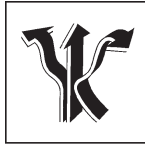


МІЖРЕГІОНАЛЬНА  
АКАДЕМІЯ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ



МАУП

**К. В. Корсак, О. В. Плахотнік**

# **ОСНОВИ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЇ**

*Навчальний посібник*

6-те видання, доповнене

*Рекомендовано*

*Міністерством освіти України*

Київ

ДП «Видавничий дім «Персонал»

2009

ББК 20.1я7  
К69

Рецензенти: *П. Г. Шищенко*, д-р геогр. наук, проф.  
*Л. Г. Коваль*, д-р пед. наук, проф.

*Схвалено Вченою радою Міжрегіональної Академії управління персоналом  
(протокол № 5 від 28.05.08)*

*Рекомендовано Міністерством освіти України  
(лист № 1/11-1581 від 07.07.98)*

### **Корсак, К. В.**

К69 Основи сучасної екології: навч. посіб. / К. В. Корсак, О. В. Плахотнік. — 6-те вид., допов. — К. : ДП «Вид. дім «Персонал», 2009. — 408 с. : іл.— Бібліогр.: с. 390–395.

ISBN 978-966-608-941-3

У навчальному посібнику вперше в екологічній літературі України запропоновано і обґрунтовано цілком реальний шлях ліквідації загроз існуванню людства та забезпечення його стійкого розвитку, який спирається на створення і розумне використання нано-, піко- і фемтотехнологій, чим посібник істотно відрізняється від існуючих праць науковців.

Для студентів вищих навчальних закладів, а також для всіх, хто цікавиться проблемою екологічної безпеки людства у майбутньому.

**ББК 20.1я7**

ISBN 978-966-608-941-3

- © К. В. Корсак, О. В. Плахотнік, 2007
- © К. В. Корсак, О. В. Плахотнік, 2009, допов.
- © Міжрегіональна Академія управління персоналом (МАУП), 2009
- © ДП «Видавничий дім «Персонал», 2009

## ВСТУП

---

---

Серед багатьох найвиразніших ознак “прогресу людства” (еволюційних і революційних змін упродовж доісторичної та історичної епох) — невинне зростання відсотка земель, чие життєзабезпечення відбувається за рахунок не майже безперервних фізичних зусиль, а інтелектуальної праці — шляхом переважного використання “сірої речовини”.

Загалом це явище є позитивним, адже воно зменшує ризик імпульсивних дій та вчинків на рівні “павловських рефлексів” і підвищує вірогідність переходу людства від “пасіонарної” стадії війни усіх проти усіх до узгоджених кроків у напрямі виживання і “сталого розвитку”. Проте, як це майже завжди трапляється з інноваційними явищами щодо різноманітності їх наслідків, надмірна інтелектуалізація праці й відмова від достатнього рівня фізичної активності послаблюють частину функцій людського організму і далеко не завжди сприяють зміцненню здоров’я та підвищенню якості життя.

У дуже віддаленому минулому відсоток інтелектуалів (за природними здібностями і фаховою належністю) був незначний, але навіть серед тваринних попередників людини вони були. Соціальна еволюція супроводжувалася невинним, хоч і нерівномірним, зростанням кількості осіб, які заробляли собі на життя накопиченням нової інформації, її трансформацією і подальшим використанням для отримання інтелектуального продукту — створення аналізів, різноманітних текстових та інших творів, вирішення завдань і проблем, формування реальних та міфічних планів і прогнозів та ін.

Серед представників різних наук існують доволі суперечливі погляди на те, який відсоток кожного нового покоління найкраще

приспосований до майбутньої інтелектуальної діяльності, а кого “природа не готувала” до подібного заняття і воно йому не надто “пасує”. Прихильники спрощених розв’язків безапеляційно називають відсотки найбільш і найменш здібних до розумової праці людей, поміркованіші науковці нагадують про неймовірно високу пластичність головного мозку, можливості якого існують не самі по собі, а зростають і вдосконалюються лише у процесі безперервного і дедалі інтенсивнішого насичення його нейтральною та емоційною інформацією під час розв’язування все складніших завдань і проблем. Та питання максимально ефективного розвитку всіх видів мислення — від “арифметичного” до “соціально-критичного” — у цій книзі ми розглядатимемо лише побіжно, розпочавши її з викладу основ авторського досвіду “боротьби” з тими перешкодами, які заважають успіху в інтелектуальній діяльності.

Серед багатьох подібних перешкод ми вирізняємо три, які можна вважати “головними ворогами інтелектуалів” чи “методологічними синдромами”. Вважаючи особливо важливим їх виклад для користі читачів, розпочинаємо інформаційну частину нашої книги саме з них.

Пропонуємо для трьох методологічних синдромів такі назви: 1) ефект “п’яти сліпців”; 2) ефект “хоттабизації”; 3) “вівсяний” ефект.

*Синдром “п’яти сліпців”* добре відомий з літератури: група сліпців “вивчала” слона в умовах цейтноту: кожен з них устиг на мить торкнутися невеликої частини його тіла і згодом висловив власне припущення щодо зовнішнього вигляду всієї тварини на підставі неповних знань. Міркування трьох з цієї групи відображено на рис. 1.

Від цього ефекту страждають представники багатьох наук: економісти, якщо причину всіх сучасних світових подій вбачають в активності транснаціональних компаній; психологи — у разі звернення під час вивчення особливостей “кризи підліткового віку” не до змін вищих систем людини (зокрема, структур і засад діяльності людського мозку), а до збільшення розмірів тіла та інтенсифікації певних гормонально-фізіологічних процесів; історики, коли пояснюють перебіг більшості явищ минулого “пасіонарністю” окремих осіб, племен чи народів.

Одним з найважливіших для сучасної освітньої сфери України проявом ефекту “п’яти сліпців” є результат вивчення нашими освітніми і політичними керівниками “європейського Слона” — останніх подій і явищ у Європейському Союзі та інших державах континенту. Вони намацали лише кінчик хвоста цього “Слона” — так званий “Бо-



Рис.1. До пояснення ефекту “п’яти сліпців”

лонський процес”, який стосується лише класичних університетів і полягає в узгодженні назв дипломів і циклів (стадій) навчання (у віддаленій перспективі — також програм).

З дивною впевненістю вони переконують ректорів і викладачів українських університетів у тому, що вся Європа поглинута цим процесом і ні про інше, розпочинаючи з 1999 р., вже й не думає. Та насправді співвідношення між, наприклад, Болонським процесом і Лісабонським проектом приблизно таке, як між віхтиком на кінчику хвоста і величезним тулубом слона.

Це твердження не треба сприймати як авторський жарт, адже воно має дуже серйозну економічну основу: Європейський Союз витрачає на Болонський процес щонайбільше 20–30 тис. євро щороку, а от на Лісабонський проект, який полягає у поверненні у Старий Світ світового технологічного лідерства, йдуть у сотні тисяч разів більші суми. Давно прийнято рішення про скерування в цей проект не менше 200 млрд євро щороку, але на даний момент відсутні не гроші, а ті два-три мільйони дуже висококваліфікованих науковців, спроможних грамотно і ефективно використати ці ресурси на роботу у нано-, піко- і фемтонауках, на отримання відкриттів та їх трансформацію у виробничі технології шостого і сьомого укладів. Тут слід нагадати — славнозвісні “високі технології” (high-tech) входять до 5-го укладу.

Далі ми щоразу звертатимемо увагу на небезпеку помилки у стилі “п’яти сліпців” під час аналізу великих природних і антропогенних явищ, що стосуються екологічної сфери.

*Ефект “хоттабизації”*. Ефект “п’яти сліпців” все ж не є найнебезпечнішим з трьох “методологічних синдромів”, адже від нього мало страждають ті, хто займається чимось дуже дрібненьким. Натомість ефект “хоттабизації” шкодив, шкодить і шкодитиме всім необережним науковцям, аналітикам та інтелектуалам, адже він створює цілком реальну і небезпечну загрозу написання наукових праць і складання прогнозів неприпустимо низької якості.

Його основа — цілковите незнання найновішої і щойно створеної інформації та повна переконаність науковця чи іншого інтелектуала в тому, що його знання надійні, перевірені й, відтак, безпомилкові. Власне, у віддаленому минулому ефект “хоттабизації” не був таким поширеним і небезпечним. Відомо, що у доісторичний період особи “третього віку” накопичували значну частину всієї різноманітної інформації, яку мало плем’я чи населення чималої території. А у наш час як завгодно добре навчений науковець з ідеальною пам’яттю володіє лише крихтою знань у власній професії і є майже повним ігнорантом в усіх інших сферах.

Тому ніхто на планеті не має гарантій того, що не повторює у своїх висловлюваннях, оцінках і пропозиціях дії довгобородого чарівника “старика Хоттабича” — відомого у радянські часи героя дитячої книжки Л. Лагіна. Дідуган, висловлюючи свою вдячність сучасному підлітку за власне звільнення із джбану “з печаткою”, спробував “на відмінно” скласти екзамен з фізичної географії. Провал був і смішний, і абсолютний, адже дідуган Хоттабич скористався тими уявленнями про форму і рухи Землі, які існували у ранньоаграрних цивілізаціях Близького Сходу та Індії.

Чи вільний від проявів “ефекту хоттабизації” наш посібник? Ми переконані, що ствердна відповідь на це запитання була б очевидним перебільшенням. Нагадуємо — текст посібника ігнорує ті відкриття, які відбудуться за місяці процесу його друкування і, можливо, ще більший проміжок часу на його “рух” до читача.

Визнаючи цей спричинений об’єктивними обставинами недолік, ми дбали і про його зменшення, і про забезпечення великої — беззаперечної — переваги нашої книги над іншими, переліченими у списку використаних джерел. Надалі буде наведено чимало доказів того, що навіть підручники і навчальні посібники, надруковані в 2005—

2008 рр., не уникли ефекту “хоттабизації”. Саме до цього класу методологічних синдромів можна віднести цілковите небажання їх авторів витратити час на ознайомлення з провідними явищами сучасного розвитку всього комплексу природничо-математичних наук. Якби вони це зробили, обов’язково згадали б надвисокі технології, які ми пропонуємо диференціювати (для точності) на нано-, піко- і фемто-технології. Доволі поширений у наш час термін “нанотехнології” є значним спрощенням, а тому його використання у багатьох випадках може спричинити непорозуміння чи помилки.

“Вівсяний ефект”. Його назва народилася у процесі ознайомлення з подіями початку індустріалізації Європи. Передбачаючи розвиток різних держав, кращі тогочасні аналітики та знавці економіки віддали перевагу лише вузькій кількасотметровій прибережній смузі морів і великих судноплавних рік. Цей присуд є цілком логічним наслідком порівняння можливостей двох тогочасних засобів транспорту — водного і гужового.

Перший гарантував перевезення дуже великих обсягів первинних продуктів (сировини) і кінцевих промислових виробів, забезпечуючи роботу великих заводів і фабрик.

А от гужовий транспорт не мав такого високого потенціалу. Тому тогочасні інтелектуали вирішили, що внутрішні райони континенту не мали жодних шансів для створення і забезпечення масового індустріального виробництва. Нездоланною перешкодою повинен був стати брак... вівса для коней. Обчислення науковців доводили, що низька продуктивність і невелика площа європейських полів не давали змоги сподіватися на значні потужності гужового транспорту.

“Вівсяний ефект” у цьому разі полягає у неврахуванні авторами “професійно-економічного” прогнозу перспективи перетворення вже винайденої на той момент доволі недосконалої парової машини на більш ефективний двигун зі значним потенціалом його використання на транспорті. Невдовзі залізниці ліквідували потребу вирощувати сотні мільйонів коней і забезпечувати їх мало не мільярдами тонн вівса. Вони стали безпосередньою причиною того, що одразу кілька великих індустріальних центрів Європи виникли далеко від узбереж і практично не використовували можливості судноплавства.

Зовсім новий і ще більш вражаючий приклад прояву “вівсяного ефекту” — “книга про XXI століття”, створена у Франції наприкінці 80-х років XX ст. (Gaudin Th. “2100 recit du prochain siecle” [81])

групою з кількох десятків науковців під керівництвом директора державної прогностичної служби Т. Годена.

Комп'ютерне сканування всього тексту засвідчило, що жоден з її численних авторів ніколи не висловив припущення про можливий розпад і зникнення СРСР, тому вся товстезна книга аналізує економічне і політичне суперництво СРСР і США з 1990 по 2100 р. Концентрування на цьому таке значне, що існування і вплив Китаю та Індії автори “французького” передбачення помітили мало не в середині тексту і вказали на їх можливу участь у світових подіях десь після 2030 р. Нагадаємо — ця книга вийшла з друку першим виданням якраз напередодні повного зникнення Радянського Союзу!

З певною прикрістю ми змушені визнати — відомі нам підручники і навчальні посібники з екології та раціональних засад “природокористування”, особливо прогнози і “віддалені” передбачення їх авторів, страждають не лише від “ефекту хоттабізації”, а й від “вівсяного” ворога інтелектуалів.

Ось як узагальнив інформацію з цих та інших подібних книг, статей та інших матеріалів на екологічні теми широко відомий в Україні і в Росії український науковець-педагог Іван Підласий: “За останні 20 років не з'явилося жодного оптимістичного прогнозу розвитку цивілізації й життя на Землі. Один похмуріший за інший. Під усіма прогнозами реальні підстави, яким важко не вірити. Головні тенденції стають незворотними, життєво важливі процеси набули такої сили, що зупинити їх уже неможливо” [59, с. 21].

Ми цілком поділяємо цей присуд, адже й справді надто багато є книг і статей, які на учнівському жаргоні можна назвати “страшилками”. Яюсь так виходить, що набагато легше критикувати, ніж пропонувати щось нове, ефективне і оптимістичне.

Сподіваємося, наша праця аж ніяк не буде оцінена читачами як ще один приклад “екологічної страшилки”. Ми обов'язково будемо характеризувати і забруднення довкілля, і нещастя й катастрофи. Ми також стверджуватимемо, що продовження подібних дій свідчитиме лише про малу “розумність” людини.

Але наприкінці подібних викладів ми щоразу пропонуватимемо — у межах наших знань — оптимістичні варіанти дій, сценарії ліквідації екологічних загроз та інших негараздів на основі вже створених і потенційно можливих нано-, піко- і фемтотехнологій.

Пам'ятаючи про щойно описаних трьох “ворогів” та інші закономірності й правила науково-аналітичної діяльності, ми намагатиме-



мося об'єктивно інформувати читачів і сформувати у них якомога вищу спроможність критично оцінювати той нескінченний потік вигадок і міфів, який лине на наших сучасників з Інтернету, телебачення, радіо та друкованих засобів масової інформації (ЗМІ).

Наше завдання — сприяти появі сучасного наукового світобачення, об'єктивно-оптимістичного уявлення про майбутнє, твердого переконання у реальності ліквідації усіх загроз існуванню людства. Ми б хотіли викликати у кожного читача особисте бажання брати у цьому процесі безпосередню участь, зміцнювати Вітчизну і підвищувати якість свого життя на основі розвитку нових наук і створення надвисоких технологій, а не через заміну нафти олією з ріпаку, а великих електростанцій — міриадами вітряків.

Колись — років 50 тому — українські дослідники чи не ближче від колег з інших держав підійшли до початку створення нано-, піко- і фемтонаук. Та невдовзі керівники СРСР зосередилися на ракетах і бомбах, тому дезорієнтували нашу науку. Цей регрес був додатково примножений після відновлення незалежності України недолугими діями липкоруких “провідників нації”, тому на даний момент ми трохи відстали у сфері надвисоких технологій.

Чи назавжди? Відповідь залежить і від вас, шановні читачі.

# **ЯКИМ Є СУЧАСНИЙ СВІТ І ЯК ВІН ЕВОЛЮЦІОНУЄ**

---

---

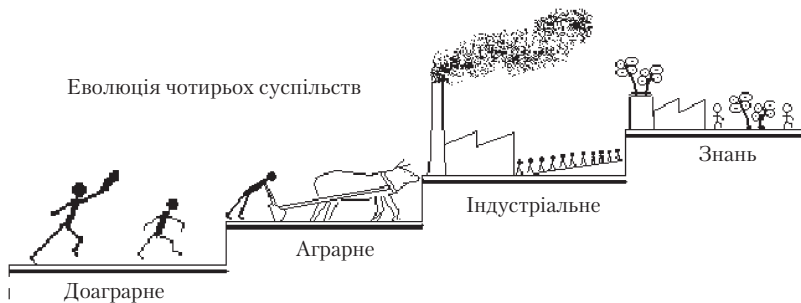
## **1.1. СЬОГОДЕННЯ ТА ЙОГО КОРЕНІ В МИНУЛОМУ**

Цей розділ, як і Вступ, передує систематичному викладу екології з кількох причин: 1) необхідність розвинути і закріпити вже викладене вище; 2) надати розширене бачення сьогодення та уявлення про якомога більшу кількість загальнопланетарних явищ і процесів, оскільки від екології у наш час очікують не лише опису життя і взаємодії всіх живих організмів (у тому числі й людей) у їх геофізичних природних умовах, а й рекомендацій щодо подальшого соціально-економічного розвитку всього людства.

Сучасне людство — величезна популяція загальною чисельністю понад 6 млрд осіб, яка щосекунди зростає щонайменше на дві особи.

Було б неприпустимим спрощенням вважати, що для всіх земель ефективний соціально-економічний “час” — 2009 рік. Насправді для кожної країни і для кожного виокремленого згуртованого угруповання людей існує лише “власний момент”. Є всі підстави вважати, що лише кілька невеликих європейських держав справді мають суспільство і норми його життя, які відповідають початку нового тисячоліття. Решта — понад 200 окремих держав, або практично незалежних територій, становлять довгий ланцюг, який відтворює майже всі ланки і сходинки доісторичної та історичної еволюції виду *Homo sapiens*.

З метою якомога ширшого і водночас емоційного та точного відтворення того, що ми вважаємо найістотнішою процесуальною рисою загальнопланетарного сьогодення, зупинимось на дещо іронічному рис. 2. Головний процес на планеті — прискорення руху всіх народів і держав цими чотирма сходинками, що супроводжується десятками різноманітних вторинних явищ і ефектів.



*Рис. 2. Визначальні риси суспільної та культурної еволюції людства*

Нам можуть зауважити, що у дійсності четверте суспільство (знать) не лише не сформоване, а й не має загальноєвропейської назви. Тому традиційніший виклад світових процесів міг би мати такий вигляд:

- на дуже ізольованих фрагментах земних тропіків й досі можна знайти невелику кількість племен, суспільство яких лишається доаграрним і послуговується вельми незвичними для нас нормами поведінки і співжиття;
- хоч нещодавно кількість мешканців міст уперше перевищила кількість селян, усе ж майже половина земель є членами аграрних соціумів з домінуванням першого сектору економіки (рільництво, скотарство та ін.);
- швидко зростають загальна чисельність населення та кількість тих держав, які перебувають на індустріальній стадії розвитку. У менш розвинених зберігся чималий перший сектор, в усіх наявний різних розмірів другий сектор (індустріальний), а в державах-лідерах більшість робочих місць припадає на третій сектор, де особливо високі вимоги до освітнього та інтелектуального рівнів працівників. Саме ці держави розпочали будувати нове суспільство.

Подібний виклад і справді традиційний, але не зовсім точно відтворює розподіл держав світу, адже у житті внаслідок нерівномірності їх соціально-економічного розвитку для окремих з них початок переходу до нового суспільства розпочався ще у другій половині ХХ ст.

З калейдоскопічною швидкістю змінювалася його назва. Спочатку, в роки створення перших поколінь великих електронно-обчислювальних машин (ЕОМ), його назвали "постіндустріальним". Згодом,

з виникненням мережі ЕОМ і початком тріумфального шляху персональних комп'ютерів (ПК), суспільство майбутнього охрестили “інформаційним”. Лише з поширенням так званих високих технологій, Інтернету і переходом на уніфіковане електронно-цифрове представлення будь-яких видів інформації стало очевидним, що на захмарний рівень виходять роль і можливості точних наук, цілковито змінюються характер і цілі людської діяльності, а кожен мешканець планети невдовзі отримає доступ до всієї накопиченої людством інформації. З'явилася найновіша назва “суспільство знань”.

Та це лише невелика частина правди, точніше — лише усім помітний надводний шматочок айсберга. Головна її частина у тому, що в новому суспільстві цілковито змінюються засади і цілі життєдіяльності усіх громадян, розширюється їх автономія й неймовірно зростає необхідність високої культури, порядності, толерантності й особистої відповідальності.

Цього ніколи не було раніше!

У *доаграрному суспільстві* людство існувало у вигляді невеликих згуртованих і поєднаних кровним зв'язком груп, які можна називати по-різному — плем'я, рід чи просто зграя.

Хоч важко розшукувати і накопичувати матеріальні свідчення існування на планеті наших дуже віддалених прашурів, але кількість подібних артефактів зусиллями сотень і тисяч археологів з різних країн світу збільшується щороку. Одні знаходять фрагменти кістяків, інші — рештки різноманітних знарядь і вогнищ, треті помічають, що довгі горби на берегах озер подекуди складаються з... мушель, спожитих людьми за час змін сотень (тисяч?) поколінь. Вони потроху видобували молюсків з великих озер, з'їдали м'яку частину, а тверду викидали назад через плече. Так і утворилися за тисячі років вражаючі горби висотою набагато більше людського зросту й довжиною в сотні метрів.

Добрий був апетит у людських попередників і мільйони років тому, і в подальші часи, коли вони відділилися від тваринного світу й стали формувати подібні до сучасних соціальні стосунки. Деякі науковці переконані, що саме первісні люди з'їли не лише мамонтів, а й багато інших видів тварин, про які ми не маємо й уявлення. Можливо, з'їли й частину видів розумних істот, оскільки в доаграрний період люди дуже вперто полювали на собі подібних, намагаючись розширити територію племені, збільшити ресурси живлення й відігнати конкурентів якомога далі. В нетрях Амазонії і Нової Гвінеї й досі збереглися

невеликі племена, чоловіки яких для підвищення свого соціального статусу й отримання права мати дружину і нащадків повинні вполювати представника сусіднього племені й підтвердити цю перемогу якоюсь частиною тіла вбитого.

Полювання на собі подібних було колись таким запеклим, що первісним людям довелося розбігатися увсебіч, доволі швидко заповнивши мало не весь придатний для життя суходіл (звісно, це лише одна з головних причин міграції).

Найновіша реконструкція вченими цієї частини історії еволюції людства свідчить, що всі понад 6 млрд мешканців сучасної Землі є прямими нащадками одного невеликого племені чисельністю не більше 2000 осіб, яке мешкало трохи південніше екватора на тій території Африки, де активізувалися й тривають у наш час геофізичні процеси поділу континенту на частини й формування ще одного острова, набагато більшого від Мадагаскару.

Накопичується все більше доказів того, що стрибкоподібне видоутворення є наслідком швидких і глибоких змін геофізичного довкілля. Для появи сучасних людей таким природним поштовхом міг стати спалах вулканічної активності Землі, наприклад, вилив на поверхню дуже збагачених радіоактивними елементами порід на африканських теренах.

Але джерело катаклізму могло бути й поза тропічною Африкою. Висловлено цікаву думку про те, що тимчасова, але значна зміна клімату спричинена майже повною непрозорістю атмосфери. Причиною, найімовірніше, був вибух з виділенням сотень чи тисяч кубічних кілометрів пилу й газів одним з групи так званих супервулканів (нещодавно відкриті в Індонезії, у США і біля Неаполя).

Відтак, погіршення умов життя і дуже жорсткий відбір лише найвправніших і найрозумніших стали тими чинниками, що гранично прискорили видоутворення й за короткий час відділили людей від примітивніших і менш здібних до полювання і створення знарядь мавпоподібних істот.

Отже, приблизно 70, 100 чи 140 тис. років тому зазначена невелика група стала розмножуватися, поширюватися від базової території й поділятися на нові гілки на нових теренах під впливом притаманних їм факторів середовища. Для одних, що заглибилися в ліси, відбір діяв у напрямі зменшення розмірів тіла (як у африканських пігмеїв), а для представників інших гілок вплив умов відкритих просторів міг зумовити значне збільшення зросту.

Вважають, що поширюватися на всю планету стала не вихідна первісна група, а перша відділена гілка. Під тиском постійного зростання своєї чисельності вона поступово окупувала більшу частину території Африки, прилеглі території євразійського континенту, архіпелаг Індонезії та Австралію, а в останню чергу — Америку (через Аляску). Представники всіх цих гілок, чи фрагментів, володіли вогнем, використовували сокири та інші знаряддя з каменю, але далеко не завжди робили інші однакові для всіх винаходи (колесо, бумеранг тощо).

У період мисливства чисельність первісних людей була дуже змінною, але підвищення якості знарядь праці стабілізувало базу ресурсів живлення і ліквідувало небезпеку повного зникнення людей. Винахід і застосування продуктивного землеробства стали головною причиною першого великого “демографічного буму”, що значно збільшив розмір людських поселень і врешті призвів до появи справжніх міст, низки поділів занять й відповідного зростання професіоналізму.

Зміна засобів життєзабезпечення при переході від мисливства і збиральництва до рільництва і скотарства зумовила глибокі та комплексні зміни в культурі, системі цінностей, побудові соціуму та ін.

Головним нововведенням була зміна характеру воєнних дій, які, на жаль, у минулому точилися майже безперервно. В суспільстві мисливців війна відбувалася з метою знищення чоловічої частини ворожого племені та привласнення його території й жінок з маленькими дітьми. Захоплення у полон дорослих чоловіків було безглуздом, оскільки їх не можна було без ризику для господаря використати під час полювання чи в інших тогочасних видах діяльності. Виняток з цього — використання полонених як частини харчового ресурсу племені, але це був лише ще один варіант фізичного знищення супротивника.

Цілі воєн глибоко змінилися в *аграрному суспільстві*, майже всі члени якого змушені були інтенсивно працювати фізично. Місце праці було дуже обмеженим територіально, тому захоплених у полон осіб можна було порівняно легко контролювати і погрозами чи покараннями примушувати працювати на полі або в помешканнях. Війни одразу ж стали значно гуманнішими і лише зрідка велися на повне знищення ворога, адже вигіднішим стало захоплення частини переможеного племені та перетворення полонених на рабів.

Чоловіча фізична сила і агресивність були провідним фактором у суспільстві мисливців, не втратили свого значення вони і в аграрно-

му соціумі. Керівні позиції в тогочасних ієрархіях займали лише чоловіки, спадок переходив до нащадків, як правило, по чоловічій лінії. Формувалися стереотипи упередженого і зневажливого ставлення до розуму й інших можливостей жінок в усіх тих випадках, коли виживання племені чи роду залежало насамперед від сили і витривалості чоловіків.

Навпаки, у разі більш урівноваженого розподілу праці між обома статями і відносною важливості діяльності жінок їх суспільний статус був порівняно високим. На наш погляд, саме так було і в Україні — народні пісні й усі звичаї підтверджують повагу до жінок та їхній близький до чоловічого статус у соціумі.

Лише у виняткових випадках, коли виживання племені чи роду цілковито залежало від праці й майстерності жінок, не лише для землеробів, а й для скотарів могла виникнути перевага жіночої статі над чоловічою. Один з рідкісних прикладів цього — плем'я туарегів, яке мешкає майже у центрі Сахари й спирається у життєдіяльності саме на жіночі ментальні та продуктивні здібності. Жінки у ньому мають повну свободу вибору статевого партнера у будь-який момент часу. Наслідком є те, що найближчими родичами дітей певної жінки по чоловічій лінії є дядьки (її брати).

У деяких аграрних суспільствах склалися виключно сприятливі умови для винахідництва і творчості, де подекуди з високим ефектом реалізовувала себе частина природних чоловічих програм діяльності мозку та інших систем організму.

Наприклад, багато десятків тисяч років серед елементів харчового раціону первісних людей були тверді зерна злаків. Збори були незначними, тому первинну обробку (механічне подрібнення) здійснювали жінки чи розтиранням зерен подобою качалки на трохи увігнутих каменях, чи ударами товкача з твердого дерева у ступі (другий спосіб й досі побутує в Африці). Чоловіки у той період навіть на мить не замислювалися над тим, як полегшити жінкам цю роботу — їхньою спеціалізацією було полювання, для якого вони й винаходили то бумеранг, то потужний лук чи допоміжні засоби для метання дротиків.

Чоловіки змушені були розпочати по-справжньому важку щоденну працю вже на самому початку рільництва. Зерна стало так багато, що й їм довелося з ранку до ночі розтирати його качалками. До цього додалася не менш неприємна і важка праця з обробки ріллі й збирання врожаю.

Там, де жінки мовчки працювали тисячоліттями, чоловіки “зламалися” дуже швидко. Надовго їх терпіння не вистачило, тому вони звернулися до винахідництва в новій сфері. Оббігали всі терени, полонили рогату худобу, відібрали найтупішу й найпокірливішу (маса мозку одомашнених тварин приблизно на третину менша, ніж в аналогічних за розмірами неодомашнених). Утім знайдено незаперечні докази того, що мисливці минулого будували довгі стіни, які примушували тварин рухатися до звуження, що було пасткою — урвищем чи невеликим замкненим простором, в якому утримували чималу групу тварин. Цим мисливці забезпечували себе їжею на тривалий час, а також мали можливість відібрати серед здобичі найбільш перспективних та слухняних. Винайдення рала дало змогу використати полонених тварин на найважчих польових роботах.

Інша велика лінія винахідництва стосується механізації перетворення зерна на борошно. Саме природна непристосованість чоловіків до одноманітної і важкої ручної праці стала провідним стимулом винайдення ними спершу ручного млина, згодом — безлічі його різновидів, які приводилися в рух чи тваринами, чи потоком води, чи вітром. Проте вершинним досягненням чоловічої творчості були все ж науки, письменність і різні види мистецтва. Щоправда, їх розквіт наставав лише у дуже численних і великих аграрних соціумах.

Сучасні досягнення наук про людину засвідчили, що продуктивність і здібності її мозку достатні для одноосібного керування кількома сотнями людей свого роду. У цьому разі необов'язкові винайдення письма і поява спеціалізованого на управлінні прошарку населення. А от у багатотисячних аграрних об'єднаннях забезпечення стійкості й великої тривалості їх існування стає можливим лише за умови появи культури, науки й освіти.

Історія людства свідчить, що науково-освітній комплекс обов'язково виникав і розвивався в усіх куточках Землі, де товарне аграрне виробництво утверджувалося і процвітало впродовж змін кількох поколінь. Близькуче про це все писав у своїх книгах француз Фернан Бродель — один з перших науковців, хто розпочав дослідження минулого з погляду розвитку технологій та інструментів (матеріальної культури), а не розгортання воєн, убивств і перманентної підступної боротьби “видатних лідерів” (найбільших злочинців) за право вмоститися на самісінькій верхівці тих пірамід, якими були аграрні суспільства.



Тут ми ризикнемо висловити власне припущення про велику поширеність штучних споруд пірамідальної форми практично на всій поверхні Землі. На наш погляд, спорудження різних варіантів пірамід світу символізувало в очах тих, хто примушував підвладних споруджувати ці геометричні тіла з каменю і ґрунту, найвиразніше для оточення відтворення їх найвершиннішого становища у суспільстві. Мабуть, можна навіть довести — висота пірамід була пропорційна абсолютній кількості членів соціуму, який розпочинав їх спорудження.

Саме на момент утвердження стабільних аграрних соціумів припадає винайдення людьми одразу цілої групи монотейстичних релігій, завданням яких було насамперед забезпечити покору всіх нижчих верств суспільства, переконати їх у тому, що саме пірамідальна структура з її яскравою нерівноправністю членів є ідеалом суспільного устрою, єдино можливим і прийнятним варіантом.

В окремих місцях люди експериментували з різними варіантами суспільного устрою. Цим, як відомо, особливо вирізнявся регіон Середземномор'я. Наслідком було винайдення основних засад правового і демократичного суспільства. Щоправда — як в Афінах періоду їх розвитку — лише для вільних і повноправних громадян, а не для рабів. Останніх практично в усіх найуспішніших і найвідоміших цивілізаційних осередках періоду домінування аграрного соціуму завжди було в кілька разів більше, ніж вільних громадян.

Схильність “аграрних” диктаторів до свого увічнення в якомога важчій і більшій споруді стала головною причиною того, що аграрні цивілізації всього світу полишили по собі такі міцні й величні рештки, що їх не спромоглися стерти на порох ні тисячоліття впливу злив і буревіїв, ні десятки і сотні воєн, в яких застосовувалися дедалі досконаліші знаряддя убивства. Сучасні археологи легко виявляють ознаки і місця поселень землеробів не лише з літаків, а й з орбіт супутників.

Саме так французи без значних фінансових витрат розшукали на своїх рівнинах і полях сотні місць розташування ферм і поселень римського періоду. Були спроби використати подібні методи і в Україні. Їх варто було б продовжити — тисячоліттями наші пращури зводили села і більші центри не лише навколо Трипілля, а мало не від Сану до Дону. Є що вивчати і чим пишатися.

У ті давні часи в згаданих центрах цивілізації була певна кількість осіб похилого віку, чий мозок після останньої в життєвому циклі лю-

дини перебудови максимально наближався до того стану, який ми звикли характеризувати словом “мудрість”. Письмові та усні їх заповіді і поради визначалися по-справжньому високим гуманізмом і сподіваннями на те, що люди будуть менше ненавидіти один одного, відмовляться від бажання будь-що знищити “чужих”. Цікаво, що деякі з них навіть рекомендували толерантніше ставитися до природного середовища. Але лише там, де його пошкодження аграрним виробництвом і використанням дерева для забезпечення комфорту щоденного життя було цілковито очевидним — на узбережжях Середземного та іншого морів, у густонаселених оазах Азії та Африки тощо. На більшості ж поверхні Землі особливих екологічних проблем тоді ще не існувало.

Автори підручників та інших книг з екології часто-густо звинувачують рільників і скотарів у знищенні мало не всієї рослинності теплої частини Північної півкулі — утворенні Сахари, пустель Азії та ін. Проте, якщо поглянути з космічної відстані на Землю і дослідити циркуляцію повітря під впливом нерівномірного нагрівання ґрунту і води на різних широтах, то виявиться, що людей аж ніяк не можна вважати єдиними і головними винуватцями появи зазначеного поясу пустель. Вони виникли там, де донизу опускаються сухі повітряні маси, які, наповнені вологою, розпочали свій шлях угору над постійно розпеченим і дуже “вологим” екватором. Скинувши вологу у формі рясних тропічних дощів ще в зоні тропіків, вони угорі рухалися від екваторіальної зони у напрямку обох полюсів і врешті опустилися вниз у двох смугах пустель (у Південній півкулі також є пустелі, хоч їх спільна площа значно менша від розмірів однієї Сахари).

А от хто насправді винний у численних і практично безперервних антиекологічних діях — так це *індустріальне суспільство* з його шістькою визначальних і найголовніших принципів організації управління економікою і суспільним життям: стандартизацією, спеціалізацією, синхронізацією, концентрацією, максималізацією і централізацією.

Держави з індустріальною формою суспільства, що стала виходити на цивілізаційну авансцену лише після появи парової машини, досягали тим вищих успіхів, чим послідовніше й ширше вони застосовували ці принципи.

Стандартизація і спеціалізація невпинно знижували вартість кожного виробу й давали змогу завоювати ринок, витіснивши конкурентів. Концентрація і централізація невеликих фінансових ресурсів окремих осіб або сімей у корпораціях чи державних фондах забезпе-

чили можливість побудови величезних фабрик і заводів, що вимагали значних стартових капіталовкладень.

До стадії майже цілковитого безглуздя дійшли зміни щоденного життя переважної більшості громадян індустріальних країн. Бажання вищого державного керівництва зробити все “як належить” завдяки транспорту і засобам інформації (спершу — щоденним газетам, згодом — радіо) втілювалося в повну стандартизацію життя. Все було синхронізовано з точністю до хвилин. Як схематично відтворено на рис. 2, багатомільйонні маси активного населення у певний час прокидалися, ставали у чергу до “санвузлів”, щось похапцем з’їдали, штурмували громадський транспорт, довгими колонами прямували у визначені місця заради того, щоб у точно визначений кимсь іншим момент увімкнути верстат на фабриці чи вмотитися за парту в “навчально-виховному закладі”. Все це безглуздя відбувалося у зворотному порядку надвечір і повторювалося мало не щодня впродовж усього життя.

Майже повної можливості матеріального втілення набуло прадавнє бажання людей спорудити щось таке грандіозне, аби кожному було далеко видно, наскільки “ми багаті, розвинені й розумні”. Прагнення максималізації не зникло й сьогодні, хоч логіка й довга низка страшних катастроф переконує — не варто споруджувати плавучі міста з тонкої сталі й мчати на них наосліп (навіть загибель “Титаніка” є далеко не рекордною морською катастрофою). Безпечніше, краще і дешевше звести довгий будинок помірної висоти, ніж ставити його вертикально й наражати як не на терористичний акт, то на примітивну й дуже поширену пожежу.

Та ці міркування очевидні не для всіх у сучасному світі. Спорудження стоповерхового будинку цілковито неможливе в Нідерландах чи країнах Скандинавії не тому, що у них погані інженери-проектувальними та майстри-будівельники. Вони просто вважають це, м’яко кажучи, не зовсім розумним. І не дивно — ці народи живуть вже у XXI ст. й частково у суспільстві знань.

А от менталітет американців і деяких керівників країн Азії (Малайзії, Гонконгу, Тайваню, Арабських еміратів тощо) все ще має всі риси початкової стадії індустріального періоду — їм страшенно кортить будь-що побудувати найвищий хмарочос. Навіть сумна доля башт-близнюків Всесвітнього торгового центру в Нью Йорку їх нічого не навчила. Ось і споруджують нові “близнюки” (Малайзія) чи просто грандіозні кількасотметрові “стовпи” бундючності й самозакоханості

(Гонконг і Тайвань). У нас немає надії на те, що це згубне і безглузде суперництво врешті припиниться, що ніхто і ніколи не побудує “будинок” заввишки 1 км і більше (наприклад, у пресі повідомили, що якраз такою буде висота так званої Дубайської башти в Еміратах).

Саме середня стадія індустріального суспільства стала головним винуватцем створення тієї групи екологічних проблем, шляхи подолання яких ми розглядатимемо нижче в наступних розділах. На цей період припали особливо масштабні й запеклі війни, що двічі охоплювали (вперше в історії) практично весь суходіл і Світовий океан. Під час їх підготовки і ведення й мови не могло бути про збереження природного середовища, захист природного і культурного спадку, про безпеку і якість життя пересічних громадян. Від них — під загрозою фізичного і морального знищення — вимагалось бути “справжніми патріотами” й покійно виконувати волю гітлерів і сталінів на трудових і воєнних фронтах. Лишається лише дивуватися тому, що й досі не бракує прихильників повернення до диктатур і відновлення “залізного порядку”.

Цьому дикому й алогічному потягу до покори і рабства етологія й науки про мозок дають логічне пояснення — наш мозок працює за певними алгоритмами і правилами упорядкування всіх типів вражень та інформації. Але ця “рабська тенденція” не є неподоланим абсолютом. Ми дуже сподіваємося на те, що нові покоління (*суспільство знань*) зусиллями систем освіти та інших засобів формування особистості позбавляться бажання комусь обов’язково підкорятися й стануть відповідально сміливими й самодостатніми. Погодьтеся — це й справді вищий рівень культури і менталітету, якого, як ми пунктирно простежили для попередніх трьох суспільств, ніколи раніше не було у вигляді масових, а не одинично-індивідуальних, проявів.

Чи є надія на те, що новий менталітет швидко охопить усю планету і дасть змогу вирішити як екологічні, так й інші загрози людству? На наш погляд, — так. Оскільки той еволюційний поступ, який ми відтворили на рис. 2, супроводжується десятками явищ і процесів, переважна більшість яких має позитивне спрямування. До того ж серед них є й такі, що спроможні ліквідувати всі екологічні загрози і забезпечити стійкий розвиток людства

Спробуємо це довести.

## 1.2. ГОЛОВНІ СВІТОВІ ПРОЦЕСИ І ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЛЮДСТВА

Якщо проаналізувати ті публікації футурологів, де вони в останній третині ХХ ст. намагалися передбачити події на зламі сторіч і у більш віддаленому майбутньому ([5; 6; 12; 24; 42] та ін.), то виявиться, що загалом прогнози виправдалися лише в окремих аспектах. Можна навіть стверджувати, що у наш час зниження точності передбачень є однією з багатьох загальнопланетарних тенденцій. Проте це аж ніяк не означає, що слід відмовитися від них і перейти на використання павловського типу суто імпульсивних рефлекторних відгуків на збудники і впливи нашого оточення.

Передбачення як екстраполяція певного явища в майбутнє (руху навколишніх тіл, перебігу найпоширеніших природних явищ та ін.) притаманне всім розвиненим біологічними видам, про що свідчать як дослідження етологів, так і наш особистий досвід спостереження “братів наших менших”. Ми змушені займатися великими і малими прогнозами щоденно, досягаючи непоганих результатів для нескладних побутових випадків і коротких термінів екстраполяції. Набагато кращі показники вчених — астрономів, фізиків, останнім часом — метеорологів.

Протилежна ситуація зберігається щодо результативності передбачень явищ, які вивчені недостатньо і залежать від багатьох факторів (йдеться про аналіз функцій багатьох незалежних змінних, початкові значення і характер зв'язків яких відомі лише приблизно). І все ж науковці сподіваються вирішити й ці завдання, безперервно нарощуючи потужність електронно-обчислювальних машин, точність і якість моніторингу явищ, а також евристичні можливості математично-аналітичного апарату (приклад — значний прогрес в ефективності прогнозів погоди на термін кілька днів).

Дуже складною і суперечливою лишається ситуація із соціально-політичними прогнозами, що в черговий раз засвідчує просте правило — результативність наших колективних та індивідуальних дій визначається насамперед повнотою та реалістичністю уявлень про стан і характеристики довкілля (в найширшому значенні цього терміна), причини і спрямованість процесів і явищ його змін та розвитку. Низька результативність цього типу прогнозів може бути пояснена поєднанням двох явищ:

1) наш мозок не є ідеальною аналітичною машиною, яка працює у вільному режимі за оптимальними в усіх випадках алгоритмами. Існують певні закони його діяльності (нейромолекулярна біологія й інші молоді сучасні науки здійснюють все більше відкриттів у цій сфері), тому й результати є не випадковими і довільними, а визначаються алгоритмічним впливом цих законів у поєднанні з накопиченою людиною упродовж свого життя інформацією. Примітивні завдання можуть бути розв'язані на основі короткотермінового навчання (накопичення інформації), складні — значно довшого. Існує багато завдань і проблем, вирішення яких можливе лише на підставі такого тривалого накопичення інформації, методів і засобів аналізу, для якого бракує людського життя;

2) експоненціальний процес накопичення об'єктивної (наукової) інформації разом з постійним прискоренням змін самої людини внаслідок впливу на її формування і діяльність довкілля (соціального, природного і технологічного). Наслідком є *“ефект хоттабизації”* — спроби пошуку відповідей у змінених умовах щодо трансформованих соціумів на підставі безнадійно застарілих і надто звужених даних, алгоритмів і канонів. Те, на що спираються аналітики (соціологи, психологи, політики та ін.) щодо аналізу явищ, які стосуються сучасних людей та їхніх об'єднань, у більшості випадків надто застаріле й було правильним кілька десятків (чи й більше) років тому.

Ми переконані — кількість помилкових висновків, пропозицій і рішень значно зменшиться вже за умови усвідомлення того факту, що після 1990 р. накопичено понад 98 % всієї сучасної інформації у сфері цифрових, нано- і генетичних технологій, понад 90 % знань про людину та глибинні засади й закони її функціонування тощо.

Результати і безпека життєдіяльності стануть вищими, якщо всі члени сучасних суспільств будуть підготовлені до того, що величезний обсяг накопичених за тисячоліття історичної еволюції людства висловів, тверджень, “мудрих думок” стрімко втрачає свою евристичну цінність й може цитуватися та використовуватися у системах освіти лише за умови врахування сутнісних і контекстуальних меж своєї правильності та раціональності.

Тому перспективне стратегічне планування у наш час, як ніколи в минулому, має спиратися на об'єктивне бачення України у контексті всієї планети, на урівноважене врахування як “домашніх” проблем (хімерне поєднання кількох революцій і глибоких катаклізмів, розвиток національної самосвідомості, відродження рідної мови, куль-

тури, освіти та ін.), так і максимально широких явищ — нашої участі у формуванні з розрізненого конгломерату націй і народів цілісного і згуртованого людства, здатного подолати не лише гострі, хоч і обмежені локально, виклики типу активізації різних форм тероризму, а й більш суттєві — загрозу розвитку нестабільності атмосфери, гідросфери, врешті всієї біосфери.

Відтак, це “об’єктивне бачення” має стосуватися насамперед аналізу і передбачення найбільш загальних і важливих суспільно-економічних і глобальних процесів, відповіді на одвічне запитання — *“Куди йдемо?”*

Звернення до праць істориків, філософів чи політиків засвідчує надзвичайну різноманітність думок щодо рушійних сил суспільної еволюції й історичного процесу. Традиційно, повторюючи вислови багатьох науковців XIX–XX ст., наші сучасники продовжують стверджувати, що все визначають видатні особи, “пасіонарні” лідери чи загальна нерозумність людини ([15] та ін.), завершуючи свої аналізи твердженнями на кшталт того, що щастя України залежить від нашої спроможності знайти “культурного і високоосвіченого монарха”.

Та час монархів і надпотужних одинаків-лідерів уже минув у тих регіонах планети, де соціуми переходять від індустріального до інформаційно-високотехнологічного життєзабезпечення, що спирається на гуманістичні принципи і засади демократії. Наочним прикладом цього може бути порівняння проєктів об’єднання Європи в першій половині XX ст. і практики інтеграції в його заключній третині.

