманне взагалі незбалансоване ставлення до різних компонентів і властивостей природного середовища – гіпертрофія одних і недооцінка інших. Не становить винятку і відношення людини до зазначених природних субстанцій. Їх роль у житті й трудовій діяльності людини була різною в різні суспільні епохи.

**Базові підсистеми системного цілого «людина».** Людина як система формується тріадою нерозривно пов'язаних підсистем біо – трудо – соціо (див. докладно: Бобровський, 1973; Мельник, 1988):

- людина як біологічна істота – частина природи, фізіологічний організм;
- людина як компонента економічної системи – робоча сила, трудовий ресурс;
- людина як суспільна істота, особистість – частина суспільства, частина соціальної природи.

Хоча три людини (*біо-*, *трудо-*, *соціо-*) існують у єдиному тілі, вони значною мірою відрізняються за своїми життєвими потребами, реалізованими функціями і мотивами життєдіяльності.

Незмінність природи людини «біо-» протягом сучасної історії розвитку людини у вчених майже не викликає суперечок. Певно, можна так само безперечно стверджувати, що співвідношення різних трьох підсистем у єдиному цілому зазнають глибоких змін у ході соціально-економічного розвитку. Основною причиною є розвиток «трудо-» і «соціо-» в людині.

**Базові функції природи стосовно людини.** Природні фактори стосовно людини виконують функції, що умовно можуть бути об'єднані в чотири основні групи.

*Фізіологічні функції* підтримують життя людини як біологічного організму («*біо-людини*»).

*Соціальні функції* забезпечують формування людини як особистості («*соціо-людини*»).

*Економічні функції* визначають діяльність економічної системи, включаючи відтворення людини як трудового ресурсу («*трудо-людини*»).

*Екологічні функції* формують, регулюють і підтримують стан екосистеми, у якій живе людина.

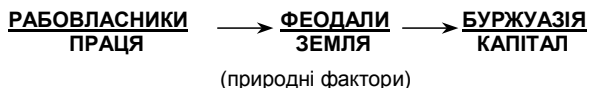
Можна констатувати постійну динаміку функцій природи, головним чином, внаслідок розвитку економічних і соціальних функцій.



**Базовий фактор суспільного виробництва.** Як базовий фактор суспільного виробництва можна розглядати ту похідну, або антропогенну, сутність, що відіграє провідну роль у здійсненні виробничих процесів. Очевидно, можна виділити чотири головних фактори виробництва: природа – праця – машини – інформація.

Останній фактор бурхливо ввірвався в економічне життя в 50-ті роки ХХ ст. з розвитком комп'ютерних технологій. До кінця століття інформаційний фактор завоював величезний плацдарм під назвою «інформаційна економіка».

**Базовий фактор формування суспільних формацій.** Таким, за визначенням Джона Кеннета Гелбрейта, є той фактор виробництва, який є найменш доступним і який найскладніше замінити (Galbraith, 1967). Саме таку відповідність можна побачити в зміні економічних формацій (у чисельнику представлений клас, якому належить влада в суспільстві, а в знаменнику – основний фактор утворення суспільної формації):



**Базова форма виробничих відносин.** Мається на увазі переважна форма мотивації людей до виробничої діяльності. Виділяють три форми виробничих відносин, властивих суспільному етапу існування людини:

- силовий примус;
- економічна мотивація;
- вільна праця.

**Базова форма відносин людини з природою.** Визначає характер оцінки людиною своєї взаємопідкореності з природою. Видимо, можна виділити три основні форми:

- повна залежність від природи;
- спроба підкорення природи;
- гармонічне існування людини в природі.

Відзначимо одну істотну деталь: у формуванні і трансформації зазначених вище факторів визначальну роль відігравав і 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 й інформаційне середовище буття.

Не меншою мірою (хоча й на іншому рівні) інформаційними революціями можуть вважатися 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.

### 25.3. Загальні риси інформаційної формації

Та соціально-економічна система, до якої сьогодні рухається людство, може цілком обґрунтовано називатися постіндустріальним, або інформаційним суспільством.

*Постіндустріальним (інформаційним) суспільством* може бути названа соціально-економічна формація, у якій виробництво і споживання інформації складають основу економічної системи і соціальної структуризації суспільства.

В інформаційному суспільстві виробничий базис складають інформаційні засоби виробництва, основним продуктом споживання (а отже, і виробництва) є інформаційні товари і послуги, а ключовим фактором структуризації суспільства є інформація.

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 відбиті К. Боулдінгом в образі «економіки космонавтів».

#### Аргументи вченого

---

В «економіці космонавтів», як на космічному кораблі, усі джерела і резервуари мають певні межі як з погляду припливу, так і відпливу. У силу цього

людина має визначити своє місце в циклічній економічній системі, що має здатність нескінченно відтворювати різні матеріальні форми.

Основний показник успіху традиційної відкритої економіки (з необмеженими джерелами ресурсів і резервуарами для відходів) – 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 слід було б прагнути скоріше 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 включає фізичний і моральний стан людини, яка є частиною системи (Боулдинг, 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 вуглець 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).

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 веде 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).

## Подобиці

---

Деякі дослідники вказують на те, що *ентропія* (тобто ступінь невпорядкованості) 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 же. 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 (Екологічна, 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 розвивуються 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. Тут доречно нагадати тенденцію відносин між екологічними й економічними цілями в ході соціально-економічного розвитку, представлену М.Ф. Реймерсом (Реймерс, 1994):

«Економічні цілі без екологічних обмежень –  
 економічні цілі з екологічними обмеженнями –  
 екологічні цілі з економічними обмеженнями –  
 екологічні цілі без економічних обмежень.»

## 25.4. 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 і 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 викликати 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 матеріалоемних секторів промисловості через відсутність ефективного інструментарію стимулювання інноваційної діяльності; блокування попиту через неплар-

тоспроможність 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). В 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 по тонкій грані 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 розливу ртуть (як у фільмі «Термінатор-2»), або сам влазить 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 необов'язково). Фактично розвиваючи молекулярну *нанотехнологію* (про неї ми докладно поговоримо в наступному розділі), 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 не в змозі контролювати їх перебіг. І обсяг інформації, що переробляється, і тим більше високі темпи прийняття рішень уже давно лежать 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 створених 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, біоло-



гічних, 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 умов реалізації сформульованого П.П. Бобровським постулату: «Усе для людини, як і людина для всього» (Бобровский, 1973).

## 25.5. Майбутнє починається сьогодні

З урахуванням виконаного вище аналізу порівняльна картина зазначених трьох формацій представлена в табл. 25.1.

З іншого боку, можна припустити виникнення нових соціально-екологічних проблем, безпрецедентних за складністю

Таблиця 25.1. 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	гармонічні відносини
Основна причина екологічної кризи	виснаження продуктивного потенціалу природи	руйнування відбудовного потенціалу, надвиробництво енергії	надвиробництво інформації, інформаційне руйнування природи

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 субсистемами 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 йому 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.

## ВИСНОВКИ

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 у її творіннях – предметах і процесах, може послужити вирішенню завдань підвищення ефективності функціонування антропогенних систем.

Людині волею долі дарована небачена раніше в земній природі міра свободи – свободи жити, діяти, творити. Ця свобода виникає не від можливості порушувати закони природи, а від уміння їх осягати. Усвідомлюючи закономірності розвитку, людина набуває можливість у своїй уяві випереджати хід часу і реальні процеси, що відбуваються в ньому.

Людину називають творцем свого майбутнього не тому, що вона вільна із суворю визначеністю «ліпити» його зі стандартних «цеглин» сьогодення. На жаль, людині не дано вирватися з імовірного світу випадкових змін. Але в її владі відкрити силою свого передбачення завісу стохастичності подій, що відбуваються. А розгледівши контури майбутнього, людина отримує можливість свідомо перебудувати себе і елементи свого оточення так, щоб більш уміло обходити прийдешні вири ріки часу, максимально використовуючи «енергію тенденції» процесів, що прискорюються. Людина – саме тому *творець* свого майбутнього, що в її силах створювати саму себе відповідно до запитів плинного часу. Завдання це колосальної складності. Воно до снаги тільки тим, хто в змозі *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 в першу чергу синергетики, переконують у єдності і взаємозв'язку процесів розвитку систем живої 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.

Основою 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 найефективніших.

Передумовою *прогресивного* розвитку системи є накопичення в ній «вільної енергії». У цьому випадку система набуває 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 напрямку, зворотному до впливу. За допомогою механізмів *позитивного* зворотного зв'язку система трансформує стан свого гомеостазу в тому ж 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) в 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, 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. 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 із 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 умови 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 раціональніша 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 різняться за своїм енергетичним та інформаційним статусом, створюючи багатоспектральну інформаційно-енергетичну картину світу. Лише розгледівши і усвідомивши її, можна опанувати секрети згаданого закону й досягнути мудрості управління процесами розвитку. Ця мудрість записана природою в процесах і явищах, які виникають щомиті в усіх на очах. Але тільки одиниці можуть це побачити.

Природою створені міради чудес, але, мабуть, одне з найбільш дивовижних – 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, поряд з іншим, і майстерність управління своєю власною природою, тобто тією триадою сутностей «*біо – соціо – трудо*», яка дарована людині. Можливо, ця системна єдність *фізіологічного, особистісного і творчого* начал людини – необхідний інструмент для виконання найтяжчої 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, і пост-індустріальне (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 допомогою 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 існування цивілізації людство невпинно намагалось знаходити засоби забезпечення стійкого розвитку. Останнім часом такі пошуки активізувалися. Напрацьовано 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 транс-

формаціями соціально-економічних систем. Якщо раніше людина стандартизувала характеристики *стану* (наприклад, параметри чи властивості систем), то сьогодні вона змушена здійснювати до стандартизацію *процесів*, які характеризують перехід одного стану системи в інший, тобто *зміну станів*. І якщо раніше основним завданням стандартів у природокористуванні 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 14000) 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 на постійний неминучий стан людства на Землі. На зміну парадигмі «*навчити*» чи «*навчитися*» приходять парадигма «*навчити навчатися*». Цей акцент на *динаміку* процесів екологізації простежується, зокрема, у двох управлінських процедурах з числа наведених, а саме: стандартах серії ISO 14000 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 у процеси вдосконалення систем. Це означає, що на тлі антропогенного руйнування і деградації природних систем Землі зародилися острівці *екологічного творення*. І вплив цих екологотворчих процесів починає зростати. Ці процеси надають підстави для оптимістичних прогнозів щодо екологічного майбутнього Землі та 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 уміння здійснювати вибір) продовжує залишатися об'єктом природного добору. Тому від знань людини, її ефективних дій, правильності рішень, моральних принципів залежить, чи вибере Природа саму людину.



## ΛΙΤΕΡΑΤΥΡΑ

1. Ayres R.U. Self-organization in biology and economics. – Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis, 1988. – 71 p.
2. Behrens W., Hawranek P.M. Manual for the preparation of industrial feasibility studies. – Vienna: UNIDO, 1991. – 386 p.
3. Berkes F. and Folke C. Linking social and ecological systems for resilience and sustainability // Beijer Discussion Paper series. – 1992. – P. 1–16.
4. Bilsborrow R.E., Okoth Ogenko H.W.O. Population-driven changes in land-use in developing countries // *Ambio*. – 1992. – Vol. 21 (1). – 37 p.
5. Boyd R. and P.J. Richerson. Culture and the evolutionary process. – Chicago: The University of Chicago Press, 1985.
6. Brookes M. The species enigma. – *New Scientist* 111, 1998. – P. 1–4.
7. Bruckner-Bazoberzy M.L. Evolucion del paisaje alternativas de ordenamiento sostenible en la region del Chapare. Master degree thesis. – Universidad Mayor de San Simon, Cochabamba Bolivia, (in Spanish), 1999. – 120 p.
8. Chambers N., Simmons C., Wackemagel M. Sharing Nature's Interest. Ecological Footprints as an Indicator for Sustainability. – Earthscan Publications Ltd., London, UK, 2000. – 185 p.
9. Commons J.R. Institutional Economics. – AER, 1931.
10. Commonwealth of Australia. The national strategy for the conservation of Australia's biological diversity / Commonwealth Department of Environment, Sport and Territories. – Canberra, Australia, 1996.
11. Ecotaxation / Edited by T. O'Riordan. – London: Earthscan Publication Limited, 1997. – 338 p.
12. Environmental Policy in Europe: Industry, Competition and the Policy Process / Edited by F. Leveque. – Cheltenham, UK: Edward Elgar, 1996. – 218 p.
13. Faber M., and J.L.R. Proops. Evolution in biology, physics and economics. A conceptual analysis // Evolutionary theories of economic and technological change: present status and future prospects. – Manchester: Harwood Academic Publishers, 1991. – P. 58–87.
14. Galbraith J.K. The New Industrial State. – NY, 1967. – 327 p.
15. Georgescu-Roegen N. The entropy law and the economic process. – Cambridge: Harvard University Press, 1971. – 125 p.
16. Hens L., Nierynck E., Tran Van Y., Nguyen Hanh Quyen, Le Thi Thu Huen. Land cover changes in the extended Ha Long City area, North-Eastern Vietnam, during the period 1988–1998 // Proceedings of the International Conference on Tropical Ecosystem Structure, Diversity and Human Welfare, 15–18 July, 2001, Bangalore, India, *Env. Dev. Sust.* 2. – P. 235–252.