У період між двома світовими війнами серед прихильників демократії і поступу європейського континенту відбувалася активна дискусія щодо шляхів його об’єднання з метою запобігання розбрату і виникненню небезпеки нового конфлікту. Найкращим варіантом, який набув практично повної підтримки, було визнано появу в Європі виняткової особистості, яка змогла б відіграти роль “демократичного і цивілізованого” монарха, спроможного повести усіх шляхом інтеграції та прогресу. Ця особистість мала поєднувати в собі динамізм і вольову силу Наполеона з інтелектом та гуманізмом Масарика (тогочасного президента новоутвореної Чехії).

Якихось тридцяти років вистачило для повної зміни уявлень європейців про керівну роль особистості в сучасній історії та засади міждержавного об’єднання. Не чекаючи Божого благословення у формі керування в Європу “ідеального монарха”, народи і керівники бага-

тьох західноєвропейських країн швидко і ефективно перейшли від стадії розбрату до глибокої економічно-політичної інтеграції, відкритих кордонів і спільної валюти. Ідея обрати якогось “Вищого Суддю” навіть не спадає на думку німцям, італійцям чи французам. Зберігаючи свою культурно-освітню неповторність, країни — члени Європейського Союзу впритул наблизилися до стадії надання більшості законодавчих та інших повноважень єдиному керівному органу.

Але прогрес в економічних, соціальних і гуманітарних науках не є рівномірним в усіх країнах. Чимало дослідників та експертів поділяють думки К. Маркса і багатьох його послідовників, частково справедливі для специфічного моменту розвитку індустріального суспільства. Вони й нині вбачають у боротьбі суспільних класів і верств, а також властивих для них поглядів чи ідеологій глибинну причину всього прогресу й руху в майбутнє. Та уявлення і висновки марксистів майже повністю неприйнятні для економіки знань та інформаційного суспільства, де працівники виробничого сектору економіки становитимуть не більше 10–12 % усього активного населення.

Останніми роками дедалі частіше акцентуються релігійні конфлікти, расове суперництво, домінуючі прагнення (“пасіонарність” або щось подібне) груп народів чи племен. Наприклад, відомий в Україні організатор і освітній менеджер проф. Г. Щокін вважає, що важливу роль у сучасних подіях на континенті Євразії відіграє зіткнення мега-етносів слов’янського і германського (приклад — події на Балканському півострові 1992–2001 рр.).

У деяких науковців популярною є так звана “цивілізаційна” точка зору, яка акцентує проблему глобально-земного суперництва євроатлантичної та азійсько-борейської цивілізацій. До євроатлантичної цивілізації вони відносять більшість держав “золотого мільярда”, які розпочали перехід від індустріального до постіндустріального суспільства. Лідерами серед них є США, країни — члени Європейського Союзу, Канада та ін. Азійсько-борейську цивілізацію репрезентують Росія і країни азійського континенту (у тому числі арабські).

*Євроатлантична цивілізація* (не слід її ототожнювати зі США — ті не є її моральним лідером чи вершиною) виникла внаслідок поєднання розвитку найпрогресивніших форм виробництва з дуже гуманними варіантами християнської релігії (в першу чергу — протестантизмом). Вона набагато більше від усіх інших цивілізацій визначається орієнтацією на людину як найвищу цінність буття. На повазі до осо-



бистості ґрунтуються ідеали всіх її суспільних процесів: приватна власність, демократія, верховенство права, громадянське суспільство, ринкова економіка. Представники цієї цивілізації виступили ініціаторами створення наднаціонального законодавства у вигляді конвенцій про права людини і захист дітей, які були підтримані переважною більшістю країн — членів ООН. Цивілізованість сучасних держав вимірюється тим, наскільки їх конституції й цивільні кодекси відповідають положенням вказаних конвенцій.

Зовсім інші пріоритети побутують не теренах, де панує *азійсько-борейська цивілізація*. Найвищим серед них і в наш час залишається централізована держава. Саме вона має визначальний вплив на всі суспільно-економічні процеси, у тому числі засади і норми життєдіяльності кожного громадянина. У країнах азійсько-борейського світу немає й мови про цінність і недоторканність кожної особи, оскільки зберігається примітивна ієрархічність суспільної побудови. На верхівці цих “пірамід” перебуває одна особа (чи невелика група), яка й має повноту влади. Пересічні громадяни є пішаками в руках цих можновладців, становлячи широку основу величезної ієрархії, подібної до мурашника.

Серед останніх варіантів пояснень причин глобальних подій, що виникли наприкінці ХХ ст., є посилення впливу поділу світу не за меридіаном (Захід — Схід) на підставі введення зазначених двох полярних цивілізацій, а по горизонталі паралелей — на багату Північ і бідний Південь. Цей поділ виявляв себе, наприклад, під час обговорення глобальних екологічних проблем на світових екологічних конференціях в Ріо-де-Жанейро (1992) та Йоганнесбурзі (2002), а також під час вирішення питань повернення боргів Всесвітньому валютному фонду та ін.

Одним з найпоширеніших рефренів останніх років є явище “глобалізації”, яке найчастіше розглядається виключно в аспектах загальнопланетарного домінування головних міжнародних промислових монополій і формування єдиних правил торгівлі, значно рідше — взаємозближення націй, скорочення відстаней, невпинного зростання контактів, зв’язків та обмінів, поглиблення залежності перебігу явищ в одній точці Землі від того, що може відбуватися у антиподів.

Для одних аналітиків “глобалізація” є свідченням негативної ролі наднаціональних компаній, які отримали можливість використовувати природні ресурси і робочу силу на всіх континентах далеко поза

межами країн свого походження, для інших — позитивним явищем залучення до світового ринку країн третього світу завдяки інвестиційній і кадровій політиці тих самих наднаціональних компаній. Не бракує й екстремістів, які атакують всі міжнародні зібрання промисловців та бізнесменів під гаслом “Геть глобалізацію”!

Всі ці точки зору мають право на існування, але визначаються обмеженими евристичними можливостями, пояснюючи лише частину світових подій (в першу чергу — регіональних). Навіть явище глобалізації, попри свій загальнопланетарний обсяг, не є первинним. Воно стало розвиватися унаслідок поєднання впливовіших чинників.

Ми схиляємося до того, що культурно-релігійні впливи, конфлікти регіональних цивілізацій, позитивні та негативні аспекти глобалізації слід розглядати як чинники другого плану, віддавши першість глобальній тенденції руху всіх народів і країн східцями поступової еволюції і зміни суспільств — аграрного, індустріального й знань (див. рис. 2). На різноманітні аспекти цієї еволюції першими звернули увагу відомі зарубіжні науковці — Д. Белл, Дж. Гелбрайт, А. Тоффлер, К. Боулдінг, Р. Арон, А. Турен і багато інших ([5; 6; 12; 65; 71] тощо). Дійсно, хоч усі вказані вище причини у певні історичні моменти і на обмеженій території й можуть виходити на перший план, їхній спільний вплив виявляється другорядним, якщо розглядати простори континентів і епохи тисячоліть.

Саме такий широкий погляд і неупереджений аналіз приводять нас до висновку, що домінуючий спосіб виробництва був, є і завжди буде головним фактором впливу на суспільно-політичне життя, комплекс канонів і норм індивідуальної й колективної діяльності, на культуру і освіту. Спираючись на критерій *способу виробництва*, ми можемо з достатньою чіткістю пояснити причини і особливості розвитку доаграрного, аграрного, індустріального суспільств та з прийнятною точністю уявити початкову стадію суспільства знань і передбачити глобальні події наступних десятиріч.

Зіставлення цих чотирьох видів суспільств ми пропонуємо читачам як табл. 1, до створення якої нас спонукала інформація зі згаданих вище зарубіжних джерел (зауважимо — у жодному з них немає згадки про нано-, піко- і фемтотехнології). Таблиця для легкості сприйняття дещо спрощена, адже містить лише найголовніші, а не всі, риси і характеристики цих суспільств.

**Зіставлення чотирьох видів суспільств за частиною  
їх головних характеристик**

Характеристики	Суспільство			
	доаграрне	аграрне	індустрі- альне	знань
1	2	3	4	5
Період домінування	Доісторич- ний	з (-6000 р.) до +1660 р.	1660–1970 рр.	Виникає після 1970 р.
Відсоток земель, які у наш час живуть у них	< 1 %	> 50 %	40 %	< 10 %
Розподіл дорослих за секторами зайнятості (1-м, 2-м і 3-м)*	98 : 1 : 1	60 : 30 : 10	20 : 60 : 20	1 : 9 : 90
Головні джерела енергії	М'язи люди- ни, вогонь	Вогонь, тварини, вода і вітер	Вугілля, нафта, газ, поділ ядер	Світло Сон- ця, синтез ядер
Виробництво (доміную- чий тип)	Гранично примітивне	Ручне, для негайного споживання	Масове і стандартизо- ване	Гнучке та індивіду- алізоване
Технології	Природні	Механічні	Електроме- ханічні	Нано-, піко і фемтотех- нології
Об'єкти індивідуального накопичення	Влада	Земля і влада	Влада, гроші та речі	Продуктивна компетент- ність
Екологічний вплив ви- робництва	Мінімальний	Помітний і шкідливий	Дуже вели- кий і шкідли- вий	Значний і позитивний
Суспільна роль жінок	Природна і мала	Дуже мала	Незначна	Вирішальна
Основа культури навчання	Приклад	Слово і приклад	Друкований текст і слово	Числова й інші форми інформації
Загальна характерис- тика освіти обов'язкова первинна**	Освіти (як системи) не було	Дуже коротка  1–4 роки 2–6 років	Тривала  7–9 років 7–13 років	Безперервна  12–14 років >20 років
Стандарти освіти	Відсутні	Квазівідсутні	Національні	Міжнародні
Роль освіти і науки у ви- робничих силах країни	Практично відсутня	Ледь помітна	Помірна	Вирішальна

1	2	3	4	5
Головні методи	Природні	Емпіризм	Наукові (поділ і аналіз)	Холізм (комплексність)
Лідери серед наук***	Матеріалознавство	Механіка, математика	Фізика і хімія	Нано-, піко- і фемтонауки

*Примітки:* \* 1-й сектор — сільськогосподарський (збиральництво, полювання, скотарство, рільництво, рибне господарство тощо); 2-й — промисловий; 3-й — інтелектуально-виробничий і обслуговуючий.

\*\* Первинна освіта (initial education) — всі види навчання і отримання фахової компетентності від народження людини до моменту її входження на ринок праці чи початку виконання обов'язків члена нової родини.

\*\*\* Термін “науки” тут вжито у міжнародному значенні “sciences” (несуб’єктизовані знання, варті довіри й отримані в результаті дослідів і вимірів). Термін “нанонауки” означає групу точних наук, які вивчають закони контрольованої побудови й ефективного використання штучних об’єктів, які складаються зі структур розмірами до 1 нм ( $10^{-9}$  м). Відповідно об’єкти піко- і фемтонаук мають розміри  $10^{-12}$  і  $10^{-15}$  м.

Зауважимо, що показник “менше 10 %” (див. табл. 1) вказує кількість населення тих країн (США, Канади, Японії, Фінляндії, Ірландії, Норвегії, Нідерландів та ін.), які дедалі більше втягуються у стадію суспільства знань, але ще не побудували його, оскільки у них збереглося надто багато виробничих і суспільних рис індустріального періоду. Навіть більше — на нашу думку, відстань, яка відділяє лідерів прогресу від індустріального суспільства, набагато менша від того шляху, який лишається до побудови хоч трішки “розвиненого” суспільства знань.

Значну “віддаленість” останнього продемонструємо одним прикладом. Чи не головний рудимент минулого і гальмо на шляху прогресу — старе й екологічно гранично шкідливе джерело енергії, яким є спалювання накопичених діяльністю біосфери сполук вуглецю і водню (вугілля, нафти, природного газу тощо).

Вирішити всі енергетичні проблеми й забезпечити безпечне життя і стабільний прогрес приблизно 10–12 млрд землян (найімовірніше, що саме на цій позначці стабілізується населення планети) можуть лише принципово нові джерела:

- пряме перетворення сонячної енергії на електрику в неоднорідних напівпровідникових структурах, що створюються на основі наноук;

- керований термоядерний синтез (перетворення дейтерію на гелій у високотемпературних пристроях надвеликої потужності, що спираються на досягнення піко- і фемтонаук).

Ці джерела є екологічно чистими й можуть використовуватися мільйони років без вичерпання і порушення рівноваги всієї біосфери. Кожне з них має достатню потенційну потужність для забезпечення мешканця будь-якого куточка світу необхідною для комфортного існування кількістю електроенергії. Їх можна розпочати вводити в дію хоч зараз (особливо перше), але цьому заважають прихильники наявних систем енергозабезпечення і розподілу праці.

Дійсно, приблизно два мільярди земель і сотні надвпливових компаній мають зиск з видобутку, переробки, транспортування і продажу традиційних джерел енергії. Відтак, їхні представники роблять усе можливе і неможливе для гальмування нових досліджень (особливо у сфері керованих термоядерних реакцій та їх використання). Вони не мають жодних підстав бажати появи нових надпотужних джерел енергії. Нам усім слід пам'ятати про це негативне явище і спільно боротися за якнайшвидший перехід від спалювання нафти і вугілля до створення великих сонячних електростанцій у пустелях та потужних термоядерних станцій у місцях найбільш компактного проживання населення й великої потреби в енергії. Ми переконані — світле майбутнє всього людства абсолютно неможливо побудувати на бензині, природному газі чи ріпаковій олії!

Водночас немає сумнівів і в тому, що самі лише заклики “жити дружно, бути вихованими і толерантними, любити природу та ін.” не зможуть істотно наблизити людство до побудови екологічно стабільного інформаційного суспільства на всій Землі. Цей бажаний перехід забезпечить лише прогрес наук, технологій, освіти і виробництва. Для свого порятунку людство має подорослішати й змінити всю систему індивідуальних і колективних пріоритетів діяльності. Сподівання на це пов'язані з кількома тенденціями, прояви яких відображено і в табл. 1, і в подібних дослідженнях інших явищ:

- глобальний розвиток відбувався від примітивно-природної організації з тисяч до десятків тисяч племен, члени яких знали про існування лише сусідів-конкурентів, до формування “людства” як реальної цілісності, свідомої глобальних загроз й здатної перемогти їх;
- постійно зростали індивідуальна відповідальність і автономія членів поширених соціумів, зменшувався відсоток підпоряд-

кованих і несамостійних осіб і збільшувався, змінюючись за сутністю, відсоток лідерів й незалежних індивідуумів;

- невпинно розширювалися суспільна роль жінок, вплив притаманного цій статі менталітету і системи цінностей на діяльність всього суспільства аж до повної їх перемоги над природно-чоловічими програмами, орієнтованими на необмежене індивідуальне і колективне суперництво;
- саме це явище стало, як ми вважаємо, прихованою основою невпинного розвитку і поширення системи загальногуманістичних цінностей і правил співжиття, остаточна перемога яких над усіма попередніми є ультимативною передумовою сподівань людства на існування і подальший стійкий розвиток.

На жаль, досягнення переваги цінностей і пріоритетів нового суспільства знань над усіма попередніми — надскладне завдання, яке не може відбуватися так само швидко, як поява та удосконалення матеріально-виробничої сфери (комп'ютерів, цифрової інформаційної техніки, нової інфраструктури тощо). Справа не лише у тому, що надто великий відсоток усього людства ще й не наблизився до інформаційної стадії. Людський мозок діє за певними законами і нормами, тому досить часто, отримуючи від органів чуттів об'єктивні й правильні сигнали, оцінює їх і робить висновки за усталеними та сформованими стереотипами, відтак нав'язує упереджені, консервативні й просто неправильні висновки.

Проте цьому можна зарадити, якщо не забувати про вказані вище три головні перешкоди для результативної інтелектуальної діяльності. Особливо важливою є поінформованість у поєднанні з критичним мисленням. Сподіваємося, що читачам особливо корисним для власних роздумів і раціонального використання виявиться складений нами розширений перелік головних загальнопланетарних процесів, з яких вище було згадано лише незначну частину.

На початку травня 2008 р. цей перелік охоплював 75 складових, які ми поділили на сім великих груп. Потрібно уважно ознайомитися з ними, адже нижче буде наведено лише короткі пояснення та уточнення, щоб зекономити місце для кількох особливо важливих позицій.

## **Quo vadis, людино? 75 провідних світових явищ, тенденцій і змін**

### *Група 1. Людина в її фізіологічних (“природних”) аспектах:*

1. Негативні зміни в менталітеті та поведінці все більшого відсотка населення.

2. Зростання часу “підлітковості”, розрив у часі фізіологічних і соціальних “піків”.
3. “Атака” мозку дітей неприродними збудниками, збурення норм їх розвитку.
4. Зростання загрози безпосереднього збудження септуму (активізатора “системи емоції задоволення”) і наркоманії.
5. Рух еротики і сексоманії до провідних позицій в мас-медіа і неконтрольованих світових потоках інформації.

*Група 2. Людина в соціально-суспільному вимірі:*

6. Зміна сутності “лідерів”: перехід від “альфа-самців” до високих професіоналів.
7. Виникнення потреби не екологізації освіти, а створення світової конвенції “Про обов’язки Людини”.
8. Підвищення потреби в конвенції з етики журналістики.
9. Світові конвенції як наднаціональне законодавство.
10. Зростання розриву між природними і суспільно-необхідними програмами поведінки і життєдіяльності людини.
11. Тенденція збільшення відсотка літніх людей: позитивні та негативні аспекти цього явища.
12. Зменшення “важливості дітей” і проблеми з їх появою.
13. Зміна цілей виховання: перехід від націонал-патріотизму до “економічного патріотизму”.
14. Злиття роботи і навчання в єдине ціле для більшості активного населення.
15. Потреба в посиленні захисту “національного” від деструктивного впливу “іншого”.
16. Ефект “прозорості” людини на тлі її позірної свободи, автономності та анонімності.
17. Унеможливлення природного циклу розвитку людини внаслідок того, що тривалість формування її особистості довша від часу істотних змін соціального і природного довкілля.
18. Підвищення важливості для всіх земель оволодіння основами психолого-педагогічних, валеологічних і етологічних знань.
19. Ера масового альтруїзму, яка розпочалася з 28 червня 2005 р., виникають матеріальні передумови для цього внаслідок початку достатнього життєзабезпечення.
20. Професії міфотворчого характеру стали масовими, в Інтернеті зростає відсоток брехливої та викривленої інформації.

*Група 3. Організація суспільства, його цілі та діяльність:*

21. Прискорення руху країн світу сходянками суспільної еволюції від доаграрного до суспільства знань.
22. Демократизація суспільного устрою і скорочення можливих полів вияву тоталітаризму.
23. Відмова від примітивної (однопірамідальної) побудови соціумів і перехід до мультипірамідальної.
24. За кожної великої революції до влади приходять бандити (чи фанатики), а не інтелектуали. Змін на краще доводиться чекати. Україна-21 – не виняток з цього правила.
25. Загострення глобальних екологічних загроз існуванню людства.
26. Контрнаступ, який створює біосфера Землі, намагаючись ліквідувати деструктивний вплив людства (СНІД та ін.)
27. Активізація релігій і сект.
28. Підвищення суспільного запиту на інтелект жінки та її менталітет.
29. “Атомізація” соціального життя і зміна призначення еліт.
30. Рух до формування нових засад організації і діяльності “держави-лідера” зразка ХХІ ст.
31. Розпад монолітності “Заходу” – цивілізаційний розрив між США та європейськими розвиненими країнами
32. Повільний занепад природного бажання пересічних громадян жити у наддержаві й бути цим забезпеченими від ворогів і нестабільності. У наш час ліпше жити в маленьких державах.
33. Процес регіоналізації – відповідь на недоліки глобалізації в однополярному світі.

*Група 4. Виробництво і торгівля:*

34. Перехід від алхімічних технологій до керовано-атомарних (нано-, піко- і фемтотехнологій).
35. Посилення тенденції вважати нанотехнології головною загрозою для майбутнього. Колись загрозу вбачали і в паротягах.
36. Глобалізація як відкритість усіх ринків і вільна конкуренція товарів, послуг і кваліфікованої робочої сили, миттєвість руху капіталів, електронна торгівля та ін.
37. Держави з “хай-тек” товарами вже відстали, перспектива – лише за групою “надвисоких товарів” 7-го технологічного укладу.



38. Відплив виробництв з “холоду” в “тепло” (з північних широт у приекваторіальні).
39. Посилення міграції робочої сили й набір кваліфікованих працівників лише конкурсним шляхом.
40. Зростання загрози прибуття в Європу десятків мільйонів “зайвих” чоловіків з Індії, Китаю та інших країн.
41. Посилення опору консерваторів і “старих сил” нововведенням (приклад — блокування нафтогазовими компаніями створення термоядерного реактора 1-го покоління).
42. Зростання вразливості антропогенних об’єктів до дії природних факторів.
43. Рух розподілу активного населення до співвідношення 1: 9: 90 і розширення ринку праці для осіб третього віку.
44. Зростання поширеності й значення інтелектуальної роботи удома, зменшення — “на робочому місці”.
45. Перехід від традиційних моделей організації економіки до так званої інноваційної економіки.

*Група 5. Збройні сили, оборона і національна безпека:*

46. Занепад значення збройних сил і перетворення комплексу “наука + освіта” на основу “сили” сучасних держав.
47. Нові засади колективної безпеки, заборона агресивних війн.
48. Зростання загрози з боку власної армії до неприпустимих меж.
49. Раніше: похід завершено і готуємо армію до нового походу. У наш час: чемпіонат завершено, всі готуємося до нового.

*Група 6. Наука та інформаційна сфера:*

50. Греки мали двох ворогів — Сциллу і Харибду. Сучасні інтелектуали — трьох: ефекти “п’яти сліпих”, “хоттабизації” і “вівсяний”.
51. Прискорення накопичення нової інформації і зменшення того її відсотка, яким оперують не лише пересічні громадяни, а й науковці.
52. Перехід лідерства у науках від фізики до молекулярної біології і нанонаук.
53. Поділення наук (нині їх існує до 8000), які, проте, не можуть інтегрувати свої здобутки.
54. Зникнення завдяки Інтернету і поширенню англійської мови поділу науки на столичну і периферійну, виникнення світових об’єднань.

55. Заміна лінійних підходів в аналізі соціальних та інших явищ на нелінійно-синергетичні.
56. Трансформація етики і моралі, формування цілком нового світобачення.
57. Перетворення медицини з галузі ремісничо-мистецької на біохіміко-інженерію.
58. Прискорення руху до індивідуальних інформаційних центрів, з якими людина не розлучатиметься подібно до того, як член суспільства-1 постійно мав при собі ніж, а суспільства-3 — годинник.

*Група 7. Освітньо-культурна сфера:*

59. Зростання суспільного значення й абсолютної тривалості первинної освіти.
60. Потреба створення та удосконалення роботи трисекторного “освітнього простору”.
61. Втрата старшим поколінням контролю над тією інформацією, на якій формується молодь.
62. Занепад природних програм передання “родинного спадку”.
63. Занепад спадку “мудрих думок і висловів”.
64. Нечесно-хитра конкуренція: США та інші країни шкодять нашій освіті, розвалюючи точні науки і нав’язуючи “критичне мислення”, “громадянську освіту” та ін.
65. Загроза “деперсоналізації” освіти — зниження особистісних контактів на всіх рівнях освіти у парі “вчитель — учень”.
66. “Ринковізація” освіти — загроза етосу вчительства, шлях її перетворення на другорядну і платну “освітню послугу”.
67. Формування світового ринку відкритої освіти і втручання в нього Світової організації торгівлі.
68. Тема “якість освіти” стає суспільно-пріоритетною разом з демократизацією і рухом до суспільства знань.
69. Обов’язковість вищої освіти і наукового ступеня стає передумовою успіху на ринку праці та суспільної діяльності.
70. Досить у школі сім-вісім років вчити ПИСАТИ, адже вже зараз майже ніхто не пише. Час навчати думати і працювати.
71. Зростання відсотка інтелектуальних працівників. Але дедалі потрібніші не просто науковці, а особи з критичним мисленням.
72. Зниження реноме і суспільного рейтингу природничо-математичної та інженерно-технологічної освіти.

73. Конкуренція між вищими навчальними закладами (ВНЗ) за потенційного студента і формування “наскрізних” навчально-виховних комплексів.
74. Посилення перешкод на шляху формування у молоді необхідної для життєвого успіху цивілізаційної компетентності.
75. Хоч нано- і нейромолекулярна біологія та інші науки мають багато досягнень, їх майже не враховують у навчально-виховному процесі, зокрема для розвитку альтруїзму.

Найголовнішим процесом ми вважаємо, як підкреслено вище, *явище 21*, яке полягає у значному прискоренні руху країн світу сходинками суспільної еволюції від доаграрного до суспільства знань.

У другій половині ХХ ст. кілька невеликих держав здійснили чи успішно здійснюють перехід з аграрного стану у першу фазу суспільства знань: Ірландія, Тайвань, Малайзія та ін. Вони фактично проігнорували індустріальне виробництво і спромоглися на основі освіти і науки розпочати побудову більш прогресивного і досконалого соціуму.

Сучасні керівники України мріють про так званий “Український прорив” – стрибкоподібний прогрес, теоретичні засади для якого запозичили у США і Швейцарії [68]. На жаль, вони не помітили того, що Ірландія за останні 20 років на основі власного інтелекту й зарубіжних інвестицій успішно здійснила свій “прорив”, утричі збільшивши валовий національний дохід і відповідно підвищивши рівень життя усіх громадян. Ірландці, подібно до фінів, датчан і громадян інших прогресивних соціумів, вирішили скористатися найперспективнішими виробничими технологіями. За короткий термін вони стали рекордсменами Європи за технологічним рівнем своїх товарів і виробів, а на даний момент входять до групи найбільш активних учасників Лісабонського проекту, що має на меті створення і використання нано-, піко- і фемтотехнологій.

Ми переконані у тому, що серед усіх 75 вказаних процесів головним рушієм світових подій у ХХІ ст. буде *явище 34* – перехід від алхімічних технологій до керовано-атомарних (до нано-, піко- і фемто-технологій).

Сучасні індустріальні технології, у тому числі й “високі”, є всі підстави відносити до групи “алхімічних”, адже йдеться про дуже грубе втручання у природне довкілля – видобуток руд; їх фізичну і хімічну трансформацію, вилучення одного чи кількох “первинних продуктів”, подальше їх багатостадійне використання для виготов-

лення комп'ютерів, автомобілів, літаків, безлічі потрібних (і не дуже) речей щоденного вжитку. Перевага сучасних “алхіміків” над колегами з часів раннього Середньовіччя полягає у тому, що вони частіше (хоч і не завжди) мають уяву про результати певних кроків, втручань і технологічних процесів. Але в усіх випадках алхімічно-індустріальні виробничі засоби шкодять біосфері, відтак – і людині.

Процитуємо висновок, якого дійшли російські науковці, користуючись даними світових екологічних конгресів “Ріо-92” та іншими матеріалами щодо перспективи радикальних змін на краще” всього виробництва: “Зміна за 35...40 років технологій таким чином, щоб на одиницю продукції витратити в 40 разів менше природних ресурсів та енергії, неможлива. Просте ж відтворення третім світом шляху економічного зростання розвинених країн швидко призведе до вичерпання невідновлюваних ресурсів і прискореного руйнування природи, в якій уже сталися глобальні зміни” [67, с. 57–58].

Це лише один з багатьох подібних песимістичних висновків щодо стану людства і перспектив подальшого соціально-економічного розвитку. Песимізм зумовлений переконаністю у тому, що сучасні індустріальні технології є практично доскональними, а тому їх не можна істотно поліпшити в екологічному аспекті. Єдиний порятунок, як вважають цитовані росіяни (І. Підласий і абсолютна більшість інших науковців), – заборонити бідним країнам розвиватися індустріальним шляхом й переконати решту світу в кілька разів зменшити використання природних ресурсів (!).

Та всі вони помиляються, засвідчуючи подібними пропозиціями черговий прояв “вівсяного ефекту”, оскільки переконані у неможливості появи цілком нових технологій, які не лише потребують у десятки разів менших витрат природних речовин й енергії, а й узагалі не шкодять довкіллю.

Саме цю рису й мають нано, піко- і фемтотехнології. На жаль, у світі досить стрімко розвивається тенденція упередженого ставлення до них, яке нагадує відомі з історії приклади критики залізниць на підставі припущення щодо негативного впливу руху потягів на спроможність корів виробляти молоко та ін. І цього разу цілковите заперечення нанотехнологій і оголошення їх одним з головних “анти-екологічних” явищ найближчого майбутнього є наслідком практично повного незнання того, про що йдеться й у чому полягають нано-, піко- і фемтотехнології.

З огляду на важливість цього питання для нашого подальшого викладу і формування правильного світогляду читачів присвячуємо йому наступний параграф.

### **1.3. СПРАВЖНІ ТА НЕСПРАВЖНІ НАНОТЕХНОЛОГІЇ**

Це питання надзвичайно важливе і вимагає використання даних квантових наук. Але сподіваємося, це не призведе до надмірного ускладнення викладу провідних ідей.

У наш час необхідно витратити дуже мало часу для звернення через Інтернет до Вільної світової енциклопедії (Wikipedia), а отже, для ознайомлення з тисячами матеріалів, у назвах яких є термін “нанотехнології”. Їх перелік настільки довгий, що потрібні тижні для більш-менш детального вивчення. Тому, з міркувань економії часу, розглянемо насамперед оглядові статті з назвами “Nanotechnologie (фр.)” і “Nanotechnology (англ.)” [82; 83].

Французи вже у визначення вводять комплекс з двох слів — “нанонауки і нанотехнології”, підкреслюючи, що вони охоплюють знання про нанометрові об’єкти і вміння ними оперувати, створювати їх і використовувати [82]. Автори ж англійської статті визначають лише “нанотехнології” як поле діяльності прикладної науки і технологій, завданням яких є контроль матерії та виробничих процесів на атомно-молекулярних відстанях — від 100 нм і менших [83].

На наш погляд, це цілковито невдале визначення, яке так і не здійснює принципового поділу на “справжні” та “несправжні” нанотехнології, адже навіть індустріальний спосіб виробництва одразу ж потрапляє у розряд “нанотехнологій”, якщо його кінцевим продуктом є нановироби чи наноб’єкти.

Ми ж пропонуємо шукати фундамент для оцінки технологій і виробничого процесу, спираючись на їх екологічні особливості та належність до сфери прояву класичних чи квантових фізичних законів. Якщо використати саме такий підхід, то це повністю змінює ту шкалу, на основі якої технологія може претендувати на віднесення її до класу “нано”.

Отже, “справжня нанотехнологія” повинна задовольняти одразу двом вимогам: 1) використовувати не класичні, а квантові явища і закони; 2) не шкодити довкіллю. Це твердження ми не можемо підкріпити зверненням до вітчизняних чи зарубіжних авторитетів, оскільки вони у темі “нанонауки і нанотехнології” акцентують не глибинну

сутність цих понять, а другорядну кількісну ознаку — *розміри*. В усіх відомих нам визначеннях і поясненнях термінів “нанонауки” і “нанотехнології” лише у виняткових випадках зазначається, що для наноінтервалів придатні закони квантової механіки, але жодного разу не було вказівки на те, що досить досконалі нанотехнології взагалі не шкодять біосфері.

Слід визнати факт формування міфу про нанонауки і нанотехнології, що полягає у викривленому викладі історичних фактів і всього комплексу фундаментальних понять, що стосуються цієї теми. Для широкого читача пропонують чи міфологізовану, неповну і другорядну інформацію, чи взагалі один з варіантів “страшилки”.

Коріння цих міфів — цілковито заокеанське. Якщо вважати абсолютною істиною наукові й інші публікації американців, то й справді може скластися враження, що першим у світі пропозицію керувати речовиною на просторах нанометра (однієї мільярдної частки метра) і менших висловив відомий американський фізик Р. Фейнман 29 грудня 1959 р. на зібранні Американської фізичної спілки.

Чи говорив Р. Фейнман про те, що знання фізиків про властивості речовин на субмікронних і нановідстанях надто малі й там “лишається ще дуже багато роботи”? Говорив.

А чи коректно в усіх сучасних статтях на тему “нанонауки і нанотехнології” у першому ж абзаці згадувати лише Р. Фейнмана і нікого більше?

На наш погляд — некоректно і антипедагогічно. Тисячократне повторення українцям чи громадянам інших держав прізвища Р. Фейнмана неминуче створить хибне враження, що з нього усе й розпочалося, що без його мудрої вказівки жоден інший фізик світу не здогадався б про можливість керування атомами і молекулами тощо.

Так не можна писати хоча б тому, що у період життя і наукової діяльності Р. Фейнмана працювали десятки тисяч фізиків і представників інших наук, багато з яких не лише висловлювали подібні думки, а й створювали електронні мікроскопи для спостереження невидимого оком, винаходили засоби для отримання інформації про точне просторове розташування атомів, що входять до складу білків та інших великих і малих органічних молекул, вдосконалювали одразу кілька видів прискорювачів елементарних частинок та іонів.

Не потрібно на кожному кроці й у кожному другому-третьому абзаці звертатися до зарубіжних авторитетів — півстоліття тому наукові центри (насамперед — фізичні інститути) Харкова і Києва аж ніяк не поступалися за творчо-науковим потенціалом європейським чи американським аналогам. Краще б пригадати, що задовго до подібних до Р. Фейнмана науковців наші фізики виконували експериментальні та теоретичні роботи такого захмарного рівня, що за їх просте повторення через кілька чи багато років приблизно десять європейських і американських науковців стали нобелівськими лауреатами.

Чимало зарубіжних фізиків добре усвідомлювали цю очевидну несправедливість (окремі сміливці навіть висловлювали її у своїх статтях), але не могли відновити правду, адже тогочасний Нобелівський комітет був аж надто політизованою і доволі “сліпою” організацією. Саме тому, на нашу думку, не слід вважати присудження цієї премії єдиним і абсолютно ідеальним показником чи нормативом пріоритетності й найвищої якості наукової продукції. Не випадково у цій організації відбір кандидатів, обговорення і порівняння значення їхнього наукового доробку відбуваються цілковито таємно і без найменших спроб використання багатьох і визнаних усіма принципів.

Отже, Р. Фейнман був видатним для умов США фізиком і чудовим лектором, але аж ніяк не претендентом на титул “кращого науковця середини ХХ ст.” чи хоча б “пророка руху людства у наносвіт”. Невиправдане намагання згадати його у будь-якій науково-популярній статті на тему “нанонауки і нанотехнології” межує з бажанням будь-що віддати шану заокеанським досягненням. Тому краще мати власну гідність і не підігрувати США чи якійсь іншій державі на кожному кроці й з будь-якого приводу.

Інше ім'я, що згадується у сучасних наноміфах, — американець Ерік Дрекслер. Він, на відміну від Р. Фейнмана, намагався підвищити свої рейтинги публікуванням книг і статей саме про нанонауки і нанотехнології, відігравши позитивну роль у узвичаєнні та поширенні цих термінів.

Працюючи над своїми науково-популярними і публіцистичними текстами, що були орієнтовані на політиків, економістів і широкий американський читацький загал, Е. Дрекслер був свідомий того, що абсолютна більшість громадян США неспроможна пояснити відмінність між поняттями “ядро”, “атом” і “молекула”. Причина цього вагома — вони просто не стикалися з ними у школах, тому й не знають, що саме вони означають і чим ці поняття різняться.

Враховуючи вражаюче низький рівень наукової грамотності американської громадськості, журналістів і політиків, Е. Дрекслер під час викладу завдань і можливостей нанонаук для загалу населення змушений був цілковито відмовлятися від використання понять “атом”, “електрони” та ін. Він не зміг вигадати дуже вдалих спрощень, які б зберегли головну ідею нанотехнологій і підкреслили їх можливості. Тому став оперувати словами по лінії “зменшення” і постійно наголошувати, що нанонаука створить такі малесенькі роботи (“асемблери”), що вони хапатимуть окремі “найменші частинки” і вишикуватимуть їх так, як буде потрібно людям. Інновації у наномедицині були редуковані ним до проекту створення “наночовнів” — дуже малих керованих капсул, що вільно рухатимуться у капілярах тіла людини і транспортуватимуть ліки “до хворих клітин”.

Це акцентування фактора мінімалізації постійно повторюється в усіх подальших публікаціях. Абсолютна більшість перших тисяч статей про нанотехнології в науково-популярних журналах і ЗМІ мають цілковито трафаретну побудову: у ... році в публічній лекції Р. Фейнман запропонував “рухатися донизу в субмікронні простори”, а в ... році Е. Дрекслер висловив ідею про необхідність створення надмалих “асемблерів” як основи масового нановиробництва.

Далі автори, залежно від уподобань, звертаються до нових небіологічних наноматеріалів (фулеренів, нанотрубок тощо) чи заглиблюються в біологічні терени, пропонуючи клонування, застосування генної інженерії, а також “зрізання” холестеринових бляшок у великих судинах за допомогою “нанозондів” з фрезерувальними органами та ін. Подібні форми звернення до теми “нанотехнології” цілковито домінують у США і, на жаль, дедалі більше поширюються і на українських теренах.

У російському журналі “Химия и жизнь” (№ 10, 2006), який вважається дуже високим рівнем наукової точності та новизни, вміщено статтю Л. Хатуля “Нано и само” [6], де з непоганим гумором наведено огляд характеру публікацій про наноявища: “Відкривши будь-яке видання, що намагається трохи поговорити про щось наукове, ми натикаємося на слова з префіксом “нано-”. Нанотехнології, нанотехніка, наномедицина тощо. Обіцянки то вилікування від усіх хвороб, то вічного життя. А то, природно, страшилки про поневолення людства. Половина матеріалів починається з посилання на великого Річарда Фейнмана, який у 1960 році щось там пророкував, три



чверті статей завершуються закликком виділити гроші (звичайно, державою) на дослідження”.

Головні стріли критики далі скеровуються журналістам, яких автор статті зараховує до “необізнаних”. Він підкреслює, що брак знань у наносфері журналісти компенсують емоційністю викладу і характерними “...словами-заклинаннями: стратегічний, пріоритетний, новітній, національний, чітко заданий, надмічний, надточний, практично досягнутий, глобальний, приголомшливий, фундаментальний та ін.”.

Проте Л. Хатуль у жодному рядку своєї статті не спромігся вказати те головне, що глибокою прірвою відділяє закони наносвіту від законів тих просторів, які звичні для людини і вивчаються у школі (законів “макросвіту”). Він також акцентує факт феноменально малих розмірів усіх нановиробів і можливість заощаджувати природні матеріали.

Наголосимо — фактор зменшення існує, він досить важливий, але не головний. Перехід від мікронних розмірів до нанорозмірів означає зменшення протяжності у тисячу разів, а об’єму — в мільярд разів. Тому з матеріалу одного мікровиробу можна створити аж один мільярд нановиробів, забезпечивши ними значну частину всього людства (якщо ж зменшити продукт у дві тисячі разів, то нановиробів стане 8 млрд, відтак вистачить і землянам, і марсіанам).

На наше глибоке переконання, підхід до науково-популярного висвітлення тем “нано-, піко- і фемтонауки” та ін. необхідно будувати не на кількісних акцентах, а на принципово сутнісних.

Головний виграш від переходу на нанотехнології полягає не в економії матеріалів, хоч вона велика і забувати про неї не можна. Перевага нанотехнологій над усіма попередніми полягає у тому, що вони спиратимуться на квантові закони і використовуватимуть явища, які неможливо ні пояснити, ні усвідомити на основі всього комплексу класичних фізико-хімічних законів — Ньютона, Гука, Бойля-Маріотта, Кулона, Ома, Джоуля-Ленца, Лавуазьє тощо.

Під час діяльності у наносвіті науковці стикаються з обмеженою придатністю або й цілковитою незастосовністю понять “положення”, “рух”, “траєкторія”, “швидкість”, “прискорення”, “сила” тощо. У нанооб’єктах необхідно враховувати не стільки корпускулярні, скільки хвильові властивості — саме тому всередині атома, що є найтипівшим і найпоширенішим у світі нанооб’єктом, незастосовні ні

формули Ньютона, ні інші досягнення механіки матеріальних точок чи протяжних тіл.

Відкривши факт існування в атомі структурних частин, фізики дуже швидко виявили, що немає нічого спільного між поведінкою електронів у їх перебуванні довкола ядра атома і поведінкою планет та інших тіл у Сонячній системі. Якби атом був просто зменшеною копією останньої, то електрони замість руху колами попадали б на ядро, а тому за мільярдну частку секунди зникли б усі атоми і молекули, які є у нашому тілі, в біосфері чи у Всесвіті.

Пройшло чимало років, доки фізики спромоглися встановити закони руху і взаємодії електронів на нановідстанях і навчитися спершу обчислювати властивості атома водню з двох частинок — ядра і електрона, а потім — складніших багатоелектронних атомів. Виявилось, що у наносвіті є можливість з легкістю здійснити те, про що не можна було б навіть мріяти на підставі знань про взаємодію і рух великих тіл і об'єктів, значно більших від нанометра.

У цьому місці викладу слід з прикрістю вказати — зміст курсу фізики у школі формує цілковито хибне уявлення про закони атомної і ядерної фізики, оскільки пропонує неймовірно спрощені моделі та використовує непридатний математичний апарат. Іншими словами — молоді кажуть неправду, подаючи її за останні досягнення фізики та інших наук. Прикладом є “модель атома Бора”, яку припустимо згадувати лише в курсах з “Історії фізики”.

Вивчення учнями цього надпримітивного варіанта пояснення будови атома водню створює у них переконання в його повній правильності й можливості застосування постулатів і формул Бора до будь-яких атомів та їх взаємодій. Зрозуміло, що на цій основі неможливо усвідомити причини унікальних властивостей атомів вуглецю (карбону) і виконання ним ролі фундаменту всього життя. Не має молодь шансів наблизитися до розуміння надпровідності та надплинності, природи десятків явищ нелінійної (лазерної) оптики та ін. Картина стає ще непривабливішою, якщо додати: курси фізики шкільні й навіть з вищої школи не дають адекватних знань про фотони і практично всю квантову фізику, що є теоретичною основою нанофізики.

Для повноти картини слід додати — чимало нанопроцесів є нелінійними, а тому нанонауки часто вимушені діяти у межах нелінійних квантових теорій.

Межі параграфу не дають змоги навести багато прикладів того, що якісний розрив між нанотехнологіями і сучасними індустріаль-

ними способами виробництва набагато більший, ніж між останніми і тими, які люди використовували на початку формування перших аграрних держав.

Зазначимо також ще одну фундаментальну обставину — ніякими вдосконаленнями індустріальних технологій і змінами змісту навчання дітей і молоді людству не пощастить ліквідувати весь комплекс екологічних та інших загроз. Це спроможні зробити — легко і невимушено — лише нано-, піко і фемтотехнології. Наприклад, у світі великих тіл і лінійних взаємодій цілковито неможливо здійснити “вічний рух”, зокрема побудувати акумулятор енергії, який би не мав жодних втрат і міг “зберігати рух” як завгодно довго. Навіть у вакуумі розкручений ротор обов’язково гальмується. І досить швидко — зупинки не доводиться чекати десятиліттями.

Не є “вічним акумулятором руху” система із Землі та Місяця — десь за шістсот мільйонів років наш супутник віддаляється від Землі так далеко, що його захопить гравітація Сонця чи Юпітера і для необроєного ока він зникне з неба. Так само має обмежений час існування і Сонячна система, а також ще більші астрономічні об’єкти.

Нас нітрохи не дивує, що електричний струм неможливо зберігати без втрат, а під час його передання від джерела до споживача ми втрачаємо тим більше енергії, чим більша відстань між джерелами і споживачами електроенергії. Тимчасом у наносвіті досить легко можна створити умови для надпровідності, а в надпровіднику кільцевої (замкненої) форми струм, підпорядковуючись квантовим законам, рухатиметься як завгодно довго без найменших енергетичних витрат. У звичайних проводах носії струму (найчастіше електрони) безперервно стикаються з іонами, втрачаючи під час зіткнень частину енергії струму і породжуючи цим нагрівання проводів. Якщо ж подібні проводи з певних металів чи сплавів занурити в рідкий гелій, то можуть створитися умови для об’єднання електронів у пари, які перестануть стикатися з іонами металу. Саме групи з двох електронів є носіями струму в надпровідниках, носіями, що рухаються без опору як завгодно довго.

Законами класичної фізики макросвіту (“нашого світу”, де діють “законои здорового глузду”) пояснити причину утворення пари з одноїменно заряджених електронів, як і заборону для неї втрачати енергію у процесі зіткнень з іонами, цілковито неможливо. Частину законів надпровідності фізики відкрили лише тоді, коли відмовилися від застосування класичних розділів своєї науки і використали квантову фізику і електродинаміку.

Зауважимо, у разі конструювання науковцями ланцюжкових молекул певних форми і складу має відбуватися надпровідний рух пар електронів уздовж цих молекул за високих і дуже високих температур (аж до моменту розпаду молекул внаслідок надмірного нагрівання). Сучасні засоби каталітичної органічної хімії неспроможні забезпечити створення подібних молекул, доводиться чекати розвитку нанонауки.

Немає якихось принципових заборон на створення і використання матеріалів, що складатимуться з подібних молекул, тому в доволі близькому майбутньому мають народитися нова електротехніка і багато інших складових сучасних наук і виробництв. Ми утримаємося від детального пояснення того, що у не надто далекому майбутньому практично весь “середній і великий” наземний транспорт може втратити колеса і набути властивості без найменших втрат енергії завжди висіти над надпровідними дорогами. Ті найбільше нагадуватимуть довгі поля для гольфу або клумби, бо зверху матимуть траву чи квіточки, а під ними — надпровідники зі струмом. Рушіями будуть не вентилятори — це примітив, — а складніші пристрої, які також діятимуть з використанням надпровідності.

Цей приклад ми навели з однією метою — засвідчити, що потенціал відкриттів і технологій нано-, піко- і фемтонаук набагато перевищує спільну уяву всіх науковців Землі. Він втілюватиметься не весь одразу, а поступово — услід за тим, як сотні тисяч науковців різних держав світу вивчатимуть все нові й нові наноявища і створюватимуть небачені технології.

Завершимо цей параграф детальним прикладом того, що нанотехнології вже спроможні на таке диво, як створення і використання нешкідливих для довкілля технологій.

Розглянемо можливості сучасних технологій різних рівнів досконалості щодо забезпечення дезінфекції місць постійного перебування людей (у першу чергу — житла). Завдання полягає в ефективному знищенні у них хвороботворних мікроорганізмів (вірусів і бактерій) і, бажано, шкідливих органічних речовин.

Як це робити за “низькими” технологіями, нам наочно демонструє телевізійна реклама, рекомендуючи купити патентовану ядучу рідину (“Доместос” чи іншу) і вкрити нею кожен квадратний сантиметр горизонтальних і вертикальних поверхонь. Ефект буде швидкий — майже всі шкідливі найпростіші перестануть ворухитися. Віддамо належне авторам телевізійної реклами — вони не стверджують, що загинуть геть усі мікроби. Вони чесно вказують — трішки залишиться, але за-

бувають попередити, що ця дешиця негайно розпочне розмножуватися і невдовзі найпростіших буде стільки ж, як і на початку.

Наслідки тривалого використання низьких технологій будуть ще гірші, адже багаторазове використання отрут призведе до мутацій найпростіших і появи стійких до дії “доместосів” різновидів. У цьому разі доведеться звертатися уже до концентрованих розчинів кислот чи ще радикальніших засобів.

З того ж таки телевізора можна довідатися і про “середнього” рівня технології поліпшення санітарного стану житлових приміщень. Для цього нам радять придбати і встановити в усіх кутках квартири зволожувачі та іонізатори повітря, кондиціонери і люстри Чижевського тощо. Цей варіант ефективніший у тому плані, що повітря таки очищується від шерсті домашніх тварин, стає комфортно вологим тощо. Але він значно дорожчий і за початковими, і за поточними витратами. До того ж, всі ці засоби не надто ефективні у боротьбі саме з хвороботворними мікроорганізмами.

Про “надвисокі” технології нанорівня телевізор мовчить — творці передач на українських телевізійних каналах не знають стану сучасних наук і не цікавляться цим питанням. Тимчасом “надвисокі” технології вже частково створені й можуть використовуватися на практиці.

Для знищення шкідливих мікроорганізмів і органічних речовин у житлових приміщеннях вони пропонують вкрити всі поверхні, на які може потрапити світло, мікроскопічною кількістю безпечних для людини і речей фотокаталітичних молекул. Поглинувши фотон сонячного чи штучного світла, молекула каталізатора використовує його енергію на розщеплення органічної речовини — мікроорганізмів чи шкідливих органічних домішок до повітря, повертаючись таким чином до початкового стану. Як відомо, каталізатор під час цієї операції не пошкоджується і після поглинання наступного фотона знову готовий до знищення будь-яких вірусів і мікроорганізмів.

Отже, “надвисокі” технології дають змогу обернути собі на користь поширені природні процеси, досягаючи бажаного без безперервних витрат енергії і робочих речовин.

Існування і стрімкий розвиток нано-, піко- і фемтонаук та надвисоких технологій дає підстави для оптимізму — те, що видавалося неможливим чи непереборним у ХХ ст., буде реалізованим у ХХІ ст. У першу чергу, люди відвернуть глобальні екологічні загрози і “вилікують” усі пошкоджені ними ділянки земної поверхні. Як це буде зроблено, розглянуто у наступних розділах.

### З чужого досвіду використання нанотехнологій

Преса все частіше повідомляє про те, що розвинені держави Західної Європи пропонують споживачам різноманітні вироби, позитивні особливості яких зумовлені використанням законів наноісторії. Італійці створили нову сантехніку, яка в умовах хоча б періодичного освітлення лишається стерильно чистою, знищуючи віруси, бактерії та мікрободорості. Одразу кілька фірм пропонують тканини, які також мають подібні властивості й навіть спроможні до “самоочищення”

Наприкінці 2007 року російська преса повідомила про те, що найпотужніша у світі неядерна бомба виготовлена і випробувана в Росії. Рекордні показники так званої “об’ємно-детонуючої” авіаційної бомби, як зазначено у найбільш обізнаних джерелах інформації, досягнуто завдяки зверненню до нанотехнологій. У цьому разі порошинки з нанорозмірами згоряють незрівнянно швидше від великих частинок, що набагато збільшує тиск в ударній хвилі й розширює зону ураження

#### 1.4. КОРОТКИЙ АНАЛІЗ 75 ЗАГАЛЬНОПЛАНЕТАРНИХ ЯВИЩ І ПРОЦЕСІВ

Розпочнемо з *першої групи* — “Людина в її фізіологічних (“природних”) аспектах”. До неї ми віднесли п’ять тенденцій.

- негативні зміни в менталітеті та поведінці дедалі більшого відсотка населення;
- зростання часу “підлітковості”, розрив у часі фізіологічних і соціальних “пиків”;
- “атака” мозку дітей неприродними збудниками, збурення норм їх розвитку;
- зростання загрози безпосереднього збудження септуму (активізатора “системи емоції задоволення”) і наркоманії;
- рух еротики і сексоманії до провідних позицій в мас-медіа і неконтрольованих світових потоках інформації.

**1. Менталітет-21.** Перша з цих тенденцій визначається зростанням відсотка людей, які не лише потребують психічної і психологічної підтримки і корекції, а й неадекватно реагують на дії інших осіб і умови свого перебування. Не дивно, що у розвинених країнах постійно і безперервно зростає кількість психотерапевтів та інших фахівців, широке поле для роботи яких забезпечується саме явищем негативних змін у менталітеті та поведінці дедалі більшого відсотка населення.

Серед цих змін — швидке зростання кількості осіб з аномальною статевою орієнтацією. Частково цей факт можна пояснити тим, що автори матеріалів для сучасних засобів масової інформації цікавляться не

типовими і поширеними явищами, а насамперед аномаліями і збоченнями, відхиленнями від норми та унікальними подіями і суб'єктами. Подібних матеріалів про “блакитних”, “рожевих” та інших настільки багато, що мимоволі у дітей і молоді складається враження, що саме вони є “героями нашого часу” і вартими для копіювання особами.

Цей ефект ментальних аберацій і відхилень у поведінці членів надмірно загущених популяцій ссавців та інших розвинених видів добре відомий етологам, тому ми рекомендуємо ознайомитися з ними в публікаціях нобелівських лауреатів К. Лоренца і Н. Тінбергена, а також у книгах [44; 56]. Ми ж підкреслимо — ця негативна тенденція може бути подолана лише у разі її повного усвідомлення і використання цілеспрямованого впливу на молодь у процесі її навчання і формування професійної компетентності.

**2. Тривалість підліткового віку.** На жаль, ця тенденція не редукується до простого “зростання тривалості підлітковості”. Йдеться про значно складніше явище збільшення розриву у часі між моментом досягнення ідеального для народження нащадків віку, між періодом максимального статевого потягу й часом досягнення повної соціальної дорослості та появи можливостей створення і утримання сім'ї. Це явище не лише не подолане у розвинених країнах, а й має тенденцію до загострення.

**3. Неприродні ментальні збудники.** Ще до свого народження сучасна людина перебуває в зоні інтенсивних і далеких від природних норм звуків та різноманітного електромагнітного випромінювання. Цей аномальний вплив лише посилюється після народження, коли дитина не стільки спілкується з матір'ю і майже не відриває від неї очей, скільки змушена стежити за незрозумілими для неї миготливими зображенням на екранах телевізорів та інших засобів. Не слід вважати, що цей вплив однозначно негативний — різноманітність оточення сприяє тому, що латентні системи мозку отримують належну стимуляцію і розвиваються у дитини на повну потужність. Ментальний розвиток дуже пригнічується у сумному, сірому, невиразному і нецікавому для дитини середовищі. Проте науковцям мало що відомо про те, як саме слід використовувати сучасні засоби впливу на дитину, в які моменти її розвитку і в яких формах. На наш погляд, виразно позитивні результати у поєднанні природних і неприродних ментальних збудників досягнуто в сучасній Фінляндії. Цей досвід слід вивчати і поширювати.

**Тенденції 4 (загроза самостимуляції) і 5 (сексоманіакальні ЗМІ)** пов'язані між собою і мають безпосередній зв'язок з кількома мозковими структурами, відповідальними за формування у людини емоції задоволення, щастя. На наш погляд, зміни стилю людського життя і засобів забезпечення як фундаментальних фізіологічних потреб, так і різноманітних індивідуальних примх свідчать, що на зламі сторіч дуже актуалізувалася загроза безпосереднього збудження септуму (*septum* — активізатор системи задоволення) й всієї системи задоволення. Активізація цієї системи є головною природною основою отримання людиною позитивних емоцій і відчуттів. Усім відомий факт дедалі більшого поширення наркотиків, шокуючих порно-відеоматеріалів та ін.

Легко передбачити, що перелік хімічних і фізичних засобів впливу на людський мозок зростатиме, а водночас — небезпека ментальної деградації, збільшення відсотка збочень та ін. Надто рідко з'являються подібні до книги Ф. Фукуями праці-попередження про небезпеку хімізованого “нелюдського майбутнього” [71]. Дуже негативним явищем є недооцінка цих загроз, неухвага до них всього комплексу сучасних наук, концентрація висвітлення подібних проблем у ЗМІ в руках людей, які не володіють сучасною інформацією і на кожному кроці засвідчують загострення ефекту хоттабизації. До того ж ці люди мають безпосередній фінансовий зиск зі створення, формування і виховання схибленої на приємностях гедоністичної аудиторії із сотень мільйонів (мільярдів?) “споживачів”.

Звернення до літератури з теми “сучасне ставе й інше виховання” свідчить про наявність двох варіантів подолання загрози надмірного зниження духовності та масового ментального розпаду: 1) тотальна релігізація дітей і молоді; 2) використання у вихованні досягнень молодих наук про людину. Серед останніх за часом появи прикладів *першої пропозиції* — стаття члена Спілки письменників Росії М. Ходанова “Сексуальна революція у російській школі: чи не час зупинитися?” [74]. А другу можливість ми вбачаємо не у “поверненні до Христа”, а в наданні дітям і молоді сучасної наукової інформації у поєднанні з кращими здобутками традиційного сімейно-шкільного виховання.

З огляду на виключно високу важливість пошуку шляхів цього “нового виховання” пояснимо *другу пропозицію* не одним рядком, а детальніше (повніший виклад — у публікаціях [30–37] та ін.).



Радянський період залишив у спадок громадянам України не лише хвору, стару і нездатну до змагання на світовому ринку товарів і послуг економіку, а й спотворені та примітивні уявлення і знання зі світу духовного та ідеального. Бракує навіть нейрофізіологічної інформації, необхідної для наукового забезпечення викладання шкільної дисципліни з назвою “Основи етики і психології сімейного життя” чи відповідних розділів валеології.

Ця величезна інформаційна “біла пляма” була сформована ще на початку 50-х років, коли після смерті І. Павлова обирали нового “вождя фізіологічних наук”. Хоч це була достойна кандидатура (учень І. Павлова академік К. Биков), але частина його дій була вимушено деструктивною і мала в основі феномен “утримання лідерства”.

Усі вожді мають не так багато засобів згуртування “своєї армії” — або обіцянки, гроші й привабливі для всіх ідеї, або винайдення ворога. Останній варіант не лише дешевший і вимагає мінімуму інтелекту, а й ефективніший (його так полюбляють застосовувати у сучасній Росії — цінують і навіть бережуть такого “ворога”, якою є Чечня). Висока ефективність є наслідком спрацьовування генетично успадкованих програм поведінки людей, але детальніший аналіз — в описі інших тенденцій.

Відставання СРСР від держав Заходу у дослідженні нейрохімічної природи стану кохання та інших емоцій було поглиблене саме діями К. Бикова, який вказав “ворога” у вигляді групи царин дослідження. Зокрема, заборона стосувалася вивчення діяльності майже усіх зон, розташованих під корою людського мозку. Систематичний прогрес у цій сфері припинився аж до початку 90-х років. Тому у наступному викладі джерелом наукової інформації є зарубіжні публікації.

У 1953 р. було оприлюднено повідомлення про відкриття аспірантом з Канади Джеймсом Оулдсом та помічником-студентом Пітером Мілнером “системи задоволення” та його “вмикача”, розташованих у глибинних зонах мозку людини і розвинених тварин. Метою дослідів було вивчення умовних рефлексів методом введення електродів у мозок щурів й подальшого штучного збудження мозку поданням на них невисокої електричної напруги. Після першого ж електрошоку тварини вперто займали те місце у клітці, де він їх застав. На думку дослідників, відчуття тварин були настільки приємними, що вони просто бажали його повторення. У разі надання їм можливості самостимуляції (вони могли подавати імпульс натисканням лапки на маленький ключ типу телеграфного) щури робили це щосекунди до

повнісінького виснаження (навіть вмирали з дуже задоволеним виразом на мордочках).

Цей та сотні подібних дослідів, що поступово виявили більшість тонкощів діяльності системи задоволення (рекомпенсації) дали змогу деяким зарубіжним психіатрам (наприклад, доктору Лейбовичу зі США) сформулювати на їх підставі досить логічну гіпотезу природи емоції кохання. На жаль, її виклад можна знайти лише у спеціалізованих часописах і кращих науково-популярних журналах [84], а в енциклопедії з психології її творці віддали перевагу “допотопним” поглядам на емоцію кохання, керуючись “заснованим на здоровому глузді уявленням” і стверджуючи, що “адреналін пробуджує в серці любов” [61, с. 366]. Звучить це твердження досить гарно, але не має нічого спільного з науковими даними — серце є просто важливим м’язовим органом і, на щастя, не має безпосереднього відношення до емоції закоханості.

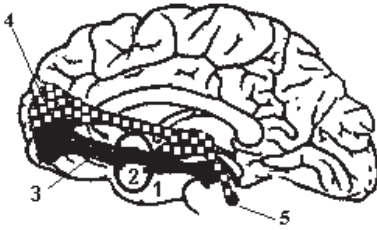
Гранично спрощуючи і скорочуючи наш виклад, вкажемо, що схема виникнення і розвитку емоції кохання охоплює:

- початковий період: від першої зустрічі й погляду до більш чи менш (за рідких побачень) швидкого виникнення захопленого радісного “стану Ромео і Джульєтти”;
- індивідуальної тривалості період стійкого зв’язку на основі глибоких взаємних позитивних емоцій;
- згасання інтенсивності емоційної взаємозалежності аж до нейтрального (нерідко й негативного) ставлення.

На рис. 3 зображено відповідальні за розвиток кохання структури — п’яту скроневу звивину (1) як ділянку зосередження емоційної пам’яті та нервову мережу системи задоволення (3) з “вмикачем” — септумом (2). Розміри септума свідомо перебільшені. Світлими квадратами виділено нервову мережу системи депресії, цифрою 5 позначено її активізатор.

Організм і психіка людини певним чином готуються до настання “віку кохання”, зокрема, у зоні запису емоційних вражень (п’ята скронева звивина) поступово накопичуються дані щодо приємних рис бажаного партнера. У момент першої зустрічі (власне — погляду) інформація про зустрінуту молоду особу після перекодування у зоровій зоні кори отриманих від сітківки очей первинних імпульсів потрапляє у п’яту скроневу звивину. Миттєво відбувається порівняння зі сформованим там “ідеалом” (сумою бажаних рис, що зумовлюють приємність). У разі повної чи майже повної відповідності побаченого

**Рис. 3. Схеми мозкових структур, що беруть участь у станах закоханості і депресії:**



1 — п'ята скронева звивина; 2 — септум — “вмикач” системи задоволення; 3 — мережа системи задоволення; 4 — мережа системи депресії (розташована вище від системи 3); 5 — “вмикач” системи депресії. Системи задоволення (3) і депресії (4) беруть участь у станах закоханості і депресії

“ідеалу” зона 1 скеровує у септум аномально велику кількість фенілетиламіну. Дія того на мембрани клітин септуму примушує його шляхом виділення одразу кількох нейростимуляторів активізувати всю систему задоволення (2). Це універсальна схема, де зазначено головні кроки, обминаючи більшість досягнень нанофізіології.

Потужний спалах приємних емоцій у Ромео з появою Джульєтти поєднується з довічною фіксацією в пам'яті (її емоційний варіант визначається відсутністю забування чи значної адаптації) образу живого ідеалу-мрії. Закоханий шукає можливості нових зустрічей з коханою. За сприятливих умов (частих зустрічей, аналогічного процесу збудження системи задоволення у партнера) розвиток емоційного стану Ромео і Джульєтти відбувається швидко. Очевидно, що різні об'єктивні перешкоди для зустрічей можуть його загальмувати.

Вимагає сприятливих умов і перехід до другої стадії (прив'язаності). Для цього необхідні не лише згода на об'єднання (шлюб) обох закоханих, а й розуміння їхнього стану з боку батьків й віддаленішого оточення, матеріальна і моральна підтримка ними молодої пари.

Створення для закоханих непереборних перешкод до шлюбу чи об'єднання завжди призводить до дуже глибокої депресії, механізм якої також досліджений — активізується завдяки впливу відповідного вмикача (4) вся система депресії, а закохані відразу опиняються у пеклі болю, розпуки, безнадії. На жаль, деякі закохані не витримують розпачу, знімаючи, як це зробили герої Шекспіра, всі свої проблеми самогубством (два подібні випадки у 1969 і 1971 рр. на фізичному факультеті Київського державного університету зумовили інтерес до вивчення природи вчинків у стані глибокої закоханості).

Нами не виявлено надійних наукових даних щодо передбаченої природою тривалості другої стадії зв'язку закоханих. Вчені схиляються до того, що йдеться про інтервал 10–15 років, якого вистачає на народження дітей і виховання їх до стадії відносної фізіологічної незалежності.

Після другої стадії неминуче настає остання стадія — адаптації чи поступового зниження інтенсивності подарованої природою емоційної радості та вдячності шлюбному партнерові за його існування і близькість. Природа “вважає”, що вік понад 35 років для Джульєтти вже надто великий для відтворення, тому й існує стадія згасання заоханості.

Ми змушені обмежити наш виклад, хоч є багато інших досягнень нейромолекулярної біології й висновків, зроблених вченими з цих відкриттів. Очевидно також, що навіть повне оволодіння подібними знаннями не гарантує вирішення будь-якої проблеми стосунків з особами протилежної статі, максимальну тривалість шлюбу, міцність сім'ї та ін. Надто багато сторонніх об'єктивних і суб'єктивних чинників впливають на Ромео і Джульєтту та їхні стосунки.

Та все ж обминути кілька з цих висновків не можна. Головним з них автори вважають розкриття на молекулярному рівні природи кохання, доведення існування, великої тривалості та високої інтенсивності емоційного стану заоханості, застосованого природою для створення дуже міцного зв'язку чоловіка і жінки на основі глибокої взаємної приємності, вдячності та ласки.

Людина не може сподіватися у своєму емоційному житті на “цукерку”, яка була б і більшою, і “смачнішою” від кохання. Тільки воно пов'язане з багатьма роками постійного перебування “на сьомому небі”.

Одразу зауважимо — природничі науки довели і неможливість, і шкідливість для людини “раю” як місця, де вона може отримувати виключно позитивні емоції, де не існує жодних підстав для виникнення незадоволення, агресії чи депресії. Саме тому чоловік і його дружина мають використовувати дарований природою інтелект для створення “раю” у міжособистісних стосунках — оточення гарантовано постачатиме негативні емоції й забезпечить нормальний режим діяльності мозку.

Очевидним злочином перед дітьми й онуками є сучасне нехлюйське ставлення дорослих до інформування молоді про природу і

цінність емоційних станів людини. Задовго до необмеженого надання дітям інформації про статеві відносини і методи досягнення оргазму, зображень оголених тіл і статевих органів “у дії” необхідно пояснити їм, що на початку своєї дорослості на них чекає зустріч з величезним і надважливим для них дивом і щастям кохання. Та на шляху до нього є перешкоди, про які необхідно дуже добре знати й свідомо долати їх.

Наприклад, слід навчитися розрізняти кохання і “секс”, розуміти велику цінність для себе і перевагу над усім іншим (вторинним і додатковим) кохання, емоційного стану Ромео і Джульєтти. Ще задовго до постановня вибору “негайно у ліжку — пізніше у ліжку” підлітки і молодь мають бути прекрасно інформованими насамперед про емоційні наслідки для себе обох цих рішень, про вплив їх на все життя, можливість щастя кохання і сімейного співжиття.

Адже очевидно, що помилкове сприйняття “сексу” як найвищої життєвої цінності й ознаки дорослості дівчинкою чи хлопчиком та застосування цього висновку на практиці неминуче і назавжди ліквідує умови для нормального емоційного розвитку й досягнення тривалого і щасливого кохання. Вони зіткнуться з цинізмом, хворобами, передчасними пологами чи перериванням вагітності. Буде дощенту спалене і знівечене все те, що передбачено природою для перебування на “сьомому небі” взаємного кохання впродовж багатьох років, а не лічених секунд оргазму.

У доступних нам працях українських, російських та інших науковців не згадуються досягнення нейромолекулярної біології, відкриття у наносфері, що значно знижує доказовість і вплив на молодих читачів і педагогів навіть таких блискучих праць, як книги І. С. Кона [27–29].

Наслідком відсутності подібної інформації стають багатослівність, одноманітність, непереконливість книг і статей про кохання, орієнтованих на підлітків, молодь, дорослих ([43; 45] та ін.). Непоодинокими є випадки спроб переконати молодь у тому, що у “наш час кохання немає”, що все воно лишилося у романтичному Середньовіччі та частково в періоді Відродження. Дехто з педагогів навіть різко виступає проти будь-яких позитивних матеріалів про стан закоханості. Типовим прикладом є стаття О. Зубець, лейтмотив якої зводиться до сумного запевнення у тому, що “любов зла...”, і аж надто сумнівного твердження, що вона є цілковито антисоціальним явищем і обов’язково виходить за межі суспільних норм [22].

Подібне подання молоді станів закоханості й кохання межує з гуманітарно-цивілізаційним злочином. Молода людина позбавляється не лише життєво важливої інформації про себе і обожнюваного партнера, а й опиняється у цілковитій безвиході, оскільки не має змоги навіть порадитися зі старшими, розповісти про свій стан і разом шукати найбільш раціональних вирішень. Почуття подібного відторгнення, усамітнення з власними проблемами, безнадії (у разі уявної чи дійсної загрози втрати об'єкта закоханості) — безпосередні причини того, чому так часто спровокована проблемами у коханні депресія завершується спробами самогубства. Помилки у статевої освіти спроможні дуже посилити всі вказані негативні явища, прикладом чого є події у Швеції в ХХ ст. В умовах миру і безпеки шведи необачно запровадили у школи “наскрізний курс” статевого виховання, який за короткий період спричинив настільки катастрофічні наслідки ([31] та ін.), що вся ця багата країна вже років 40 не може відновити “донавчальний стан” і зрівнятися з Фінляндією (там зусиллями СРСР і трійцею спровокованих ним війн умови аж ніяк не сприяли активізації “статевої освіти”, тому шведські проблеми фінам просто невідомі).

Отже, ефект хоттабизації у формі непоширення сучасних знань про кохання, любов, депресію та всі інші вже добре відомі нейробіологам емоційні стани людини ми вважаємо однією з головних причин того, що явища № 4 і № 5 існують і посилюються. Лишається лише дивуватися з того, що якась фірма Mc&S's не викинула на світовий ринок дешеві електроактивізатори септуму — тоді б молодь опинилася перед загрозою швидкої “щасливої” смерті внаслідок безперервного збудження системи задоволення.

Звичайно, неважко знайти логічні й наукові пояснення того, чому подібних приладів ще немає у продажу і малою є ймовірність появи в майбутньому. Наприклад, “торгівці приємним” зацікавлені в існуванні якомога більшої кількості споживачів, а не в їх зникненні внаслідок досягнення стану “щурячого щастя”. Ця “армія” намагається й надалі продавати моря горілки, монблани цигарок і тисячі тонн наркотиків. Надто багато впливових осіб із сучасних суспільних еліт побудували своє багатство на поширенні речовин, які виконують функцію прямого чи опосередкованого збудження системи задоволення, тому вони зроблять (і роблять) усе для знищення конкурентів, які спробують розпочати роботу над нетрадиційними збудниками системи задово-

лення. Конкуренти їм не потрібні, а тому вони неодноразово і в Україні, і поза її межами діяли у стилі чикагських гангстерів періоду дії “сухого закону” у США.

Проблема наркотиків стає дедалі гострішою, але все ще розглядається на примітивному рівні без належного звернення до новітніх досягнень нано- і нейромолекулярної біології. На їх основі ми пропонуємо вважати “наркотичними” не лише групу певних хімічних речовин, що у першому наближенні поділяються на п’ять великих комплексів з різними діями, а й будь-які сторонні втручання у нормальний перебіг діяльності мозку і всієї нервової системи (звукові, світлові, вібраційні тощо).

Істотним є також застереження щодо “сторонності” чи “зовнішності”. Як свідчить нанобіологія, всі емоційні стани людини так чи інакше пов’язані з виділенням власних і “природних” наркотичних субстанцій, які є нормальною складовою подразнюючих і регулюючих чинників (наприклад, охарактеризована вище емоція кохання). Якщо з внутрішніми природними наркотиками краще не “воювати”, то зовнішні, як правило, є ворогами і вимагають відповідного ставлення (виняток — медичні наркотичні препарати). На жаль, ці наші вороги знайшли серед людей чимало союзників і помічників. Дійсно, у створенні та поширенні наркотиків зацікавлені мільйони (якщо не десятки) мільйонів, осіб.

Вчені розрізняють наркотики за природою дії (п’ять основних груп), силою впливу (легкі та важкі), регіоном походження і застосування та ін. Наприклад, кожен етнос на Землі за час існування так чи інакше відкрив і пристосувався до власних потреб природні наркотики. Наслідки дії “народних” наркотиків (головний серед них в Україні — горілка), як правило, є “прийнятно шкідливими”, оскільки регулюються усталеними звичаями та частково знешкоджуються генним пристосуванням.

Поява на території певного етносу сторонніх чи імпортованих наркотиків є суттєвим збуренням, оскільки немає урівноваженості їх використання. Саме цим вчені пояснюють небезпечність концентрованих опіатів та інших “важких” наркотиків для України, їх великий руйнівний фізіологічний і соціальний потенціал.

Небезпека додатково посилюється браком інформації про абсолютну шкідливість цих речовин для “нормального мозку”, нахабством і агресивністю поширювачів, концентруванням їхніх зусиль на найбільш вразливих соціальних групах (підлітках і молоді). До того ж годі сподіватися на повне виключення можливостей для проник-

нення їх в Україну (чи створення на місці). Бар'єр для наркотиків слід побудувати у головах представників нових поколінь.

Реальний засіб порятунку наших дітей і молоді — точне і правдиве інформування, педагогіка співробітництва, ефективне виховання на основі поєднання національних досвіду і традицій з досягненнями розвинених країн та залученням новітньої науково-люднознавчої інформації.

Не можна приховувати від дітей і підлітків факти, відкриті нано-науками. Наприклад, відомо, що клітини людського мозку є “рекордсменами” стійкості до впливу іонізуючого випромінювання. Пояснюється це відсутністю в їх діяльності стадії поділу на дві клітини, періоду надмірної чутливості до впливу радіації. Ця незмінність клітин мозку та нездатність до репарації суттєвих пошкоджень є успадкованою рисою, про яку аж ніяк не можна забувати. Мозок не можна пошкоджувати, бо він не має здатності шкіри до самозаліковування, швидкого формування паралельних нових структур, які перебрали б на себе функції ушкоджених.

Нагадаємо, як розвивається зовнішньонаркотична залежність. Спершу “чистенькі” мембрани “вмикача” системи задоволення (септума) та інших частин мозку чутливо реагують на малі дози наркотиків і впливають на стан всього мозку (ейфорія, заціпеніння, галюцинації тощо.). Але повторні впливи неминуче знижують відгук мембран і клітин (адаптація), що примушує наркомана збільшувати дозу у гонитві за “кайфом”.

Рано чи пізно (інтервал залежить від опірності особи і виду наркотиків) доза у десятки разів перевищить природний рівень впливу на мембрани клітин мозку здорової людини. Це незворотно пошкоджує мозок, відновлення якого, як зазначено вище, неможливе внаслідок відсутності регенерації клітин. Навіть у разі повного припинення введення наркотиків початковий стан клітин мозку ніколи не відновлюється, а екс-наркоман змушений існувати надалі “на інтелекті”, розумінні того, що необхідно діяти і працювати з пошкодженими системами.

Ми переконані, що саме ця ідея значної уразливості мозку має бути головним акцентом інформування дітей і молоді у темі “людина і наркотики”. Натомість її не торкаються навіть ті, хто отримує за боротьбу з наркотиками гроші (наприклад, одна відповідальна за подолання наркотичних проблем молоді дама у впливовій українській газеті наголосила на формулі “наркотики — це задоволення”). Вони й



досі вдовольняються заклинаннями типу “не чіпай, бо коли не знайдеш дози, то буде погано” (отже, коли знайдеш — то буде тобі добре?).

Насправді ж діти і молодь повинні знати, що “експерименти” з наркотиками є прикладом такої ж безглуздої поведінки, як змагання у стрибках з висоти на асфальт униз головою. Змалечку вони повинні засвоювати, що торкання вогню спричиняє біль, а споживання зовнішніх наркотиків поза контролем досвідчених лікарів вбиває людину в людині, незворотно пошкоджує мозок і може перетворити його на “кисле молоко”.

Одна з додаткових причин небезпечності наркотиків полягає у їх великій кількості та різноманітності. Як правило, журналісти, які пишуть “про наркотики”, погано обізнані з групами наркотиків, плутають наслідки дії, а головне, явно притримуються не клятви Гіппократа, а якоїсь іншої (інколи схожої на “клятву Герострата”!).

Сучасні науки не мають повних даних про вплив усіх наркотиків, тому поява нових часто призводить до нещасть. Наприклад, популярний серед молоді Західної Європи “екстезі” зменшує опірність людського організму, зумовлює стан зневоднення (бракування води в клітинах). Відомі непоодинокі випадки миттєвої втрати свідомості й подальшої загибелі юнаків і дівчат під кінець тривалих дискотек, оскільки оточення діяло на підставі переконання, що йдеться про “брак кисню”, і штучним диханням чи залишенням у спокої остаточно добивало своїх друзів.

Кілька зауважень з приводу “світового досвіду боротьби з наркотиками”. Він дуже багатий і вартий окремої книги. Різні народи і країни випробували все, що здатна народити уява людини. Проте не вдалося створити непроникні бар’єри на кордонах чи на входах у гуртожитки і навчальні заклади; нічого суттєвого не дали смертні вироки чи надтривалі ув’язнення за грами героїну; надто малим був позитивний ефект пропаганди “легких” наркотиків як запобіжних засобів до вживання “важких”.

Але у світі є й непогані приклади. Вартий запозичення досвід боротьби і вживання наркотиків, накопичений у Нідерландах. Він спирається на дуже високу загальну культуру старшого населення і полягає у перетворенні дитячих садочків на частину початкових шкіл і подовженні обов’язкової освіти до майже фантастичної 15-річної тривалості; в ефективному вихованні та точному інформуванні молоді про наслідки використання наркотиків. Подейкують, що там

взагалі не воюють з наркотиками, бо частина цього зілля продається вільно.

Насправді ж метод Нідерландів надзвичайно ефективний, бо спирається не на заборони і залучення до “нарковійни” десятків тисяч поліцейських та інших осіб, а на створення атмосфери суспільної зневаги і абсолютного презирства до нероб, пияків і наркоманів, до всіх, хто не працює і не самоудосконалюється щодня і щогодини. Вся молодь чудово знає про небезпеку звернення до наркотиків, згадану нами вище. Та ще дужче стримує її загроза повної втрати після цього будь-яких соціально-суспільних перспектив. Наслідком цього є те, що за умов доступності чималої кількості видів наркотиків дуже незначний відсоток молодих нідерландців стає наркоманами.

У принципі, й інші 70 явищ і тенденцій заслуговують на таку саму детальність викладу, як явища 4 і 5, але ми вимушені обмежитись мінімальними додатковими поясненнями.

Тенденції і явища з *другої групи* охоплюють насамперед зміни, яких зазнає людина як член суспільства. Десятки мільйонів років природний відбір “шліфував” засади суспільної поведінки і зграйного життя. Разом з цефалізацією вони спричинили появу і розвиток пралюдей, а згодом у момент загрози повного зникнення стимулювали їх перетворення на *Homo sapiens*, можливості мозку якого виявилися достатніми для переходу до соціального прогресу і захоплення панівного становища у біосфері. Цей прогрес нещодавно прискорився і вивів людей у “точку біфуркації” — критичний стан з широким спектром можливого перебігу подій у майбутньому.

**6. Зміна сутності “лідерів” — перехід від “альфа-самців” до високих професіоналів.** У минулому в смертельних бійках за харчові ресурси збереглися лише ті племена, що мали найміцнішу пірамідальну організацію і найбільш агресивних вождів. Ними завжди були лише так звані “альфа-самці”, саме вони, а не представники “основи піраміди”, залишали нащадків. У наш час подальше подібне накопичення генів агресивності стало зайвим, а “альфа-самці” доцільні лише у деяких спортивних командах, бандах і мафіях усіх форм і різновидів. Успішні лише ті держави і народи, де місце “альфа-самців” і “великих пасіонаріїв” посіли професіонали найвищого ґатунку — організатори і керівники, науковці, лікарі, інженери, технологи та ін.

**7. Виникнення потреби не екологізації освіти, а створення світової конвенції “Про обов’язки Людини”.** Ми маємо на увазі алогічність сучасної ситуації, коли існує і застосовується світова конвенція

“Про права людини”, але й досі немає набагато потрібнішої конвенції — обмеження. Якщо нано-, піко- і фемтотехнології виявляться надзвичайно ефективними, то людство виживе і без конвенції “Про обов’язки Людини”. В іншому разі її доведеться створити і застосувати. Аби не виявилось, що запізно.

**8. Підвищення потреби в конвенції з етики журналістики.** Ми проти обмеження свободи слова і творчості, але мають бути все ж культурно-цивілізаційні перешкоди на шляху перетворення ЗМІ на ще один всепроникний і всюдисущий наркотик. Подібним обмеженням і може стати розлог і розумна світова конвенція “Про етику журналістики”.

**9. Світові конвенції як наднаціональне законодавство.** Практика створення, ратифікації й застосування наявних конвенцій свідчить про високу доцільність цього культурно-правничого шляху підвищення “середньої цивілізованості” держав світу. Разом з модернізацією ООН та інших міжнародних організацій конвенції можуть позитивно вплинути на згуртування людства в дієспроможну цілісність.

**10. Зростання розриву між природними і суспільно необхідними програмами поведінки і життєдіяльності людини.** Це одна з головних причин постійного виникнення соціальних збочень і негараздів, адже успадковані програми формувалися для умов зграйного життя і безперервного фізичного самозахисту (нападу й оборони). Подолання розриву все ж цілком можливе, якщо належним чином навчати молодь до віку 23–25 років.

**11. Тенденція зростання відсотка літніх осіб: позитивні та негативні аспекти цього явища.** “Негатив” широко обговорюється ЗМІ й зазначається деякими економістами. Проте у суспільстві знань люди зможуть ефективно працювати аж до моменту смерті. До того ж особи старшого віку визначаються цілою низкою позитивних для суспільної стабільності та “стійкого розвитку” рис.

**12. Зменшення “важливості дітей” і проблеми з їх появою.** У минулому виживання старшого покоління цілковито залежало від кількості дітей та онуків, а також їх фізичного здоров’я. Тому люди дуже піклувалися про нащадків і намагалися народити їх якнайбільше. Індустріальна епоха збурила цей природний стандарт, адже багатьом діти “стали заважати”. Будемо сподіватися, що суспільство знань виявиться набагато “розумнішим” і не діятиме у напрямі цілковитого зникнення нормальної родини.

**13. Зміна цілей виховання: перехід від націонал-патріотизму до “економічного патріотизму”.** Як мінімум, йдеться про те, що гонитва українців за “чужими” виробами неминуче спричинить у нас дедалі вище безробіття і більшу кількість бідних. Кожен багатій, який хизується “мерседесами” й іншими подібними атрибутами, — злочинець і повинен через ЗМІ зазнавати різкого осуду.

**14. Злиття роботи і навчання в єдине ціле для більшості активного населення.** Хоч на даний момент не лише в Україні, а й у більш розвинених державах не бракує місць праці з перевагою фізичної складової, у майбутньому їх кількість рухатиметься до нуля внаслідок створення цілком “розумних” автоматів. Людям доведеться працювати переважно ментально, а тому безперервне навчання стане необхідністю.

**15. Потреба в посиленні захисту “національного” від деструктивного впливу “іншого”.** Занепад ролі військової конкуренції аж ніяк не ліквідує економічні змагання. А у цій сфері на даний час обмежень дуже мало. Серед ефективних засобів економічних перемог — вплив на населення інших держав для перетворення їх на потенційних клієнтів (покупців) зі зменшенням їх виробничого потенціалу.

**16. Ефект “прозорості” людини на тлі її позірної свободи, автономності та анонімності.** Вже став можливим безперервний контроль пересування, дій і висловлювань людини, чималі успіхи в “зчитуванні” думок, якщо вони супроводжуються “внутрішнім монологом”. Лишається сподіватися, що це не зашкодить життю порядних людей і все більше обмежуватиме діяльність “поганих хлопців”.

**17. Унеможливлення природного циклу розвитку людини внаслідок того, що тривалість формування її особистості довша від часу істотних змін соціального і природного довкілля.** У цій ситуації людей рятує те, що їхній організм має “надлишковий мозок”, а тому вони спроможні навчатися безперервно і пристосовуватися до чого завгодно. Інколи — передбачати події і реагувати ще до їх настання. Цю властивість ми вважаємо головною відмінністю людей від усіх інших біологічних видів.

**18. Підвищення важливості для всіх землян оволодіння основами психолого-педагогічних, валеологічних і етологічних знань.** Зміна способів життєзабезпечення, нові вимоги на місцях праці — головні причини появи й актуалізації цієї тенденції.

**19. Ера масового альтруїзму розпочалася з 28 червня 2005 р. — виникають матеріальні передумови для цього внаслідок початку до-**

**статнього життєзабезпечення.** Того дня держави — лідери світу вирішили розпочати фінансування проекту побудови на півдні Франції (містечко Карадаш) прототипу термоядерного реактора — чи не головної запоруки майже необмеженого енергозабезпечення людства й основи альтруїстичних дій “золотого мільярду” стосовно решти світу. Та нафтогазове лоббі успішно загальмувало виділення коштів, а тому початок виконання проекту лишається невідомим.

**20. Професії міфотворчого характеру стали масовими, в Інтернеті зростає відсоток брехливої і викривленої інформації.** Старші генерації громадян України формувалися в СРСР, де над усім домінував один-єдиний грандіозний міф з назвою “Науковий комунізм”, всі інші міфи — релігії, астрологія, езотерика, псевдонаука й безліч іншого — були поза законом. Нині комуністичний міф зник, а десятки ВНЗ пропонують підготувати безліч професійних міфотворців, переконуючи потенційних абітурієнтів, що кожен заклад робить це найкраще. Інша ж частина системи освіти, очевидно, повинна хоч якось підготувати свій контингент до наступу океанів брехні, замаскованої під правду.

*У третю групу* об’єднані явища, що стосуються організації та діяльності сучасних суспільств.

**21. Прискорення руху країн світу сходінками суспільної еволюції від доаграрного до суспільства знань є, як зазначалося вище, “найбільш загальнопланетарним”.**

**22. Демократизація суспільного устрою і скорочення можливих полів вияву тоталітаризму.** Це явище є похідним від цілої групи інших, до якої належать і зростання середнього освітнього рівня всього населення, і зміни засад виробництва, і вплив усіх інших держав.

**23. Відмова від примітивної (однопірамідалної) побудови соціумів і перехід до мультипірамідалної.** Хоч у Росії 90-х лунали голоси щодо створення “демократичної імперії”, та життя поступово доводить, що поняття “демократія” та “імперія” не поєднуються разом навіть в унікально своєрідній Росії. Серед держав — лідерів світу поширена не просто “демократія” з поділом гілок влади, а справжнє народовладдя з існуванням величезної кількості формальних і неформальних об’єднань громадян.

**24. Внаслідок кожної великої революції до влади приходять бандити (чи фанатики), а не інтелектуали. Змін на краще доводиться довго чекати. Україна-XXI — не виняток з цього правила.** Тут лише

можна висловити надію на те, що у нас переважний вплив “мафіозного менеджменту” виявиться не надто тривалим.

**25. Загострення глобальних екологічних загроз існуванню людства.** Наявність їх відома всім, а конкретні деталі будуть висвітлені в основному тексті книги.

**26. Контрастун, який створює біосфера Землі, намагаючись ліквідувати деструктивний вплив людства (СНІД та ін.).** Негативні впливи людини на довкілля певний час не призводили до появи скерованої на неї самої відсічі. Наприклад, майже повне винищення бізонів у преріях США і Канади чи китів в Атлантиці не стало причиною катастрофи для мисливців. Але так не могло тривати вічно, про що ї попереджали науковці. Із середини ХХ ст. стали частішати приклади того, що біосфера шляхом поширення нових хвороб та інших впливів розпочала акцію, яку можна назвати “скорочення кількості людей до рівноважного рівня”.

**27. Активізація релігій і сект.** У даний момент на планеті розгорнулася експансія мусульманства, захист своїх “володінь”, посилюються всі форми християнства, народжуються нові релігії (бахайзм, мунізм та ін.), поліпшилися умови виникнення і діяльності різноманітних сект.

**28. Підвищення суспільного запиту на інтелект жінки та її менталітет.** У минулому шанси на виживання мали лише ті племена, де існувала дуже міцна “чоловіча ієрархія”, а роль жінок була підпорядкованою їй і полягала у безперервному народженні дітей. Нині ця стратегія є хибною, агресія осуджується і має зникнути цілковито. Людство з розвитком суспільства знань переходить на жіночі програми організації й скерування життєдіяльності, відмовившись від чоловічих. Нижче будуть зазначені й інші прояви цієї тенденції.

**29. “Атомізація” соціального життя і зміна призначення еліт.** Успадковані програми індивідуального і колективного розвитку людей розраховані на життя у зграї та безперервну оборону зони живлення. Наслідок — формування ієрархій, мала чисельність еліт і велика кількість підпорядкованих осіб тощо. У сучасних державах-лідерах взагалі відсутня “головна ієрархія”, все більший відсоток дорослих складається з незалежних осіб. У минулому злиті до купи соціуми розпадаються на “атоми” чи дрібненькі “молекули” з двох-трьох осіб. Ієрархічна еліта поступається місцем набагато чисельнішій “фаховій еліті”, яка формує ядро людського капіталу нації й основу її продуктивних спроможностей.

**30. Рух до формування нових засад організації та діяльності “держави-лідера” зразка ХХІ ст.** У минулому подібні “лідери” завжди були джерелом воєнних походів і “збирання земель” (це прояви природної боротьби зграйних біовидів за розширення зони харчування). Доцільність подібних дій майже зникла, а енергія народів-лідерів скерована у життєзабезпечення на основі освітньо-наукового комплексу та інтелектуального капіталу (Ірландія, Фінляндія, Норвегія та ін.).

**31. Розпад монолітності “Заходу” – цивілізаційний розрив між США та європейськими розвиненими країнами.** В сучасних умовах сформований у США взірець індивідуальних дій, що полягав в індивідуальному накопиченні та споживанні, майже втратив цивілізаційну доцільність, а США скотилися униз з позиції морального лідера світу. Набагато привабливішими є сформовані в Європі засади колективної взаємопідтримки з метою гарантування високої якості життя і загальної безпеки. Це явище помітили не лише європейські, а й окремі американські науковці (Д. Ріфкін, З. Бжезинський та ін. [32, 33]).

**32. Повільний занепад природного бажання пересічних громадян жити у наддержаві й бути цим убезпеченими від ворогів і нестабільності. У наш час ліпше жити в мікроскопічних державах.** У середині ХІХ ст. до найбезпечніших місць життя належали західна частина Сибіру, схід США, Аргентина тощо – вони були дуже віддалені від потенційних агресорів. Малі народи, рятуючись від небезпечного ворога, нерідко самі намагалися стати частиною цивілізованішої імперії.

Через сто років подібна небезпека майже зникла, малі економічні утворення набули переваги над великими. У другій половині ХХ ст. у групі держав з найвищим у світі середнім прибутком на душу населення на провідні позиції стали виходити малі й дуже малі країни. Цей процес має різні об’єктивні причини і не припиняється й досі. Він живить гаряче бажання малих народів і найуспішніших територій відділитися від більшого (часто – багатонаціонального) утворення та жити “власним життям”. Це явище з боку Словенії стало імпульсом до повного розпаду Югославії, три малі країни Балтії значно прискорили розпад СРСР тощо.

**33. Процес регіоналізації став відповіддю на недоліки глобалізації в однополярному світі.** В останні десятиріччя у різних місцях Землі на основі взаємної корисності стали формуватися різного типу

економічно-політичні регіональні об'єднання. На зламі сторіч недо-  
луга зовнішня політика США, що тимчасово стали “капітаном світу”,  
стимулювала інтеграційно-регіональний рух і надала йому виразного  
прискорення. Лишається сподіватися, що це явище змінить поляр-  
ність і з негативної реакції трансформується в позитивні частини пе-  
ретворення всього людства на об'єднану цілісність.

До *четвертої групи* “Виробництво і торгівля” увійшли різнопла-  
нові явища, серед яких чимало похідних (вторинних і ще менш важ-  
ливих), але є і “надявище”, що визначатиме цивілізаційний прогрес  
людства у найближчі десятки років.