17. Heywood V.H., Baste I. Introduction // Global biodiversity assessment / V.H. Heywood Ed. – Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1995. – P. 1–19.
18. Human Ecology: Ideas for an ecologically sustainable future / Edited by M. Diesendorf and C. Hamilton. – St. Leonards, Australia: Allen & Unwin, 1997. – 378 p.
19. International Bank for Reconstruction and Development, Washington World development report 1999/2000: entering the 21st century. – New York: Oxford University Press, 2000. – 300 p.
20. Johson S.P. The earth summit: the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED). – London: Graham & Trotman, 1992. – 532 p.
21. Kohn J. Hierarchy and velocity of systems. What makes a development sustainable? – Rostock: Rostock University, 1996. – 76 p.
22. Kohn J. Sustainable development: prospects and challenges. – Brussels: VUB Press, 1998. – P. 145–169.
23. Lister Ch. European Union Environmental Law: A Guide for Industry. – Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1996. – 302 p.
24. Lotka. Elements of physical biology. – Baltimaurt, 1925. – P. 406.
25. Making Budgets Green: Leading Practices in Taxation and Subsidy Reform. – Winnipeg, Canada: IISD, 1994. – 52 p.
26. McNeely J.A., Gadgil M., Leveque C., Padoch C., Redford K. Human influences on biodiversity // Global biodiversity assessment / V.H. Heywood Ed. – Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1995. – P. 711–821.
27. Odum H.T. and E.P. Odum. Energy Basis for Man and Nature. – NY: MC Graw – Hill Book Company, 1976. – 380 p.
28. Odum H.T. Environmental accounting: energy and environmental decision making. – NY: John Wiley and Sons, Inc., 1996. – 370 p.
29. State of the Environment. – Paris, France: OECD, 1991. – 297 p.
30. Saving biological Diversity. Economic Incentives. – Paris, France: OECD, 1996. – 156 p.
31. OECD. Handbook of incentive measures for biodiversity. Design and implementation. – Paris, France, 1999. – 125 p.
32. Oosterhuis F., F. Rubik, G. Scholl. Product Policy in Europe: New Environmental Perspectives. – Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996. – 306 p.
33. Pareto, Vilfredo. Manual of Political Economy, 1971 (цит. по: Блауг М. Экономическая мысль в ретроспективе. – М.: Дело ЛТД., 1994. – С. 540–543).
34. Pigou A.C. Economics of Welfare // Classics in environmental studies. – The Hague, The Netherlands: International Books, 1997. – P. 47–56.
35. Pimentel D. Human Demography and Environmental Resources // Sustainable Development / Editors: B. Nath, L. Hens, D.A. Devuyt. – Brussels: VUB Pres, 1996. – P. 111–136.
36. Pimm S.L. Extinction // Conservation Science and Action / W.J. Sutherland ed. – Oxford, UK: Blackwell Science, 1998.
37. Priorities for WSSD an overview of the Regional Preparatory meeting. – 4 Dec. – 2001.

38. 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.
39. Sinclair A.R.E. (2000a). The loss of biodiversity: the sixth great extinction // Conserving nature's diversity / G.C. Van Kooten, E.H. Bulte, A.R.E. Sinclair eds. – Ashgate, Vermont. – P. 9–15.
40. Sinclair A.R.E. (2000b). Is conservation achieving its ends? // Conserving nature's diversity / G.C. Van Kooten, E.H. Bulte, A.R.E. Sinclair eds. – Ashgate, Vermont. – P. 30–44.
41. Stedman-Edwards P. Root causes of biodiversity loss. An analytical approach. WWF – World Wide Fund for Nature. – Washington DC, 1998. – 86 p.
42. Stork, N.E., Lyal, C.J.C. (1993). Extinction and co-extinction rates // Nature. – 1966. – № 3. – P. 307.
43. Urena Hinojosa, C.J. Diversidad, clasificación y uso de plantas medicinales en la comunidad de Apillapampa de la provincia Capinota del Departamento de Cochabamba: Thesis Maestría in Ciencias Ambientales. – Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia (In Spanish), 2001. – 106 p.
44. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
45. Алексеев Г.Н. Энергоэнтропика. – М.: Знание, 1983. – 192 с.
46. Алексеенко И.Р., Кейсевич Л.В. Последняя цивилизация? Человек. Общество. Природа. – К.: Наукова думка, 1997. – 416 с.
47. Аллен Р. Как спасти Землю. – М.: Мысль, 1983. – 210 с.
48. Аникин А.В. Юность науки: жизнь и идеи мыслителей-экономистов до Маркса. – 3-е изд. – М.: Политиздат, 1979. – 367 с.
49. Анчаров М.Л. Самшитовый лес // Приглашение на праздник: Романы и повести. – М.: Художественная литература, 1986. – С. 10–298.
50. Баландин Р.К. Перестройка биосферы. – Минск: Высшая школа, 1981. – 192 с.
51. Баландин Р.К. Экология: Человек и природа. – М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2001. – 350 с.
52. Барякин В.Н. Регион как экосоциотехнополисная система: от методической модели к реальному воплощению // Экономика природопользования. – К.: Наукова думка, 1998. – С. 175–176.
53. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования. – М.: Academia, 1999. – 956 с.
54. Беренс В., Хавранек П. Руководство по оценке эффективности инвестиций. – М.: АОЗТ «Интерэксперт»; ИНФРА-М, 1995. – 528 с.
55. Бернар И., Колли Ж.-К. Толковый экономический и финансовый словарь. Французская, русская, английская, немецкая, испанская терминология: Пер. с фр.: В 2 т. – М.: Междунар. отношения, 1994. – Т. 1. – 784 с.
56. Биологический энциклопедический словарь / Под ред. М.С. Гилярова. – М.: Советская энциклопедия, 1989. – 864 с.
57. Білявський Г.О. Основи екології: Підручник / Г.О. Білявський, Р.С. Фурдуй, І.Ю. Костіков. – К.: Либідь, 2004. – 408 с.
58. Блехцин И.Я., Минеев В.А. Производительные силы СССР и окружающая среда. – М.: Мысль, 1981. – 214 с.