Цим явищем є **явище 34 — перехід від алхімічних технологій до керовано-атомарних (до нано-, піко- і фемтотехнологій)**. Підпо-  
рядкованість нових технологій квантовим законам дає можливість  
здійснити у житті те, що фігурує на даний момент у рубриці “пов-  
на фантастика”. Наприклад, не так багато лишилося часу до появи  
квантових “комп'ютерів”, які “знатимуть” усі поширені мови світу  
та запитуватимуть “юзера ХХІ ст.” про зручну для того мову спіл-  
кування.

Проте світ нано-, піко- і фемтотехнологій не буде “раєм” чи місцем  
тотального щастя, оскільки відсоток щасливих і нещасних належить  
насамперед до генетичних констант певного народу.

**35. Посилення тенденції вважати нанотехнології головною загро-  
зою для майбутнього.** Колись загрозу вбачали і в паротяхах. Подібна  
до цієї трансформація засад життєзабезпечення буде болісною для  
багатьох осіб, які тимчасово втратять прибутки, змінять стиль життя  
та ін. Їх активний опір разом з традиційною інертністю “більшості”  
значно сповільнить нанотехнологічний прогрес (приклад — сучасна  
Україна, де й досі “еліта” вважає вершиною наук електрозварювання  
й негативно-нервово реагує на термін “генетика”), але не зможе “за-  
крити тему” назавжди.

**36. Глобалізація як відкритість усіх ринків і вільна конкуренція  
товарів, послуг і кваліфікованої робочої сили, миттєвість руху ка-  
піталів, електронна торгівля та ін.** Елементи глобалізації стали дуже  
впливовими вже з періоду поширення океанічного мореплавства і  
формування міжконтинентальних імперій. У наш час це явище май-  
же стало банальністю, хоч є певна кількість “пасіонаріїв”, які звину-  
вачують його в усіх негативних (на їхній погляд) наслідках. Проте  
цей різновид світових змін зупинити неможливо, тому краще вико-  
ристати його з максимальною користю.



**37. Держави з “хай-тек” товарами вже відстали, перспектива лише за групою “надвисоких товарів” 7-го технологічного укладу.** Економічної переваги на рівні високотехнологічних індустріальних товарів (5-й уклад, переважно макро- і мікропродукція) вже набули держави з великим і дуже бідним населенням — Китай, Бразилія, Індія, В’єтнам тощо. Так і триватиме до моменту вирівнювання середніх заробітків, наприклад у Китаї та США. Для збереження свого панівного становища на ринках світу розвинені держави вимушені якомога швидше розвивати нано-, піко- і фемтовиробництва. Але це дасть лише тимчасову перевагу, адже всі наведені держави також “вкладають гроші в університети”, а Китай повідомляє, що “на науку працюють 35 млн осіб” (!).

**38. Відплив виробництв з холоду в тепло (з північних широт у приекваторіальні).** Це явище має багато причин, серед яких не лише низька вартість робочої сили, а й незначні витрати на капітальне будівництво. Утім перехід на нано-, піко- і фемтотехнології дуже обмежить потребу в грандіозних спорудах з товстезними стінами, тому привабливість тропіків для промисловців може й зменшитися.

**39. Посилення міграції робочої сили й набір кваліфікованих працівників лише конкурсним шляхом.** В історичні часи міграція робочої сили тривалий час охоплювала переважно військових найманців, а в добу глобалізації стала масовою і у багатьох випадках вигідною як для донорів, так і для акцепторів, адже іммігранти погоджувалися на найважчу роботу, яку зневажали автохтони. У сфері кваліфікованої праці з кількох причин виникла ситуація браку інформації про претендентів, тому дедалі поширенішими стають конкурси (досить часто — міжнародні). Цю тенденцію, очевидно, слід враховувати колективам ВНЗ України.

**40. Зростання загрози прибуття в Європу десятків мільйонів “зайвих” чоловіків з Індії, Китаю та інших країн.** Існували причини (тимчасові в Китаї і традиційні в Індії) знищення дівчаток у момент народження, що сформувало значну нерівновагу обох статей у шлюбному віці. Це явище є однією з головних причин масової чоловічої міграції з цих та інших держав, яка зменшуватиметься лише під впливом зростання у них рівня життя та припинення антигуманних дій батьків дітей.

**41. Посилення опору консерваторів і “старих сил” нововведенням (приклад: блокування нафтогазовими компаніями створення термоядерного реактора I покоління).** Опір прогресу існував завж-

ди, але ще ніколи консерватори не могли назавжди ліквідувати потік відкриттів і винаходів. Так буде й цього разу.

**42. Зростання вразливості антропогенних об'єктів до дії природних факторів.** Демографічне зростання в умовах браку необхідних ресурсів примушує людей до розселення у небезпечних місцях, скупчуватися і будувати надто крихкі житла. Тому, наприклад, зливи, які раніше практично не шкодили нікому, у наш час руйнують цілі міські квартали у мегаполісах третього світу. Тенденція ще зберігатиметься певний час, але зникатиме разом з поширенням надвисоких технологій.

**43. Рух розподілу активного населення до співвідношення 1 : 9 : 90 і розширення ринку праці для осіб третього віку.** Цілком об'єктивне явище, зумовлене поширенням все кращих технологій і скороченням ринку праці для представників масових аграрно-робітничих професій.

**44. Зростання поширеності та значення інтелектуальної роботи удома, зменшення — “на робочому місці”.** Поява та швидке удосконалення цифрової інформаційної технології спричинило поширення практики роботи удома з надсиланням її продукції роботодавцям і замовникам. Це явище у майбутньому лише посилиться, адже потенційні можливості квантових комп'ютерів фантастичні.

**45. Перехід від традиційних моделей організації економіки до так званої інноваційної економіки.** В епоху високих технологій в державах — лідерах світу було винайдено модель постійного розвитку через безперервне впровадження дедалі новіших засобів виробництва і обслуговування економічного життя, яку назвали “інноваційна економіка” (США, Фінляндія та ін.). Вона добре пристосована до епохи переходу до надвисоких технологій і, безсумнівно, поширюватиметься й надалі.

Дуже глибокі зміни настали у сфері “напад і оборона”, хоч до *н'якої групи* ми віднесли усього чотири тенденції.

**46. Занепад значення збройних сил і перетворення комплексу “наука+освіта” на основу “сили” сучасних держав.** Ця тенденція зумовлена багатьма причинами, серед яких зменшення корисності від захоплення та тривалого утримання чужої території, неможливість збагачення за рахунок грабунку в процесі коротких нападів, величезні та різноманітні втрати у сфері економічних і політичних міжнародних стосунків тощо. Армія перестала бути синонімом поняття “держава”, а міністерствами оборони дедалі частіше керують жінки.

#### **47. Нові засади колективної безпеки, заборона агресивних війн.**

Ще сто років тому світ здригався від колоніальних і класичних загарбницьких воєн, а наприкінці ХХ ст. подібні війни стали нонсенсом. Практично всі конфлікти за участю багатьох держав можна характеризувати як “корекційно-виховні”, але й вони поступово втрачають навіть рештки ореолу доцільності. Це добре помітно на прикладі двох воєн США та їх сателітів проти Іраку, точніше кліки диктатора Хусейна.

**48. Зростання загрози з боку власної армії до неприпустимих меж.** Для кожної країни наших днів погано навчена і ще гірше забезпечена масова армія є набагато більшою загрозою, ніж зовнішній ворог. Це явище особливо виразне не лише в Росії, а й, на жаль, в Україні. У наших вояк після відхилення від курсу ракети болванка макету її боеголовки наскрізь пронизала 9-поверховий будинок у Броварах; спроба провести більш-менш серйозні стрільби на кримському узбережжі біля Керчі призвела до знищення російського цивільного літака з десятками громадян Ізраїлю; ще більшою кількістю загиблих завершилося свято авіації у Сквиливі на околиці Львова та ін. Не один раз вибухали сховища не лише зі снарядами і мінами, а й з ракетами, які розліталися увсебіч на десятки кілометрів.

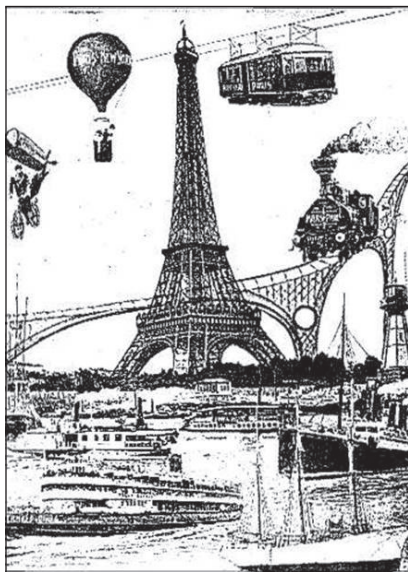
Час національних армій відходить у минуле, а от чи будуть вони замінені міжнародними силами — питання відкрите. У даний момент подібні силові структури необхідні у багатьох “гарячих” точках світу, хоч є й такі (Судан, Мозамбик та ін.), де й вони незастосовні.

**49. Раніше — похід завершено, готуємо армію до нового походу. У наш час — чемпіонат завершено, всі готуємося до нового.** Це не ідеальний спосіб витрат національного доходу, але все ж набагато кращий від формування армій і корпусів. Росія “за інерцією” витрачає більше грошей на застосування нанотехнологій для створення найпотужніших у світі неядерних бомб і побудову ще кількох ядерних підводних човнів “нової генерації”, але, сподіваємося, після зміни керівників більше зацікавиться забезпеченням пенсіонерів і підготовкою на запрошення до себе до світових спортивних змагань.

*Шоста група* — наука й інформаційна сфера.

**50. Греки мали двох ворогів: Сциллу і Харибду. Сучасні інтелектуали — трьох: ефекти “п’яти сліпих”, “хоттабизації” і “вівсяний”.** З огляду на особливо велике соціально-економічне значення науково-дослідної та інженерно-технологічної діяльності зростатиме потреба у точних передбаченнях ембріональних зон розвитку. Раніше виявля-

лося, що самі науковці є поганими прогнозістами, оскільки надто заглиблені у свою “рідну” науку. Ненабагато кращими виявилися письменники і журналісти, свідченням чого є графічне зображення ХХ ст. без найменших натяків на автомобілі, створене у рік його початку в Парижі (рис. 4, запозичений з книги Т. Годена [81, с. 65]).



*Рис.4. Такими у Парижі 1900 р. уявляли собі транспортні досягнення всього ХХ ст.*

Загалом письменники мали чималі успіхи. Наприклад, до “зірок” передбачень слід віднести француза Ж. Верна, автора десятків книг. Й досі часто згадують його вдалі екстраполяції, обминаючи набагато більшу кількість помилкових передбачень.

Серед найвідоміших прогнозістів ХХ ст. варто згадати Артура Кларка і Станіслава Лема. Перший витратив на подібні заняття мало не все життя, віднайшов безліч прикладів помилкових передбачень, що належали науковцям, і врешті сформулював переконливий висновок: “Навіть ідеї, безсумнівно, нездійсненні за сучасного або передбаченого рівня техніки, можуть стати цілком реальними внаслідок нових, несподіваних наукових відкриттів. За самим їх характером такі “прориви” науки не можна передбачити, але в минулому вони стільки разів допомагали нам обійти

нездоланні перепони, що ніяка картина майбутнього не може вважатися правильною, якщо в ній не враховано такі можливості” [24, с. 37]. Досить своєрідно висловив подібну думку С. Лем у книзі “Сума технологій”: “Наука передбачає майбутні стани, але своїх власних майбутніх станів, власного шляху розвитку вона передбачити не може. Вона створює “гарні” теорії, які справджуються на практиці, але сама добре не знає, як їх створює” [42, с. 364].

На наш погляд, ці два висловлювання дуже вдало переконують науковців, прогнозистів і пересічних громадян ніколи не забувати про існування і небезпеку “вівсяного” ефекту.

**51. Прискорення накопичення нової інформації та зменшення того її відсотка, яким оперують не лише пересічні громадяни, а й науковці.** Ця пересторога тим важливіша, що не припиняється явище зменшення відносного обсягу знань, якими оперує кожна людина. Слід намагатися збільшувати цей обсяг щоразу, коли життя примушує нас приймати важливі індивідуальні рішення. Формуванню подібної звички дуже допомагає здобуття вищої освіти.

**52. Перехід лідерства у науках від фізики до молекулярної біології і нанонаук.** Еволюція людини супроводжувалася зміною лідерів серед наук. У другій половині ХХ ст. майже одразу після досягнення свого “акме” (піку розвитку і суспільного впливу) фізика стала все швидше поступатися біології щодо кількості та важливості наукових публікацій. Це явище розвивається й нині, адже головне поле застосовності нанотехнологій у найближчі роки — біологічні явища, об’єкти і продукти.

**53. Науки поділяються (їх є десь 8000), але не можуть інтегрувати здобутки.** Негативні наслідки цього явища, на щастя, не такі й великі, якщо порівнювати з втратами від ефекту хоттабизації (ігнорування найновіших відкриттів). Лишається сподіватися, що у майбутньому будуть знайдені ефективні засоби об’єднання у педагогіці чи в соціології досягнень одразу десятків інших наук.

**54. Виникнення завдяки Інтернету і поширенню англійської мови поділу науки на столичну і периферійну, світових об’єднань.** Загалом це явище доволі позитивне, адже стає можливою участь в успішній пошуковій діяльності тих науковців, які не можуть постійно перебувати у провідних світових наукових центрах. Згадані засоби стали додатковою причиною підвищення інтенсивності досліджень і збільшення загального обсягу наукової продукції.

**55. Заміна лінійних підходів в аналізі соціальних та інших явищ на нелінійно-синергетичні.** У межах “лінійних” уявлень і теорій посилення взаємодії або впливу пропорційно збільшує відгук чи результати, але не змінює їх характер. Приклад лінійних явищ — звичні для нас оптичні ефекти відбивання і поглинання світла тощо. “Нелінійність” явища означає, як мінімум, втрату пропорційності між впливом і його результатами, як максимум — отримання цілком несподіваних наслідків. В оптиці прикладами є зміна кольору світла лазерів у момент відбивання чи внаслідок проходження крізь певні види кристалів. Для переходу від лінійності до нелінійності, як правило, вистачає простого посилення впливу понад певну межу.

Синергетику часто визначають як теорію самовиникнення упорядкованої структури з неупорядкованої (чи “переходу хаосу в порядок”). Це твердження правильне, але не охоплює всіх синергетичних явищ. Більш “повна” синергетика вивчає довільні складні системи, що зазнають великих впливів різної природи одночасно. Значні соціологічні та економічні передбачення просто неможливі без підтримки нелінійних теорій і рівнянь сучасної синергетики.

**56. Трансформація етики і моралі, формування цілком нового світобачення.** У минулому для абсолютної більшості населення планети добре відомою була дуже мала ділянка планети: для селян — усього 10–20 км<sup>2</sup>, для кочівників — значно більша за площею частина степу. Етика і мораль визначалися більше природними програмами зграйного (племінного) життя, ніж суспільними теоріями чи навчанням. Для сучасності дедалі поширенішою стає “загальнолюдська” мораль з усвідомленням своєї належності не лише до певної групи (народу), а й до всього людства, з цікавістю до подій на всій планеті. Мабуть, і надалі зростатиме подібне світобачення, що має сприяти згуртуванню людства задля подолання великих і малих проблем.

**57. Перетворення медицини з галузі ремісничо-мистецької на біо-хіміоінженерію.** У минулому успішність в діяльності лікаря залежала від поєднання певного таланту (природних здібностей) з тривалим навчанням і практичним досвідом. Вихід на рівень нанотехнологій у медицині означає накопичення настільки точної та повної інформації про природні біологічні процеси, що стає можливим управління цими процесами, здійснення регенерації пошкоджених тканин і цілих органів тощо. Наномедицина у наш час отримує особливо багато фінансових і кадрових ресурсів, а тому розвивається швидше від інших розділів нанонаук.

**58. Прискорення руху до індивідуальних інформаційних центрів, з якими людина не розлучатиметься подібно до того, як член суспільства-1 постійно мав при собі ніж, а суспільства-3 — годинник.** Перехід від мікроелектроніки (на деталях розміром до мільйонної частки метра) до наноелектроніки, спінтроніки тощо дасть змогу створити легкі індивідуальні інформаційні центри, які будуть безперервно потрібні людині. Власне, чекати їх лишилося зовсім недовго (уже зараз мобільні телефони майже витіснили наручні годинники).

*Сьома група* охоплює чимало різноманітних явищ і тенденцій з освітньо-культурної сфери, більшість з яких спричинена впливом на неї технологічних, економічних і суспільно-політичних чинників.

**59. Зростання суспільного значення й абсолютної тривалості первинної освіти.** “Первинна освіта” — запропонований нами переклад англійського “*Initial Education*”, що означає всі офіційно визнані та задокументовані форми навчання і професійної підготовки від народження до виходу на ринок праці. Те, що стосується первинної освіти, ми вказали у лівій частині рис. 5 над словами “формальна освіта”.

У минулому (див. табл. 1) освіта або не існувала взагалі, або була нетривалою і охоплювала лише частину молоді та дорослих. Поява великих аграрних держав та імперій зумовила винайдення письма і поступове розширення освітньої системи. Спроба використати цю систему на надання основ грамотності та математики припала вже фактично на індустріальну епоху. Злам сторіч має виразні ознаки переходу до суспільства знань і підвищення освітніх вимог до молоді. Провідні держави стали розвивати таку освіту, яка спроможна не лише зробити грамотною всю молодь, а й надати їй професію. Для педагогіки це означає прощання з елітарною освітою, селекцією учнів, відрахуваннями зі школи чи ПТУ тощо. Надалі треба навчати всіх аж до віку понад 20 років, надаючи професію і готуючи до поєднання праці та навчання.

Є чимало країн (США, Японія, Фінляндія, Ірландія та ін.), де більшість з вікової групи 18–22 роки і справді отримує вищу освіту, а відтак професію. Решта також навчаються у системі професійної освіти, але не вищої. У деяких країнах показники трохи нижчі (серед них і Україна, але її відставання незначне і постійно зменшується). Вища освіта дедалі більше поділяється на академічну з дипломами “А”, технологічну — дипломи “В”, вищу професійно-технічну — дипломи “С”. Цей поділ загалом добре відповідає розподілу природних здібностей у молоді.

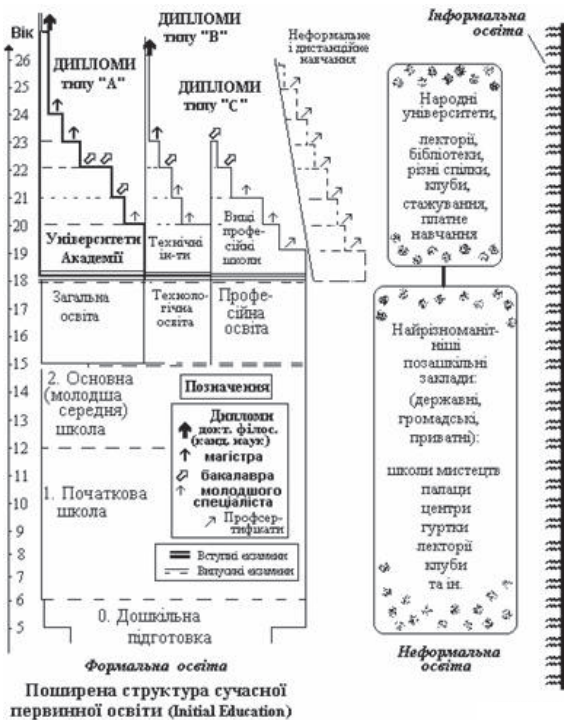


Рис. 5. Трисекторна структура сучасного освітнього простору

**60. Потреба створення та удосконалення роботи трисекторного “освітнього простору”.** Брак ресурсів та інші причини не дали змоги створити в СРСР справжню первинну освіту. Натомість існувало інше досягнення — трисекторний освітній простір, складові якого (формальна, неформальна та інформальна освіта) вказані на рис. 5. Це було правильне рішення, яке дало значні позитивні результати. В сучасній Україні економічна криза дуже зменшила можливості неформального навчання, а сектор інформального освітньо-виховного впливу “вислизнув з державних рук” і нині належить приватним особам, які дбають у кращому разі про власний прибуток, у гіршому — про формування зомбі-покоління, що не любить Вітчизну і спроможне лише дивитися телевізор чи слухати пісні чужими мовами, використовуючи сучасні майже мікроскопічні джерела звуку.



**61. Втрата старшим поколінням контролю над інформацією, на якій формується молодь.** Досить несподіване і багатопланове явище, що якось “не помічає” наша школа. А бажано б помітити і розпочати реагувати належним чином.

**62. Занепад природних програм передання “родинного спадку”.** Успадковано-генетичні програми розвитку людини узгоджені зі зграйним життям і перебуванням у складі великої групи (родини, племені). Індустріальні та перехідні суспільства організовані так, що ці програми не мають умов для повного розгортання. Тимчасом, якщо їх враховують хоч частково (приклад — Фінляндія), то відбувається достатньо ефективно навчання і підготовка молоді до діяльності у швидкозмінних сучасних умовах відповідно до вимог ринку праці інноваційної економіки.

**63. Занепад спадку “мудрих думок і висловів”.** Зміни засад індивідуальної та колективної поведінки і цілей діяльності швидко знецінюють так званий спадок “мудрих думок і висловів”, утруднюючи його використання в навчально-виховному процесі. Посилання на класиків чи усталені ще за часів становлення аграрного суспільства твердження вимагатиме від вчителя пояснень — що зі старого спадку є цінним у наш час, а що може бути корисним і в майбутньому.

**64. Нечесно-хитра конкуренція: США та інші країни шкодять нашій освіті, розвалюючи точні науки і нав’язуючи “критичне мислення”, “громадянську освіту” та ін.** Конкурентний вплив на суперників з нахабно-військового поступово стає “нечесно-хитрим” (приклад — допомога з боку емісарів зі США у розвиненні в українських учнів високих здібностей до “критичного мислення” застосуванням на уроках текстів, що принижують “банальну” інформацію зі шкільних підручників і подають як особливу цінність “знання втаємничених”, що у даному разі є відверто антинауковими).

**65. Загроза “деперсоналізації” освіти — зниження особистісних контактів на всіх рівнях освіти у парі “вчитель — учень”.** Наявна значна загроза “деперсоналізації” не лише вищих, а й нижчих рівнів освіти шляхом значного зменшення обсягу і значення особистісних контактів у парі “педагог — учень”. Ця загроза додатково посилюється нераціональним застосуванням дистанційної освіти, де подібних контактів майже немає.

**66. “Ринковізація” освіти — загроза етосу вчительства, шлях її перетворення на другорядну і платну “освітню послугу”.** Брак бюджетних коштів на освіту спонукає деяких “інноваторів” пропо-

нувати й організовувати “торгівлю” навчанням і вихованням. Ці дії неможливо узгодити з духом світових конвенцій про права людини і захист дітей. Гострота проблеми винайдення розумної рівноваги у цьому питанні підвищується і вимагає невідкладних законодавчих кроків. Слід пригадати позитивні досягнення попередніх десятиріч і використати винаходи європейських країн-лідерів (Ірландії, Фінляндії, Німеччини та ін.).

**67. Формування світового ринку відкритої освіти і втручання в нього Світової організації торгівлі.** Менша частина усєї освітньої сфери може стати зоною “освітніх послуг”, де доцільне раціональне використання міжнародних угод і правил.

**68. Тема “якість освіти” стає суспільно-пріоритетною разом з демократизацією і рухом до суспільства знань.** Актуальність теми зростає паралельно з підвищенням суспільно-економічної ролі освітньо-наукового комплексу і необхідністю надання професії усій молоді ще під час навчання, а не поза освітньою системою. Ідеальні розв’язки відсутні, але є чимало успішних прикладів (найбільш переконливі – Фінляндія та Ірландія).

**69. Обов’язковість вищої освіти і наукового ступеня стає передумовою успіху на ринку праці та суспільної діяльності.** Аналіз змін ринків праці розвинених держав свідчить про постійне зростання попиту на працівників з академічними і (чи) професійними дипломами магістра і доктора філософії (аналога кандидата наук)

**70. Досить у школі 7–8 років вчити ПИСАТИ, адже вже зараз майже ніхто не пише. Час навчати думати і працювати.** Це серйозний виклик сучасній освіті, фундаментальні положення якої не змінилися з часів, коли дистанційне спілкування було можливим лише завдяки рукописним листам. Вже час реагувати на нього, адже найближчими роками вдосконалені комп’ютери “розмовлятимуть” з людьми...

**71. Зростає відсоток інтелектуальних працівників, але дедалі потрібнішими стають не просто науковці, а особи з критичним мисленням.** Утім абстрактно-критичне мислення – не кращий варіант. Молоді українські науковці-педагоги пропонують орієнтувати навчально-виховний процес на формування “морального критичного мислення”, а ми вбачаємо у цьому шанс підвищити гуманістичний аспект нашої освіти ще й альтруїстичними мотивами.

**72. Зниження реноме і суспільного рейтингу природничо-математичної та інженерно-технологічної освіти.** Явище неприємне зі значними негативними соціально-економічними наслідками. Західна

Європа звернула увагу на нього ще у середині 90-х років, але дуже активізувала боротьбу з ним лише після проголошення Лісабонського проекту. Однак зміни на краще відбуваються повільно, тому чимало держав намагаються імпортувати здібну молодь (приклад — Німеччина, що готова працевлаштувати багато українських програмістів).

**73. Конкуренція між ВНЗ за потенційного студента і формування “наскрізних” навчально-виховних комплексів.** Найближчими роками до системи вищої освіти України прийдуть ті особливо малі покоління, що народжувалися у кризових 90-х роках. Вони удвічі менші за покоління 80-х років, тому абсолютна кількість студентів зменшиться навіть у тому разі, коли до ВНЗ зарахувати всю вікову групу 17–23 років. Для подолання хоча б частини негативних наслідків цього демографічного колапсу, варіант якого вже давно спостерігається у Німеччині та інших державах ЄС, необхідні особливі заходи і кроки.

**74. Посилення перешкод на шляху формування у молоді необхідної для життєвого успіху цивілізаційної компетентності.** Існує явище “інформаційного шуму” й постійного ускладнення знаходження особливо корисної, систематизованої та нової інформації у морях псевдо- і антинаукової графоманської продукції. Інтернет ще надто недосконалий і не дає змоги для швидкого й успішного пошуку необхідного. Ще менше він прийнятний для систематичної самоосвіти — його творці на даний час мають зовсім інші пріоритети.

**75. Хоч нано- і нейромолекулярна біологія та інші науки мають багато досягнень, їх майже не враховують у навчально-виховному процесі, зокрема для розвитку альтруїзму.** Аналіз десятків тисяч назв статей і книг з педагогіки і виховання виявив вражаючий факт — ніхто з авторів не використав у них термін “альтруїзм”. Надто мало і тих праць, автори яких враховують дуже важливі для освіти відкриття, що здійснили останніми роками молоді “людинознавчі” науки. У наших попередніх працях були пропозиції щодо ефективного використання цих нових знань і підвищення уваги до формування альтруїстичної поведінки [35–37], а в майбутньому ці теми будуть розвинуті додатково.

\* \* \*

Цей перелік світових процесів та їх короткий аналіз допоможуть у вирішенні завдання скерування матеріалу посібника у майбутнє, надання читачам потенційно корисного матеріалу для формування

власних висновків щодо стратегії і тактики своїх дій у швидкозмінних умовах нашого сьогодення. Бажано рухатися до вищої автономії, відповідальності та толерантності, утверджуватися й самореалізовуватися через розширення професійної компетентності, а не шляхом накопичення гори грошей, акцій чи одягу “від Версачі” та автомобілів престижних марок.

Подібна система індивідуальних пріоритетів “зразка ХХІ століття” завершує своє формування у Данії та кількох інших невеликих країнах, які не мають світових чи континентальних амбіцій і не намагаються чимось вразити одразу весь світ. На їхніх теренах вважається помилковою гонитва за суто матеріальним. Громадська думка прихильна до тих, хто використовує вільний час та інші ресурси не на безглузде гасання хвилями на “водних мотоциклах”, а на підвищення власного інтелекту і професійної компетентності.

Це розумний зразок для запозичення. Саме на це і слід орієнтувати діяльність сучасних освітніх систем, зміст навчання, зокрема на дисципліні екологічного циклу.

### **Для допитливих. “Альфа-програма” та інші труднощі на шляху “дорослішання” людства**

Біологічна класифікація сучасної людини загальновідома: підвид “sapiens” (розумний) виду Homo sapiens (людина розумна). Вона стверджує досить категорично — ми “розумні подвійно”.

Проте ця приємна тирада є звичайнісіньким самопроголошенням — інопланетяни не здійснювали тестування на рівень розумності серед усіх розвинених видів сучасної зоосфери Землі, а тому люди не отримували від когось “диплом розумності”,

Насправді ж вони не формують цілковито виокремлену частину життя на планеті й не мають комплексу принципів переваг і відмінностей. Багато живих істот винаходять чи виготовляють знаряддя, велика кількість савців і птахів мають свою видову мову (у спілкуванні з людьми окремі примати засвоїли не одну — аж три мови), всі “групові” види створили власне суспільство з відповідними етикою, мораллю і законодавством тощо.

Та на відміну від цих видів люди спромоглися перейти від суто біологічної еволюції до суспільної і значно розвинути засоби колективного накопичення досвіду, знань і компетентностей, що дають змогу збільшувати реалізаційні можливості кожного наступного покоління.

Ось і ця книга — мікроскопічна частина саме таких засобів.

Наше завдання — надати читачам певну сукупність фактів і забезпечити поле для міркувань, аналізу, роздумів і прийняття власного і виваженого рішення.

Проте будьте обережні! Завжди пам'ятайте про те, що сукупність інформації, яку накопичили люди в якийсь момент, не гарантує точність прогнозів на майбутнє — постійно відбуваються непередбачувані відкриття і винаходи, які змінюють “майже все”.

Але і наявна інформація використовується не ідеально і дуже часто лишається невідомою через ефект хоттабизації. Обмежимося невеликим прикладом — спонуканням “альфа-програми” до агресивних чи відверто кримінальних дій (до “альфа-злочинів”).

Світова і національна статистика свідчить, що абсолютна більшість агресивних і хуліганських протиправних дій мають своїми авторами молодь чоловічої статі віком від 13–15 до 30 років: формуються малі та великі “територіальні” банди, у тюрмах обов'язковою є заснована на насильстві ієрархія, Франція вже кілька років потерпає від деструктивних дій підлітків з іммігрантських родин тощо.

Етологія та інші науки пояснюють ці явища на основі встановлення законів групової (колективної) поведінки багатьох видів розвинених істот, у тому числі й самої людини. Науковці умовилися літерами грецького алфавіту “альфа” ( $\alpha$ ), “бета” ( $\beta$ ) і наступними позначати особини, які перебувають на різних ієрархічних сходинках у складі суспільних (соціальних) об'єднань. Того, хто перебуває на верхівці суспільної піраміди, вважають “альфа-особиною”, рангом нижче — “бета-особиною” і т. д. Подібна ієрархічна побудова є жорсткою природною закономірністю, яка характерна для всіх ссавців і птахів, що входять до досить стійкої групи постійного складу, яка змушена захищати свою територію чи інші ресурси життєзабезпечення від інших груп, що зазіхають на них. Науковці зазначають утворення соціально-групових ієрархій і для менш розвинених істот (у тому числі комах), але там вони не є обов'язковими для всіх видів і цілком можуть не існувати.

Під час вивчення груп великих чи малих приматів науковці відкрили дуже багато цікавого, адже їх поведінка часто виявлялася такою складною, як у людей, а мотиви нічим не поступалися тим, які детально вивчив і описав свого часу Макіавеллі.

Придивимося уважніше до того, як відбувався і відбувається перехід дітей у підлітки, а тих — у дорослий статус. Більшості підлітків притаманне відчуження від дорослих і замикання у колі однолітків чи близьких за віком. Це помітно не лише для племен і народностей тропіків, які затрималися майже на неолітичній стадії, а й для великих мегаполісів.

Головне завдання підліткового періоду — формування стійких зв'язків між однолітками й утворення досить упорядкованої підліткової ієрархії у вигляді розподілу окремих особин по сходинках домінантності й підпорядкування, розпочинаючи з визнаного лідера (альфа-підліток) до останньої “шістки” (омега-особина).

Перенесення моменту початку утворення ієрархії з цілком дорослого віку в молодший підлітковий надзвичайно вигідне для зграї — зникає суттєва небезпека поранень або загибелі потужних дорослих особин у процесі суперництва за вищий статус, за прихильність самки та ін. Дійсно, підлітки мають слабку й нерозвинену видову зброю, вони не встигли досить навчитися її застосування, тому “нормальні” сутички й бійки між підлітками однієї й тієї ж статі порівняно безпечні для їхнього здоров'я.

В умовах зграї або племені сформована подібним чином підліткова ієрархія у майже незмінному вигляді (за збереження складу) у міру повного дорослішання її членів органічно переходить у загальну ієрархічну структуру всієї групи. Молодий ватажок стає згодом вождем, його найближчі друзі й соратники — елітною керівною верхівкою зграї або племені. Будь-які інші варіанти реалізації процесу утворення ієрархії молодих поколінь та їх залучення до складу дорослих повноправних особин поступаються вказаному “підлітковому” за своєю ефективністю і безпекою.

Кілька слів про особливості дитячої дружби — глибокої і специфічної, що має властивість без значного ослаблення зберігатися до старості. Представники сучасної нейромолекулярної біології стверджують, що цей вид дружби є наслідком внутрішньої природної наркотизації, коли наявність друга стає фактором постійної активізації діяльності системи рекомпенсації (“задоволення”). У цьому аспекті підліткова дружба за своїм походженням подібна до прихильності дитини до матері або до емоційного стану закоханості (“стану Ромео і Джульєтти”).

Цей механізм досить добре пояснює силу “втягування” дітей у дружбу, безплідність зусиль батьків і вчителів переконати їх у невдалості вибору друга, у необхідності заміни “нечупари й двієчника Петька” на “чистенького й вихованого відмінника Дмитрика”. Потреба в контактах з ровесниками й досягнення їх прихильності — дуже потужна успадкована генетично програма видової поведінки усіх зграйних істот. Іншими словами, формування пірамідальних підліткових груп з домінуванням одного лідера і зростанням кількості підлеглих у міру зниження рангу — така сама об'єктивність, як закони фізики чи хімії. Їх не можна ігнорувати і вважати суб'єктивним висловлюванням якогось науковця.

Прикро, що ніколи не було і не станеться у майбутньому спонтанної самоорганізації підліткових груп на підставі принципів демократії, поділу влади й ротації керівництва шляхом чесних і таємних виборів. І надалі самоутворюватимуться малі й великі групки, а їхні лідери для ствердження своєї влади будуть особливо схильними до збочень, агресії та кримінальних дій. Матеріали ЗМІ про український і зарубіжний кримінал щодня дають нові докази того, що бажання лідера групи піднести будь-якою ціною часто виявляється набагато потужнішим за страх покарання, вплив “здорового глузду” і отримані в школі знання про цивілізовану поведінку.

Формуванню піраміди зарадити не можна, утримати підлітка від бажання бути в групі словами так само марно, як переконувати його не їсти, не пити, не спати. Слова мало що важать, коли у хлопчика прокидається програма приєднання до територіальної групи і проведення в її складі якомога тривалішого часу. Обсяг посібника не дає змоги навести приклади того, що “силові методи” впливу на підлітків найчастіше дають не бажаний, а протилежний результат.

Проте ситуацію не слід вважати безвихідною. Повномасштабне застосування в школах досягнень етології й інших наук про людину може зарадити більшості найприкріших помилок вихователів під час роботи з підлітками і молоддю. За будь-яких умов старшим не можна залишати без уваги навіть найменші підліткові групи, необхідно постійно стежити за їх діяльністю. Слід не шкодувати часу на своєчасне пояснення дітям того, як саме змінюватимуться їхні пріоритети у підлітковому віці й чим можна відвернути активність утворених груп і зграй від негативних дій (за рубежем активно експериментують з так званими засобами заміщення агресії, непогано виявив себе рух “фрунзенців”, в СРСР, ще більше міг дати “Пласт”).

Кожен підліток має усвідомлювати, що потяг до групи й формування “піраміди” були життєво важливими у віддаленому минулому, коли людина все життя проводила усередині свого племені чи великого роду. Підліткове суперництво і значні витрати часу на “тусовку” виправдовувалися тим, що одного разу сформована ієрархія зберігалася до смерті її учасників. Друзі разом усе життя змушені були боротися з “чужими” на кордонах території племені (або з аборигенами на трасах його переміщення). Тому наявність друзів і надія на їхню допомогу були надзвичайно важливі для підвищення шансів на перемогу в сутичках з “чужими” і для особистого виживання.

У наш час підліткові групи не мають жодних шансів (особливо в містах) зберегтися на все життя, а соціальний статус їхніх членів у суспільстві й зовсім не залежить від завойованого в підлітковій ієрархії місця. Робота і кар’єра визначаються нині іншим — знаннями й уміннями, лише малу частину яких можна здобути у процесі перебування в підліткових групах, набагато більшу — шляхом освіти і самоосвіти. Тому, якщо пояснити все це підліткові, є надія, що він зможе обґрунтованіше зробити вибір — іти “на вулицю” й витрачати час на “тусування” чи відправитися у бібліотеку, в комп’ютерний центр, на додаткові заняття в позашкільну установу або самовдосконалюватися удома.

Підсумовуючи, зазначимо, що сучасна політика скупчення кримінальних елементів у великих камерах створює ідеальні умови для формування у в’язницях великих кримінальних ієрархій і втягнення в їх склад усієї молоді. Слід не пошкодувати коштів і створити такі приміщення, де ніхто із засуджених ніяк не зможе спілкуватися із сусідами і згуртувати їх в чергову ієрархію. Новітні технічні засоби дають змогу після звільнення

з ув'язнення забезпечити автоматичне стеження за місцем перебування кожної особи з точністю до метра. Є всі можливості назавжди на цінних речах “записувати” всі координати і дані про їх справжнього власника, що значно зменшить бажання їх красти і перепродувати. На жаль, у часи нано-, піко- і фемтофізики продовжують ідентифікувати автомобільні мотори й інші деталі так само, як це робили понад сто років тому — подібні дії лише заохочують грабіжників і крадіїв.

Приклади правильного виховання підлітків і молоді потрібно шукати не у США чи інших найбільших розвинених країнах, а в набагато менших, де увага і контроль за кожним підлітком поєднуються зі створенням для нього умов для саморозвитку, позитивного суперництва з однолітками і ствердженням через накопичення професійної компетентності, яка так цінується у дорослому віці. Саме у цих країнах шкода від альфа-злочинів мінімальна.

### З нашого досвіду

<p>Після звичного літнього купання в морі три молоді мешканці Приморського (під Феодосією) вийшли на берег. Шістнадцятирічний парубок мав необережність спертися на невисоку металеву огорожу. Смерть настала миттєво, адже мокра шкіра рук і босі ноги не становили жодної перешкоди для виникнення потужного струму.</p> <p>У подібних умовах час від часу гинуть “на огорожах” діти і дорослі в містах і селах. Ми втрачаємо десятки життів щороку від того, що в довідниках і книгах й досі вважаються “безпечними” напруги в межах 10–20 В, хоч у разі мокрих долонь і хорошого заземлення вони вбивають мало не кожну людину.</p> <p>Ми вважаємо злочином рекламу електричних приладів, що мають використовувати люди, які перебувають у ванні чи стоять під душем: навіть кілька вольт напруги в цих умовах є дуже небезпечними.</p> <p>Скільки часу ще має пройти для того, щоб шкільний курс з “Безпеки життєдіяльності” давав широкі сучасні знання, а не інформацію про правила вуличного руху?</p>	<p>Небезпека для багатьох громадян різного віку може виникнути і через відхилення у поведінці одного чи кількох представників людського роду. Якщо для США найчастіше йдеться про розстріл багатьох осіб надмірно роздратованими молодиками (приклад: студент 24 років після “зради” подружки вклав у квіти 2007 р. у труни аж 32 особи та убив сам себе), то для України смертельну небезпеку дедалі частіше становлять невеликі й згуртовані групи підлітків та юнаків. Розпочинаючи з дрібного рекету і побиття слабших, з часом вони швидко стають справжніми “вовчими зграями”. У Києві в середині червня 2007 р. банда старших підлітків мало не цілий день тероризувала десятки дорослих на березі озера Торфи, адже міліція цілковито ігнорувала дзвінки постраждалих.</p> <p>Набагато ширше того літа преса висвітлювала десятки убивств, які вчинили усього за місяць три дев'ятнадцятирічні дніпропетровці.</p> <p>Ми могли б навести десятки і сотні подібних прикладів підліткового і молодіжного вандалізму і бандитизму. На наш погляд, українські психологи і педагоги надто довго ігнорують відкриття етологів та інших науковців, які дають правильні відповіді на безліч питань, що стосуються так званої підліткової кризи</p>
--	--



## ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ\* ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Чи є аналогія між потоком громадян з країн Азії й Африки до Європи з процесом розселення людей по суходолу в доісторичні часи? Відповідь обґрунтуйте.
2. У якому віці у дітей особливо помітна так звана пошукова програма — бажання полишити домівку і самотужки чи з найближчими друзями ретельно вивчати околиці?
3. Вкажіть якомога більшу кількість причин того, що люди не залишилися у своїй колісці (Африці), а розселилися по всьому суходолу.
4. Чи бували у процесі розселення відступи? Відповідь обґрунтуйте історичними прикладами.
5. Чому видатні винаходи первісних людей не завжди зберігалися надовго і не кожний з них дійшов до нашого часу?
6. Якою може бути історична основа відомого біблійного міфу про будівництво Вавілонської вежі? Відповідь обґрунтуйте.
7. Вкажіть подібність і відмінності між китайським муром і системою оборонних споруд наших предків (так званих Змієвих валів).
8. Порівняйте (наближено) відсоток суспільних знань, який могла накопичити у старості людина у кам'яному віці, з тим показником, який доступний нашим сучасникам. Які Ви можете зробити висновки з цього?
9. Чому в суспільстві знань у промисловості буде зайнята така мала частина активного населення — усього 10–12 %?
10. Наведіть докази того, що США не можуть вважатися моральним лідером планети і за певними показниками ненабагато віддалилися від періоду своїх війн з Мексикою.
11. Мешканці Сахари мають проблеми з віднайденням деревини для вогнищ. Запропонуйте пристрої, які б на основі явищ фізики могли здійснювати нагрівання води і приготування їжі.
12. Чому вірогідність прогнозів розвитку енергетичного господарства людства знижується пропорційно до їх часового охоплення?
- 13\*. Чи згодні Ви з тим, що перехід до демократії можливий лише через період управління “сильної руки”, спроможної нав'язати всім нові засади життєдіяльності? Відповідь обґрунтуйте.
- 14\*. Спрогнозуйте найімовірніші зміни потоку іммігрантів, який намагається перетнути територію України зі Сходу на Захід. Відповідь обґрунтуйте.
- 15\*. Чому в наш час незастосовні засади виховання лідерів, які сформувалися за часів хрестоносців і рицарських поєдинків? Відповідь обґрунтуйте.

---

\* Тут і далі зірочкою позначено запитання підвищеного рівня складності.

16\*.

# ЕКОЛОГІЯ НА ЗЛАМІ ТИСЯЧОЛІТЬ

---

---

## 2.1. НАУКА ЧИ ГАСЛО?

Відповісти на це запитання стає все важче — екологія має всі шанси повторити шлях кібернетики й перетворитися з досить чітко окресленої сфери наукових досліджень на аморфне інтегральне поняття, яке є “покрівлею” для багатьох секторів, що входять до складу природничих наук, — геології, географії, біології, інженерії та ін. Останнім часом термін “екотогія” дедалі частіше замінює поняття “розумний”, “цивілізований”, “доцільний”, “гуманний”, “такий, як треба”, адже у назвах і тексті книг чи статей поширеними стали словосполучення “екотогія культури, мислення, поведінки, фінансів, менеджменту” тощо (приклад — стаття [38]). Але спершу екологія була наукою (логосом).

Термін “екотогія” запропонував відомий німецький природодослідник Е. Геккель 1866 р. для позначення необхідної на його думку науки (*logos*) про взаємодію і взаємовплив живих істот та їхнього оточення (грецьк. *oikos* — дім, помешкання, місце перебування). Серед сотень запропонованих ним нових понять саме це поступово стало найвідомішим. *Екологія* — наука про взаємовідносини живих організмів та їх угруповань між собою та з довкіллям.

Хоча сам Е. Геккель згодом надавав перевагу терміну “біоекономія” (чи “еконотогія природи”), коротше і точніше слово “екотогія” поширювалося дедалі більше, доки у другій половині ХХ ст. не стало універсальним гаслом і заміником цілої низки інших понять. Не бракує і різноманітних визначень екології, а також протиріч у ставленні до цього терміна в різних країнах.

Деякі науковці у своїх визначеннях наголошують на походженні екології з біології й підкреслюють вивчення нею відносин живих істот з довкіллям (до цього класу належить і наведений нами скорочений і дещо узагальнений варіант). У розвинених країнах Заходу

слово “*ecology*” позначає саме біоекологію, яка цікавиться насамперед живими істотами, а не широкими питаннями економіки, виробництва і суспільства, умовами забезпечення їх стійкого і безпечного розвитку та ін. В Україні теж не бракує навчальної літератури екологічного спрямування. Найчастіше книги з екологічними назвами, незалежно від року їх видання, містять переважно виклад біологічних питань ([40; 41] і багато інших).

Проте розвиток екології такий стрімкий, що невдовзі правильніше буде визначати її як синтез науки про довільні природні сукупності об'єктів та явищ і нових принципів й уявлень про призначення людини та інших організмів і цілі їхньої життєдіяльності. “Екологізація” розумової та практичної діяльності людей помітніша в розвинених країнах, але й для всієї Землі вона поглиблюється порівняно швидко, що залишає людству певні надії не лише на фізичне виживання, а й на прогрес і стійкий розвиток.

Розширення поля діяльності екології поза суто біологічні межі примусило науковців Заходу ввести додатковий термін — “*environmental science*” (точна наука про довкілля). Саме у цьому великому розділі сучасної екології досягнуто значних успіхів щодо вивчення надскладної системи з мільярдів людей, незліченної кількості інших живих істот й неживого природного середовища. Вчені отримали змогу здійснювати обґрунтовані передбачення загальнопланетарного обсягу і досягли успіху в усіх будівельних та інших проектах. Не лише на Заході, а й в Україні вийшли праці (щоправда, мало) з акцентуванням не тільки біологічних, а й інших питань і тем, які у першому наближенні слід віднести до *environmental science*.

Відтак на наших теренах термін “екологія” поєднує в собі два зарубіжних, стосуючись як біологічних, так й інженерно-технологічних чи соціально-економічних досліджень. Немає сенсу засмічувати рідну мову чимось на кшталт “енвіронменталістики” для позначення небіологічних аспектів екологічних досліджень.

Цей посібник замислений і створений саме як інтегральна праця, яка поєднує класичну екобіологічну інформацію зі знаннями про все природне довкілля.

## 2.2. ПРИМХИ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЇ

Бурхливий розвиток екології останніми десятиріччями зумовив глибоке оновлення цієї дуже давньої царини знань. Дехто взагалі вважає, що вона невдовзі посяде місце лідера сучасних наук (хоч, на наш погляд, ними вже стали нано-, піко- і фемтонауки).

Не буде перебільшенням стверджувати, що екологія “існувала завжди”. Первісна людина померла б з голоду без необхідних їй знань про поведінку й особливості дичини, харчові властивості надземних і підземних частин рослин, якби не мала отриманого від предків і набутого самостійно досвіду “взаємовідносин з довкіллям”. У наукових працях учених усіх стародавніх цивілізацій є чимало цікавих даних про вплив на рослини і тварини кліматичних змін, особливості відомих їм живих істот, ознаки пристосування до умов середовища проживання тощо. Досить цікаві й сучасні книги на подібні теми ([47–49] тощо).

Пропонуючи свою “екологію”, Е. Геккель мав на увазі не лише поглиблення подібних досліджень, а й перехід до пошуків і формулювання основних законів взаємодії живого з довкіллям, відтак до використання їх на практиці.

Екологія дуже довго розвивалася як частина біології – загального вчення про світ живого. Не виділяючись істотно з неї, за якусь сотню років вона тричі змінила *парадигму* (вихідний принцип, основа міркувань та досліджень).

На *першому етапі* (до 30-х років ХХ ст.) екологія спиралася на праці Ч. Дарвіна, О. Гумбольдта, К. Ф. Рулье, Е. Геккеля, І. Ж. Сент-Іллера (ми не зазначили десятки інших видатних учених) й сконцентрувалася на дослідженні впливу фізичних (температура, світло тощо) і хімічних (склад води та ін.) чинників довкілля на життєдіяльність окремої особини чи цілого виду. Екологія тимчасово звузилася до *аутоекології*, чи *аутекології* (екології особини), що тоді було перевагою, а не недоліком. Вчені використали всю могутність наукового методу досліджень, додавши до загального ознайомлення і спостережень обмірковані наперед порівняно точні досліди з вартими довіри результатами (наприклад, про вплив мінеральних добрив на розвиток рослин і кінцевий врожай).

Екологи тих часів були малопомітними представниками “чистої” науки, схожими на Паганеля з роману Ж. Верна “Діти капітана Гранта”. Громадськість мало цікавилася їхніми спостереженнями, до-

слідами і науковими працями. Вперше на них звернули увагу після голосних і розпачливих виступів екологів на користь “збереження природи”, створення захищених зон і національних парків для порятунку тих рослин і тварин, яким загрожувало зникнення. Завдяки підтримці журналістів і деяких політиків їм дещо вдалося, адже з’явилися не лише перші заповідники, а й закони чи правила щодо рибальства і полювання.

*Другий етап* був порівняно нетривалим і стосувався дослідження великих груп організмів (популяцій та їх об’єднань) під кутом аналізу взаємодії окремих особин і популяцій різних видів істот між собою. Прикладом є проблема взаємовпливу хижаків та їхньої здобичі, видів-продуцентів (зелених суходільних рослин, водоростей тощо) і видів-споживачів (комах, тварин, риб та ін.). Лідером серед усіх царин екології стала *популяційна екологія* (чи *демекологія*). Великою заслугою цього етапу розвитку екології є залучення такого могутнього інструменту, як вища математика (насамперед диференціальних рівнянь). Вперше екологи дістали змогу виконувати теоретичне моделювання розвитку подій у живому доквіллі, робити передбачення (на жаль, надто спрощені й далеко не завжди точні).

*Третій етап* розпочався після Другої світової війни, коли домінуючим стало уявлення (сучасна парадигма) про “пов’язаність усього з усім”. Була, хоч і з запізненням, усвідомлена необхідність як одночасного і якнайточнішого врахування взаємодії між собою та з речовинним доквіллям усіх видів і варіантів живого доквілля, так і змін природного середовища внаслідок розвитку сфер Землі та впливу на нього людської діяльності

Необхідність такого розширення сфери екологічних досліджень розуміли й раніше окремі видатні вчені, які задовго до початку третього етапу здійснювали дослідження на “синекологічному” рівні. Серед таких геніїв — наш земляк, нащадок запорізьких козаків В. Вернадський (1863–1945), який був першим керівником Академії наук України і засновником кількох сучасних наук (геохімії, біогеохімії, радіогеології та ін.). Великий внесок у природознавчі дослідження зробили його сучасники — фітоеккологи Г. Висоцький (1838–1940) і П. Погребняк (1900–1976).

Необхідно згадати й англійця А. Тенслі, який у 1935 р. увів поняття “екосистеми”, чим узагальнив розпочаті ще до нього поглиблені дослідження характеристик екосистем (ланцюгів живлення і пірамід мас та енергій, ролі продуцентів, консументів і редуцентів та ін.)

*Синекологія* (вчення про взаємодію популяцій між собою і найближчим довкіллям) швидко поступилася першістю *глобальній екології*, об'єктом вивчення якої є вся біосфера (точніше — система з людства, інших живих істот і навколишнього середовища). Водночас виникли й стали стрімко розвиватися десятки галузей, розділів, підрозділів сучасної екології. Не лише становлення, а й поділ та найменування цих вужчих частин екології відбуваються безперервно. Одні фахівці стверджують, що їх налічується до 50, інші обґрунтовано доводять, що набагато більше. Для нас важливішим є та обставина, що низка грандіозних техногенних екологічних катастроф повоєнного періоду підготувала ґрунт до належного сприйняття книг американця Ю. Одума (найвідоміша — двотомна “Екологія”) й перетворення екології на важливу для практики науку й гасло подолання значної частини загроз існуванню людства.

### **2.3. СТРУКТУРА І ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЇ**

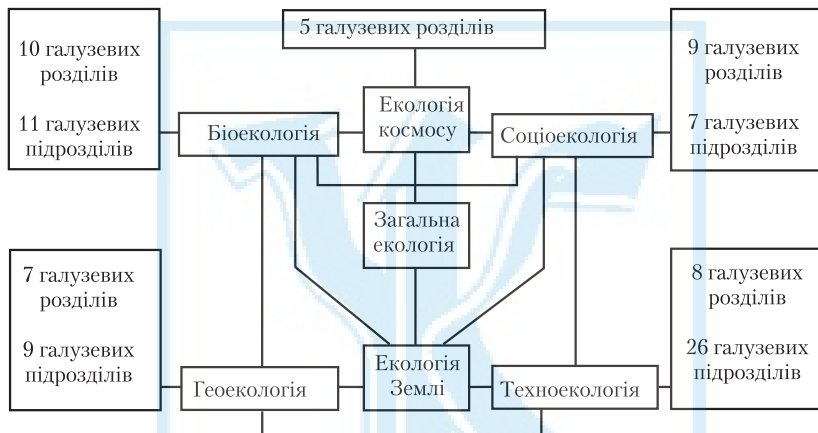
Перетворення екології з біологічної науки з чітко визначеним предметом дослідження (системи організмів та їх зміни у часі й просторі) на складний конгломерат багатьох царин знань вимушене — надто складні та різноманітні об'єкти її дослідження, не вдається підрахувати кількість взаємозв'язків між ними і незмірно багато їх характеристик.

Комплексність і першорядність проблем, які покликана розв'язати екологія, зумовлюють її прискорений розвиток та ускладнення. Тому схеми структури сучасної екології є суто ілюстративними, а деякі з них містять десятки прямокутничків і багато стрілочок, нагадуючи радіоаматорам схеми телевізорів чи радіоприймачів тих часів, коли вони склалися не з блоків, а з окремих ламп, конденсаторів, резисторів і провідників.

Ми ж обмежимося наведеною на рис. 6 спрощеною структурною схемою екології, де вказана приблизна кількість її вужчих підрозділів. Кожен з них цікавий сам по собі, але важливішою є комплексність, поєднання зусиль учених з багатьох наук і царин досліджень, як і застосування засобів, методів та досягнень інших наук про природу — фізики, хімії, біології, кібернетики, математики та ін.

Екологія у наш час отримує більше моральну, ніж фінансову підтримку. На неї не зважали в колишньому СРСР, проте й на Заході було чимало бажаючих відносити екологів мало не до “запеклих во-

рогів” технічного й технологічного прогресу. Лише кілька великих катастроф танкерів з дуже помітними шкідливими екологічними наслідками 50-х і початку 60-х років обурили громадськість розвинених країн настільки, що уряди вперше створили екологічні комітети чи міністерства, змусили скерувати частину бюджету на “природоохоронні заходи”. На ці роки припадають створення перших впливових міжнародних екологічних організацій, прийняття широких угод і конвенцій.



**Рис. 6. Спрощений варіант структури сучасної екології**

Нині екологія переживає дуже складний і суперечливий період свого розвитку. Безсумнівною є необхідність “повороту” до проблем довкілля всіх природничих і гуманітарних наук. Та не можна перетворити екологію на метод чи навіть тему для балачок. Буде помилкою “розчинення” її в безлічі спеціалізованих наукових напрямів. Час відмовитися від фінансування теоретичних і практичних екологічних досліджень у межах “старих” наук.

Важливо, але, вочевидь, недостатньо писати безліч статей чи книг-“страшилок” про негаразди, сміття, хвороби, загрози. Це корисно для формування виваженіших дій і поведінки людей, для глобалізації і застосування ними такого простого і важливого принципу, як “число не там, де безперервно підмітають, а лише там, де ніхто і ніколи не розкидає сміття”. Але цього надто мало для відвернення загрози



втрати озону, питної води, родючості ґрунту, лісів. Тут потрібні гроші, не малі — величезні.

Згадані та інші загрози неможливо усунути без розвитку експериментальної екології, створення глобальної системи моніторингу довкілля — безперервних точних вимірювань стану повітря, води і ґрунту майже для всієї поверхні Землі. Але ці дані будуть мертвою інформацією за відсутності теорій, методів та засобів передбачення і коригування стану і змін довкілля. Людство гарантовано загине, якщо й надалі скеровуватиме щороку понад 1200 млрд дол. США на військові цілі (не кажучи про інші непотрібні у наш час витрати). Запевняємо — ситуація з екологічними та іншими негараздами дуже швидко змінилася б на краще, якби хоч третина цих коштів пішла на розвиток нано-, піко- і фемтотехнологій та інших перспективних засобів.

Екологія повинна стати одним з лідерів серед наук ХХІ ст., а роззброєння і дотримання екологічних законів — основою всіх форм діяльності людини. Це єдиний шанс виживання людства.

### **Для допитливих. Про структуру сучасної екології**

Використовуючи методи і досягнення практично всіх природничих наук, сучасна екологія вийшла далеко за межі своєї “біологічної” коліски. Відгукуючись на потреби життя, вона стала найінтегральнішою з усіх інших наук, об’єднуючи точні, соціальні та гуманітарні.

Як показано на рис. 6, об’єднавчим центром екології є *загальна екологія (мегаекологія)*, яка системно вивчає і прогнозує стан і зміни всієї Землі та її біосфери, рекомендує шляхи гармонізації відносин людства і довкілля. Шість інших блоків, які оточують центральний і взаємодіють як з ним, так і між собою, мають вужчі завдання, вивчаючи різні об’єкти (що відображено в назвах).

Найдовшу історію і чималі досягнення має *біоекологія*, налічуючи щонайменше 10 галузевих розділів, як старих (аутоекологія, популяційна екологія, синекологія тощо), так і порівняно нових: біоєкомоніторинг, заповідна справа, експериментальна біоекологія, біоіндикація тощо. Ще більше підрозділів екології: мікроорганізмів, грибів, рослин, тварин, людини та ін. (фауни і флори моря, прісних вод, замкнених підземель, “оаз життя” в точках виходу мантийних вод і газів у рифтові тріщини дна океанів тощо).

Варті окремого розгляду досягнення кожного з них. Наприклад, експериментальна біоекологія розпочинала з вивчення найпростіших моделей біосфери об’ємом ледь у 2–3 літри, а в наш час у США (штат Арізона) кілька “екіпажів” з кількох “біонавтів” по черзі працювали у величезній скляній “Біосфері-2”. До неї входять тропічний ліс, пусте-

ля, саванна, болото і навіть мале солоне море глибиною 8 м. В ізольованому від довкілля об'ємі цієї чудової моделі майбутніх поселень людей на інших планетах, у замкненому біоциклі взаємодіють 3800 видів земної фауни і флори. Хоча на початковій стадії цей цікавий експеримент зазнав певної критики, його важливість і перспективність безсумнівні, тому він триває з урахуванням отриманого досвіду. Зауважимо, що серед несподіванок виявився і провал в обчисленнях умов збереження стабільної кількості кисню у повітрі всередині “Біосфери-2”. Згодом знайшли й пояснення: суттєві помилки в уявленнях науковців про перебіг процесів у рослинах під час фотосинтезу.

Чималий набуток і у *геоекології* з її основними розділами — екологія ландшафтів, атмосфери, гідросфери, літосфери, з підрозділами — екологія рік, озер, боліт, морів, океану, штучних водойм, ґрунтів, гірничої справи тощо.

Значне інтегруюче значення має блок *екології Землі*, завданням якого є як поєднання досягнень інших напрямів (наприклад економіка раціонального природокористування, охорона довкілля), так і дослідження слідів давніх екологічних катастроф, яких не раз зазнавала Земля. Знання про їх наслідки дуже важливі для побудови правильних прогнозів майбутнього.

Дедалі більші реальні досягнення має прогресуюча *техноекологія*. Кожен її розділ — екологія енергетики, промисловості, транспорту, військової справи, сільськогосподарства тощо — має кілька підрозділів. Для екології енергетики це екологія атомних, теплових і гідроелектростанцій, а також кількох нових нетрадиційних джерел енергії.

*Соціоекотологія* об'єднує щоразу більше здобутків соціальних та гуманітарних наук, використовуючи методи й засоби точних наук. Особливо важливими стали в наш час психоекотологія, екологія міст, екологія народонаселення, природоохоронне законодавство та інші. Відбувається подрібнення великих напрямів на вужчі підрозділи, які глибоко вивчають нагальні проблеми взаємодії суспільства і довкілля.

Великі завдання вирішуватиме у майбутньому молода *космічна екологія*, адже в “околицях Землі” рівень забруднення подекуди перевищив всі припустимі межі.

Підсумовуючи, зазначимо, що, на нашу думку, термін “екологія” і префікс “еко-” недоцільно використовувати у випадках, коли явище чи подія не стосуються живих організмів (або стосуються їх дуже опосередковано). Тому не варто застосовувати, наприклад, термін “екологія електротранспорту”, адже, рухаючись цим шляхом, легко прийти до “екології кухонного начиння”.

## 2.4. ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ І ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ЕКОЛОГІЇ

Екологія народилася як природнича наука, адже об'єкти її дослідження — організми, тіла і речовини — матеріальні, а процеси з їх участю підпорядковані законам фізики, хімії, біології та інших природничих наук. Природні об'єкти (у широкому розумінні — матерія) за розмірами й рівнем складності організації умовно поділяються на 20 рівнів (рис. 7) — від субелементарних частинок типу кварків аж до Всесвіту в цілому. Ця схема корисна тим, що дає змогу порівняно чітко вказати рівні, які охоплюються всіма сучасними природничими науками.

Наприклад, біологія займається рівнями 4–14, хімія — насамперед рівнями 2–4, але її застосування поширюються на інтервал 5–18. Нарешті, найзагальніші закони фізики стосуються всіх рівнів, хоча максимальна активність цієї науки спостерігається на обох кінцях цього ряду (1–4 і 14–20). Згадані вище нано-, піко- і фемтонауки мають дуже вузьку (рівні 2–4) сферу діяльності, але це не заважає їм втілювати у життя мрії науковців, і навіть те, про що ніхто з них і не здогадувався.

У наш час екологія стосується передусім рівнів 10–15, але в майбутньому, кооперуючись з іншими науками, може поширитися як на вищі (16, 17), так і на нижчі (6–9). З рис. 7 випливає, що найпростішим об'єктом екології є окремий цілісний *організм*. Це може бути і одноклітинна водорість, і величезний тридцятиметровий кит.

Екологія досліджує як вплив на окремі організми всіх чинників довкілля, так і взаємозв'язки між живими об'єктами, утворення і по-

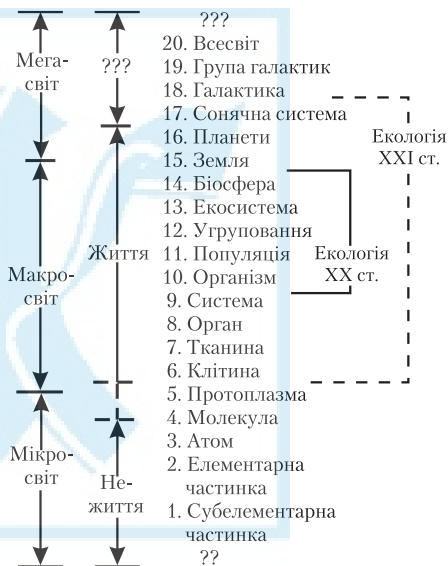


Рис. 7. Рівні організації матерії та царина діяльності сучасної екології

ведінку їх дедалі складніших систем аж до рівня всієї біосфери. Суттєвим для майбутнього є те, що взаємозв'язки або взаємовплив є або безпосередньою дією одного об'єкта на інший (як злив смердючих вод зі свиноферми у чисту річку), або матеріальною чи інформаційною взаємодією, яка здійснюється через обмін матеріальними посередниками. Прикладом останньої є стерилізація шкідливих комах іонізуючим промінням чи інтенсивним пучком прискорених електронів, а також модифікація видів шляхом керованих штучних мутацій (генна інженерія).

Більшість термінів екології запозичені з інших наук і мають префікс “еко-” чи прикметник “екологічний”. Вона використовує також велику кількість понять природничих наук: фізики (маса, енергія, освітленість, вологість тощо), хімії (елементи, молекули, кислотність води), а також біології, географії, геології та багатьох інших. Пояснення термінів ми наводимо під час першого використання.

Найчастіше у посібнику застосовується термін “*екосистема*”. Поділяючись на природні та штучні (антропогенні), екосистеми завжди є цілісним об'єднанням компонентів (об'єктів) різної природи – живих (організми) та неживих (середовище, тіла, речовини). Найбільшою з екосистем є біосфера – зона поширення живих організмів на Землі, але бувають екосистеми зовсім малі – лісок, лужок чи навіть невелика баюра. Екологів особливо цікавлять стійкі та довготривалі екосистеми, адже головним своїм завданням вони вбачають забезпечення стійкості всієї біосфери, як і максимальної ефективності та безпечності штучних екосистем (ланів, ставків, водосховищ тощо). Та на шляху до досягнення цієї мети ще багато перешкод і складнощів.

## **2.5. ПОНЯТТЯ “ЗАКОН” У ПРИРОДНИЧИХ І ГУМАНІТАРНИХ НАУКАХ**

Історично склалося так, що у нас термін “наука” має дуже широке значення, охоплюючи всі сфери практичних і теоретичних досліджень різноманітних об'єктів. Відтак і досі однаково “науковими” вважають як фізику та біологію, так і літературознавство й політологію. На Заході ж термін “наука” (*science*) застосовують лише для позначення “точних” сфер знань, де інформація походить з інструментальних вимірів, багаторазово перевіряється і максимально віль-

на від суб'єктивізму. “Неточні” науки позначають термінами “*arts*” і “*humanities*”.

Зауважимо, що нещодавно керівництво Європейського Союзу проголосило — Союз має намір будувати “суспільство знань”, формуючи для цього його основу — “економіку знань” з використанням Лісабонського проекту; заплановано дуже швидко підвищити технологічний рівень виробництва. Для цього довелося однозначно записати у законах: “знаннями слід називати лише те, що дають точні науки і що спроможне втілитися у високі й нанотехнології”. Це уточнення дає змогу не лише чіткіше вказати головний вектор соціально-економічного розвитку, а й розвести у фінансових документах потоки ресурсів, виокремити ті, що визначають прогрес, конкурентоспроможність і світове лідерство.

Усі види наук (як природничо-математичні, так і гуманітарні) намагаються підвищити своє реноме і можливості знаходженням, формуванням і використанням “законів”.

Проте існує ще одна сфера, де законів — тисячі й навіть десятки тисяч. Йдеться про правничу сферу — законодавство. Адже кожна сучасна країна обов'язково має свою систему “законів”. Ця “гучна” назва приховує той факт, що вони є лише домовленостями чи угодами, порушення яких окремими (чи багатьма, як у сучасній Україні) особами трапляються щодня і мало не на кожному кроці.

Принципово інша природа законів природничих наук (математики, фізики, хімії тощо). Їх не можна порушити навіть за найбільшого бажання. Не можна і відмінити (чи змінити) жодний із законів фізики чи хімії голосуванням у парламенті або на загальних зборах Академії наук. Отже, лише головні здобутки природничих (точних) наук мають повне право називатися *законами*.

*Закони екології* належать до природничих, які не можна змінити чи відмінити. Для свого виживання людство повинно їх знати і беззастережно виконувати.

У науково-популярних книгах з екології наведено гранично скорочений і надмірно спрощений варіант формулювання екологічних законів, який належить американцю Б. Коммонеру (1971):

- все пов'язане з усім;
- все мусить кудись діватися;
- природа “знає” краще;
- ніщо не минається даремно (за все треба платити).

Тут загалом правильно відтворено “дух” справжніх екологічних законів, але таке спрощення мало що дає для практики вирішення реальних проблем у відносинах людства з довкіллям. Втім формули Коммонера можна використати у процесі екологічного виховання. Тому ми не будемо брати приклад з інших авторів, які обмежуються обговоренням правил Коммонера і наведенням кількох їх проявів. Наша мета — викласти закони екології, які були б і точними, і ефективними за різноманітних практичних застосувань.

Закони екології не можна звести до кількох, виклавши кількома рядками тексту. Внаслідок дуже великої складності об'єктів вивчення екології і ще вищої — взаємозв'язків між ними, а також перебування екології у стані швидкої “розбудови” законів, принципів і правил загального застосування у ній дуже багато.

Нам невідомі підручники з екології, де б всі вони були викладені без скорочень, адже, за підрахунками деяких фахівців, їх налічується аж 99. Їх поділяють на п'ять основних груп: структурні — 16, функціональні — 38, еволюційні — 16, міжсистемні — 13. Дещо окремо існують два інтегральні закони і 14 емпіричних наслідків (правил).

З огляду на це через невеликий обсяг посібника ми не зможемо викласти всі відомі науці закони. Відмовимося і від їх переліку, бо навіть з короткими поясненнями вони, на нашу думку, не створять у читачів цілісного уявлення про здобутки екології та способи їх застосування.

Використаємо надалі метод селекції та узагальнення, надаючи перевагу тим законам, які або мають найбільшу сферу дії, або стосуються найважливіших процесів взаємодії та змін малих і великих екосистем. У центрі нашої уваги залишатимуться людина з її щоденними турботами і працею, а також людство з усіма загрозами його існуванню.

## 2.6. НАЙЗАГАЛЬНІШІ ЗАКони СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЇ

Надійною опорою для екології та всіх сучасних природничих наук є закони збереження і перетворення енергії та маси.

**Закон збереження маси.** Нагадаємо, що у макросвіті (точніше, розпочинаючи з рівня 4, що відповідає, як зазначено на рис. 7, молекулам) цей закон є еквівалентом закону збереження речовини: “У процесах життєдіяльності, які супроводжуються найрізноманітнішими

хімічними реакціями, маса початкових і кінцевих речовин однакова, кількість атомів хімічних елементів залишається сталою”.

Порушення цього твердження було виявлено наприкінці XIX ст. французьким фізиком А. Беккерелем у формі радіоактивного розпаду ядер важких елементів. Це перетворення одного хімічного елемента на інший є суто фізичним явищем і відповідає другому і третьому рівням матерії, оскільки спостерігається під час радіоактивного розпаду ядер або внаслідок ядерних реакцій (спричинених обстрілом ядер нейтронами чи прискореними зарядженими частинками).

На рис. 8 показано, що саме можуть виділяти нестійкі ядра атомів (*радіонуклідів*). Ті з них, які були викинуті на територію України під час катастрофи 26 квітня 1986 р. на Чорнобильській АЕС, випромінюють фотони великих енергій ( $\gamma$ -кванти), швидкі електрони ( $\beta$ -проміння) і ядра гелію ( $\alpha$ -частинки).

У разі викидання зарядженої частинки ядро одного елемента перетворюється на ядро іншого. Якщо врахувати масу всіх продуктів розпаду ядра (у тому числі масу фотонів), то і в цьому разі виконуватиметься закон збереження маси.

Отже, природна чи штучна радіоактивність є єдиним явищем в екосистемах Землі, в якому порушується закон збереження кількості речовини (незмінності набору атомів хімічних елементів). Усі інші процеси (живлення, розмноження, розкладу тощо) живого підпорядковуються *закону збереження речовини (атомів) і маси*.

Це твердження набуває широкого практичного застосування як в обчисленнях потоків руху (циклів) окремих елементів (C, O, N, P...) у великих чи малих екосистемах, так і в усіх видах діяльності людини. Всім відомо, що фермерам доводиться стежити за кількістю поживних речовин у ґрунті, визначати масу органічних та мінеральних добрив, яку треба внести для забезпечення максимальної родючості поля. Нагадаємо, що міжнародною одиницею вимірювання маси є 1 кг.

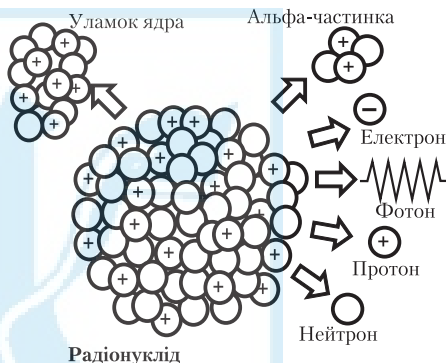


Рис. 8. Продукти розпаду важких і нестабільних ядер

**Закон збереження енергії.** Енергія (одиниця вимірювання – 1 джоуль) є найуніверсальнішою характеристикою інтенсивності руху (кінетична енергія  $E_k$ ) і взаємодії (потенціальна енергія  $E_p$ ) всіх форм матерії.

Оскільки існують різні види руху і взаємодії матерії, доводиться характеризувати їх різними видами енергії: механічною, хімічною, електричною, ядерною, променистою тощо. Для будь-яких процесів у живій чи неживій природі без порушень чи винятків виконується закон збереження енергії: “Під час довільних фізичних, хімічних чи інших перетворень речовини у замкнених системах сума всіх видів енергії лишається сталою”.

Зверніть увагу на те, що це формулювання беззастережно виконується лише для *замкнених систем*, до яких не належать ні живі організми, ні Земля. Тому радимо ознайомитися з наведеним нижче додатковим матеріалом.

### **Для допитливих. Закон перетворення енергії**

Живі істоти або цілі екосистеми не можуть існувати без обміну енергією і речовиною з довкіллям. Вони є “відкритими системами”. Для їх опису застосовують закон перетворення енергії, який містить у своєму формулюванні важливі для його практичного використання поняття – “нагрівання” (зміна внутрішньої енергії тіла  $U$ ) і “робота” ( $A$ ). Його формулюють так: “Якщо довільний об’єкт чи система отримує ззовні або виділяє внаслідок хімічних чи ядерних реакцій енергію  $E$  (або кількість теплоти  $Q$ ), то вона завжди дорівнюватиме сумі зміни  $\Delta U$  внутрішньої енергії цього об’єкта (системи) і виконаної ним роботи  $A$ ”.

Це твердження можна подати компактніше у формі відомого математичного рівняння:

$$Q = E = \Delta U + A. \quad (2.1)$$

Усі величини, що входять в рівняння (2.1), вимірюються у джоулях. Проте історично склалося так, що у теплових явищах спершу ввели і широко використовували одиницю “калорію” (кал). Це кількість теплоти, яка необхідна для нагрівання грама дистильованої води на один градус. Між калорією і джоулем існує таке співвідношення:

$$1 \text{ кал} = 4,1668 \text{ Дж}. \quad (2.2)$$

В обчисленнях часто використовуються більші теплові одиниці: кілокалорія (1 ккал. = 1000 кал), мегакалорія (1 Мкал = 1 млн кал), гігакалорія (1 Гкал = 1 млрд кал) тощо.

Як приклад застосування закону перетворення енергії у шкільному підручнику з фізики розглянуто роботу теплових двигунів різного виду. Спалювання в них дерева, нафтопродуктів, вугілля, газу та інших джерел



хімічної енергії, що виділяється у процесі реакції окислення вуглецю і водню, виділяє певну кількість теплоти  $Q$ , яку отримує робоча речовина двигуна (водяна пара, повітря тощо). Це нагрівання дуже підвищує не тільки її температуру, а й тиск. Розширюючись, робоча речовина виконує певну роботу  $A$ , надаючи механічний рух колесам (наземний транспорт), ротору електрогенератора (теплові електростанції) тощо.

На жаль, жодна з теплових машин не може перетворити всю енергію палива на корисну роботу. Серед багатьох характеристик теплових двигунів (компактність, надійність, термін експлуатації тощо) найважливішою є коефіцієнт корисної дії (ККД, позначається  $\eta$ ), який визначається відношенням корисної роботи  $A$  до виділеної паливом енергії  $E$ :

$$\eta = A / E (\%). \quad (2.3)$$

Історія вдосконалення машин насамперед є історією гонитви за вищим коефіцієнтом корисної дії двигунів. Якщо у паровиків усіх видів він так і не перевищив кількох відсотків, то у паровій турбіні досяг 30 %. Децю вищий коефіцієнт корисної дії бензинових автомобільних чи авіаційних двигунів, а в останніх моделях дизелів він досяг 42 %. Спроби створити двигун з кераміки (на сьогодні ще безуспішні) мають на меті підвищити ККД до 50 % і більше.

Висока температура в циліндрах двигунів і неповне спалювання пального спричиняють викидання з нього групи шкідливих для довкілля речовин: сполук азоту, вуглецю та ін. Не так вимоги екологів, як надмірне отруєння повітря у великих містах з мільйонами автомобілів змусили конструкторів вдосконалити двигуни і обладнати їх каталітичними пристроями (з використанням платини та інших цінних металів) для ліквідації шкідливих речовин у викидах автомобілів. Слід визнати, що це дало певні позитивні результати, хоча до справді “чистого” автомобіля ще далеко.

Зазначимо, що рух до такої мети останніми роками помітно прискорився. Існують цілком ефективні моделі електромобілів (звісно, недешеві), машин з поєднанням бензинового двигуна, акумуляторів і вбудованих у колеса електродвигунів, автомобілів на “паливних елементах”, що безпосередньо перетворюють хімічну енергію пального (найчастіше — водню) на електрику та ін. Європейський Союз періодично встановлює дедалі вищі вимоги до зменшення шкідливості автомобілів. Окремі міста у розвинених країнах мають зони, в які дозволено доступ лише електромобілям, а Данія з 2010 р. збирається взагалі обходитися без транспорту, в якому використовуються традиційні види пального. Можна передбачити, що поступове вичерпання нафти і газу обов’язково спричинить перехід всього транспорту з бензину і солярки на інші види пального. Найімовірніший кандидат у найближчі роки — водень, який отримуватимуть на основі нанотехнологій. “Водневі” автомобілі виділятимуть у повітря лише водяну пару.

Вся біосфера Землі — грандіозний споживач енергії. Живі організми для росту, розмноження, руху використовують енергію. Це означає, що закон, записаний рівнянням (2.1), придатний як для бактерії чи водорості, так і для людини. М'язи є тим основним пристроєм, що був “винайде-ний” еволюцією для якнайефективнішого перетворення спожитої хімічної енергії  $E$  на механічну роботу  $A$  в тілі тварин. Усім відомі функції і можливості власних м'язів.

Наше тіло теж є своєрідною тепловою машиною; воно використовує енергію і спожиту їжу на оновлення чи ремонт усіх своїх складових, а також на рух, виконання роботи. Дослідження фізіологів засвідчили, що ККД різних груп м'язів у тілі людини неоднаковий і залежить від складності виконавчого органу. Як наслідок, результуючий ККД рук, що можуть здійснювати нескінченну кількість варіантів точних рухів, значно нижчий, ніж м'язів стегон, завданням яких є прості скорочення і розслаблення для одноманітного руху ніг. Оскільки їх ККД досягає 30 %, слід визнати, що енергобіомеханіка нашого тіла видається непоганою на тлі створених людиною теплових машин.

Із сказаного випливає, що для ефективнішого виконання дуже важкої фізичної роботи, запобігання надмірному перегріванню тіла і передчасній втомі доцільно використовувати наші великі м'язи з максимальним ККД. Наприклад, перекопуючи город, навантажувати ноги, а не руки і верхню частину тулуба.

## ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Хто і коли запропонував сучасну назву “екологія”?
2. Назвіть основні періоди розвитку екології та їх особливості.
3. Яка з частин екології виникла найпізніше і чому?
4. Назвіть причини підвищення інтересу до екології останніми десятиріччями.
5. Біологія чи геологія вивчають більшу кількість рівнів матерії (рис. 7)?
6. Чому закони екології стосуються усіх земель, а державні закони — лише однієї країни?
7. Назвіть переваги і недоліки екологічних “законів” Б. Коммонера.
8. Як змінюється розташування радіонукліда у таблиці елементів, якщо він викидає із себе один протон з позитивним зарядом?
9. Чому закон збереження енергії не можна застосовувати до відкритих систем?
10. У якій формі люди і рослини отримують з оточення енергію?
11. Чи є у вашій кімнаті об'єкти, які самі виробляють енергію для власного росту?

12. Якою є доля тієї частини отриманої нами від їжі енергії, яка не була витрачена на роботу м'язів?
13. За якої погоди людині легше виконувати важку фізичну роботу, а за якої – просто небезпечно це робити?
14. Коли саме екологія вийшла за межі біології? Відповідь обґрунтуйте.
15. Чим і чому відрізняються визначення “екології” в Україні і в розвинених країнах Заходу? Відповідь обґрунтуйте.
- 16\*. Чому визначення екології змінювалося у процесі її історичної еволюції?
- 17\*. Чи завершений нині перехід людства від антропоцентричного (виробничо-технологічного) до екоцентричного підходу у його відносинах з природою? Відповідь обґрунтуйте.
- 18\*. Які розділи екології розвиватимуться у найближчі 10 років найшвидше? Відповідь обґрунтуйте.
- 19\*. Чи потрапили в американську “Біосферу-2” біовиди, які не враховано в оприлюдненому її творцями переліку? Відповідь обґрунтуйте.
- 20\*. Чи має екологія якусь користь з того, що інші науки вивчають найнижчі (рис. 7) рівні організації матерії? Відповідь обґрунтуйте.
- 21\*. Чи є живі організми обов'язковим компонентом екосистем? Відповідь обґрунтуйте.
- 21\*. Чи є у людському тілі органи, які споживають багато енергії навіть під час сну? Відповідь обґрунтуйте.
- 23\*. У побуті у сфері стосунків людей доволі поширене поняття “енергетичний вампір”. Який його зміст? Чи можна замінити його словом “акумулятор”?
- 24\*. Що повинен викинути радіонуклід для зміщення у бік елементів з вищим порядковим номером?
- 25\*. Чи може розпад ядра спричинити збільшення: а) його заряду; б) маси; в) обох цих характеристик одночасно?
- 26\*. Чому калорійність їжі людини повинна відповідати її енергетичним витратам? Відповідь обґрунтуйте.
- 27\*. З якими небіологічними науками пов'язаний розвиток сучасної екології? Відповідь обґрунтуйте.
- 28\*. Як потрібно пояснювати поняття “системність екологічного дослідження” і чому саме цей вид досліджень став особливо актуальним у сучасних умовах?
- 29\*. Доведіть, що масове використання вітряків доцільне лише в окремих районах і не може вирішити екологічних проблем та водночас задовольнити енергетичні потреби всього людства.
- 30\*. М'язи, як правило, використовують енергію їжі на корисну для людини роботу. Мозок нерідко споживає ще більше енергії і не виконує роботи. Обґрунтуйте доцільність подібних енергетичних витрат для людини.

# ГОЛОВНІ ЗАКОНИ АУТО- І ДЕМЕКОЛОГІЇ

---

---

## 3.1. ВСТУП ДО АУТОЕКОЛОГІЇ (ЕКОЛОГІЇ ОСОБИНИ)

Екологія розвивалася нерівномірно і розпочиналася з найпростішого. З-поміж усіх інших її частин першою виникла *аутоекологія* (існує варіант назви “*аутекологія*”), яка вивчає взаємовідносини окремого живого організму з довкіллям. У цьому визначенні термін “довкілля” тотожний поняттю “середовище проживання (життя)”. Отже, він означає ту частину біосфери, впливу якої зазнає конкретний організм. Очевидно, що для сучасної людини йдеться практично про всю поверхню Землі, а для карася — про той ставок, у якому він плаватиме, доки його не з’їсть щука чи не впіймає рибалка.

У біосфері вирізняють чотири основних *середовища проживання*:

- водне;
- ґрунтове;
- повітряне (наземне);
- тіло іншого організму.

В останньому випадку йдеться про ті досить комфортні умови, які мають паразити чи напівпаразити (кількість їх видів досить велика) всередині свого господаря. Втім інколи хазяїн має користь від своїх “гостей”. Типовим прикладом є те, як мікрофлора (бактерії) травної системи багатьох рослиноїдних тварин сприяє розщепленню дуже міцних молекул целюлози. Навіть людина частину енергії їжі отримує за допомогою внутрішніх бактерій (приблизно 5 %), а в унікальних випадках дуже специфічний комплекс бактерій у людині може забезпечити її алкоголем.

Найважливіше значення для кожного живого організму мають умови існування. Вони є сукупністю життєво необхідних факторів середовища (за відсутності яких настає смерть) та інших чинників, які певним чином впливають на функціонування організму. Останнім часом стало звичним використання словосполучення “екологічні чинники” замість “чинники (фактори) середовища”, коли йдеться

про людину чи ті види, які її цікавлять. Чинники не можна поділяти на добрі й погані, бо часто те, що сприятливе для особини одного виду, дуже шкідливе для представника іншого.

Загальна кількість чинників середовища досить велика, та з власного досвіду кожен поділить їх на дві великі групи: абіотичні та біотичні. *Абіотичні* чинники охоплюють все, що впливає на нас з боку неживої природи, *біотичні* — з боку живої. Серед біотичних чинників часто виокремлюють у додаткову третю групу — *антропогенні*, маючи на увазі всі види діяльності людини, які впливають власне на людину та інші живі істоти.

До найважливіших підрозділів абіотичних чинників належать:

- фізичні — температура, освітленість, вологість, тиск, вітри, форма і кількість атмосферних опадів, фізичні поля (тяжіння, електричне, магнітне), іонізуюче випромінювання тощо;
- хімічні — склад повітря, сольовий склад води, елементні домішки у воді та ґрунті та ін.

У процесі поглиблення наших знань про біосферу виявилось, що кількість екологічних чинників збільшується. До хімічних агентів біосфери додаються речовини, які з'являються у ній внаслідок діяльності людини. У “чорнобильській зоні” таким новим чинником стали штучні радіонукліди.

Зміна умов іноді спричиняє такі зміни особин, що останні починають реагувати на чинники, які раніше були для них несуттєвими. Прикладами є хвороблива (алергічна) реакція чимраз більшого відсотка людей на пилок рослин у певну пору року; багато дослідників також помітили підвищення небезпеки для людей від хвороб, які раніше вважалися порівняно легкими (найбільш актуальний для сучасної України приклад — туберкульоз).

### **3.2. ОСНОВНІ ЗАКОНИ АУТОЕКОЛОГІЇ**

До основних законів аутоєкології належать:

- закон біологічної стійкості (нелінійної реакції особини на екочинник);
- закон лімітуючого чинника (Ю. Лібіха);
- закон рівнозначності чинників середовища;
- закон сукупної дії чинників середовища;
- закон оптимальності.

**Закон біологічної стійкості.** Сутність його можна проілюструвати у вигляді графіка (рис. 9). Якщо на ньому по вертикалі відкласти фізіологічну активність особи (швидкість росту, розмноження тощо), а по горизонталі — значення довільного з важливих чинників (температуру, вологість та ін.), то легко виявити *зону оптимуму* — інтервал сприятливих (оптимальних) значень цього чинника.



**Рис. 9. Закон біологічної стійкості (графічне зображення нелінійної реакції особи на вплив різних значень екологічних чинників довкілля)**

Поза зоною нормальної життєдіяльності лежить *зона песимуму*, де активність певною мірою пригнічується (припиняється розмноження, гальмується ріст тощо). Часто зону пригнічення називають *зоною екстремальних умов*. Рухомі істоти намагаються полишити такі некомфортні умови і знайти сприятливіші. Втім людина для тренування чи випробування себе може свідомо робити протилежне і підніматися на захмарні вершини або пірнати на сотню метрів. За зоною песимуму розміщується *зона смерті*. Тривале перебування у ній закінчується загибеллю особи.

Для деяких чинників крива стійкості може бути лише частиною лінії, зображеної на рис. 9. Прикладом є вологість повітря, яка може змінюватися від 100 % до нуля. Для багатьох рослин і тварин максимальна вологість є оптимальною, а сухе повітря чи ґрунт — смертельними. Отож для них крива стійкості буде правою частиною кривої з рис. 9.

Вивчення реакцій особин на всі чинники впливу та вміле використання цієї інформації є важливим завданням аутоєкології та інших

наук (фізіології рослин, тварин тощо). Не менше значення має закон біостійкості й для людини. Вивчено вплив на людину багатьох чинників довкілля (високих і низьких температур, браку води тощо).

Головний висновок — реакція нашого тіла непропорційна зміні певного чинника впливу. Як свідчить крива на рис. 9, спершу зміна чинника компенсується захисними можливостями особини. Проте рано чи пізно зростання відхилення його від оптимуму спричиняє непропорційно швидке ослаблення опору організму (нелінійна реакція). Порівняно малі зміни впливу створюють дуже значні відхилення від оптимуму. Потрібно уникати умов, які можуть перевищити компенсаційні можливості організму людини.

**Закон лімітуючого чинника (або закон мінімуму).** Сформульований у середині XIX ст. німецьким фізіологом і хіміком Ю. Лібіхом, який вивчав вирощування рослин на штучних субстратах. Він встановив, що загальну витривалість особини визначає найслабша ланка її потреб, тобто той чинник, значення якого потрапляє у зону пригнічення або смерті. Практичне застосування закон Лібіха має насамперед в агрономії. Фактична врожайність визначається кількістю в ґрунті того елемента, потреби рослин в якому задовольняються найменшою мірою (де тонко, там і рветься).

Закон мінімуму добре виконується лише в незмінних умовах перебування особини. Насправді завжди спостерігаються певні зміни у часі дії різноманітних чинників середовища, тому слід враховувати можливість їх взаємного впливу (тобто рахуватися з існуванням четвертого закону і висновками з нього).

Правильне і своєчасне визначення лімітного чинника надзвичайно важливе для складання точного екологічного прогнозу, своєчасного уникнення проблем.

**Закон рівнозначності чинників середовища.** Стверджує, що всі життєво необхідні екочинники однаково важливі, не можна обминати чи ігнорувати жоден з них. На жаль, у своїй практичній діяльності людина часто не враховує вимог цього закону. Прикладом може бути застосування у рільництві дедалі потужніших і важчих машин: їх кількіска паразове щорічне “прасування” поля ущільнювало ґрунт, порушувало умови руху води, а отже живлення рослин. Нині для усунення цього шкідливого явища машини обладнують численними широкими колесами, щоб зменшити їх тиск на ґрунт до прийняттого значення.

**Закон сукупної (спільної) дії чинників середовища.** Цей закон є певним розширенням і уточненням закону мінімуму (Ю. Лібіха).

Згідно з ним фізіологічна активність особини (наприклад, кінцевий врожай на полі) залежить не лише від одного (навіть і лімітного чинника), а від повної сукупності всіх екологічних чинників одночасно. Це означає, що відбувається своєрідна *комбінація впливів*, що істотно ускладнює роботу науковців, змушує їх виконувати щораз точніші досліді й широко залучати математичні методи та комп'ютери.

Дослідження свідчать, що ефективність впливу кожного окремого екочинника (його “вага” або коефіцієнт дії) неоднакова і її можна визначити дослідним способом. Особливо ретельно і точно досліджено вплив чинників на врожайність, бо крім основних чинників (температура, освітлення, опади, вміст у ґрунті азоту, фосфору і калію) враховувалися додаткові (наприклад, наявність мікроелементів живлення, кількість шкідливих сполук тощо).