59. Бобровский П.П. Место и роль эволюционной идеи в биологии (логико-методологический аспект). – К.: Изд-во Киевского ун-та, 1973. – 180 с.
60. Бобылев С.Н. Экономическое развитие и экологический фактор // Экология и экономика природопользования. – М.: Закон и право; ЮНИТИ, 1998. – С. 138–157.
61. Бобылев С.Н., Медведева О.Е. Экология и экономика. Региональная экологическая политика. Проект пособия. – М.: ЦЕПР, 2003. – 271 с.
62. Бойчук Ю.Д. Основи екології та екологічного права: Навч. посіб. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2004. – 352 с.
63. Борисенко А.А. К теории самоорганизующихся систем // Вісник СумДУ. – 2000. – № 16. – С. 3–8.
64. Борисенко А.А. Об информационных характеристиках кибернетических и физических систем // Вестник СумГУ. – 1997. – № 1(7). – С. 16–18.
65. Борисенко А.А. Основы самоорганизации материальных систем. Выступления на семинаре «Современные проблемы естествознания», 13 сентября 2001. – Сумы, 2001.
66. Борщевский П.П., Нижник Е., Чумак Л.Ф. Эколого-экономические проблемы развития сельского хозяйства Украины / Экономика природопользования. – К.: Наукова думка, 1998. – С. 203–206.
67. Боулдинг Б. Экономика будущего космического корабля // Новые идеи в географии. – Вып. 3: Экология и экономика. – М.: Прогресс, 1977.
68. Быстряков И.К. Эколого-экономические проблемы развития производительных сил (теоретические и методологические аспекты). – К.: ООО «Международное финансовое агентство», 1997. – 256 с.
69. Вайцеккер Э., Ловинс Л. Фактор четыре. Затрат – половина, отдача – двойная. Новый доклад Римскому клубу. – М.: Academia, 2000. – 400 с.
70. Веблен Т. Теория праздного класса. – М.: Прогресс, 1984. – 120 с.
71. Веклич О.А. Теоретико-концептуальные основы «экологической» характеристики ресурсосбережения // Механізм регулювання економіки. – 2000. – № 1. – С. 17–25.
72. Вернадский В.И. Биосфера. – Л.: Научное химико-технологическое издательство, 1926. – 146 с.
73. Вернадский В.И. Живое вещество. – М.: Наука, 1978. – 358 с.
74. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Успехи биологии. – 1944. – № 18; Вып. 2. – С. 113–120.
75. Вернадский В.И. Размышления натуралиста. – Кн. 1: Пространство и время в неживой и живой природе. – М.: Наука, 1975. – 175 с.
76. Вернадский В.И. Размышления натуралиста. – Кн. 2: Научная мысль как планетное явление. – М.: Наука, 1977. – 191 с.
77. Виленский Ю. Под юпитерами синергетики // Зеркало недели. – 2000. – 15 июля. – С. 12.
78. Винер Н. Кибернетика и общество. – М.: ИИЛ, 1958. – 200 с.
79. Винокурова Н.Ф., Трушин В.В. Глобальная экология. – М.: Просвещение, 1998. – 270 с.
80. Волков Ю.Г., Поликарпов В.С. Человек: Энциклопедический словарь. – М.: Гардарики, 1999. – 520 с.
81. Волькенштейн М.В. Энтропия и информация. – М.: Наука, 1986. – 192 с.

82. Всемирная история экономической мысли: В 6 т., т. 1 / МГУ им. М.В. Ломоносова / Гл. ред. В.Н. Черковец, – М.: Мысль, 1987. – 606 с.
83. Гавриш О. Кривые зеркала цивилизации // Зеркало недели. – 2002. – № 18 (393). – С. 13.
84. Гармонія життєвих сил Дніпра: еколого-духовні нариси / Шевчук В.Я., Саталкін Ю.М., Білявський Г.О. та ін. – К.: Геопрінт, 2002. – 77 с.
85. Гнатюк Л.В. Сознание как энергетическая система. Введение в философию настоящего. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 1999. – 400 с.
86. Гор А. Земля у рівнозві. Екологія і людський дух: Пер. з англ. – К.: Інтелсфера, 2001. – 404 с.
87. Горелов А.А. Экология. – М.: Юрайт-М, 2001. – 312 с.
88. Гофман К.Г. Экономическая оценка природных ресурсов в условиях социалистической экономики. – М.: Наука, 1977. – 234 с.
89. Гумилев Л.Н. География этноса в исторический период. – Л.: Наука, 1990. – 280 с.
90. Дейлі Г. Поза зростанням. Економічна теорія сталого розвитку: Пер. з англ. – К.: Інтелсфера, 2002. – 312 с.
91. ДЕРЕБО С.Д., ЯСВИН В.А. Экологическая педагогика и психология. – Ростов н/Д: Феникс, 1996. – 480 с.
92. Довкілля України: Статистичний збірник за 2003 рік / Під заг. кер. Ю.М. Остапчука. – К.: Держкомстат України, 2004. – 264 с.
93. Долішній М.І., Кравців В.С. Економічний розвиток і екологічна безпека: шлях України // Проблеми сталого розвитку України. – К.: Наукова думка, 1998. – С. 69–80.
94. Дорогунцов С.І., Борщевський П.П., Данилішин Б.М. Удосконалення управління природокористуванням в АПК. – К.: Урожай, 1992. – 125 с.
95. Дубнищева Т.Я., Пигарев А.Ю. Современное естествознание: Учебное пособие. – Новосибирск: ЮКЭА, 1998. – 160 с.
96. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України», від 28.11.2002 № 254-IV.
97. Закон України про Червону книгу України від 7 лютого 2002 р. № 3055-111.
98. Закорчевна Н.Б. Еколого-економічний аналіз промислового водокористування в Україні // Механізм регулювання економіки. – 2002. – № 3–4. – С. 59–69.
99. Занг Вай-Бин. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории: Пер. с англ. – М.: Мир, 1999. – 335 с.
100. Заславская Т.И., Рывкина Р.В. Социология экономической жизни: очерки теории. – Новосибирск: Наука, 1991. – 442 с.
101. Земля людей. – М.: Знание, 1979. – С. 246–248.
102. Злобін Ю.А. Основи екології. – К.: Лібра, 1998. – 248 с.
103. Злобін Ю.А., Кочубей Н.В. Загальна екологія. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2003. – 416 с.
104. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М., 1984.
105. Индикаторы устойчивого развития России / Под ред. С.Н. Бобылева, Показатели А. Макеенко. – М., 2001.