Виявилася помилковою думка, що чим більше елементів живлення в ґрунті, тим вищий врожай. Одночасність і спільність дії екочинників, змінність потреб рослини на різних стадіях її розвитку зумовлюють існування певної найефективнішої кількості життєво необхідних речовин у ґрунті. Прикладом цього є криві на рис. 10, які

Урожайність, ц/га

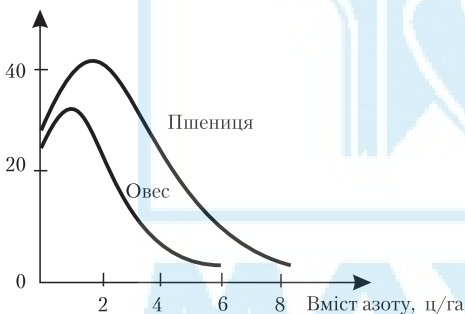


Рис. 10. Вплив маси добрив на врожайність

для поширених в Україні кліматичних умов показують залежність середнього врожаю пшениці та вівса від рівня забезпеченості рослин азотом. Очевидне величезне практичне значення застосування цього закону аутоєкології.

Сучасна аутоєкологія має ще надто мало даних з царини проявів цього закону стосовно людини.

Наприклад, визначено гранично допустимі концентрації для сотень окремих шкідливих речовин (хоч у побуті людина стикається з тисячами потенційних отрут, а на виробництві — з десятками тисяч). Проте щодо одночасної їх дії небезпечні концентрації відомі для кількох десятків отрут, що неприпустимо мало.

Сучасна ж людина досить часто зазнає впливу двох і більше негативних чинників, комбінація яких може призвести до несподіваних



наслідків. Повідомлялося, наприклад, як на дискотеках у Західній Європі кілька осіб загинуло від зневоднення організму. З чималими труднощами вчені виявили, що споживання деяких наркотиків (екстазі та ін.) у 2–3 рази знижує опірність деяких органів тіла людини до втрати води. Оскільки ці речовини одночасно порушують нормальну роботу датчиків, які мають сигналізувати про брак води у наших клітинах, то стають зрозумілими втрата свідомості й смерть здорових юнаків і дівчат після кількох годин енергійних танців.

**Закон оптимальності.** Стосується ефективності діяльності як окремих особин, так і їх сукупностей (популяції), а також ще складніших біосистем. Цей закон стверджує, що будь-яка система (від бактерії чи рослини аж до величезного лану) з максимальною ефективністю діє (функціонує) у певних просторових та часових межах, за певних її розмірів та інших характеристик. Іншими словами, параметри системи (чи організму) завжди суворо відповідають її функціям.

Це важливий і суворий, але складний для практичного застосування закон екології. Спроби проігнорувати його дорого обходяться людині. Прикладом є багато невдач щодо створення величезних плантацій, полів чи лісових насаджень лише з однієї культури. Такі системи-гіганти вкрай нестійкі. То воднораз буря “викошує” величезні площі штучного лісу (подібне нещастя трапилося в 1991 р. у Франції, у невеликих масштабах такий випадок мав місце на Волині), то шкідники встигають з’їсти майже все, що висаджено на полі, до того, як людина помітить небезпеку. Поясніть, чому шкідники нападають спершу на центр поля, а не на його краї.

Звичайно, фахівці поступово вчаться на помилках попередників, тому великі збої у штучних екосистемах трапляються дедалі рідше. У розвинених країнах чимало позитивних прикладів того, як територію вміло поділяють на невеликі фрагменти, де висаджують такі рослини, які в цих умовах забезпечать максимум біопродукції.

Безперечно, ефективне використання основного природного ресурсу України — її родючих і різноманітних ґрунтів — є надскладним завданням, яке потребує оптимального вирішення. Для успіху в цій царині потрібні не менші таланти і працьовитість, ніж для наукової праці у математиці чи у фізиці космосу.

Тим, хто обере генну інженерію, доведеться враховувати цей закон також для того, щоб сконструйовані рослини чи тварини були збалансованими і ефективними, а не вразливими потворами-інвалідами,

яких одразу доведеться “рятувати” від усіх зовнішніх впливів, створюючи надкомфортні умови. Щоправда, слід врахувати, що у майбутньому маніпуляції з генами істотних об’єктів можуть заборонити або вони стануть неактуальними після створення полів зі штучним фотосинтезом.

Крім викладеної інформації та розглянутих законів в аутоекології існує кілька менш істотних, а також чимало висновків у формі правил, тверджень і закономірностей. Наприклад, закон оптимальності породжує *правило Бергмана*: у межах біовиду, поширеного від тропіків до Полярного кола, маса і розміри особин збільшуються при переході від дуже теплих зон життя до дуже холодних. Наочними прикладами є пінгвіни, крачки та інші птахи, ведмеді, дельфіни тощо.

Ще одним висновком з цього закону є *правило Аллена*: придатки до тіла тварини (вуха, хвост, лапи) порівняно тим менші, чим нижча навколишня температура. Вуха у фенека (лисичка пустель) набагато більші, ніж у звичайної лисиці. Зовсім короткі вуха і хвіст мають пещі, які змушені переносити заметілі та страшенні морози сибірської і канадської тундри.

Тут не розглядалися деякі наукові поняття типу *екологічної валентності* як діапазону адаптованості (приспособованості) особини і виду до цього екологічного чинника. Ще важливіше поняття *екологічного спектра виду* як сукупності *ековалентностей*. Саме він є своєрідною “візитною карткою” виду, точною характеристикою його преференцій і можливостей, визначаючи його місце, або *екологічну нішу*, в біосфері та перспективи змін у майбутньому.

Основний аналіз впливу на особину біотичних чинників буде наведено з викладом міжвидових взаємодій у складних екосистемах.

### 3.3. ПОПУЛЯЦІЯ ТА ЇЇ ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

*Популяція* — одне з основних понять екології, що означає сукупність особин певного виду, які тривалий час (багато поколінь) живуть на певній території і вільно схрещуються між собою. Водночас певна популяція під впливом якихось чинників (зазвичай це природні бар’єри) відокремлена від територій інших аналогічних популяцій. Популяція сама по собі може підтримувати свою чисельність необмежений час.

З визначення випливає, що можна запропонувати певну ієрархію популяцій:

- *елементарна, або локальна* — означає найменшу сукупність, яка живе на невеликій однорідній ділянці (у певному лісі, ставку тощо);
- *екологічна* — складається з елементарних популяцій і займає вже значно більшу територію;
- *географічна* — охоплює велику сукупність особин одного виду на великій території з приблизно однаковими умовами. У межах такої популяції відмінність особин невелика, але вона помітна, якщо їх порівнювати з представниками іншої географічної популяції.

Особливе значення має популяція в біології, бо, змінюючись як ціле, саме вона є найпростішим елементом еволюційного процесу змін форм життя на Землі. Причиною є тісна кооперація, взаємодія і навіть взаємодопомога членів популяції у боротьбі з ворогами чи конкурентами. У природі одна особина, як правило, не виживає і не може в умовах конкуренції та боротьби за виживання забезпечити продовження свого виду. Популяція ж набагато стійкіша до ударів долі.

Як кожна складна система популяція має чимало характеристик. Найголовнішими з них є:

- повна чисельність;
- густина розселення;
- генетична структура;
- дані про імовірність виживання;
- тип просторового розподілу особин;
- розподіл особин за віком (демографічна піраміда);
- спосіб розмноження і плодючість;
- соціальна організація.

Найточніші дані людина має стосовно власної популяції (за винятком країн, де ніколи не було перепису населення). Можна також знайти інформацію про свійських тварин.

Порівняно легко підрахувати чисельність популяції великих тварин на відкритих просторах (оленів у тундрі, дельфінів у морі тощо), але складніше це зробити для невеликих чи мікроскопічних істот, які до того ж можуть вести нічне чи підземне (підводне) життя. В цих умовах бажано виміряти середню густоту заселення і визначити тип і величину площі розселення. Розрізняють кілька типів організації розташування особин у популяції: випадкове (хаотичне) і впорядковане, рівномірне і групове (нерівномірне) тощо.

Найчастіше живі істоти, які люблять “своїх”, розташовуються групами (плямами). Відомо, що це стосується й людей. Потяг до компактування у них такий сильний, що є вже чимало міст з населенням понад 10 млн осіб, а населення міст-“рекордсменів” досягає 20 млн.

Численні дані про популяцію, зібрані вченими, допомагають передробачити її майбутнє. Тому треба знати все (не менше, ніж повну чисельність), що так чи інакше впливає на темпи розмноження, насамперед – розподіл особин за віком (демографічну “піраміду”).

На рис. 11 показано такий розподіл для французької колонії на острові Реюньон (1960 р.) у період дуже швидкого збільшення її населення внаслідок високої народжуваності. Порівняйте його з віковим розподілом громадян Швеції (1975 р.), населення якої майже перестало збільшуватися, та сучасної України, наведеним на рис. 25.

Крім кількості особин жіночої статі важливим параметром є плодючість, яку вимірюють коефіцієнтом народжуваності (кількістю нащадків). У деяких країнах він досягає 4,5. Це означає, що щороку на 1000 громадян народжується 45 дітей. Часто плодючість характеризується кількістю дітей, яких у середньому народжує кожна жінка.

У деяких країнах Західної Європи ця кількість менша двох. На противагу цьому в деяких слаборозвинених сільськогосподарських країнах Африки та Азії середня кількість дітей у жінок досягає восьми і більше.

Менш суттєвими, хоч і цікавими самі собою, є середня тривалість життя кожної особини певної популяції, а також крива її виживання. У кожного виду вона індивідуальна, найтипівіші варіанти показано на рис. 12.

Крива 1 відповідає “життю” дрозодфіл (ці маленькі плодові мушки є улюбленим об’єктом генетиків для їх складних експериментів) у комфортних умовах лабораторій. Крива 2 описує виживання жителів розвинених країн Заходу: низька дитяча смертність, комфортні умови життя з незначною кількістю небезпек сприяють дуже високій імовірності досягти пенсійного віку. Лише на старості смертність, природно, різко підвищується.

Криві 1 і 2 належать до I типу законів виживання. Вони характерні для видів, що дуже дбають про потомство і захищають його від усіх небезпек. На протилежному полюсі розміщуються види, що характеризуються кривою 4: устриці, гриби, більшість риб, комахи, численні паразити тощо. Усі вони, викинувши ікру чи спори, не звертають ані найменшої уваги на своє потомство, інколи випадково навіть поїда-

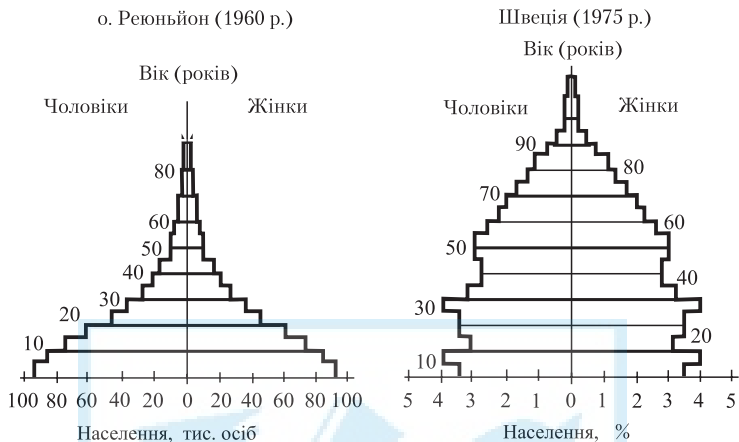


Рис. 11. Демографічні піраміди о. Реюньйон і Швеції

ють його. Смертність зародків величезна, але коли молодь підросте, то вже добре захищається, і крива смертності (тип III) стає майже горизонтальною. Цікава ситуація з гідрою (пряма 3), імовірність загинувати якої приблизно незмінна впродовж усього її життя (тип II для законів виживання).

Зауважимо, що у біосфері кількість видів така велика, що можна зустріти всі проміжні варіанти між кривими I, II і III типів законів виживання.

Цікавими з багатьох причин є соціальна організація популяції (досить згадати таке диво, як бджоли чи мурахи, не кажучи вже про високоорганізованих птахів чи ссавців) та її генетична структура, деталі якої важливі для передбачення можливої швидкості еволюції чи деградації виду.

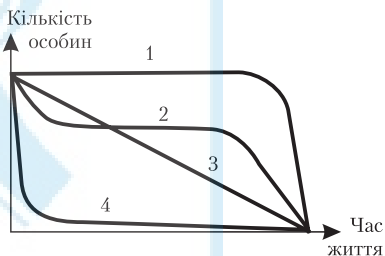


Рис. 12. Види виживання:

1, 2 — тип I; 3 — тип II;

4 — тип III

### 3.4. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ДИНАМІКИ ПОПУЛЯЦІЙ

У сприятливих умовах популяція цілком успішно “виконує” найголовніше завдання живого: розмножуючись, більш-менш швидко нарощує свою чисельність. Проте в реальності конкуренти, вороги, несприятливі умови чи брак ресурсів здебільшого утримують чисельність популяції у певних межах. Вона чимось схожа на стиснену пружину, бо за найнезначнішого зменшення тиску зовнішніх чинників стрімко, як спалах пороху, збільшується. Тому популяції більшості поширених видів комах, риб, дрібних птахів і ссавців мають дуже змінну чисельність.

Одним з основних завдань екології є передбачення змін стану популяцій, визначення їх чисельності у майбутньому. Саме цим займається підрозділ “Динаміка популяцій”.

Та це не лише обчислення, а й експерименти. Якщо взяти одну парамецію (вид інфузорій) і дати їй можливість розмножуватися в колбі з теплою рідиною, де є достатньо їжі, то через 6 годин вона поділиться навпіл. Ще через 6 годин у колбі буде вже чотири інфузорії. Неважко підрахувати, що через три доби за незмінності темпу поділу і відсутності в колбі споживачів інфузорій їх у цьому штучному раю буде вже 4096. Математично їх кількість  $N$  у певний момент  $t$  з часу вміщення першої парамеції в колбу можна обчислити за формулою

$$N(t) = 2^{t/T}, \quad (3.1)$$

де  $T$  – інтервал 6 годин, а  $t > T$ .

Продовжуючи в такому ж темпі, парамеції спершу заповнили б і розірвали колбу, а потім досить швидко вкрили б товстим шаром всю поверхню Землі.

Насправді розмноження парамецій припиниться у момент, коли вичерпаються запаси їжі у колбі (або темп споживання ресурсів зрівняється з їх появою у ній). Надалі чисельність популяції лишатиметься сталою, дорівнюватиме максимальному значенню  $N_0$ .

Подібний експеримент (але в дуже великих масштабах) люди здійснювали, завозячи на острови і навіть на континенти нові види тварин чи рослин. Наприклад, з 1835 по 1880 р. поголів'я овець в Австралії зусиллями людей збільшувалося дуже швидко. З моменту вичерпання придатних для овець пасовищ їх поголів'я стабілізувалося,

а невеликі коливання з амплітудою приблизно 1 млн були спричинені погодними умовами.

Паралельно аналогічний процес відбувався сам собою з кролями, так само завезеними до Австралії з Європи. Коли вони стали конкурувати з вівцями за траву, австралійські фермери розпочали мало не столітню війну з довговухими. Хоч були застосовані всі засоби “масового знищення”, крім ядерної зброї і військових кораблів, люди програли цю боротьбу, бо так і не ліквідували всіх кролів у зеленій частині континенту. Вони змушені були побудувати найдовший у світі паркан, віддавши на поталу кролям західну (“сухішу”) частину Австралії.

Теорія динаміки популяцій оперує більш або менш складними диференціальними рівняннями. У найпростішому варіанті (коли нехтують відділенням і прилученням – еміграцією та імміграцією) враховують лише коефіцієнти народжуваності  $\alpha$  і смертності  $\beta$ . Чисельність популяції залишається стабільною, коли вони однакові.

Збільшення  $dN_1$  популяції за інтервал часу  $dt$  внаслідок народжуваності, очевидно, дорівнює  $\alpha N dt$ . За той же час кількість померлих особин становитиме  $dN_2 = -\beta N dt$ . Загальна результуюча зміна визначиться як алгебраїчна сума цих двох величин:  $dN = \alpha N dt - \beta N dt$ .

Якщо сума весь час додатна, то чисельність популяції збільшуватиметься, якщо від’ємна – зменшуватиметься, а якщо дорівнюватиме нулю – залишатиметься стабільною, бо народжуваність у ній зрівноважиться зі смертністю.

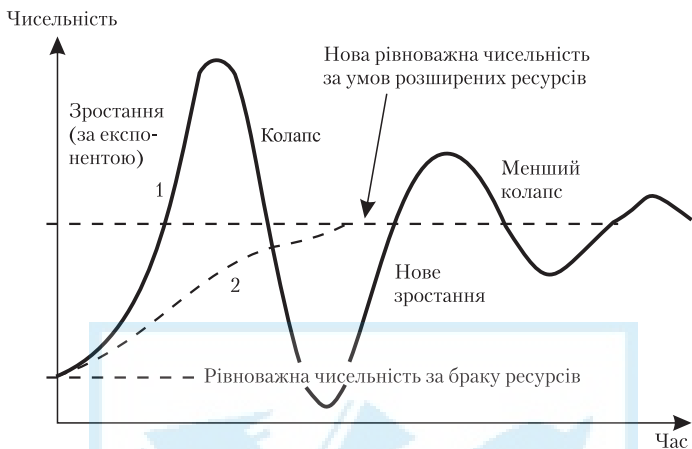
Рівняння, яке описує процес змін у часі чисельності  $N$  популяції, записують так:

$$dN/dt = \alpha N - \beta N. \quad (3.2)$$

За сталості коефіцієнтів  $\alpha$  і  $\beta$  його розв’язком є експоненціальна зміна чисельності:

$$N(t) = N_0 \exp(\alpha - \beta)t. \quad (3.3)$$

Графіку цієї функції на рис. 13 для випадку збільшення популяції відповідає початкова частина кривої 1. Вона правильно описує розростання популяції за сприятливих умов. Проте, як було зазначено вище, збільшення чисельності популяції обов’язково буде зупинено вичерпанням ресурсів. Процес цього гальмування надзвичайно важливий для нас усіх, бо, можливо, стосується не тільки кроликів в Австралії чи молюсків у Чорному морі, а й усього людства.



*Рис. 13. Типи динаміки змін чисельності популяцій після збільшення ресурсів живлення:*

- 1 – поширений тип з колапсом і ризиком повної загибелі;  
 2 – “захиснений”, з плавним виходом на нову рівноважну чисельність без колапсу

### 3.5. ГОЛОВНИЙ ЗАКОН РОЗВИТКУ ПОПУЛЯЦІЇ: ЗРОСТАННЯ ⇒ КОЛАПС ⇒ СТАБІЛІЗАЦІЯ

Припустимо, що біологічний вид існував тривалий час за умови рівності коефіцієнтів народжуваності і смертності ( $\alpha = \beta$ ), стабільної чисельності  $N_0$ , яка відповідала ресурсним можливостям ( $E_0$ ) зайнятої ним території.

Нехай у певний момент ситуація раптово змінилася на краще і ресурсні можливості зросли у  $Z$  разів. Така ситуація, наприклад, сталася з частиною людства приблизно 10 тисячоліть тому в момент винайдення землеробства. На тій території долини ріки, де полювання годувало одного мисливця, зернові давали достатньо їжі для 15–20 землеробів ( $Z = 15–20$ ). Щодо тварин подібна ситуація виникає під час швидкого переходу від посухи до вологого періоду, внаслідок проникнення виду на вільні території (утворення перешийка між континентами чи островами) або з інших причин.

Завдяки поліпшенню умов харчування або зменшиться смертність, або істотно підвищиться народжуваність (не виключено, що обидва процеси відбудуться одночасно). Рівність  $\alpha = \beta$  порушиться,



виникне співвідношення  $\alpha > \beta$ . Чисельність популяції почне збільшуватися за законом експоненціального зростання (3.3).

Поступово, як показує ділянка кривої зростання на рис. 13, вона наблизиться до чисельності  $N = ZN_0$ , яка відповідає рівновазі популяції з новими, збільшеними у  $Z$  раз ресурсними можливостями середовища проживання. Тут популяції варто було б зупинити приріст, бо подальше його продовження руйнуватиме довкілля і завдасть шкоди самій популяції. Невелика частина видів (приклад — звичні для нас соловейки та інші птахи) завдяки певним захисним механізмам постійно перебувають у рівновазі з ресурсними можливостями, тому у цьому разі вони повільно збільшуватимуть свою чисельність до нового рівноважного значення  $ZN_0$ .

Проте переважна більшість біологічних видів не має внутрішніх індикаторів, які своєчасно попереджали б їх про наближення до межі можливого, до вичерпання засобів живлення. За інерцією розмноження триватиме у попередньому ритмі, бо їжа ще є, і представників молодих поколінь у віці відтворення багато. Кількість особин у популяції й надалі стрімко збільшуватиметься.

Максимальна чисельність популяції  $N_{\max}$ , як правило, набагато перевищує рівноважну ( $N_z = ZN_0$ ), яку може забезпечити середовище проживання. У момент досягнення чисельності  $N_{\max}$  виявляється, що їжі немає, довкілля зруйноване так, що тимчасово не може забезпечити навіть рівень  $ZN_0$ . Це означає, що вся популяція постає перед проблемою голоду, посиленою хворобами.

Явище різкого зменшення чисельності популяції після її тимчасового надмірного розвитку називається *колапсом*. Йому відповідає ділянка занепаду популяції на рис. 13, яка теж описується функцією (3.3), але в умовах нерівності  $\alpha < \beta$ .

У точці мінімуму чисельності популяція “залишає у спокої” середовище проживання, яке отримує певний час на відновлення своїх попередніх властивостей. Як тільки це станеться, розпочнеться новий цикл експоненціального розмноження популяції, але вже у менш сприятливих умовах, аніж спочатку (бо середовище так і не встигає повністю відновитися). Все повторюється ще раз, але другий максимум чисельності вже не такий великий, а наступний колапс не такий відчутний для популяції.

Якщо умови довкілля лишаються стабільними, після певної кількості коливань між максимумами і мінімумами чисельності популя-

ція “заспокоюється” на новій позначці  $ZN_0$ , яка більш-менш точно відповідає (згідно із законами збереження енергії і маси) ресурсним можливостям середовища перебування.

Викладене вище не варто розглядати як математичну вправу на використання рівняння (3.2) і його розв’язку (3.3). Подібні події у біосфері відбувалися раніше, існують нині й відбуватимуться у майбутньому щоразу, коли популяція (як стиснена пружина) дістане змогу розширитися. Це така сама сувора закономірність, як зміна дня і ночі або падіння важкого тіла, підпорядковане закону земного тяжіння.

“Відмінити” цей закон неможливо. Просто, якщо людина справді “двічі розумна” (оскільки вигадала для себе класифікацію *Homo sapiens sapiens*), вона не повинна допустити колапсу, який відбуватиметься боляче (або й криваво), зі зменшенням чисельності людства у десятки разів.

### **Для допитливих. Про демографічну стратегію і урок острова Пасхи**

З біоенергетичного погляду демографічна стратегія виду тісно пов’язана з оптимальним розподілом у кожного його члена всіх можливих ресурсів між головними статтями видатків:

- пошуками і поглинанням чи споживанням ресурсів;
- збільшенням маси і розмірів;
- відновленням і репарацією складових організму;
- захистом від негативних зовнішніх чинників чи адаптацією до них;
- відтворенням та розмноженням.

Очевидно, що всі існуючі розподіли для конкретних видів є компромісними. Вони є важливим об’єктом вивчення у наш час, у першу чергу – видатки видів на відтворення і розмноження, а також *варіанти демографічних стратегій*. Два протилежні й досить поширені у біосфері варіанти останньої називаються *r*- і *K*-стратегіями. Тут *r* – коефіцієнт швидкості зростання популяції; *K* – максимальна чисельність виду (межі зростання) в даних умовах його існування, яка відповідає горизонтальній лінії, вказаній на рис. 13. Зіставлення обох стратегій здійснено у табл. 2.

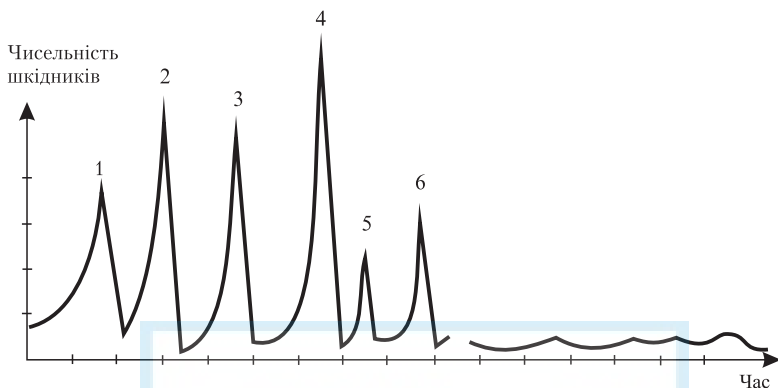
Наслідки обох стратегій для динаміки чисельності популяцій істотно різняться. Можна навести багато прикладів популяцій тварин (чи рослин), розмноження яких підпорядковане певній стратегії. Звернемо лише увагу на те, що демографія людського роду підпорядкована *K*-стратегії, польових чи тундрових мишей – *r*-стратегії (популяції лемінгів з періодом у 4–6 років змінюються до 100 разів, зумовлюючи у піку чисельності вражаючу масову самовбивчу міграцію).

Умови і наслідки  $r$ - і  $K$ -селекцій у демографії

Чинник (характеристика)	Умови і наслідки $r$ -стратегії	Умови і наслідки $K$ -стратегії
Клімат	Дуже змінний, складний для передбачення	Приблизно постійний чи легко передбачуваний
Смертність	Часто катастрофічна, некерована	Керована, залежна від густини популяції
Чисельність популяції	Нерівноважна, дуже змінна у часі	Порівняно постійна і близька до $K$
Напрямок відбору і характеристики окремих особин	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Швидкий ріст кожної особини</li> <li>• Велика швидкість росту популяції</li> <li>• Рання зрілість</li> <li>• Малі розміри</li> <li>• Чимала кількість народжень за великого приплоду</li> <li>• Нездатність до конкуренції всередині виду</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Повільне зростання кожної особини</li> <li>• Мала швидкість росту популяції</li> <li>• Пізня зрілість</li> <li>• Великі розміри</li> <li>• Народження більш рідкі з малою кількістю осіб у приплоді</li> <li>• Пристосованість до конкуренції всередині виду</li> </ul>
Тривалість життя	Мала, часто менша від одного року	Велика, як правило, більша від року

З викладеним тісно пов'язані важливі проблеми боротьби людини зі шкідниками полів, лісів чи помешкань. З поодинокими винятками йдеться про знищення чи запобігання розмноженню дрібних істот, яким у природі притаманний  $r$ -варіант демографічної стратегії. Традиційно засобом цієї боротьби були отруйні речовини, але успіхів люди не досягли, хоч безперервно удосконалюють ці отрути. Сучасна теорія динаміки популяцій доводить, що так і мало бути: хімічні засоби найменш доцільні та ефективні саме проти видів з  $r$ -стратегією розмноження. Екологи радять використовувати проти таких видів біологічні методи, насамперед природних ворогів або антагоністів видів-шкідників.

Звичайно, біометод вимагає ширших знань і незрівнянно вищого інтелекту, ніж примітивне “зрошення” ланів чи садів надшкідливими отрутами (усякими “цидами” з групи пестицидів, префікс у назві яких означає “чума”, а корінь латиною — “вбивати, заподіювати смерть”). Проте переваги його колосальні, а головне — біометод виключає прогресуюче отруєння довкілля. Ми могли б навести чимало доказів і прикладів, але обмежимося лише двома графіками на рис. 14, які настільки переконливі щодо біометодів, що якісь додаткові пояснення видаються зайвими.



**Рис. 14. Варіації шкідників у парниках для хімічного (зліва) і біологічного (справа) способів захисту рослин**

Цей матеріал названо “урок острова” тому, що там кілька сторіч тому місцеві мешканці перетворили свій маленький рай на пекло і відчули всі страхоття явища колапсу. Це дуже віддалений від інших населених місць острівець у Тихому океані між Чилі та архіпелагами Полінезії, який усього 10–20 років тому вважали суцільною загадкою. Лише роки спільної роботи археологів і палеонтологів дали змогу розкрити найістотніше.

Виявилось, що полінезійці досягли його приблизно у V ст. і виявили там райські умови життя: незліченна кількість гнізд птахів, багато пальм з їстівними плодами і соком та міцною деревиною, кущі й родючий вулканічний ґрунт, непогані умови для рибальства і полювання на морських ссавців. Населення поступово зростало і через півтисячі років могло досягти 20 тис. Одрозуміти трохи згодом після прибуття розпочалося за звичаями пращурів спорудження ідолів з каменю на плоских основах, а також змагання між окремими кланами за “перемогу” в їх розмірах. Для транспортування багатотонних каменюк і для безлічі інших справ необхідні були деревина і кора, тому кілька сторіч підряд ліс ставав все меншим, доки у XV ст. не зник остаточно.

Науковці знайшли страхітливі докази наслідків цього нещастя: майже зникла їжа і не стало дерева для човнів та гарпунів, аборигени стали канібалами і запекло, бігаючи між сотнями ідолів, убивали і з’їдали один одного. Вцілілі й голодні рятувалися в печерах і з розпачу почали звалювати на траву “ворожі” ідоли. Європейці в моменті своїх рідких відвідин бачили окремі “кадри” завершення цієї драми: спершу сотні ідолів стояли (1722 р.), Кук (1774) спостерігав перші повалені, а після 1830 р. лежали всі. На той час люди, мабуть, вже забули про те, як саме виглядають де-

рева. Цивілізований народ, який мав дуже своєрідну писемність, зник і перетворився на деградовану зграю, члени якої раділи упольованій миші та їстівним корінням.

Так на острові “сам собою” відбувся експеримент з моделюванням класичного популяційного колапсу. Віддаленість аборигенів від зовнішнього світу не дала змоги врятуватись втечею чи отримати зовнішню допомогу. Висновки із цього сумного епізоду в історії *Homo sapiens sapiens* очевидні.

## ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Як змінилася б зона розселення людей на Землі після зникнення у них наявної системи терморегуляції?
2. Як сучасні організми використовують повітря — для проведення у ньому всього життя чи для тимчасового перебування, швидкого пере-сування тощо?
3. Яка відносна вологість повітря — висока чи низька — сприятливіша для тих, хто змушений до інтенсивної фізичної праці? Відповідь обґрунтуйте.
4. Які чинники ви вважаєте лімітуючими для умов життя людей в екстремальних зонах розселення (на прикладі ескімосів Гренландії й аборигенів пустель Намібії)?
5. Проаналізуйте склад найпомітніших видів живих істот, які “без дозволу” мешкають у наших домівках.
6. Які із вказаних п'яти законів аутоекології найбільше пов'язані між собою?
7. Де і чому легше досліджувати популяції вовків — у гірських лісах чи у напівтундрі?
8. Чому бактеріям потрібен найменший час, щоб “заселити біосферу” (досягти максимально можливої чисельності популяції)?
9. Бактерія ділиться щогодини. За який час її популяція може перевищити тисячу?
10. Яку демографічну стратегію передбачила природа для слонів —  $r$  чи  $K$ ?
- 11\*. Для яких з теплокровних наземних істот, великих чи малих, добове споживання їжі (енергії) на одиницю маси тіла більше? Чому саме?
- 12\*. Чи застосовна відповідь попереднього завдання для холоднокровних організмів?
- 13\*. Для всіх видів організмів фактична чисельність популяцій — змінна величина, яка часто відхиляється від рівноважної. Для якої зі стратегій ( $r$  чи  $K$ ) ці відхилення більші й спостерігаються частіше? Відповідь обґрунтуйте.

- 14\*. Чи завжди ареал (зона поширення даного біовиду) збігається з тією територією, де спостерігаються оптимальні для виду умови середовища? Відповідь обґрунтуйте.
- 15\*. Деяким видам риб притаманна крива виживання типу I, а не типу III. Чим пояснюється така аномалія?
- 16\*. У якому віці представників населення сучасних розвинених країн імовірність загибелі чи смерті найнижча? Відповідь обґрунтуйте.
- 17\*. Чи застосовна відповідь до попереднього завдання до населення України?
- 18\*. Чи можна стверджувати, що точка мінімуму колапсу розташована тим нижче, чим вищим був максимум чисельності над її оптимальним (рівноважним) значенням? Відповідь обґрунтуйте.
- 19\*. Поясніть причини малої стійкості проти ураганів штучних лісів, високої — природних.
- 20\*. Два однакові за видовим складом лісові масиви розташовані на рівнинних ділянках з різною (2 і 4 м) відстанню водоносного горизонту від поверхні ґрунту. Який масив стійкіший до впливу вітру і чому саме?
- 21\*. В яких умовах — спокою чи частих вітрів одного напрямку — дерева формують асиметричну крону? Відповідь обґрунтуйте.
- 22\*. Чому довжина вух у лисиць тим більша, чим ближче до екватора місце їх поширення?
- 23\*. Теорія свідчить, що бактеріям потрібен найменший серед інших живих істот час для збільшення своєї маси до маси Землі. А яким видам для цього необхідна найменша кількість поколінь, якщо всі зародки виживатимуть і дадуть нащадків?
- 24\*. Правило Глогера стверджує, що колір тіла живих істот в умовах холодного і сухого клімату значно світліший, ніж у дуже теплому і вологому. Чи застосовне воно для людей? Відповідь обґрунтуйте.
- 25\*. Як можна пояснити підвищену кількість цукру, білків та інших високомолекулярних речовин і зменшений вміст води у клітинах трав на високих полонинах Карпат та інших гір світу?

## ЕКОЛОГІЧНІ ЗАКОНИ ДЛЯ ВЕЛИКИХ СИСТЕМ

---

---

### 4.1. ЕНЕРГІЯ У БІОСФЕРІ

Як відомо, справжня система є цілісним утворенням, властивості якого завжди багатші й складніші від простої суми характеристик його складових (так званий *принцип емерджентності*). Відтак, ціле завжди “більше” від суми складових, що створює специфічні труднощі під час дослідження великих систем.

З огляду на зазначене твердження перед початком пояснення основних законів екології великих систем (законів синекології, або глобальної екології) проаналізуємо насамперед два допоміжні питання – роль і рух енергії у біосфері, а також стан і перспективи виробництва й використання енергії у техносфері (сфері промислового та іншого виробництва).

Функціонування будь-якої живої істоти, що входить до складу біосфери, підтримується необхідним надходженням до неї речовин та енергії (процесом живлення). Його припинення спричиняє смерть або змушує тимчасово припинити (як під час утворення спор бактеріями) чи максимально загальмувати життєдіяльність (тривала “сплячка” тварин і рослин на період вкрай несприятливих умов довкілля).

Біосфера існує вже понад три мільярди років. Упродовж цього періоду багато разів на поверхню Землі падали астероїди, залишаючи по собі вирви діаметром кількисот кілометрів. Континенти то збивалися до купи, то розколювалися й розпливалися (ми живемо саме на такій стадії). Вулкани, зледеніння і безліч інших причин шкодили тим живим істотам, які входили до складу біосфери. Інколи вона втрачала мало не 9/10 своїх видових багатств, але щоразу оновлювалася і розширювалася.

Така феноменальна стійкість біосфери до змін і руйнівних впливів пояснюється як тим, що всі ці роки потік енергії від Сонця не перери-

вався ні на мить, так і тим, що біосфера безперервно удосконалювала-ся і регулювала використання речовин, “навчившись” застосовувати їх багаторазово.

Для виконання цих завдань у ній, як і в кожній по-справжньому стійкій екосистемі, сформувалися кілька “виробничих рівнів” з певною спеціалізацією:

1) *продуценти* — рослини і частина найпростіших, які здатні вловлювати енергію Сонця (процес фотосинтезу) або джерел хімічних сполук на Землі (хемосинтез). За рахунок цієї енергії вони будують з вуглекислого газу та інших сполук великі біомолекули (білки, жири, вуглеводи, нуклеїнові кислоти) власних тіл. Так енергія зовнішніх джерел акумулюється і консервується в їхній речовині;

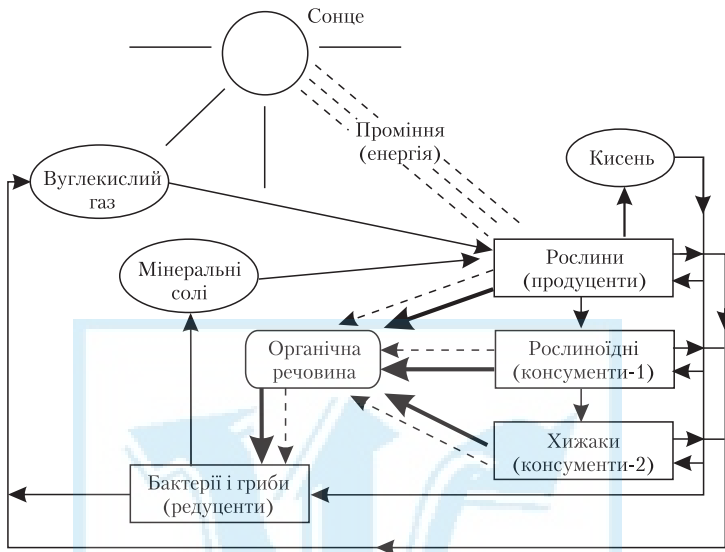
2) *консументи* (споживачі) — більшість видів тварин різноманітних форм і розмірів, які використовують нагромаджену виробниками енергію або безпосередньо (рослиноїдні), або опосередковано, живлячись консументами нижчих рівнів (хижаки). Людина належить до консументів з дуже широким спектром живлення, бо споживає і рослини, і м'ясо;

3) *редуценти* (відновлювачі) — насамперед бактерії та гриби, життєдіяльність яких рятує довкілля від мертвих решток і виділень продуцентів та консументів. Вони розкладають складні біомолекули до гранично простих неорганічних сполук (води, вуглекислого газу, азоту тощо). Без цього процесу функціонування життя впродовж мільярдів років було б неможливим.

На рис. 15 показано найголовніші “живі” складові біосфери (у великих прямокутниках), хімічні речовини (в еліпсах) і джерело енергії (Сонце). Штрихові лінії дають уявлення про напрям обміну енергією, тонкі суцільні — мінеральними речовинами, а товсті стрілки — органічною речовиною. Основним процесом, що призводить до утворення нової органічної речовини на основі поглинання сонячного проміння, є *фотосинтез*. Як зазначалося вище, існує і *хемосинтез*. Він є дуже цікавим процесом і вартий уваги бодай тому, що у розвитку живої речовини міг з'явитися задовго до появи фотосинтезу, але його сучасні можливості у накопиченні енергії дуже поступаються фотосинтезу. Останній є головною “енергетичною станцією” життя на Землі, тому розглянемо його докладніше.

Відомо, що речовиною, яка відіграє головну роль у поглинанні енергії видимих променів Сонця, є хлорофіл. Менш відомий той факт, що є кілька варіантів цієї надважливої молекули, а тому колір частин клітин, що їх містять, не завжди зелений. Навіть зелених хлорофілів





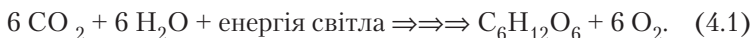
**Рис. 15. Головні компоненти біосфери та обмін енергією, органічними і мінеральними речовинами між ними**

є два, які трохи різняться характеристиками поглинання світла (проте обидва поглинають червоні та блакитні фотони, добре відбиваючи зелені). Центральне місце у досить великих молекулах хлорофілу посідає атом магнію. За будовою вони навіть схожі на гемоглобін, але у центрі того, як відомо, розташований атом заліза.

Механізм живлення рослин цікавив науковців здавна, та й безпосереднє дослідження фотосинтезу триває понад сто років. За цей час сформувалися певний стиль викладу цієї теми і сукупність основних постулатів.

Стала незаперечною аксіомою думка, що поглинута енергія фотонів у складному й багатоступінчастому процесі витрачається на розщеплення молекул води ( $\text{H}_2\text{O}$ ) і вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ) та наступну побудову з їх фрагментів глюкози ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) та інших органічних молекул (глюкозу взято як типовий приклад органічного синтезу в рослинах).

Сумарне рівняння цього процесу записують так:



Для утворення одного моля (нагадаємо, що йдеться про таку кількість речовини, яка містить  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул) глюкози масою 180 г, необхідні 264 г вуглекислого газу, 108 г води і 674 ккал енергії фотонів (21 % добової енергетичної потреби середнього землянина чоловічої статі).

Оскільки у кожний даний момент на території, яка трохи перевищує половину площі поверхні Землі, рослини мають змогу здійснювати фотосинтез, то за рік його “продукція” (у сухій масі) не менша від 50 млрд т (верхня межа оцінок сягає навіть 250 млрд т). З атмосфери вилучається на 40 % більша маса вуглекислого газу, а виділений кисень за масою майже дорівнює синтезованій рослинами органічній речовині.

Можна захоплюватися грандіозністю загальноземних фотосинтетичних явищ, але погляньмо, який коефіцієнт корисної дії (ККД) процесу фотосинтезу і яку частину всього потоку енергії від Сонця “консервують” для споживачів рослини.

Землі досягає усього одна двомільярдна частина випромінювання, яке йде в усі боки від Сонця, але і його потужність перевищує 200 000 млрд кВт ( $N_0$ ). Подальшу їх долю показано рис. 16. Вертикальна стрілка (0,025 %) відображає справжні здобутки фотосинтезу.

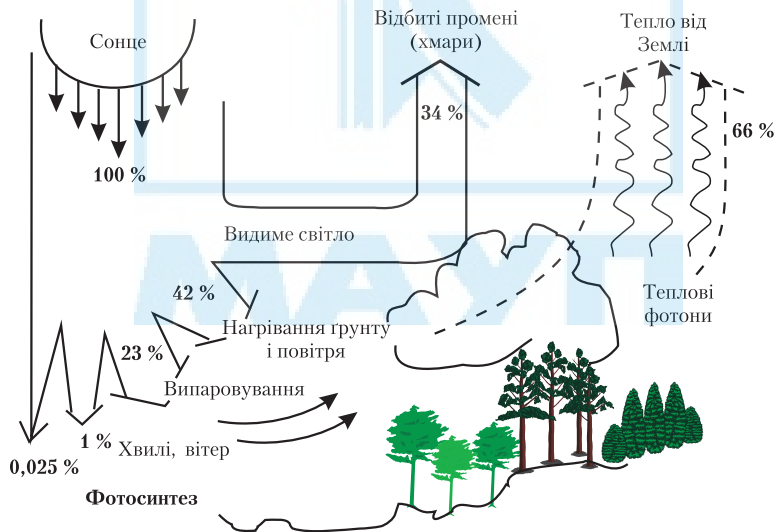


Рис. 16. Розподіл потоку енергії Сонця

Звичайно, можна дискутувати, що не дві сотих, а чотири сотих відсотка всього потоку енергії з неба накопичують рослини (оцінювання, як зазначено вище, не абсолютно точне, можливі помилки у 2–3 рази), але це не змінює основного висновку: всі рослини суходолу та водорості океанів використовують для фотосинтезу менше 0,1 % всього потоку сонячної енергії, який досягає атмосфери Землі.

Теоретично ККД процесу фотосинтезу — аж 32 %. Насправді ККД полів високоефективних зернових (кукурудза, рис, пшениця тощо) навіть у період найбільшої фотосинтетичної активності не перевищує 3 %. Зрозуміло, середній за рік ККД зернового поля виявиться значно нижчим.

Зниження ККД зумовлено багатьма причинами. Зокрема, до внутрішніх належить необхідність негайно витратити трохи менше чверті вловленої енергії фотонів на дихання, мало не втричі більше — на роботу “помп”, які проганяють крізь його судини і клітини дуже велику кількість води з мінеральними речовинами. Такою високою є плата за те, що рослини “завоювали” суходіл.

Ефективність фотосинтезу, як і маса кінцевого врожаю, лімітується (обмежується) також зовнішніми умовами, насамперед освітленням, температурою, опадами, родючістю ґрунту. Вся історія рослинництва є намаганням землеробів забезпечити рослини передусім необхідною кількістю води та органічними й мінеральними добривами, підвищити до максимуму родючість ниви. Раціонально керувати світлом і теплом вдається лише в теплицях. Останнім часом вчені розвинених країн створили досить складну математичну модель керування і програмування врожаю, застосування якої майже сповна реалізує всі можливості фотосинтезу наземних рослин.

З численних проблем, які розв’язують одночасно багато наук у сфері рослинництва і фотосинтезу, виокремимо дві.

Насамперед ідеться про застосування *генної інженерії* для конструювання нових рослин чи надання незвичних характеристик існуючим. Час від часу у пресі з’являються сенсаційні фото: капуста, яка за зростом значно перевищує людину, надкарликовий рис чи пшениця, у якої колос росте мало не від коріння, або щось таке, чого не було в природі. Цей шлях обіцяє у недалекому майбутньому підвищення врожайності завдяки застосуванню принципово нових методів створення нових сортів і видів рослин. Та його можливості обмежені згаданими вище принциповими перепонами.

Значно більшого можна чекати від завершення розшифрування ланцюгів реакцій, які здійснюються під час фотосинтезу, від *створення його штучного аналогу* на основі синтезованого хлорофілу або ж за рахунок використання принципово інших молекул. Це дасть змогу перетворити пустелі або частину поверхні тропічних морів на місця найвищої у світі біопромисловості, продукцією якої будуть їжа та інші необхідні людям органічні речовини.

Вчені уже подолали більшу частину цього нелегкого шляху, але лишилися ще чимало нерозгаданого щодо заключних стадій фотосинтезу. Ця заключна фраза фігурувала в книзі “Основи сучасної екології” 2004 р. видання [39, с. 86]. Сучасна ситуація примушує продовжити виклад.

За роки, що минули, науковці з подивом виявили — для їхньої роботи у сфері фотосинтезу дуже добре пасують слова з відомої пісні В. Висоцького: “Нет, ребята, все не так... Все НЕ ТАК, ребята!”

“Не так” стосується головної формули фотосинтезу — формули (4.1), адже вона виявилася помилковою.

У своєму вихідному припущенні попередники сучасних науковців висловили переконання в тому, що рослини і водорості для отримання водню розкладають на частини молекулу води. Після цього десятки років вони самі та їх наступники у безлічі експериментів намагалися відтворити це припущення і примусити хлорофіл розкласти воду в умовах освітлення за участю найрізноманітніших каталізаторів та інших допоміжних сполук.

Проте для реального поділу молекули води на частини хлорофіл (чи хлорофіли) мав поглинути аж три фотони видимого світла, об'єднати їх енергії та безпомилково точно сконцентрувати цю потрібну енергію на одній молекулі  $H_2O$ . Оскільки ні гіпотези, ні експерименти не могли раціонально пояснити перебіг цієї реакції, то найбільші песимісти “вийшли із ситуації” застосували припущення про існування в клітинах якоїсь особливої “біологічної сили”, яка й вирішує всі проблеми. Зрозуміло, прилади науковців не містили цієї “біосили”, тому й не могли відтворити “світлову” стадію фотосинтезу.

У статті відомого російського науковця Г. Комісарова “Нове рівняння фотосинтезу” знаходимо цікаве визнання: у своїй останній тритомній книзі про фотосинтез (1956) американець Є. Рабинович недвозначно вказав на те, що цілковита відсутність прогресу може пояснюватися тим, що науковці не помічають “центральний секрет

фотосинтезу” — “певне просте фотохімічне перетворення, виявлення якого дало б змогу одразу зрозуміти сутність фотосинтезу і, можливо, відтворити його поза живою клітиною” [26, с. 23].

Г. Комісаров та інші науковці, хоч і з певним запізненням, розпочали аналіз фотосинтезу “із самого початку” і врешті-решт усвідомили, що клітини після поглинання світла розкладають не воду, а перекис водню (перексководень) — чотириатомну молекулу  $H_2O_2$ . Десятки років дослідники намагалися відтворити не реальний фотосинтез, а інший процес, якого немає і не могло бути в природі. Не випадково всі спроби дали негативний результат.

На сьогодні дослідження відбуваються дуже інтенсивно і вже дали перші результати: запропоновано нові ефективні препарати для значного підвищення ефективності фотосинтезу рослин у теплицях та у вільному ґрунті, нові шляхи для кількох фотохімічних перетворень з накопиченням енергії поглинутого світла ([26] та ін.). Та головне зрушення полягає в тому, що науковці вийшли на по-справжньому перспективний шлях здійснення штучного фотосинтезу з високим — незрівнянно вищим, ніж на полях — коефіцієнтом корисної дії.

Хотілося б сподіватися на те, що повний успіх і багатотоннажне отримання вуглеводнів на штучних і піднятих над землею полях настане досить швидко, а не через 50–100 років. Швидкий прогрес дасть змогу цілковито відмовитися від заміни в аграрному секторі виробництва звичайних рослин і тварин генномодифікованими. Цим буде повністю ліквідована небезпека негативних наслідків від споживання модифікованої їжі, що може виявитися не одразу, а через кілька поколінь людей. Те, що початок ери генномодифікованих харчових продуктів не позначений катастрофами, аж ніяк не означає, що їх ніколи й не буде: науковці ще не накопичили достатнього обсягу знань у сфері генної інженерії, а тому різноманітні неприємні несподіванки цілком можливі.

## 4.2. ЕНЕРГІЯ У ТЕХНОСФЕРІ

Історія прогресу людства пов’язана насамперед з освоєнням дедалі досконаліших і потужніших джерел енергії та розширенням її використання у виробничій діяльності. Діаграма на рис. 17 свідчить, наскільки розширилися витрати енергії на одного європейця від часів кроманьйонців до сьогодення.

Мкал/день	
120	Кінець XX ст.
65	Закінчення індустріальної революції
10	Початок індустріальної революції
6	Розвинене землеробство
3	Початок розвитку землеробства
1	Період мисливства (1 Мкал – енергія випаровування до 1,8 кг води)

**Рис. 17. Денні енерговитрати мешканця Західної Європи у різні історичні періоди**

Тривалий час основним джерелом енергії (обігрівання, тепла обробка продуктів харчування, виробництво кераміки, металів тощо) було спалювання дерева, допоміжними – експлуатація свійських тварин, вітер, падіння води. Аж до середини XIX ст. дрова навіть у найрозвиненіших європейських країнах давали 9/10 усієї кількості енергії. Лише масове використання спершу вугілля, а потім нафти різко розширило можливості та прискорило прогрес тих країн, які нині вважають розвиненими.

Стрімке зростання споживання невідновлюваних енергоресурсів Землі супроводжувалося пропорційним підвищенням життєвого рівня населення. Це правило, хоч і з деякими невеликими застереженнями, залишається справедливим і сьогодні.

На жаль, забруднення довкілля теж тривалий час було прямо пропорційне кількості дров, вугілля і нафтопродуктів, які використовували в побуті, на транспорті та у виробництві. Завдяки зусиллям конструкторів і технологів в окремих випадках вдалося порушити цей прикрий взаємозв'язок. Втім це сталося лише останнім часом в окремих країнах (Німеччині, Японії, Франції, США), де вдалося зменшити енерговитрати на виробництво одиниці валового національного продукту.

Проте не варто перебільшувати цих перших скромних успіхів, бо вони є простим наслідком усунення найочевиднішого розтринькування енергії в погано організованих процесах. Наступні кроки в посиленні економії дадуться вже важче.

Якщо проаналізувати, куди саме йдуть майже 4,7 т енергоресурсів (у перерахунку на нафту), які припадали у 2000 р. на одного громадянина розвинених країн, то виявиться, що більша їх частина

витрачається на створення комфортних умов життя (гарячу воду й опалення, швидкість і пересування на великі відстані, індустрію розваг тощо). Розвинені країни (наприклад, США) не поспішають виконувати положення міжнародних угод, що передбачають скорочення витрат “на комфорт”.

З урахуванням проблем, які постали перед людством, такі дії урядів і населення розвинених країн видаються не найкращими у моральному плані. Нагадаємо, що, за підрахунками експертів, у 1992 р. на одного жителя решти країн Землі припадало у 12–14 разів менше енергії, ніж у невеликій групі розвинених країн.

Але звернімося до власних проблем. Промисловість України, яка свого часу була створена у розрахунок на дешеві джерела енергії, змушена й нині використовувати надто великі її обсяги. Це споживання майже відповідає рівню розвинених країн. Але, на жаль, ми успадкували “виробництво задля виробництва”. Велика кількість спожитих енергоносіїв аж ніяк не позначається на якості життя громадян. Мало хто має комфортне сучасне житло і якісну їжу, належний захист від хвороб і немочі старості.

Залишається засукати рукава і взятися до праці, сподіваючись, що нам або нашим дітям пощастить виправити головні хиби “економної економіки розвиненого соціалізму”, істотно підвищити ефективність промисловості й сільського господарства, спрямувати їх на задоволення потреб громадян, а не військово-промислового комплексу. Дивно, але спрогнозувати обсяг енергетичних потоків у техносфері всієї Землі набагато легше, аніж виконати відповідне передбачення для найближчого майбутнього України.

Чимало фахівців у багатьох країнах уважно стежать за виробництвом енергії і видобутком енергоносіїв у всьому світі. Вони зазначають, що останніми роками спостерігається помітне гальмування швидкого у недавньому минулому зростання видобутку і використання традиційних енергоресурсів. Повільніше розвивається ядерна енергетика. Можна лише радіти, що зберігаються високі темпи розвитку використання нових, екологічно порівняно чистих і відновлюваних джерел енергії. Хоч абсолютна потужність таких джерел поки що низька (це еквівалент приблизно 30–40 реакторів, які були встановлені на Чорнобильській АЕС), але зберегти здоров'я людей і водночас забезпечити їх необхідною кількістю енергії можна, лише створюючи нові її джерела.

Найперспективніший шлях показує нам живий світ. Функціонування біосфери забезпечується безкоштовним і практично вічним потоком випромінювання Сонця. Техносфера позбавиться багатьох своїх вад, якщо зуміє використати частину енергії фотонів, які випалюють поверхню мільйонів квадратних кілометрів пустель. Нагадаємо, що на кожен їх квадратний метр вдень припадає майже 1 кВт світлової потужності.

*Прогнози розвитку енерговикористання у техносфері на межі 2020 р.:*

1. Розвинені країни завдяки ефективному застосуванню наукових здобутків ставатимуть дедалі багатшими без істотного нарощування використання традиційних джерел енергії.

2. Більшість екс-соціалістичних країн не зможуть швидко подолати тяжку спадщину свого минулого, залишившись на старому рівні або й зменшивши споживання енергії, джерела якої стануть їм просто “не по кишені” (такий похмурий прогноз стосується й України).

3. Лише країни, що розвиваються, з огляду на збільшення чисельності населення, змушені будуть збільшити енергоспоживання. Основною причиною буде не масова автомобілізація, а необхідність інтенсифікувати сільське господарство (на той час в них на одного жителя припадатиме щонайбільше 0,2 га, тобто 2 тис. м<sup>2</sup> ґрунту під посіви). Нагадаємо, що високі врожаї в розвинених країнах зумовлені фактично тим, що в ґрунт “закладається” велика кількість енергії вугілля, нафтопродуктів тощо. Енергія в отриманому зерні менша від енергії пального, спожитого сільськогосподарськими машинами. Без штучних добрив, обробітку землі досконалими знаряддями врожаї впадуть у 2–3 рази. Уникнути масового голоду в бідних країнах неможливо без збільшення в них енергоспоживання, що означає перспективу подальшого загострення в них екологічних проблем.

Узагальнюючи, зазначимо, що в 2000 р. споживання енергії у техносфері перевищило 10 млрд т умовного палива. Це відповідає щонайменше енергії, яку акумулює біосфера у 20 млрд т сухої біоречовини. Хоч це й менше, ніж вся біопродукція Землі (яка дорівнює 50–250 млрд т), але розрив не такий і великий.

Суттєвішим є те, що енерговитрати людства давно вже значно більші, ніж невелике щорічне нагромадження (переважно у болотах) біоречовини, яка через багато років стане новою нафтою, газом, вугіллям. Це ще один доказ того, що діяльність людини вже досягла глобальних планетарних масштабів і потребує розумного й виваженого підходу.



А поки що людина вкрай бездумно розтринькує ті запаси енергоносіїв, які створила за чотири мільярди років біосфера. І розтринькує більш ніж успішно!

### **Для допитливих. Деякі проблеми екології житла**

Чимало енергії витрачається неефективно у житлах людей. Раніше під час проектування і спорудження жител враховували насамперед наявні матеріали і загальну вартість будівництва. На екологічні проблеми економії енергії чи зменшення забруднення середовища майже не звертали уваги.

Більшість людей на Землі живуть у помешканнях, що мають багато спільного з печерами. У країнах “третього світу” багато хто й досі вдовольняється саме цим надійним і перевіреним упродовж мільйонів років житлом.

В умовах загострення екологічної кризи й підвищення вартості не тільки будівництва, а й утримання сучасного комфортного житла архітектори і вчені країн Заходу розпочали пошуки нової концепції житлових і виробничих приміщень. Спершу окремі новатори почасти для експерименту, почасти для власної реклами споруджували унікальні вілли незвичних форм і з нових матеріалів (“будинки майбутнього”). Могутнім прискорювачем змін і причиною спрямування зусиль учених та інженерів на економію енергії у ХХ ст. стала “нафтова криза” на початку 70-х років, коли за короткий час зусиллями молодих незалежних арабських країн Близького Сходу вартість нафти на світовому ринку зросла щонайменше у 10–20 разів.

Розвинені країни використали кілька способів зменшення споживання енергоресурсів. Серед них і створення нового покоління удвічі — втричі економічніших автомобілів, і винайдення нових авіадвигунів, а також вимушена відмова від частини енергомістких виробництв (підприємці просто розорилися, і збиткові заводи були закриті). Великий і майже негайний ефект дала масова кампанія, спрямована на утеплення житла. Уряди стимулювали виробників листів і панелей з матеріалів типу поліуретану чи пінопластиків, що мали надзвичайно низький коефіцієнт теплопровідності. Наклеювання тонкого листа з гарною декоративною поверхнею на стіни набагато зменшувало витрати нафтопродуктів для опалення приміщень.

Водночас “велика наука” країн Заходу зайнялася проблемами екології промислових і житлових споруд. Швидко були виявлені зони максимальних втрат тепла — вікна, системи обміну повітря, стіни. Завдяки залученню досягнень сучасної фізики і матеріалознавства вдалося швидко виправити ситуацію з вікнами, зменшивши втрати енергії крізь них у 20 разів підвищенням коефіцієнта їх теплового опору. Про етапи і досягнення цього прогресу свідчать дані табл. 3.

Вікна з великим теплоопором набули поширення у США, Канаді, Швеції та інших розвинених країнах із суворою зимою. Там же створено нові системи вловлювання і повторного використання того тепла, що раніше викидалося назовні з відпрацьованим повітрям. Дуже суттєву економію забезпечують нові типи газорозрядних ламп, які перетворюють на світло до 25–30 % електроенергії. На зміну їм ось-ось прийдуть ще удвічі ефективніші світлодіодні джерела, спроможні не лише освітлювати, а й замінювати оптичні кабелі для доведення до квартир цифрової інформації на запаморочливих частотах. Не випадково в Австралії вже заборонено використання вольфрамових ламп розжарювання. Україна, на жаль, не серед лідерів в інноваціях, але невдовзі ситуація може змінитися.

Таблиця 3

### Коефіцієнти теплового опору ( $R$ ) різних вікон

Матеріали і конструкція вікна	$R$ , $\text{K}\cdot\text{m}^2/\text{Вт}$
Звичайне вікно з одним листом скла	0,175
Звичайне вікно з двома листами скла і прошарком повітря	0,35
Нове вікно зі скла, вкрите прозорим шаром, що відбиває інфрачервоні промені в приміщення. Два листи скла з прошарком повітря між ними*	0,53
Герметичне вікно з двома листами скла з покриттям і прошарком аргону між ними	0,7
Герметичне вікно з трьома листами скла з покриттям і прошарками з криптону	1,12
Перші варіанти вакуумних вікон з двома листами скла	1,8
Сучасні “супервікна” масових серій з двома листами скла і прошарком з вакууму чи аерогелю між листами	3,3

\* Зауважимо, що нав'язані нам Заходом металопластикові вікна доцільні у значно м'якших кліматичних умовах і не можуть вважатися ідеальним варіантом з погляду економіки і екології.

Повна реконструкція систем опалення, вентиляції та освітлення у великих установах (вокзалах всіх видів, банках, фабриках тощо) дає фінансовий прибуток уже через 2–3 роки.

Учені північних країн (Швеції, Канади та ін.) створили варіанти економічних будинків, у яких без додаткового обігрівання високий теплопір стін (збільшений від 1,9 до 4,2) і супервікон забезпечує різницю температур між приміщеннями і повітрям надворі +20 °С. Порівняно зі звичайними будинками в “економічних” витрати за опалювальний сезон зменшуються у десятки разів.

Наступним кроком створення таких екологічно досконалих будинків, у яких енергія економилася б у процесі їх спорудження, не витрачалася на опалення, частина гарячої води для кухні й ванної отримувала-

ся б без витрат вугілля чи інших видів палива. На високому науковому рівні вирішується ця проблема у Німеччині, де над нею працюють науковці багатьох університетів. У цій же країні найпоширеніші й *теплові помпи*, які до кожного джоуля енергії, що виділяється з електромережі в кімнаті, додають ще 3–4 Дж, які “випомповуються” з надвору.

У СРСР нафта і газ були штучно здешевлені так, що не було сенсу вкладати гроші у системи зменшення втрат тепла і світла. Фонд зарплати становив частину витрат на виробництво, тому економія ресурсів зменшувала заробітки працівників промислових підприємств, і в ній ніхто не був по-справжньому зацікавлений. Таке ставлення до економії енергії залишилося додатковим гальмом для перебудови промисловості України.

Останні події свідчать, що нові ціни на газ, бензин, вугілля та інші енергоносії значно ефективніше, ніж нові закони, врешті-решт примусять кожного з нас почати економити енергію як на роботі, так і вдома. Встановлення лічильників і використання сучасних регуляторів кількості споживання гарячої води, електрики, газу тощо в умовах світових цін на енергоносії сприятимуть величезній економії енергії. Це найдоцільніший спосіб подолання енергетичної кризи, яка неминуче щозими постає перед Україною.

## 4.3. ОСНОВИ СИНЕКОЛОГІЇ

### 4.3.1. *Взаємодія особин одного виду*

Живі істоти на поверхні Землі й у ґрунті розміщуються надзвичайно нерівномірно. Для більшості видів властиві скупчення або угруповання особин, але є випадки поодинокого існування з тимчасовими контактами під час відтворення (наприклад, ведмеді). Угруповання і скупчення бувають різні за кількістю членів (осіб): сім'я, зграя, стадо, рій, колоніальне поселення тощо. Інколи вони існують постійно, іноді утворюються тимчасово, але завжди це сприяє виживанню виду, подоланню негативного впливу зовнішнього середовища, захисту від ворогів, результативному полюванню тощо.

Здебільшого взаємодія особин одного й того самого виду є позитивною і сприяє виживанню всієї популяції. Навіть конкуренція (змагання, сутички чи бійки) забезпечує виникнення і стійкість суспільної ієрархії, нормальну діяльність усього об'єднання, продовження еволюції через відбір під час сутичок найефективніших особин для відтворення життєздатного потомства.

Проте позитивний взаємовплив особин може перетворюватися на негативний, коли густина популяції стає надто високою і виникає небезпека її загибелі внаслідок вичерпання природних ресурсів. Зміна

знака взаємодії дає змогу більшості видів врятуватися завдяки своєчасному зменшенню темпів відтворення або в якийсь інший спосіб.

Найчастіше зростання кількості та частоти контактів особин після перевищення популяцією доцільної межі її густоти призводить до стресових реакцій у поведінці, зниження потягу до відтворення, зменшення чисельності потомства та підвищення його смертності. Цього у звичайних умовах цілком достатньо для повного усунення загрози колапсу (загибелі виду) чи зменшення його глибини.

#### ***4.3.2. Взаємодія особин різних видів***

Взаємодія і взаємовідносини особин різних видів цікавіші та різноманітніші, аніж всередині одного виду. Вони можуть бути нейтральними, позитивними чи негативними, відрізняючись ще й інтенсивністю. Класифікацію основних форм взаємодії особин різних видів показано в табл. 4.

Наведений науковий поділ зв'язків не завжди збігається з поширеною у повсякденному житті термінологією. Для прикладу розглянемо термін “симбіоз”, точний переклад якого означає “життя з...”, “життя разом” у розумінні “співжиття”. Формально у симбіозі перебувають всі види малих і великих істот, які мешкають на певній території. Фактично цей термін використовується для тих випадків співжиття, коли дві чи більше особини різних видів мають істотну користь з нього. У граничному випадку симбіоз такий сильний, що істоти не можуть існувати окремо, утворюючи нерозривне ціле.

Наведемо для прикладу лишайники, які першими колонізують голе й непридатне для зелених рослин каміння. Це нерозривний зв'язок водоростей і грибів, представники яких нарізно не змогли б вижити на такій “негостинній” поверхні.

Науковці віддають перевагу не узагальненому і не досить чітко визначеному поняттю “симбіоз”, а групі термінів, які визначають різні стадії посилення взаємовигідного зв'язку між особинами різних видів, а саме: коменсалізм, протокооперація, мутуалізм, ектобіоз, ендобіоз, метабіоз (пояснення значення термінів, не наведених у табл. 4, радимо самостійно відшукати у тлумачних словниках).

Разом зі співпрацею і взаємодопомогою, які інколи доходять майже до ідилії, у біосфері існує чимало контактів протилежного характеру і значення. З ними пов'язано безліч міфів і помилкових уявлень, частина яких не має права на подальше існування. Наприклад, у нас з дитинства виховують переконання, що буцімто кількість зайців,

Типи зв'язків між особинами різних видів

Тип взаємодії	Знаки взаємовпливу		Загальний опис взаємодії
Мутуалізм (взаємосприяння)	+	+	Вигоду мають обидва види, зв'язок обов'язковий для обох або одного
Коменсалізм (нахлібництво)	+	0	Перший вид має суттєву вигоду (+), для другого зв'язок нейтральний
Паразитизм і хижацтво	+	—	Особини першого виду (хижаки чи паразити) мають користь з контакту, особини другого (жертви чи хазяї) страждають від нього. Проте ця оцінка, як доведено нещодавно, може змінити знак, якщо розглянути ефект для всього другого виду
Нейтралізм	0	0	Обидва види існують незалежно, не впливаючи суттєво один на одного
Аменсалізм	0	—	Перший вид “безкорисливо” шкодить другому, не маючи з цього безпосередніх вигод і не відчуваючи суттєвої негативної реакції
Конкуренція	—	—	У більшості випадків безкомпромісна боротьба за ресурси, коли “сили” видів близькі й обидва несуть втрати

карасів, куріпок та іншої дрібної звірини визначається виключно активністю хижаків (вовків, щупаків, шулік тощо). Саме ці надмірно спрощені “екологічні уявлення” не раз були причиною шкідливих наслідків для довкілля у тих країнах, де вирішували його “поліпшити”, досягти підвищення зиску з природних екосистем.

Легендою стала кампанія знищення у Китаї горобців, які нібито з'їдали надто багато зерна і не давали керівникам країни змоги “розв'язати продовольчу проблему”. Комахи-шкідники миттєво розплодилися і швидко довели китайцям, що вони не з того боку взяли за розширення зернових ресурсів. Та не тільки в комуністичному Китаї, де використовувалися всі методи, крім наукових, а навіть в освіченій Європі припускалися екологічних помилок такого само рівня. Так, скандинави півстоліття тому вирішили раз і назавжди знищити хижих птахів і створити полярним куріпкам ідеальні умови для розмноження і проживання. Цим вони сподівалися максимально розширити базу для мисливства. “Війна” з яструбами і совами вже підходила до “успішного” завершення, коли почалося масове вимирання куріпок від епідемії, яка ніколи раніше не загрожувала їхній популяції. Лише це змусило “раціоналізаторів” прислухатися до екологів, які вже тоді

попереджали, що чисельність видів, які є здобиччю хижаків, визначається не тільки хижаками, а й могутнішими чинниками — врожаєм кормових рослин, погодними умовами, хворобами тощо.

Стосунки у парі хижак — жертва вивчені нині теоретично і експериментально значно краще, ніж багато інших варіантів взаємодії різних видів. Виявилось, що у замкнених системах (острів чи оаза) хижак може повністю винищити свої жертви, а потім загинути від голоду. В умовах відкритих систем, коли є бодай щонайменша можливість кудись утекти чи сховатися, вид-жертва за тривале співжиття цілком успішно пристосовується до хижаків, “розплачуючись” з ними, як правило, “дефектними” (хворими, пораненими, старими тощо) особинами. З погляду стратегічних інтересів виду-жертви це не надто висока ціна за “санітарні та тренувальні послуги” виду-хижака.

Відомо чимало прикладів того, що внаслідок вилучення зі складної реальної екосистеми хижаків порушується рівновага у відносинах видів і погіршується стан популяції їхніх жертв. Точні математичні рівняння дають змогу керувати такими бінарними системами, давати втіху мисливцям і підтримувати в чудовому стані популяції як жертв, так і хижаків.

Водночас рівняння екології свідчать, що введення в екосистему нового хижака загрожує численними бідами: у разі ефективності й швидкого розмноження цей хижак спричиняє такі спустошення, що годі й мріяти про повернення всіх видів до початкового стану. Чорне море є прикладом кількох таких навал “переселенців” з інших морів. Наслідком є те, що його тваринний світ тепер зовсім не такий, як у ті порівняно недалекі часи, коли браві рибалки “приводили в Одесу шаланди, заповнені кефалю”.

Об’єктом поглибленого вивчення стали також природні вороги, конкуренти чи паразити тих шкідників, які становлять основну небезпеку для найпоширеніших культурних рослин. Завдяки системі знань про них вдалося створити абсолютно нешкідливі для людини *біологічні методи захисту врожаю*, які набули значного поширення у розвинених країнах.

Перспективним для майбутнього застосування видається і велика група складних хімічних сполук, які вирізняють особини одних біовидів для знищення чи істотного пригнічення представників інших видів (відомий приклад такої речовини — пеніцилін).

Мета цих наукових пошуків полягає, очевидно, у мінімізації втрат врожаю внаслідок зменшення популяції шкідників до безпечної для

культурних рослин межі. Її значення у майбутньому може істотно змінитися у тому разі, коли завдяки фотосинтезу основна маса їжі виникне на штучних полях, а з традиційних полів не потрібно буде “витискати” можливе і неможливе завдяки знищенню шкідників, створенню генномодифікованих рослин, застосуванню дедалі досконаліших і дорогих машин та засобів “управління” врожайністю.

### 4.3.3. Синекологія про взаємодію видів

У природі існує певна ієрархія об’єднань організмів. Наступним за популяцією рівнем організації живої речовини є *угруповання* (спільнота), якому в екології відповідає *біоценоз*, або більш узагальнююче поняття — *екосистема*. Нині його розуміють як сукупність біотичного угруповання з усіма його численними видами найпростіших, рослин і тварин та неживого середовища їхнього проживання. Близьким до екосистеми за змістом є поняття “біогеоценоз”, якому віддавали перевагу в Радянському Союзі.

Екосистема — центральне для сучасної екології поняття. Розрізняють екосистеми великі (макросистема Світового океану) і зовсім маленькі (ставок, озерце чи трухлявий пеньок), природні та довготривалі (той-таки океан — колыска життя), а також тимчасові та штучні (пшеничний лан чи город з редькою).

*Синекологія* — розділ екології, метою якого є вивчення взаємовідносин між складовими екосистем та їх спільного розвитку.

З викладеного про популяцію і взаємодію видів легко дійти висновку, що перед синекологією стоїть надзвичайно складне завдання, адже навіть найпростіша екосистема складається не з однієї, а невідзначеної кількості популяцій бактерій, рослин, тварин тощо.

Вже на цій стадії вивчення екосистеми доводиться здійснювати попередню селекцію видів, концентруючись на найсуттєвіших (домінуючих) за масою, кількістю чи значенням. Наступним кроком синеколога, який виявив, що екосистема-об’єкт складається із  $Z$  видів, є визначення всіх зв’язків між ними. Навіть у найпростішому випадку *попарної взаємодії* цих видів загальна кількість взаємодій  $A$  визначається (пригадайте правила комбінаторики) формулою

$$A = Z(Z - 1) / 2. \quad (4.2)$$

Якщо у середньому один вид взаємодіє водночас з двома іншими, то загальна кількість взаємодій буде набагато більшою:

$$A = Z! / 3! (Z - 3)! = Z(Z - 1)(Z - 2) / 6. \quad (4.3)$$

В усіх важливих для людини екосистемах (наприклад, в екосистемі моря, заповідника, поля чи лісу) теоретична кількість зв'язків видів надто велика. Поки нікому не вдалося виконати повного теоретичного дослідження складних екосистем з великою кількістю видів. Сучасні знання про них надто неповні для складання і розв'язування системи взаємопов'язаних диференціальних рівнянь, які визначають зміну в часі кожної із  $Z$  популяцій. Для отримання бодай якоїсь надійної інформації про майбутнє екосистеми синекологові доводиться вводити попередні обмеження, шукати узагальнення і розглядати найсуттєвіші процеси і явища. Справжню, складну і живу екосистему вчені заміняють її *математичною моделлю*.

Спираючись на зазначені вище найсуттєвіші закони, що стосуються процесів у біосфері, неважко здогадатися, яку величину вважають найважливішою під час аналізу явищ у кожній екосистемі. Оскільки все живе “хоче їсти”, доходимо висновку, що ниткою Аріадни є стежина поглинання, засвоєння і перерозподілу енергії в екосистемі.

Шлях руху енергії у формі їжі, або “*трофічний ланцюг*” (від грецьк. *trophe* – живлення, їжа), розглядають як центральну магістраль процесів в екосистемах, ключ до поділу її на основні частини і критерій вибору з усієї сукупності кількості  $A$  взаємодій видів тих, які належать до найсуттєвіших і мають враховуватися в першу чергу.

Потік зовнішньої енергії є рушієм (пальним, джерелом), що забезпечує буяння життя в екосистемі. З його вичерпанням вона розпадається і гине.

Для побудови свого тіла й народження потомства кожна жива істота окрім енергії використовує і речовину: воду, повітря, мінеральні сполуки тощо. Отже, в усіх екосистемах (у тому числі малих і тимчасових) існують ще й потоки речовин.

У біосфері загалом чи в замкнених екосистемах, час життя яких має бути дуже великим, потоки речовин повинні перетворитися на цикли, що забезпечують повторне і як завгодно тривале використання наявної (і завжди обмеженої) кількості речовини (“будівельного матеріалу”).

Учені деяких країн уже кілька десятиріч експериментують з малими моделями замкнених екосистем. К. Фолсом (США) наповнював герметичні скляні колби на 1 літр (їх назвали “екосферами”) угрупованням мікроорганізмів у воді, над якою було трохи збагачене киснем повітря. Завдяки використанню сонячного світла (саме воно було “потокотом енергії”) “населення” цих мікробіосфер швидко адаптува-



лося до нових умов, встановлювалися цикли обігу речовин і система переходила до рівноважного стану. Перші зразки цих сфер перебувають у ньому понад 30 років. У поліпшеному дизайні колби Фолсома може купити кожен бажаючий, щоб у вільний час зайнятися порівнянням свого неспокійного життя з комфортними умовами існування бактерій у зеленкуватій рідині колб. Логічним продовженням експериментів з колбами Фолсома стала вже згадувана американська Біосфера-2.

#### **4.3.4. Головні закони синекології та Біосфера-1 (біосфера Землі)**

Немає і не може бути на нашій планеті об'єкта цікавішого і складнішого від біосфери, що є “продуктом” існування життя впродовж мільярдів років. Розглянемо закони функціонування і розвитку всієї біосфери Землі.

Як і в менших екосистемах, її живі частинки ростуть і розмножуються завдяки потоку енергії, який вона отримує насамперед від Сонця (майже 100 % усіх енергоресурсів), а також від тіла Землі (йдеться про хемосинтез і спалювання викопного палива людьми). Твердження про необхідність проходження потоку енергії крізь екосистему для забезпечення її існування теж є законом синекології. Його важливість і загальність безсумнівні й не потребують додаткового обґрунтування, бо енергообмін є умовою існування будь-якої живої істоти.

##### **Основні закони синекології:**

1. *Закон обмеженості (вичерпності) природних ресурсів.* Цей закон вартий детального обговорення з огляду на поширену думку, що всі ресурси поділяються на “вичерпні” (газ, нафта тощо) і “невичерпні” (потік енергії від Сонця, повітря, вода та ін.).

Уявлення про наявність на Землі “невичерпних” ресурсів помилкове і надзвичайно шкідливе щодо його практичного використання як вихідного положення для планування майбутнього і стратегічних цілей. В Україні ресурси прісної води вичерпані практично повністю, а те, що її достатньо у Бразилії чи Заїрі, нас не дуже втішає. Очевидно, що забруднення повітря теж рано чи пізно “вичерпає” можливості його природного самоочищення.

Обмежені також ресурси сонячного проміння. Не тому, що Сонце перестане світити (це станеться через 6–9 млрд років), а внаслідок неможливості використання людьми всього (чи значної частини) потоку проміння, яке досягає поверхні Землі.

Теоретичні дослідження енергетичного балансу біосфери Землі свідчать, що без порушення існуючої рівноваги у довкіллі не можна вилучати чи долучати більше 1 % всієї енергії, що входить в енергетичний потік біосфери (правило 1 %), яке дехто з екологів вважає окремим законом).

З цього твердження і всього першого закону синекології випливають такі висновки:

- навіть оволодіння енергією синтезу гелію з дейтерію чи транспортування з навколосемних станцій додаткової електроенергії не зроблять енергетичні ресурси людства безмежними;
- загальноенергетичне обмеження абсолютно унеможлиблює сподівання на те, що у “світлому майбутньому” людству пощастить поєднати збільшення власної чисельності з одночасним підвищенням якості життя бодай до вже існуючих “крайніх зразків”;
- для порятунку людей і стабілізації біосфери на тривалий час необхідно негайно припинити “демографічний вибух” (а ще краще — зменшити населення у багатьох країнах) і свідомо обмежити потреби кожної особи до розумної межі. Очевидно, що ця межа буде високою для малої кількості землян. Можна передбачити, що у не надто далекому майбутньому землянам доведеться домовлятися між собою про встановлення “стелі індивідуального споживання”, яка й стане головною тезою міжнародної конвенції “Про обов’язки людини”. Вона є необхідним і логічним продовженням наявної конвенції “Про права людини”.

## 2. Закон односпрямованості та неповного використання енергії.

Цей закон є однаково застосовним як до природних, так і до штучних екосистем. З одного боку, йдеться про те, що енергія використовується лише один раз (циклічний і замкнений рух енергії неможливий ні в живому, ні в неживому світі), а з іншого — що це використання неминуче супроводжується її незворотними втратами. Серед земних істот людина належить до групи тих, для кого наслідки і обмеження цього закону синекології особливо прикриті.

Звернімося ще раз до рис. 15, де наведено найголовніші складові “енергетичної машини” біосфери. Продуцентами на суші є наземні рослини (як зазначено вище, у біомасі вони “консервують” у середньому 1 %, у виняткових випадках — до 3–5 % поглинутої енергії світла), а в морі — фітопланктон і водорості (використання світла у них ще менш ефективне, ніж у наземних рослин).

Нагромаджена у зелених клітинах у формі органічних сполук енергія використовується низкою консументів (споживачів), які в екології поділяють на перших, других, третіх і т. д. Перші їдять травичку чи фітопланктон, другі споживають перших, треті — других тощо. Всі вони разом формують *трофічний ланцюг*, базою якого є продуценти, а ланками — консументи різних рівнів. На кожному з рівнів відбуваються великі додаткові втрати енергії. Споживачі вищого рівня нагромаджують у речовині власного тіла лише незначну (як правило, не більше 10 %) частину енергії, яку вони поглинули у вигляді їжі.

Наведений закон незаперечно обмежує сподівання людини на збільшення частки енергії, яка може припасти на неї. Щоб оцінити цю частку, звернімося до третього закону синекології.

3. Закон “*піраміди енергій*”. Традиційно він формулюється так: “З одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший її рівень у найсприятливіших обставинах переходить не більше 10 % тієї енергії, яку отримали живі істоти першого рівня”.

Вживання терміна “піраміда” у формулюванні закону пояснюється тим, що синекологи часто користуються пірамідальними діаграмами для відтворення маси і нагромадженої в ній енергії істот, які формують окремі рівні трофічного ланцюга. Типові приклади цих діаграм для поширених екосистем наведено на рис. 18. Вони наочно свідчать про мізерність тієї частини енергії, що відповідно до закону “піраміди енергій” має припадати на людину, харчовий раціон якої складається переважно з ковбаси і додатку з пива та вітамінів.

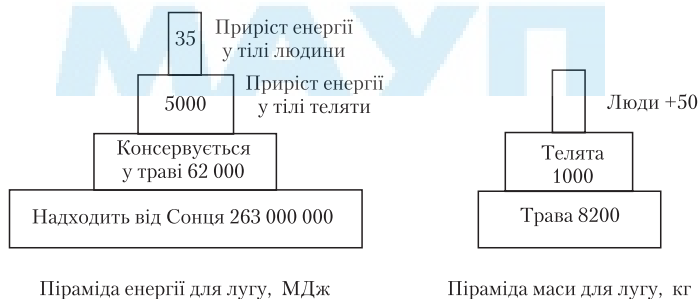


Рис. 18. Приклад пірамід енергії та маси для простої екосистеми

“Правило 10 %” широко використовується для обчислення розміру земельної площі, необхідної для повного забезпечення їжею наявного населення, за умови, що ми прагнемо зберегти нормальний і рівноважний стан місцевої екосистеми і біосфери загалом.

Для визначення меж можливого для людства науковці широко використовують поняття “енергія” та “піраміда енергії і речовин”, але їхні висновки винесено в останній розділ посібника, присвячений передбаченням. Тут лише наголосимо, що прогнози і досить обнадійливі, й водночас прикрі. Вони незаперечно свідчать про порушення людством законів синекології, перевищення ним “дозволеної” квоти споживання в 6–9 (і навіть більше) разів.

Таке грубе порушення норм ще не “покаране” природою, тому що покарання також потребує певного часу. Це процес, який розпочався у ХХ ст. і відбувається на всій планеті з різною інтенсивністю, але з однаково негативними для людей наслідками. Ознаки його особливо помітні на південній межі Сахари, де спалено майже всі дерева й чагарники, а гілки давно стали товаром підвищеного попиту на сільських базарах. Те саме можна сказати про рівень деградації багатьох інших територій як у слаборозвинених, так і в інших країнах.

Від швидкого скочування у прірву людство, як зазначалося вище, рятується безперервним вкладанням у сільське господарство та безліч пов’язаних з ним галузей промисловості невідновлюваних паливно-енергетичних ресурсів (нафти, вугілля, газу тощо). Не так багато часу лишилося до того моменту, коли у цьому своєрідному “рятувальному крузі” утвориться чимала діра, і глобальна катастрофа біосфери, спричинена людьми, стане неминучою.

Людство гарантовано зазнає жахливого колапсу за таких умов:

- люди не збираються “розумнішати” і продовжують будувати “суспільство необмеженого індивідуального споживання”;
- припиняється розвиток точних наук (як це фактично сталося у 90-х роках в Україні) і вся економіка продовжує розвиватися на старих (алхімічно-індустріальних) технологіях.

Та події останніх років свідчать на користь того, що і “демографічний вибух” почав сповільнюватися, і менталітет дедалі більшої кількості громадян розвинених країн набуває ознак “дорослості”, і старі й екологічно небезпечні технології поступаються місцем новим — нано-, піко- і фемтотехнологіям, що спроможні врятувати все людство від глобальних загроз його існуванню. У разі винайдення і поширення таких технологій, що не шкодять біосфері та “лікують”

наявні пошкодження, екологічні загрози будуть ліквідовані, й стійкий розвиток стане реальністю. Будемо сподіватися на розвиток саме позитивних процесів і на те, що Україна не залишиться осторонь.

4. *Закон максималізації енергії екосистем.* Згідно з ним у конкуренції екосистем, можливих у певному життєвому середовищі, перемагає найефективніша за використанням як енергії, так і інформації.

5. *Закон оптимальності.* У застосуванні до екосистем та їх частин він означає, що склад і розмір останніх не можуть бути довільними, а повинні забезпечувати оптимальне функціонування всієї екосистеми у певних умовах середовища.

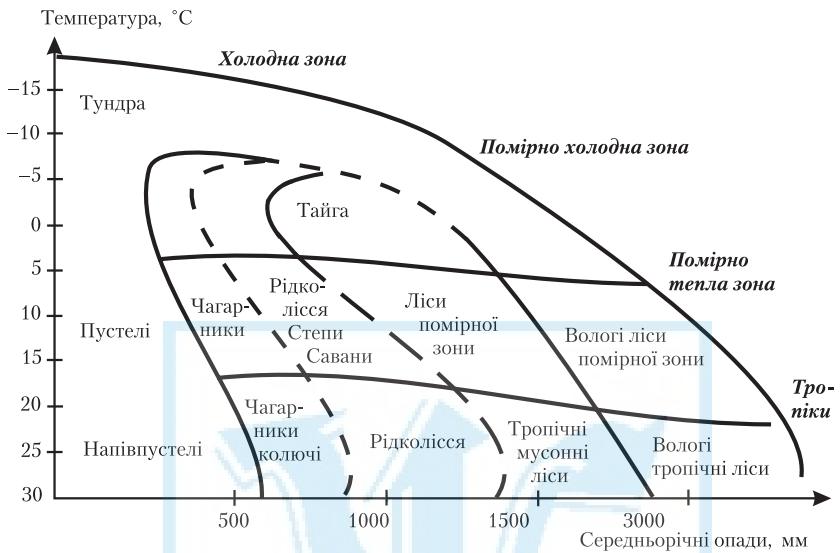
Четвертий і п'ятий закони є спорідненими. Прояви їх у біосфері сформульовано в літературі з цієї теми у вигляді кількох вторинних правил і тверджень, з яких ми виокремимо *правило появи певних основних біосферних угруповань* (від тундри до вологого тропічного лісу) залежно від значень найвпливовіших фізичних чинників (середньої температури та опадів) (рис. 19).

Отже, в конкретних умовах середовища найвищу ефективність мають зазначені на рис. 19 біоструктури. Серед багатьох висновків з цих законів є такий: знищення тропічного лісу і створення на його місці посівів зернових буде нонсенсом, бо така штучна екосистема в подібних умовах потребуватиме величезних додаткових витрат для підтримання її рівноваги, отримання врожаю і захисту полів від навали “законних володарів” (дерев, ліан і чагарників, а також пов'язаних з ними комах та інших рослинотів).

Такі дії не набагато перспективніші від відомої в історії Радянського Союзу невдалої спроби вирощувати кукурудзу на зерно на широті Полярного кола.

6. *Закон біогенної міграції атомів (елементів).* Йдеться про те, що шляхи міграції основних біогенних елементів та розподіл їх концентрації у зовнішніх сферах Землі давно вже контролюється біосферою. За досягнену динамічну стабільність заплачено життям незліченних поколінь живих істот. Без такого регулювального впливу Земля вже давно втратила б не просто кілька найменш пристосованих видів, а й всю свою біосферу.

Для пояснення цієї тези розглянемо приклад кругообігу такого поширеного і важливого елемента, як *вуглець* (цикл вуглецю в біосфері Землі).



**Рис. 19. Розподіл рослинно-тваринних спільнот (біомів) та умови клімату (поєднання опадів і середньої річної температури)**

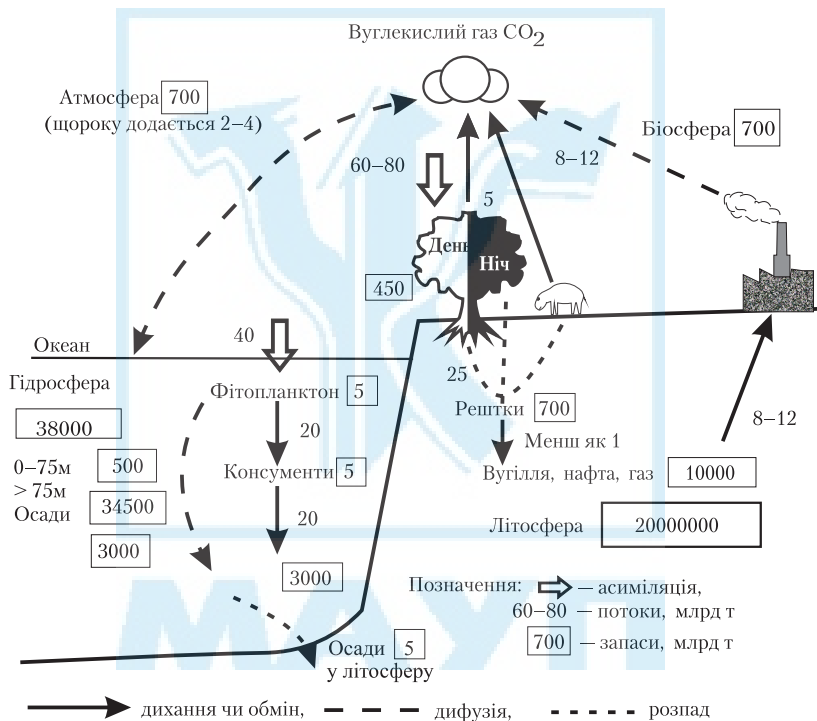
Вважають, що в момент виникнення життя на Землі атмосфера була збагачена вуглекислим газом ( $\text{CO}_2$ ) і, можливо, метаном ( $\text{CH}_4$ ). Обидві речовини не просто служили їжею першому населенню біосфери, а й, поглинаючи теплове випромінювання поверхні молоді Землі, спричиняли так званий парниковий ефект. Він полягає в тому, що температура у приповерхневому шарі повітря виявляється значно вищою, ніж за відсутності цих газів (їх називають “парниковими”).

Якщо початковий вміст вуглецевих сполук в атмосфері “новонародженої” Землі був спричинений не біосферою, а зовнішніми чинниками, що діяли в момент формування всієї Сонячної системи, то вже в наступні епохи саме вона “дбала” про сприятливий для себе вміст вуглекислого газу.

Щоб переконатися у складності цього процесу, досить поглянути на фотографії діючих вулканів, з кратерів яких стовп диму і газів інколи досягає стратосфери. Якби не біосфера, кількість вуглекислого газу в атмосфері Землі внаслідок діяльності вулканів дорівнювала б приблизно його вмісту в газовій оболонці Венери. Температурні умови теж були б подібними до Венери — не менш як  $300^\circ\text{C}$ .

Про те, чому цього не сталося, свідчить рис. 20, де зображено сучасний цикл вуглецю на поверхні Землі. Поряд з напрямками руху цього елемента показано місця його найбільшого акумулювання: родовища вугілля і нафти у літосфері, сполуки з воднем і киснем у гідросфері. Цифри означають кількість мільярдів тонн вуглецю у потоках і зонах зберігання.

У циклі вуглецю найактивнішу участь бере біосфера. Десятки мільярдів тонн вуглецю щороку вловлюються рослинами суходолу і моря з повітря і зв'язуються у нові органічні сполуки.