106. Иноземцев В.Л. Перспективы постиндустриальной теории в меняющемся мире // Новая постиндустриальная волна на Западе. Антология / Под ред. В.Л. Иноземцева. – М.: Academia, 1999. – С. 3–67.
107. Кайзингер К. Устойчивое развитие на рубеже века: перспективы и наблюдения // Международный журнал по устойчивому развитию. – 1998. – № 1. – С. 73–98.
108. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. – М.: ГУ ВШЭ, 2000. – 608 с.
109. Кён Й. Устойчивое развитие: перспективы и проблемы / Экономика природопользования. – К.: Наукова думка, 1998. – С. 147–174.
110. Кисільова Т. Охорона навколишнього середовища і міжнародні стандарти // Стандартизація, сертифікація, якість. – 1998. – № 2. – С. 13–14.
111. Кларк Д.В. Распределение богатства. – М.: Экономика, 1992. – С. 48–53.
112. Козьменко С.Н., Карпищенко А.И., Рыбалова А.А. Антропогенный процесс над атмосферой // Эколого-экономические проблемы сельскохозяйственного производства. – К.: Урожай, 1992. – С. 34–70.
113. Корсак К.В., Плахотник О.В. Основы екології: Навч. посіб. – К.: МАУП, 1998. – 228 с.
114. Корякина Н.И., Жевлакова М.А., Кирилов П.Н. Образование для устойчивого развития: поиск стратегии, подходов, технологий / Под общ. ред. С.В. Алексеева. – СПб, 2000. – 129 с.
115. Косинов Н.В., Гарбарук В.И., Сидоренко Г.В. Материя и вещество // Физический вакуум и природа. – 2002. – № 5. – С. 3–10.
116. Костюк В.Н. История экономических учений. – М.: Центр, 1997. – 224 с.
117. Крисаченко В.С. Людина і біосфера: основи екологічної антропології: Підручник. – К.: Заповіт, 1998. – 688 с.
118. Лао Цзы. – М.: ВИНТИ, 1996. – 71 с.
119. Лапо А.В. Следы былых биосфер. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Знание, 1987. – 208 с.
120. Ларуш Л.Х. (мл.). Вы на самом деле хотели бы знать все об экономике? – М.: Шиллеровский ин-т; Украинский ун-т в Москве, 1992. – 208 с.
121. Лацко Р. Экономические проблемы окружающей среды. – М.: Прогресс, 1979. – 214 с.
122. Линстер М.Дж.А. Индикаторы состояния окружающей среды и устойчивости. Измерение, формирование и применение: Кн. 2. Примеры из опыта стран. – М.: Управление окружающей средой ОЭСР, 2003. – 225 с.
123. Майер Дж.М., Раух Дж.Е., Філіпченко А. Основні проблеми економіки розвитку. – К.: Либідь, 2003. – 688 с.
124. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. – 2-е изд. – Т. 20. – С. 495–496.
125. Мальтус Т.Р. Опыт о законе народонаселения / Антология экономической классики / Т. Мальтус, Д. Кейнс, Ю. Ларин. – М.: МП «Эконом-Ключ», 1993. – С. 3–134.
126. Мангутов И.С. Инженер. Социально экономический очерк. – М.: Сов. Россия, 1973. – 224 с.

127. Маркандия А. Индикаторы устойчивого энергопотребления. – Всемирный банк; Университет г. Бат, Великобритания: WBI-ECSSD, 2003. – С. 3–14.
128. Маршалл А. Принципы экономической науки: В 3 т. – М.: Прогресс, 1993.
129. Маслов Н.В. Градостроительная экология. – М.: Высшая школа, 2002. – 284 с.
130. Мельник Л.Г. Экономика развития: Учеб. пос. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2000. – 450 с.
131. Мельник Л.Г. Екологічна економіка: Підручник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2003. – 348 с.
132. Мельник Л.Г. Фундаментальные основы развития: Монография. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2003. – 288 с.
133. Мельник Л.Г. Экологическая экономика: Учебник. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2001. – 350 с.
134. Мельник Л.Г. Экономические проблемы воспроизводства природной среды. – Харьков: Вища школа; Изд-во при ХГУ, 1988. – 159 с.
135. Методи оцінки екологічних втрат / За ред. Л.Г. Мельника, О.І Каринцевої. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2004. – 288 с.
136. Минц А.А. Экономическая оценка естественных ресурсов. – М.: Мысль, 1972. – 302 с.
137. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. – М.: Молодая гвардия, 1990. – 351 с.
138. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 1996 р. – К.: Мінекології, 1998. – 96 с.
139. Національна доповідь України про гармонізацію життєдіяльності суспільства в навколишньому середовищі. – К., 2003.
140. Некос В.Ю., Петрова Д.М., Некос А.Н. Фундаментальні основи вирішення проблем неперервної екологічної освіти // Проблеми освіти. – 1996. – Вип. 4. – С. 52–59.
141. Нижегородцев Р. Об информационной экономике // Российский экономический журнал. – 1994. – № 4. – С. 118–121.
142. Николов Т.Г. Долгий путь жизни: Пер. с болг. – М.: Мир, 1986. – 167 с.
143. Новикова И.В. Концепция создания системы мониторинга социально-экономических процессов Ставропольского края // Вестник Ставропольского государственного университета. – 2003. – № 32.
144. Новый взгляд на богатство народов. Индикаторы экологически устойчивого развития: Пер. с англ. / Дж. Диксон, Ж. Бэкес, К. Гамильтон, А. Кант, Э. Лату, С. Педжиола, Ж. Хи; Предисл. Бобылев С.Н., Сидоренко В.Н. – 2-е изд. – М.: Весь мир, 2003. – 128 с.
145. Новый иллюстрированный энциклопедический словарь / Ред. кол.: В.И. Бородулин; А.П. Горкин, А.А. Гусев, Н.М. Ланда и др. – М.: Большая российская энцикл., 1998. – 656 с.
146. Ноосферогенез і гармонійний розвиток / Шевчук В.Я., Білявський Г.О., Саталкін Ю.М. та ін. – К.: Геопринт, 2002. – 127 с.
147. Обезьяна произошла от человека // Ваш шанс. – 2001. – № 3. – С. 14.
148. Одум Г., Одум Э. Энергетический базис человека и природы. – М.: Прогресс, 1978. – 380 с.



149. Ожегов С.И. Словарь русского языка. – М.: Русский язык, 1981. – 816 с.
150. Окружающая среда и здоровье / Под ред. Л. Хенса, Л. Мельника, Э. Буна. – К.: Наукова думка, 1998. – 326 с.
151. Олдак П.Г. Равновесное природопользование. Взгляд экономиста. – Новосибирск: Наука, 1983. – 128 с.
152. Олемской А.И., Хоменко А.В. Синергетика пластической деформации // Успехи физики металлов. – Т. 2. – 2001. – № 3. – С. 189–263.
153. Охорона навколишнього середовища та використання природних ресурсів України: Статистичний збірник за 1998 р. – К.: Держкомстат України, 1999. – 259 с.
154. Перелет Р.А. Экономика и окружающая среда: Англо-русский словарь-справочник. – Гарвардский институт международного развития, 1996. – 120 с.
155. Перельман А.И. Земная кора и биосфера. – М.: Знание, 1985. – С. 9.
156. Петрянов-Соколов И. Наш союзник – природа // Слово лектора. – 1984. – № 12. – С. 7–14.
157. Петти В. Экономические и статистические работы (1940) // Всемирная история экономической мысли. – М.: Мысль, 1987. – Т. 1. – С. 165.
158. Пиндайк Р., Рубинфельд Д. Микроэкономика. – М.: Экономика; Дело, 1992. – 510 с.
159. Подолинский С.А. Вибрані твори. – К.: КНЕУ, 2000. – 328 с.
160. Подолинский С.А. Труд человека и его отношение к распределению энергии // Слово. – Т. 4–5. – СПб, 1880. – С. 135–211.
161. Политехнический словарь / Редкол.: А.Ю. Ильшинский (гл. ред) и др. – 3-е изд. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. – 656 с.
162. Постанова Кабінету Міністрів України від 9.08.2002 р. № 1286 Про затвердження Положення про Зелену книгу України.
163. Пригожин И. От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках: Пер. с англ. – М.: Наука, 1985. – 327 с.
164. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. К решению парадокса времени. – М.: Эдиториал; УРСС, 2000. – 240 с.
165. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. – М.: Эдиториал; УРСС, 2000. – 312 с.
166. Програма Дм. Гордона, канал НТВ, тема: «Вселенная и человек». – 2003. – 25 июня.
167. Програма охорони навколишнього середовища м. Суми на 2002–2005 роки. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2002. – 94 с.
168. 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.
169. Прокопенко О.В. Выступление на семинаре по обсуждению налогового кодекса Украины. – Сумы: Сумское отделение ассоциации налогоплательщиков Украины, 2000. – Август – сентябрь.
170. Пустовіт Н.А., Білявський Г.О., Бровдій В.М. До концепції неперервної екологічної освіти та виховання в Україні // Проблеми освіти. – 1996. – Вып. 4. – С. 5–12.



171. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. – М.: ИНФРА-М, 1996. – 496 с.
172. Регистр международных договоров и других соглашений в области окружающей среды. – Найроби: ЮНЕП, 1992. – 32 с.
173. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
174. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
175. Реймерс Н.Ф. Азбука природы: микроэнциклопедия биосферы. – М.: Знание, 1980. – 207 с.
176. Рикардо Д. Начала политической экономии и налогового обложения // Антология экономической классики / В. Петти, А. Смит, Д. Рикардо. – М.: МП «Эконов-Ключ», 1993. – С. 39–473.
177. Рио-де-Жанейро – Йоганнесбург: паростки ноосферогенезу і відповідальність за майбутнє / В.Я. Шевчук, Г.О. Білявський, Ю.М. Саталкін та ін. – К.: Геопринт, 2002. – 118 с.
178. Рудий Б. Ілюзія «твердості» матерії // Науковий світ. – 2003. – № 6. – С. 15–16.
179. Рузавин Г.И. Концепции современного естествознания: Учебник для вузов. – М.: Культура и спорт; ЮНИТИ, 1999. – 288 с.
180. Рута Дж. Индикаторы устойчивого развития: базовые понятия. – М.: Институт Всемирного банка, 2001.
181. Сельскохозяйственная экология / Уразаев Н.А., Вакулин А.А., Никитин А.В. и др. – М.: Колос, 2000. – 304 с.
182. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов / Антология экономической классики. – М.: МП «Эконов-Ключ», 1993. – С. 79–396.
183. Скуратовский В. Об одной забытой катастрофе советской кибернетики // Столичные новости. – 1999. – № 11. – С. 5.
184. Советский энциклопедический словарь / Гл. ред. Прохоров А.М. – 4-е изд. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – 1600 с.
185. Социологический энциклопедический словарь. На русском, английском, немецком, французском и чешском языках / Под ред. Г.В. Осипова. – М.: ИНФРА-М; НОРМА, 1998. – 488 с.
186. Стан світу 2002: Пер. з англ. / Флавін К., Френч Г. та ін. – К.: Інтелсфера, 2002. – 289 с.
187. Статистичний щорічник України за 2001 рік / Державний комітет статистики України. – К.: Техніка, 2002.
188. Статистичний щорічник України за 2003 рік / За ред. В.А. Осауленка. – К.: Консультант, 2004. – 632 с.
189. Тоффлер Э. Третья волна. – М.: Изд-во АСТ, 1999. – 784 с.
190. Україна: проблеми сталого розвитку / Під ред. В.М. Данилішина, Е.М. Лібанової. – К.: РВПС НАН України, 1997. – 149 с.
191. Урсул А.Д. Информация. – М.: Наука, 1971. – 296 с.
192. Физический энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Сов. энциклопедия, 1995. – 9284 с.

193. Философский энциклопедический словарь / Гл. редакция: Ильичев Л.Ф., Федосеев П.Н., Ковалев С.М., Панов В.Г. – М.: Сов. энциклопедия, 1983. – 840 с.
194. Формирование окружающей среды и экономика природных ресурсов. – М.: Прогресс, 1982. – С. 27–29.
195. Хенс Л. Устойчивое развитие как века экономики природопользования // Экономика природопользования. – К.: Наукова думка, 1998. – С. 125–140.
196. 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.
197. Чалий О.В. Синергетичні принципи освіти і науки. – К.: АПНУ, 2000. – 253 с.
198. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. – М.: Мысль, 1973. – 350 с.
199. Шевчук В.Я., Гусев М.В., Мазуркевич О.О. та ін. – Економіка і екологія водних ресурсів Дніпра. – К.: Вища школа, 1996. – 207 с.
200. Шкода В. Ех Nihilo // День. – 2001. – № 139. – С. 5.
201. Шредингер Э. Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки. – Ижевск: Редакция журнала «Регулярная и хаотическая динамика», 1999. – 96 с.
202. Шубравська О.В. Сталий розвиток агропродовольчої системи України. – К.: Інститут економіки НАН України, 2002. – 203 с.
203. Экоинформатика. Теория. Практика. Методы и системы / Под ред. В.Е. Соколова – СПб: Гидрометеоиздат, 1992. – 520 с.
204. 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.
205. Экономическая энциклопедия / Гл. ред. Л.И. Абалкин. – М.: ООО «Изд-во «Экономика», 1999. – 1055 с.
206. Энгельс Ф. Диалектика природы. – М.: Политиздат, 1982. – С. 249–250.
207. Ягодинский В.Н. Ритм, ритм, ритм! Этюды хронобиологии. – М.: Знание, 1985. – 192 с.
208. Яцик А.В. Екологічна безпека в Україні. – К.: Генеза, 2001. – 216 с.

# Table of Contents

Introduction .....	10
--------------------	----

## Part I

### THE FUNDAMENTAL BASICS OF SYSTEM DEVELOPMENT

<b>Chapter 1. The Concepts of System and Development</b> .....	17
1.1. The Concept of System, its State and Changes .....	17
1.2. The Concept of Development .....	20
1.3. The Concepts of Order and Chaos .....	24
1.4. System Openness and Stationarity .....	28
<b>Chapter 2. The Grounds of System Creation</b> .....	35
2.1. The Contents of Essential Sources of Nature .....	35
2.2. Creativity of Nature .....	44
2.3. Self-development of Systems in Terms of Synergetics .....	49
2.4. Development of Physical Substances (Realities) of Nature .....	54
2.5. The Hypotheses on Sources of Development Nature .....	60
<b>Chapter 3. Regularities of Nature Self-development</b> .....	65
3.1. On the Spiral of Nature Self-development .....	65
3.2. On the Proportion of Destruction and Creation Processes in Evolution of Nature .....	69
3.3. The Sources of Memory and Information .....	75
3.4. Development Preconditions .....	79
<b>Chapter 4. Mechanisms of Systems Sustainability</b> .....	91
4.1. Contents and Functions of System .....	91
4.2. Feedback Mechanisms .....	96
4.3. Contents of Negative Feedback Mechanisms .....	99
4.4. Contents of Positive Feedback Mechanisms .....	107
4.5. Characteristics of Systems Sustainability .....	110
<b>Chapter 5. Factors and Mechanisms of Systems Changeability</b> .....	117
5.1. Factors of Changeability .....	117
5.2. The Concept of Transformation Mechanisms .....	123
5.3. The Peculiarities of Bifurcation Mechanisms .....	127
5.4. Illinear Transformations of System's State .....	129
5.5. The Holistic Picture of Development Mechanisms Interaction .....	138
<b>Chapter 6. System Memory</b> .....	143
6.1. The Concept of Memory and its Functions .....	143
6.2. The Role of Memory in the Development Processes .....	149
6.3. Memory Systems Evolution .....	150

6.4. Social Memory .....	155
6.5. Artificial Types of Memory .....	157
<b>Chapter 7. Energetic Basics of Development .....</b>	<b>163</b>
7.1. The Concept of Energy, the Types of Energy .....	163
7.2. System Energetic Balance .....	170
7.3. Energetics of an Organism and Energetics of Ecosystems .....	174
7.4. Energetics of Social Systems .....	179
<b>Chapter 8. Information Base of Development .....</b>	<b>187</b>
8.1. The Concept of Informational Reality .....	187
8.2. The Levels of Informational Reality .....	194
8.3. Functions of Informational Reality .....	199
<b>Chapter 9. Informativity of Development Processes .....</b>	<b>209</b>
9.1. Probable and Accidental Freedom as a Precondition of Systems Development .....	209
9.2. The Interrelation between Energy and Entropy .....	214
9.3. Probable Base of Entropy and Information .....	219
9.4. Energy Sources of Information .....	222
<b>Chapter 10. Energy-entropy Bases of Development .....</b>	<b>231</b>
10.1. The Concept of Negative Energy .....	231
10.2. Energy-entropy Balance .....	234
10.3. Energy-entropy Bases of Order Creation .....	237
10.4. Factors of Dynamic Systems Development .....	239
10.5. Preconditions of Progressive Development of Systems .....	243
<b>Chapter 11. Conditions for Progressive Development of Dynamic Systems .....</b>	<b>253</b>
11.1. The Interrelation between Energy and Information .....	253
11.2. Informative Nature of Feedback Mechanisms and Conditions for Progressive Systems Development .....	256
11.3. On Informational State of Resources and Entropy Selection Criteria .....	259

## Part II

### BASICS OF SUSTAINABLE MANAGEMENT OF SOCIAL-ECONOMIC DEVELOPMENT

<b>Chapter 12. Theoretical Basics of Ecology .....</b>	<b>271</b>
12.1. Biosphere Creation and its Characteristic Features .....	271
12.2. Living Substance .....	275
12.3. Ecological Factors of Environment .....	277
12.4. Ecosystems .....	283
<b>Chapter 13. Regularities of Ecosystem Management .....</b>	<b>287</b>
13.1. Regularities of Ecosystem Management .....	287
13.2. Regularities of Ecosystems Structurization and Functioning .....	293
13.3. Dynamics or Changes of Ecosystem Populations .....	298
13.4. Regulations of Ecosystem Evolution .....	302

<b>Chapter 14. Biodiversity and Problems of its Protection .....</b>	<b>305</b>
14.1. The Concept of Biodiversity, its Contents and Levels .....	305
14.2. The Main Causes of Biodiversity Loss .....	308
14.3. The Problems of Biodiversity Protection .....	312
14.4. Biodiversity Protection .....	316
14.5. Biodiversity indicators in Ukraine .....	324
14.6. Economic Evaluation of Biodiversity .....	325
<b>Chapter 15. System Essence of Human and Nature Functions.....</b>	<b>331</b>
15.1. Trinity System Essence of a Human Being .....	331
15.2. Nature Functions Features .....	333
15.3. Economic Qualities of Natural Factors .....	337
15.4. Peculiarities of Pricing the Natural Goods .....	339
<b>Chapter 16. The Essence of Natural Factors and Anthropogenic Problems of Environment.....</b>	<b>345</b>
16.1. The Classification of Natural Factors .....	345
16.2. The Classification of Nature Impact Processes .....	351
16.3. The Characteristics of Nature Damaging Processes .....	357
16.4. The Anthropogenic Problems of Environment .....	359
<b>Chapter 17. Regularities of Nature and Society Interaction .....</b>	<b>385</b>
17.1. System Regularities of Human and Nature Interrelations .....	385
17.2. Regularities of «Human – Nature» System .....	385
17.3. Regularities of Social Ecology .....	389
17.4. Regularities of Environmental Economics .....	395
17.5. Regularities of Environmental Protection .....	402
<b>Chapter 18. The Concept of Sustainable Development.....</b>	<b>411</b>
18.1. The Contents of «Sustainable Development» Concept .....	411
18.2. Targets, Objectives and Challenges of Sustainable Development ...	419
18.3. Directions of Solving the Sustainable Development Problems .....	426
18.4. Sustainable Development: Results and Problems of Implementation .....	433
<b>Chapter 19. Scientific and Outlook Preconditions of Sustainable Development Creation .....</b>	<b>443</b>
19.1. Sustainable Development Construction Blocks .....	443
19.2. Methodical and Ideological Heritage of Ancient Civilizations .....	445
19.3. At the Origin of Economics .....	449
19.4. Gains of Neoclassical and Institutional Schools .....	451
19.5. Physical-biological approaches in Economics .....	456
<b>Chapter 20. Principles for Providing Sustainable Development .....</b>	<b>461</b>
20.1. The Five Main Conditions for Progressive Development of Social-Economic Systems .....	461
20.2. The Principles of «Ecological Republic» or Coordination Conditions in Space .....	463
20.3. The Principles of «Time Trinity», or What do we Have to Leave for Next Generations .....	467
20.4. The Principles of «Eternal Well» or Environmental Sustainability Provision .....	471

20.5. The Principles of «Sustainable Aims» or from «Meeting Needs» to Wealthy Complexes Creation .....	480
20.6. The Principles of Environmental Motivation, or «Wish to Can» ...	484
<b>Chapter 21. State and Dynamics Monitoring of Nature and Social-Economic Systems .....</b>	<b>489</b>
21.1. The Approaches to Environmental and Social-Economic Monitoring Systems Creation .....	489
21.2. Targets and Objectives of Sustainable Development Monitoring ...	492
21.3. Environmental Monitoring, its Contents and Types .....	497
21.4. Environmental Indicators in Monitoring .....	502
21.5. Social-Economic Monitoring .....	506
<b>Chapter 22. Economic Mechanism of Rational Nature Use .....</b>	<b>511</b>
22.1. Economic Mechanism and Ecological-Economic Instruments .....	511
22.2. Ecological-Economic Instruments: Principles of Development and Mechanism of Functioning .....	517
22.3. Forms of Ecological-Economic Instruments .....	525
22.4. Market Regulation Mechanisms of Nature Use .....	542
22.5. Practical Procedures of Economy Ecologization Management .....	549
<b>Chapter 23. Strategy and Tactics of Environmental Policy Implementation .....</b>	<b>561</b>
23.1. The Concepts of Strategy and Tactics in Environmental Policy ...	561
23.2. Tendencies in Environmental policy Evolution .....	564
23.3. Development Process of Modern Economic Ecologization Strategy	569
23.4. Influence of Strategy and Tactics on Ecologization Subjects and Objects .....	576
23.5. Influence of Strategy on Economy Sectors .....	585
<b>Chapter 24. Environmental Education and Awareness-building as the Components of Sustainable Development Provision Mechanism .....</b>	<b>593</b>
24.1. The Need for Environmental Education Quality Increase .....	593
24.2. The Aim and Principles of Environmental Education .....	595
24.3. The Stages and Contents of Environmental Education .....	599
24.4. Environmental Awareness-Building .....	607
24.5. Ecological Ethics as an Inseparable Component of Sustainable Development .....	611
<b>Chapter 25. Peculiarities of Sustainable Development Provision in Transitional Process towards Information Society .....</b>	<b>619</b>
25.1. Information as a Basic Factor of Social Production .....	619
25.2. Basic Factors of Social Formations .....	621
25.3. General Features of Information Society .....	626
25.4. Environmental Problems of Information Society .....	630
25.5. Future Starts Today .....	633
Conclusions .....	636
References .....	641

Навчальне видання

Леонід Григорович Мельник  
Олександра Іванівна Карінцева  
Сергій Миколайович Шевченко  
Микола Константинович Шапочка  
Емануель Бун, Люк Хенс  
Ренат Олексійович Перелет та ін.

## Основи стійкого розвитку

Навчальний посібник

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,  
О.В. Пітьоріна, Т.В. Цимбал

ТОВ «ВТД «Університетська книга»  
40030, м. Суми, вул. Кірова, 27, 5-й пов.  
Тел.: (0542) 27-51-43  
E-mail: [publish@book.sumy.ua](mailto:publish@book.sumy.ua)

Відділ реалізації  
Тел./факс: (0542) 21-26-12, 21-11-25  
E-mail: [info@book.sumy.ua](mailto:info@book.sumy.ua)

Підписано до друку 20.04.05.  
Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Папір офсетний. Гарнітура Скулбук.  
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 30,9. Обл.-вид. арк. 31,57.  
Тираж 500 прим. Замовлення № 847

Свідцтво 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 «Семісал О.В.»  
Україна, м. Харків, вул. Академіка Проскури, 11

The regularities of development of open stationary systems have been studied using the examples of processes and phenomena in nature and society. The interrelations between energy and information characteristics of transformational processes have been investigated. The preconditions of progressive development of natural and social systems have been formulated. The «Sustainable Development of Social-Economic Systems» concept has been analyzed. The basic principles, methods and instruments of providing the sustainable development of social systems have been paid attention to.

The book is recommended for teachers, students, postgraduate students of universities and colleges. The book will also be useful for researchers of scientific establishments and specialists of enterprises.

На примере процессов и явлений в природе и обществе исследуются закономерности развития открытых стационарных систем. Изучаются взаимосвязи энергетической и информационной характеристик трансформационных процессов. Формулируются предпосылки прогрессивного развития систем в природе и обществе. Анализируется понятие «устойчивое развитие социально-экономических систем». Рассматриваются базовые принципы, методы и инструментарий обеспечения устойчивого развития общественных систем.

Для преподавателей, студентов и аспирантов высших учебных заведений разных уровней аккредитации. Книга также может быть рекомендована ученым научных учреждений и специалистам предприятий.