**Рис. 20. Головні ланки циклу вуглецю у поверхневих шарах Землі (з позначенням накопичених мас та руху чи переходів за рік)**

Аналогічні процеси відбувалися і в далекому минулому, навіть тоді, коли життя існувало лише в океані. Як переконають дослідні й обчисленні, підвищення концентрації вуглекислого газу щороку

спричиняло посилення біосинтезу, вловлювання і виведення вуглекислого газу з повітря. Саме це дало змогу Землі щасливо уникнути сумної долі Венери, бо тисячі мільярдів тонн вуглецю зв'язано у карбонатах ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), вугіллі та нафті.

Вплив живих істот на ланцюг вуглецю простежується не лише у наш час (концентрація вуглецевих сполук в океані змінюється в кілька разів на шляху від поверхні до дна), а й у найвіддаленішому минулому. Це досліджено методами ядерної фізики, зокрема дуже точним визначенням співвідношень ізотопів одного й того самого елемента. Створена живими істотами гірська порода має інше співвідношення ізотопів кисню, вуглецю, сірки, заліза та інших елементів, аніж ті камені, які утворилися абіотичним способом.

Саме цим методом вдалося незаперечно довести, що тривалість існування життя і біосфери становить не сотні мільйонів років (у сланцях та інших породах такого віку багато відбитків та скам'янілих решток первісних істот), а майже 4 млрд років. Це означає, що життя виникло майже одразу після завершення формування головного тіла Землі. За ці роки біосфера зазнала численних лих, але успішно пережила їх, хоч інколи (про це йтиметься нижче) за порівняно малий інтервал часу втрачала більшість наявних видів. Схоже, що людство для біосфери нині стало таким черговим надглобальним випробуванням. Його господарська й енергетична діяльність перевищила допустимі межі, люди вже порушили вуглецевий цикл.

Багаторічні точні вимірювання вмісту вуглекислого газу в чистому повітрі віддалених від промислових зон точок поверхні Землі (острови в Тихому океані) переконливо свідчать: щороку його кількість збільшується практично пропорційно тим мільярдам тонн, які вилітають з труб теплоелектростанцій, автомобілів і літаків.

Як бачимо з рис. 20, люди не знають кількісних характеристик обміну вуглекислим газом між океаном та повітрям (біля штрихової лінії “океан — атмосфера” немає цифр). Тому неможливо надійно спрогнозувати подальшу долю надлишку  $\text{CO}_2$  у повітрі. Проте навіть наявних знань достатньо для того, щоб стверджувати: зростання концентрації вуглекислого газу завжди відбувалося одночасно з підвищенням середньої температури поверхні Землі. А це означає, що, продовжуючи діяти в цьому ж напрямі, людство рано чи пізно змінить умови біля поверхні Землі так, що не тільки розтануть льодовики Антарктики й Арктики, а й повністю і небажаним чином зміниться



звичне для всього світового господарства розташування степів, лісів та інших великих і малих природних угруповань.

Може, хтось і мріє про появу тропічного лісу на донецьких терико-нах, але вчені попереджають, що така цілковита зміна розподілу температур на Землі принесе незрівнянно більше шкоди, аніж користі. Адже є певна ймовірність того, що зона пустель розшириться так, що блаженські дощики на території України йтимуть раз у століття.

*7. Закон тісної взаємопов'язаності елементів природних систем у біосфері.* Потоки речовин, енергії, інформації та сукупність якостей окремих природних систем в їх чітко побудованій ієрархії у біосфері взаємопов'язані так тісно, що неможливо істотно змінити бодай один елемент без переведення їх сукупності в новий стан. Уникнути лиха без істотної зміни методів і масштабів господарської діяльності людств-ва не вдасться:

Тисячі разів люди переконувалися, що “природа знає краще”, але їх розум під тиском егоїстичних мрій і намірів “поліпшити довкілля”, зробити його “продуктивнішим” неспроможний передбачити всієї сили-силенної наслідків чергового “блискучого проекту з глибоким науковим обґрунтуванням”.

Окремі приклади такого “удосконалення” наводилися вище під час нашого короткого огляду історії взаємовідносин людини і довкілля. Кожна освічена людина в Україні може перелічити сусідські й наші нещастя: майже повне зникнення Аральського моря в Центральній Азії, порушення хиткої рівноваги заток Кара-Богаз-Гол на Каспії та Сиваш в Азовському морі, отруєння пестицидами землі й висихання козацьких джерел і колодязів, безліч менших нещасть і порушень довкілля.

Цей сумний реєстр, напевне, продовжиться, бо збільшення населення і бажання жити “по-старому і по-людськи” (білий мерседес, яхта, кількоповерховий котедж, багатомільйонний рахунок у банку) змушуватимуть й надалі спалювати ліси й закладати на їхньому місці ниви, будувати нові й нові міста, заводи, дороги. Розбрат і роз'єднаність можуть не дати змоги об'єднати зусилля і порятуватися спільно.

Хоч закони синєкології і біосфери й мають особливе значення для всієї книги, ми змушені обмежитися викладеним і навести на завершення формулювання ще трьох законів синєкології (висновки з них зробіть самостійно).

8. *Закон необхідної різноманітності.* Стверджує, що жодну ефективну і стійку біосистему неможливо побудувати з тотожних елементів. Різноманітність і взаємодоповнення є ультимативною вимогою.

9. *Закон розвитку та існування біосистем за рахунок оточення.* Закон стисло формулює тезу про те, що використання енергетичних, матеріальних та інформаційних ресурсів близького і віддаленого довкілля є необхідною умовою тривкого існування не лише штучних, а й природних біосистем усіх розмірів (тут варто пригадати афористичні формулювання “екозаконів” Коммонера); пояснює нереальність створення абсолютно безвідходних виробництв на основі індустриальних технологій. Але він аж ніяк не забороняє використовувати надвисокі технології для перетворення природних процесів на технологічні засоби. Хліб (зерно) зростає на полях “природно”, а чому б не вирощувати (звичайно, в особливих умовах) і небіологічні продукти, матеріали і навіть вироби? Закони природи цього не забороняють.

10. *Закон зниження енергетичної ефективності природокористування.* Свідчить, що попри всю винахідливість людини (застосування селекції, генної інженерії тощо) з плином часу на шляху до “світлого майбутнього” і поглибленням інтенсифікації сільського господарства на одиницю продукуюваної їжі доводиться витратити дедалі більшу кількість енергії. Як зазначалося вище, допустиму межу вже перейдено і шкідливі наслідки нарастають щороку.

Це твердження ось уже років сорок переходить з одного підручника екології в інший. Воно правильне, але лише в межах знань і наук аграрного та індустриального суспільств. І незастосовне до надвисоких технологій і нанонаук. На їх основі люди таки навчаться отримувати “аграрну продукцію” без аграрного господарства. Легкий і надійний вихід пропонують фантасти: розрубати всі вузли і перебороти всі заборони можна одночасно, якщо змінити людину так, що вона стане і продуцентом, і консументом першого рівня. Проте цей “синьо-зелений” витвір з численними відгалуженнями, напевне, не буде людиною.

### **Для допитливих. Конкуренція всередині виду і між видами**

Якщо пригадати, що кількість екологічних законів і правил досягає 99, то стане очевидним, що викладене — лише частина доробку молодії науки. У цьому доповненні доцільно виокремити деякі особливі правила взаємовідносин усередині виду і між видами, що об’єднуються терміном “конкуренція”.

Практично кожен спостерігав реакцію кішки чи собаки, до якої під час споживання їжі наближається інша особина цього ж виду. Це приклад “конкуренції за їжу”. Досить поширені й уявлення про конкуренцію самців за самку під час “шлюбного” періоду.

Втім об’єктом конкуренції можуть бути не лише безпосередньо їжа чи прихильність самки. Насправді до цього списку входять всі (без винятку) ресурси, необхідні для виживання і розмноження кожної окремої особини (вода, територія, світло, повітря, тепло тощо).

У більш-менш розвинених тварин, як довела *етологія* (наука про найглибші природні засади поведінки), конкуренція за доступ до ресурсів призводить до розшарування стада, зграї чи іншого об’єднання особин одного виду за силою, настирливістю і настійливістю в чітку ієрархічну структуру:

- один або невелика кількість домінантів першого рангу ( $\alpha$ -рівень);
- дещо ширше коло субдомінантів другого рангу ( $\beta$ -рівень);
- ...
- найчисленніша група з осіб найнижчого рангу (домінованих чи “шісток”).

Автоматичне утворення ієрархічних структур у групах одновидових істот з розвинуеною нервовою системою є важливим правилом, що стосується як етології, так і екології. Природа так і не спромоглася створити бодай один вид, який мав би зразково-демократичний устрій у сфері відносин особин і міг би хоча б частково підтвердити тезу про можливість створення ідеально-справедливого комуністичного, соціалістичного, релігійного, фашистського чи будь-якого іншого суспільства. Причина цього “промаху” стане очевидною, якщо пригадати руйнівні сили і методи еволюції життя у біосфері та основну мету цього невідворотного процесу.

Повернімося, однак, до ієрархічної структури. Очевидно, що кожна істота прагне в  $\alpha$ -домінанти, аби цілком законно і по праву відбирати ресурси у нижчих за рангом. Що більший дефіцит ресурсів, то чіткіше це виявляється. Під час голоду смертність серед “шісток” незрівнянно вища, аніж у домінантів.

Певна річ, що це “несправедливо”, бо Природа повинна була дати шанси і “пригнобленим”. Справді, тиск умов середовища проживання змушував їх знайти свої методи боротьби за виживання. Не маючи змоги одноосібно захистити здобуту чи знайдену їжу (у загальному випадку — необхідний ресурс), вони діють різними способами. Найчастіше — крадуть, хоч чудово знають, що будуть суворо покарані домінантами, якщо спіймаються на гарячому. Інколи утворюють тимчасові угруповання з особинами свого рангу для спільних дій, хитрують, винаходять найнеймовірніші способи врятуватися.

Проте ніхто, ніде і ніколи не спостерігав успішного і вигідного для виду загалом здійснення заповітної мрії всіх революціонерів: переве-

нення ієрархічної піраміди і перетворення домінованих на ідеальних організаторів “справедливої громади”. Етологія довела, що домінованим належать найгірші зразки внутрішньовидової моралі. Експерименти зі штучним наданням їм влади призводили або до відтворення стану, аналогічного старому, або до однозначно шкідливих наслідків для видового об’єднання і, отже, деградації виду.

Наслідком дії закону виживання пристосованіших є *принцип конкурентного виключення* (Г. Гаузе, 1932) для конкуренції подібних видів. Він стверджує, що у стабільному життєвому середовищі не можуть мирно співіснувати два види з однаковими ресурсними потребами. Конкуренція примусить вид, який хоч трішки поступається у пристосованості, або “відокремитися” (переселення в інше місце, перехід на інший тип ресурсів, пошуки їжі під час сну домінуючого виду тощо), або зникнути.

“Демократичного” компромісу у співіснуванні не буває і бути не може. Подібні види виживають лише за умови утворення істотної відмінності у пошуках і використанні необхідних ресурсів (мовою екології — у забезпеченні власної *екологічної ніші*, бо в одній еконіші є лише одне і тільки одне місце).

Наприклад, у нашому найближчому оточенні точиться боротьба між чорними тарганами (програють чи вже програли) і більш відомими прусаками. Самки перших відкладають яйця і не цікавляться ними, самки других дбайливо носять їх “при собі” практично до моменту виходу з них потомства. Така сама ситуація з пацюками, де переможець і більший, і розумніший настільки, що проникає у приміщення, навіть крізь воду сифонів туалетів (якщо дозволяє діаметр труб).

У минулому, а почасти і нині, об’єднання людей (племена, держави чи й імперії) також багаторазово діяли відповідно до вимог закону конкурентного виключення. Далекими від обнадійливих є і перспективи на майбутнє, особливо у густонаселених зонах з надто малою кількістю ресурсів (Руанда, Бурунді, Бангладеш та ін.).

## ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Назвіть головну роль продуцентів та редуцентів у біосфері Землі.
2. Як використовують зелені наземні рослини зелену частину світла Сонця?
3. Яку частину світла зелені рослини використовують для фотосинтезу?
4. Чому рослини не можуть реалізувати всіх можливостей фотосинтезу?
5. Часто кажуть, що “листя — основа життя”. А чи відбувається фотосинтез у стеблах?

6. У чому полягає позитивне значення для виду запеклого змагання самців за самку?
7. Зазначте причини низької енергоефективності виробництва в СРСР.
8. Назвіть види взаємодії особин різних видів.
9. Наведіть види взаємодій, які завдають шкоди одному чи обом видам.
10. Що трапиться з біосферою, якщо, використовуючи позаземні гігантські дзеркала, додати до сонячної енергії ще 5 %?
11. Порівняйте кількість рівнів продуцентів і консументів. Чим відрізняються консументи, які належать до різних рівнів?
12. Хто належить до консументів найвищого рівня? Наведіть приклади.
13. Як зміняться ліси в Україні в разі зниження середньої температури на 10–15 °С?
14. Чи є серед ресурсів біосфери невичерпні та безмежні?
15. Який із законів синекології стосується неможливості створення абсолютно безвідходного штучного (антропогенно-промислового) виробництва?
- 16\*. Якщо людині у середньому на добу необхідно 3,2 Мкал, то яку частину цієї енергії дають 180 г глюкози?
17. У скільки разів енерговитрати сучасного жителя Землі перевищують його фізіологічні потреби? На що витрачається “надлишок” використаної енергії?
18. Як би ви на підставі рис. 15 класифікували росичку (болотна рослина, яка ловить і перетравлює комах)?
19. Використовуючи дані рис. 16 та інформацію про ККД паровиків, порівняйте ККД атмосфери і паровика щодо перетворення теплової енергії на рух.
20. Наведіть кілька наслідків перевищення популяцією доцільної густоти розселення.
- 21\*. Назвіть види взаємодії, які спостерігаються між особинами одного й того самого виду.
22. За даними табл. 4 зазначте типи зв'язків між людьми та іншими видами рослин і тварин.
- 23\*. Обчисліть кількість взаємодій в екосистемі великої водойми з 500 видами організмів, якщо врахувати: а) парний зв'язок; б) потрійний зв'язок. Зробіть висновки зі своїх обчислень.
- 24\*. У скільки разів зменшується потік енергії у трофічній піраміді, що має  $K$  щаблів?
25. Як зміниться рослинність у лісах України, якщо за збереження сучасної кількості опадів середня річна температура підвищиться на: а) 5–8 °С; б) 12–15 °С?
26. За яких змін опадів ліси України мають шанси перетворитися на пустелі?

- 27\*. В яких зонах чи умовах на поверхні Землі вуглець і в наш час захорюються з можливістю перетворитися на вугілля чи нафту?
28. Який з газів атмосфери — азот чи вуглекислий газ — більше залучений у цикли руху речовин у біосфері? Відповідь обґрунтуйте.
- 29\*. Чому гідросфера містить значно більшу кількість вуглекислого газу, ніж повітря?
30. Яка мінімальна кількість (приблизно) видів повинна бути у замкненій біосфері для її більш-менш стійкого існування?
- 31\*. Порівняйте легкість досягнення подвоєння сучасних врожаїв зернових у Нідерландах і в Україні. Відповідь обґрунтуйте.
- 32\*. Завдяки використанню піднятих над поверхнею пустель чи океанів гігантських напівпровідникових пристроїв можна перетворити 5 % енергії світла на електрику для вирішення енергетичних проблем людства. Чи є тут небезпека порушити “закон 1 %”? Відповідь обґрунтуйте.
- 33\*. За рахунок якої енергії відбуваються горизонтальний рух плит земної кори, землетруси і виверження вулканів?
- 34\*. Науковці стверджують, що у минулому вулканічна діяльність була значно активнішою. Як вони доводять, що тоді джерело енергії вулканів було потужнішим?
- 35\*. Поясніть причину того, що перехід людства на живлення виключно мікрододоростями і найпростішими значно розширить його енергетичну базу й дасть змогу збільшити свою чисельність, подолавши демографічно-ресурсну кризу. Як ви ставитеся до такого варіанта розвитку подій у XXI ст.?
- 36\*. Чи можна завдяки застосуванню штучного фотосинтезу вирішити більшість проблем людства у створенні якісної та екологічно безпечної їжі? Відповідь обґрунтуйте.
- 37\*. Порівняйте енергоефективність виробництва у кількох суспільствах, вказаних у табл. 1. Результат обґрунтуйте.
- 38\*. У який період свого розвитку екологія вийшла на рівень аналізу подій в усій біосфері? Відповідь обґрунтуйте.
- 39\*. Чи можна розраховувати на точність глобальних екологічних передбачень майбутнього, якщо спиратися лише на класичні біологічні уявлення і не використовувати даних багатьох інших наук? Відповідь обґрунтуйте.
- 40\*. Чи існують варіанти застосовності саме біоекологічних прогнозів без звернення до усіх інших сучасних наук? Відповідь обґрунтуйте.

# **ЛЮДИ І ПОТРЕБИ. ПРИРОДНІ РЕСУРСИ**

---

---

## **5.1. ХАРАКТЕРИСТИКИ “СЕРЕДНІХ” ЧОЛОВІКА І ЖІНКИ**

Генетики й науковці інших профілів вже давно довели, що на Землі всі живі організми є унікальними, між ними немає повної тотожності, притаманної об’єктам неживої природи (елементарним частинкам, атомам і молекулам тощо).

Якщо відвідати фотовиставку на тему світового сьогодення, то вражає насамперед майже неймовірна різноманітність людських типів і занять. Фотографи та інші митці мають зиск з того, що ми всі різні. Для них неприпустима сама лише думка про можливість одночасного перетворення всіх людей на стандартні створіння, які відрізняються одне від одного менше, ніж монети чи гвіздки. Іншими завжди були погляди диктаторів, які мріяли перетворити підвладних саме на стандартні цвяхи (за умови збереження для себе становища і ролі молотка). Тому немає нічого дивного в тому, що справжній Митець завжди був антиподом диктатора.

Проте життя змусило розпочати пошуки людських стандартів. Першими це зробили авіатори, які оперують поняттям “середній пасажир”, маючи на увазі насамперед його масу. З кількох мотивів міжнародна група вчених витратила чимало часу на складання наукової довідки (слово “портрет” тут не зовсім доречно) про середніх землян кінця ХХ ст., про параметри “стандартних” чоловіка і жінки. Ця праця оприлюднена у вигляді книги на кількасот сторінок з безліччю даних насамперед з фізіології.

У табл. 5 наведено частину інформації, яка стосується теми нашого посібника. Йдеться про деякі фізіологічні потреби усереднених людей та їхні найважливіші параметри. Сподіваємося, Ви зробите певні самостійні висновки порівняльного плану, якщо уважно ознайомитися з цими даними.

## Параметри “середньоземних” чоловіка і жінки (вік 20–30 років)

Параметр	Чоловік	Жінка
Загальна маса тіла, кг	70	58
Маса скелета, кг	4,4	3,2г
Маса головного мозку, кг	1,4	1,2
Маса кісткового мозку, кг	3,0	2,6
Об'єм крові, л	5,25	3,86
Маса жирової тканини, кг	15,0	19,0
Маса шкіри, кг	2,6	1,8
Маса серця (без крові), г	330	240
Маса зубів, г	46	41
Маса язика г	70	60
Добова потреба у воді, г	3000	2100
у вигляді випитої рідини	1950	1400
у складі їжі	700	450
утвореної окисленням їжі	350	250
Добова вентиляція легенів, л	23000	21000
Поглинання кисню за добу, г	920	700
Загальний об'єм легенів, л	5,6	4,4
Добова витрата енергії, Мкал	3,2	2,3
за 8 годин праці	1,2	0,9
за 8 годин інших занять	1,5	1,0
за 8 годин сну	0,5	0,42
Добове споживання, г		
білки	95	66
вуглеводи	390	270
жири	120	85
Добова потреба, г		
у кисні	2600	1800
водні	350	245
вуглеці	300	210
азоті	16	13

Поглиблене вивчення самих себе на молекулярному й інших рівнях люди не припиняють ні на мить, стираючи все нові й нові “білі плями” у своїх знаннях і ліквідуючи помилки та хибні гіпотези. Наприклад, ще нещодавно через відмінність мас мозку чоловіка і жінки робили висновки про більшу кількість нервових клітин



і вищі розумові здібності першого. Та новіші дослідження свідчать, що кількість нервових клітин приблизно однакова у представників обох статей. На користь рівності можливостей свідчить також аналіз характеристик тисяч видатних осіб. Виявилося, що немає жодного зв'язку між інтелектуальними досягненнями і масою таємничої сірої речовини

У тих країнах Заходу, де вивчення властивостей мозку і здатності до певних дій поєднується з добре розробленою системою тестових вимірювань останніх, вчені встановили, що кожна стать має невелику перевагу перед іншою в окремих сферах розумової та локомоторної діяльності. Частину цих висновків зведено у табл. 6.

*Таблиця 6*

**Види тестів, у яких кожна стать має невелику перевагу над іншою**

<b>Діяльність, де перевагу мають чоловіки</b>	<b>Діяльність, де перевагу мають жінки</b>
Тести на орієнтування і уявлення складних просторових тіл і фігур	Тести, в яких суттєвим є швидкість сприймання простих фігур, рисунків
Тести на операції подумки зі зміною положення тіл, їх деформацією, поворотами, рухом	Тести на відшукування змін у взаємному розташуванні плоских фігур і простих тіл
Вправи з кидання "на точність" і мануальне керування рухом	Краща координація рухів рук, вища точність розташування пальців у площині
Пошуки контуру простої фігури, що "схована" на рисунку серед інших	Тести на швидкість пошуку асоціацій, подібних слів тощо
Тести на створення і використання довгих і складних логічних (математичних) міркувань	Тести на точність і швидкість виконання нескладних, суто арифметичних операцій

Можливо, що ця невелика асиметрія здібностей мозку має не так гормональний, як пристосувальний характер. Справді, вже у мавпячих предків людей була певна відмінність у завданнях, що поставали перед представниками обох статей. У примітивних племен чоловікам доводиться рухатися більше і тримати в голові складніші плани місцевості. Не виключено, що саме ця адаптація до виконання певного типу завдань виявилася у табл. 6.

## 5.2. ПРО ПОТРЕБИ ЛЮДИНИ

Незалежно від мови, якою користується людина, і від отриманого нею виховання її основні фізіологічні потреби визначатимуться відповідно до табл. 5.

Втім людина аж ніяк не зводиться до автомата для споживання білків, вуглеводів, жирів з вітамінами та невеликої кількості мікроелементів, її потреби незрівнянно ширші, й саме їх нефізіологічна частина дуже залежить від виховання і стадії розвитку всього суспільства.

У найзагальнішому варіанті систематизації всю сукупність потреб сучасної людини поділяють на шість основних груп: фізіологічні; етнічні; економічні; психологічні; трудові; соціальні. Для їх задоволення необхідно поєднати як матеріальні (знаряддя праці, будівлі тощо), так й інформаційні (взаємовідносини, законодавство тощо) аспекти. Викладене можна відобразити схематично (рис. 21).



**Рис. 21. Одна зі схем структури і рівнів потреб сучасної людини:**

1 – інформаційні потреби,  
2 – естетичні

Термін “психологічні потреби” означає сукупність умов, що забезпечують душевний комфорт і рівновагу людини. Сюди входять і можливість контактів з іншими особами, і наявність куточка для ізоляції та відпочинку від цих контактів. Важливі також атмосфера спілкування, рівновага між негативними і позитивними враженнями та багато іншого. Знання бодай основ етології як самою людиною, так і її близьким оточенням є, на наш погляд, важливою передумовою для свідомого створення сприятливої атмосфери взаємовідносин, уникнення стресів.

До групи психологічних потреб можна віднести потребу в дружбі, коханні та задоволенні інших подібних емоцій. Проте тут, як і в багатьох інших випадках, окремі потреби (наприклад, мати й виховувати потомство) охоплюють кілька груп.

*Етнічні потреби*, як свідчить їх назва, охоплюють необхідність належності людини до певного етносу, усвідомлення нею як своєї індивідуальності й неповторності, так і того, що вона є важливою частиною чогось тривалого, міцного, “свого” від дідів-прадідів. Відрив людини від цієї опори еквівалентний позбавленню її коріння, пошкодженню стрижня її духовного життя. Він спричинив великі труднощі та численні помилки у вихованні нащадків.

Нормальна людина має *потребу у праці* не лише з огляду на забезпечення через неї матеріальної частини особистих потреб чи обслуговування своїх близьких. Часто не менш важливим є її самоутвердження за допомогою праці, задоволення частини духовних і психічних потреб. Етноси чи суспільства-лідери вважають основним “гріхом” сучасних людей небажання чи невміння працювати плідно і безперервно. Відомими носіями таких поглядів є протестанти.

Група *економічних потреб* охоплює насамперед забезпечення можливості як самої праці та її зміни, так і відповідної винагороди за результати. Самі економічні умови повинні бути такими, щоб людина могла чесною працею забезпечити собі бажаний рівень життя. На жаль, у період змін економічного устрою суспільства (Україна 1991–2008 рр.) більшість населення не може задовольнити належним чином цю групу потреб, що, у свою чергу, обмежує можливості особи щодо більшості інших потреб.

Нині дещо поліпшуються умови для задоволення низки *соціальних потреб*, оскільки розширилася частина прав і громадянських свобод (слова, совісті, пересування, місця проживання тощо). Проте для більшості населення ускладнився доступ до сучасних культурних здобутків, місць відпочинку, знизився рівень особистої безпеки тощо.

Крім наведеної класифікації всіх потреб людини застосовують їх поділ на дві частини (*матеріальні й духовні*), використовують узагальнююче поняття “*екологічні потреби людини*” як синонім доступу до всіх необхідних для неї матеріальних та інформаційних ресурсів у забезпеченні її здоров’я і гармонії відносин з довкіллям.

Для сучасної демократичної держави з високим рівнем організації суспільства вивчення сукупності потреб власних громадян та рівня їх задоволення є надзвичайно важливим науковим завданням. На жаль, ми не можемо з багатьох причин безпосередньо використати більшість накопиченої за кордоном інформації, не можемо й полишити справу на самоплив, без опору сприймаючи “західну” шкалу для

пріоритетів і потреб, матеріальні стандарти. Особливо ж небезпечна навала західних, насамперед американських, засобів задоволення естетичних і духовних потреб. Для теми обговорення надважлива та обставина, що так зване суспільство споживання нав'язує громадянам зразки задоволення вторинних і малоістотних потреб (одягу “від Діора”, автомобілів “від Роллс-Ройс”, прикрас “з 5-ї авеню” та ін.), щороку змінюючи моду й примушуючи викидати на смітник майже нові вироби. Поширення цієї практики на всю планету надзвичайно прискорить вичерпання ресурсів і загибель усього людства.

Дослідження науковців свідчать, що представники кожного народу мають притаманний тільки їм комплекс не лише духовних, а й матеріальних потреб. Особливо велика відмінність у розподілі пріоритетів. Зближення народів світу і об'єднання зусиль для спільного вирішення глобальних проблем екології, економіки і безпеки не повинні супроводжуватись уніфікацією культур і потреб, норм і пріоритетів. На нашу думку, “світові стандарти” споживання, які поширюють американські та проамериканські засоби інформації, потрібно сприймати критично, а не бездумно, сліпо.

У колишньому Радянському Союзі вивчати потреби громадян та рівень їх задоволення було практично заборонено. Замість статистичних даних з цього питання газети рясніли переліком виготовлених тракторів, верстатів, виплавлених тонн сталі, цементу і видобутих кубометрів газу. Іноді, коли цифри були на користь СРСР, наводилися порівняння зі США та іншими країнами світу. До самого кінця існування Радянського Союзу його громадяни не могли ознайомитися з офіційними даними міжнародних організацій та їх експертів про справжній рівень задоволення своїх потреб порівняно з населенням інших країн світу.

А приховувати було що. Наприклад, Всесвітня організація охорони здоров'я давно вже була на сполох, звертаючись до керівництва СРСР, адже Радянський Союз всі двадцять останніх років свого існування був єдиною (з невоюючих) країн світу, в якій постійно і швидко знижувалися основні показники здоров'я населення.

Україна успадкувала від Радянського Союзу не тільки густо всипану радіонуклідами та политу хімікаліями землю, а й вкрай виснажене, наполовину хворе населення. Особливо постраждали жінки, які були змушені працювати на виробництві (часто у шкідливих умовах і в нічні зміни). Тому серед завдань української науки — вивчення стану здоров'я населення і задоволення його потреб, пошуки і пропозиції його поліпшення.

Вже давно доведено, що в ідеальному випадку людина повинна на достатньому рівні, збалансовано і повно задовольняти всі згадані основні потреби. Навіть часткове невиконання цієї умови спричиняє стреси, втрату психічної рівноваги, надмірне форсування активності чи прострацію. Наведемо для довідки отриману американцями П. Кемпом і К. Армсом залежність швидкості втрати вуглеводів, жирів і білків організмом дорослої людини під час повного голодування (рис. 22). Вона досить промовисто свідчить про те, що білки є найціннішою речовиною, яку організм намагається зберегти “до кінця”.

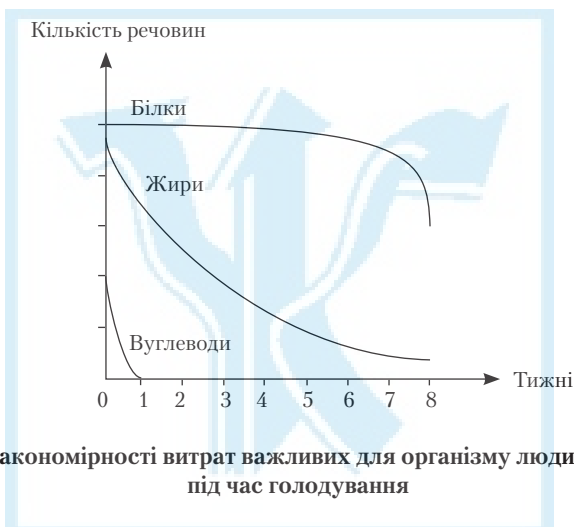


Рис. 22. Закономірності витрат важливих для організму людини речовин під час голодування

Особливо несприятливі умови для задоволення потреб людини складаються під час воєн, великих соціальних конфліктів, революцій тощо. Нині ми переживаємо саме такий несприятливий момент, і необхідні не паніка чи волення про допомогу, а напружена щоденна праця у поєднанні з усвідомленням необхідності тимчасово знизити запити до рівня задоволення особистих потреб.

### 5.3. СВІТОВИЙ “ДЕМОГРАФІЧНИЙ ВИБУХ”

Цей загальноживаний термін означає явище прискореного збільшення кількості землян у ХХ ст. Власне, в усі часи люди прагнули відтворити себе у нащадках і піклуватися про них. Наші предки тільки тому й вижили, що робили це досить успішно.

У такій поведінці немає нічого незвичайного, і як тільки у певному місці й у певний час склалися сприятливі для людей умови (як правило, розширювалася база ресурсів живлення), щоразу відбувалося експоненціальне збільшення кількості населення. Надлишкове мігрувало, для решти встановлювався (тут свою роль “відігравали” війни та епідемії) певний стан рівноваги.

Для досягнення чисельності 1 млрд людям потрібен був час “від Адама і Єви” до приблизно 1800 р. Як свідчить діаграма на рис. 23, наступний мільярд додався за 130 років. Це означає, що річний приріст через війни, голодування та епідемії був майже наполовину менший від 1 %. І це при тому, що жінки всіх країн світу народжували по 5–10 дітей, щоправда, багато з них помирало в ранньому віці.

Все змінилося у перші десятиріччя ХХ ст. Хоч блок фашистських країн і розв’язав серію найкривавіших в історії людства війн, а комуністичні диктатори доклали чималих зусиль для знищення мільйонів “непридатних” для життя у “світлому майбутньому”, кількість земель почала швидко збільшуватися. Характер змін населення Землі, починаючи із середини ХХ ст., принципово змінився (рис. 23). П’ятий мільярд з’явився мало не за десять років. Якщо врахувати тих, хто помер, то у середньому в 70-х роках ХХ ст. щосекунди народжувалося п’ятеро дітей.

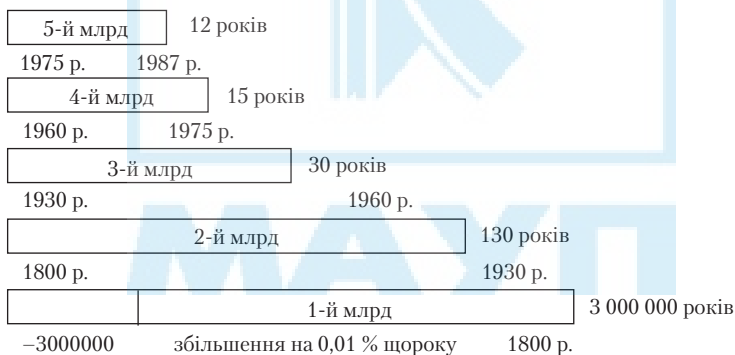


Рис. 23. “Демографічний вибух” – експоненціальне розмноження земель

Більшість фахівців не передбачали цього експоненціального зростання, яке було офіційно назване “демографічним вибухом”. Це спромоглися зробити лише кілька скептиків. Решта учених всіх спеціальностей після завершення війни 1939–1945 рр. були оптимістами.

Фахівці ООН і ЮНЕСКО у 1948 р. вважали, що для появи третього мільярда необхідно буде 60–70 років. Життя швидко довело, що вони більше фантазували, аніж прогнозували.

Спостерігається певна аналогія у природі помилковості прогнозів часу здійснення наукових відкриттів і досягнення певного рівня чисельності землян. У першому випадку несвідомо чи у пошуках певних вигод фахівці видавали бажане за зовсім близьку дійсність (з погляду психології це пояснюється підсвідомим наміром “полегшити” і прискорити настання жаданої події”). У другому випадку бажане також видавалося за найімовірніший варіант розвитку подій. Автори прогнозів походили з розвинених країн і мали вищу освіту. Вони міркували цілком логічно, але використовували власну систему координат, європейський чи американський варіанти шкали пріоритетів потреб людини. Ці люди чудово знали якщо не закони синергетики (ця наука якраз формувалася), то висновки англійських економістів Т. Мальгуса (1766–1834) і Д. Рікардо (1772–1823) про правило надмірного збільшення людності до того стану, коли наявних природних ресурсів буде недостатньо, щоб забезпечити ними населення, і, отже, збільшиться кількість бідних і голодних. Вони вважали, що батьки можуть забезпечити 2–3 дитини.

Зовсім іншими були пріоритети більшості населення Землі. На момент початку “демографічного вибуху” люди переважно проживали у селах і вели традиційне господарство — без багатокілісних тракторів, збалансованих мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин. Якщо поставити себе на місце сімейної пари у таких умовах, врахувати тисячолітні релігійні та соціальні традиції заборони переривання вагітності та сприяння великим сім’ям, уявити характер та інтенсивність щоденної безперервної фізичної праці, значно більшу імовірність дитини померти, аніж вижити, екстраполювати таке життя на свою старість з фізичною неміччю і повною неможливістю самотужки виробляти засоби живлення (отже, цілковиту залежність від підтримки синів і доньок), то стане зрозуміло, що надзавданням було забезпечити появу цих самих синів і доньок.

У гонитві за “продукуванням” найнеобхіднішої частини робочої сили батьки навіть самі знищували “зайвих” доньок. Так робили кочівники Близького Сходу аж до появи мусульманства з його заборонаю вбивати маленьких дівчаток, а трохи більше двадцяти років тому така сама “демографія” відродилася в селах соціалістичного Ки-

таю. Наприкінці 70-х років XX ст. для порятунку від голоду керівники компартії ліквідували колгоспи і роздали землю селянам. Ті отримали право вільно використовувати надлишки продукції (торгувати на ринку, обмінювати тощо), яку за умови високого врожаю могли зібрати на власній землі.

Оскільки на той час у Китаї вже діяв закон, згідно з яким кожна родина мала право народити лише одну дитину, то сім'ї після тяжких роздумів почали знищувати новонароджених доньок, слабкі руки яких у майбутньому ніяк не могли придатися для фізичної праці на полі. Якщо факт пологів не можна було приховати, батьки запевняли, що дитина народилася мертвою.

Експерти вважають, що хоч за два роки після повернення землі селянам сільськогосподарське виробництво у Китаї зросло майже удвічі, а в продажу окрім капусти з'явилися інші продукти в необмеженій кількості, у віддалених селах було знищено від 5 до 10 (20?) мільйонів дівчаток. Ситуацію було виправлено тотальним контролем за пологами.

Для зміни стратегічних підходів батьків до планування сім'ї, як виявилось, надто мало початків загальної писемності та закликів іноземних вчених до “поміркованості у відтворенні”. Аналізуючи новітню історію багатьох країн, переконаємося: головним поштовхом для початку зменшення кількості пологів на одну жінку є її цілковита впевненість у тому, що ризик втратити дитину набагато менший від імовірності досягнення нею дорослого віку. Для усвідомлення більшістю населення аграрних країн цієї обставини, як виявилось, необхідно було від 30 до 50 років.

Для успішного здійснення планування сім'ї потрібне ще й матеріальне забезпечення у формі прийнятних для конкретного етносу засобів запобігання вагітності. Тут проблемою стало поширення необхідних для цього знань, а не виробництво медикаментів. Лише лічені країни, що розвиваються, із самого початку взяли щонайактивнішу участь у спробах загальмувати “демографічний вибух”. Здебільшого, отримавши незалежність, країни були охоплені політичною нестабільністю, їхнє керівництво найчастіше вирішувало особисті питання, не дбаючи про демографічні проблеми.

Дві наддержави (СРСР і США) займалися перекупуванням продажних клік у країнах “третього світу” для поповнення складу свого “ідеологічного табору”, торгівлею зброєю, підшттовхуючи своїх



протеже до зведення застарілих рахунків, про джерела яких часто свідчили лише легенди.

Нині відомо, що значна частка вини у надзвичайних масштабах “демографічного вибуху” в екс-колоніях лежить на тих розвинених країнах, до сфери впливу яких входили ці місцевості. Так і не спромігшись забезпечити в них справді високий рівень освіченості, достатній для самоорганізації суспільства на раціональних засадах, частина колоніальної адміністрації з найкращих гуманістичних міркувань зуміла таки ліквідувати основні причини надмірної (хоч і цілком природної) дитячої смертності. Не одиниці, а сотні мільйонів додаткових земель з'явилися завдяки такій швидкій і дешевій операції, як щеплення проти захворювання на віспу. Лише у 2–3 рази відрізнялася дитяча смертність у найглухіших куточках Африки чи Азії від її рівня у більшості республік колишнього Радянського Союзу.

Нині масштаби участі великої групи найрозвиненіших держав світу в розв'язанні демографічних проблем аграрних країн, вочевидь, недостатні. Експерти вважають, що така політика є стратегічною помилкою. Вона не тільки вкрай ускладнить вирішення глобальних екологічних проблем, а й найближчим часом загрожуватиме початком розколу світу на “Північ” і “Південь”, які ворогуватимуть через розподіл світових ресурсів.

Всі ці похмури передбачення здійснені в умовах ігнорування початку появи надвисоких технологій фахівцями, переконаними у тому, що в майбутньому аграрне і промислове виробництво фактично не змінюватимуться і кількість ресурсів буде недостатньою для великого населення. Будемо сподіватися на те, що дійсність у черговий раз засвідчить спроможність людей знайти прийнятний вихід з критичної ситуації.

#### **5.4. ЛЮДНІСТЬ СВІТУ: СТАН І ПРОГНОЗИ**

Діаграми і таблиці чисельності населення в різних країнах світу з прогнозами їх змін у майбутньому належать до найпопулярніших тем засобів масової інформації. Наведемо одну з них.

У першій частині заключної довідки для відомої Конференції ООН з довкілля і розвитку в Ріо-де-Жанейро (1992) висвітлено стан людності світу. Вже у її вступній фразі наголошено, що кількість населення Землі продовжує дуже швидко (практично на три особи щосекунди!) зростати (табл. 7).

**Темпи і прогнози демографічних та економічних змін  
у найнаселеніших країнах світу**

Країна	1968 р.		1987 р.	2025 р.	
	Чисельність населення, млн осіб	Щорічний приріст, %		Чисельність населення, млн осіб	
		Населення	ВВП		
Китай	730	1,5	0,3	1 060	1 490
Індія	524	2,5	1,8	803	1 445
СРСР	238	1,3	5,8	283	–
США	201	1,4	3,4	243	300
Індонезія	113	2,4	0,8	172	256
Японія	101	1,0	9,9	122	129
Бразилія	88	3,0	1,6	147	246
Нігерія	63	2,4	–0,3	109	301
ФРН	60	1,0	3,4	62	

Стверджувалося, що за 1990–2000 рр. кількість земель зросте більше, ніж за будь-яке попереднє десятиріччя. Експерти вважали, що межа 6 млрд буде подолана ще до початку нового тисячоліття (цього разу передбачення було точним – нас уже понад 6 млрд!). Вони також виокремили кілька найголовніших особливостей сучасного моменту демографічного вибуху.

- найвищі показники щорічного зростання чисельності населення “забезпечують” найбідніші країни світу;
- спостерігаються перші чіткі ознаки сповільнення темпу “демографічного вибуху”:
  - зменшується кількість країн зі щорічним приростом понад 3 %;
  - в Азії, на яку припадає переважна частина загального збільшення кількості населення, швидко скорочується кількість пологів на одну жінку;
  - поширюється застосування сучасних способів запобігання вагітності в Африці, в екваторіальній зоні якої швидко збільшується відсоток населення, ураженого епідемією СНІДу.

Всі країни світу досить чітко поділилися на дві групи з істотно різною швидкістю збільшення людності: багаті розвинені країни з меншим від 1 % річним приростом (нещодавно до них долучився і

Китай) і бідні, найрозвиненішою галуззю “виробництва” в яких часто є саме народження дітей (приріст 2,5–4 %).

З огляду на те, що таке співвідношення утримується певний час, так звана вікова піраміда (розподіл людності за віком) набула на початку 90-х років вигляду, подібного до вікової піраміди для о. Реюньйон (див. рис. 11). Аналізуючи її, легко дійти висновку, що ще досить далеко до справжньої стабілізації населення Землі. У недалекому майбутньому у “вік кохання” вступають представники нового покоління чисельністю кілька мільярдів. Навіть якщо вони усвідомлять, що потрібно обмежитися не двома, а лише одним нащадком на сім'ю (Китай ось уже багато років з невеликим успіхом намагається досягти цього стану), то мине ще кілька десятиріч, доки людність Землі стабілізується.

Лишається великою загадкою, на якій позначці це трапиться. Видається цілком фантастичним прогноз, що кількість населення Нігерії досягне майже 1 млрд на 2100 рік, але дотепер, на жаль, справджувалися не оптимістичні, а найпесимістичніші прогнози зростання кількості населення.

Практично не лишилося сумніву в тому, що у 2010 р. чисельність землян перевищить 7 млрд. Згідно з аналізом для переходу слабо-розвинених країн до європейської демографічної політики (досягнення темпу приросту 0,3–0,7 %) потрібно буде 30–40 років, а за цей час населення Землі “за інерцією” зросте до 10 млрд.

Оскільки ця стадія означатиме не зупинення, а лише сповільнення збільшення чисельності населення планети і що зміна свідомості на нову з бажанням скорочувати всю популяцію (за умови добровільної відмови від повного задоволення прокреаційних фізіологічних потреб) потребуватиме додаткових  $Z$  років, то максимальне значення людності Землі повинно досягти 15 млрд осіб.

Втім не виключено, що легке і швидке опанування людьми термоядерного синтезу і маловідходних технологій разом з переходом на живлення переважно продуктами штучного фотосинтезу з “полів” у пустелях та океанах тощо розширить ресурсну базу людства настільки, що воно наприкінці третього тисячоліття сягне таки позначки 25 млрд.

Узагальнюючи викладене вище, можна скласти прогноз на майбутнє, як показано у табл. 8. Щодо можливостей Землі забезпечити нормальними умовами існування таку кількість населення йтиметься нижче (деталізовані передбачення — в останньому розділі).

**Майбутнє населення Землі на момент початку зменшення  
його чисельності**

Сценарій розвитку	Імовірність	Максимальна кількість землян, млрд	Час досягнення максимальної кількості землян, роки
Негайне усвідомлення населенням нерозвинених країн необхідності обмеження однією дитиною у кожній сім'ї. Повна відмова від багатодітності. Загальне вживання сучасних засобів контрацепції	Мала	8–10	2025–2040
Поступове введення контрацепції, усвідомлення необхідності обмежитись у сім'ї двома дітьми, згодом — однією дитиною	Висока	14–17	2050–2070
Штучний фотосинтез та інші радикальні зміни у розширенні ресурсів енергії і технологіях виробництва. Швидке подолання СНІДу за збереження помірної народжуваності	Невисока	25–30	2090–2099

**Для допитливих. Про регулювання зростання чисельності населення і небезпеку “імміграційних бомб”**

Індія проголосила початок виконання першої державної програми регулювання населення і сімейного планування у 1952 р., коли чисельність її населення становила приблизно 400 млн. На той момент щорічний приріст був невеликий і, за підрахунками експертів, час подвоєння населення становив 53 роки (отже, межу 800 млн країна мала перейти приблизно у 2005 р.).

Про повний провал багаторічних зусиль керівників Індії та її місцевої адміністрації свідчать дані табл. 7 і такі факти:

- межу 800 млн було перейдено на 25 років раніше і так успішно, наче уряд всі 30 років заохочував народжуваність, а не випробовував практично всі існуючі методи її зниження;
- якщо до початку програми щорічне зростання населення було 5 млн, то у 1987 р. — 17 млн осіб;
- час подвоєння з вказаних вище 53 років зменшився до 30 (прогноз 1987 р.).

Нині населення Індії вже перевищує 1 млрд і далі збільшується так, наче країна вирішила якомога швидше випередити Китай.

Фахівці називають чимало причин провалу програм сповільнення приросту населення в Індії й подібних аграрних державах: неписьмен-

ність більшості населення (особливо потенційних матерів); бажання селян мати від дітей фізичну допомогу; звичай раннього одруження; культ кохання як головного джерела радості людського буття; відсутність узгоджених з менталітетом населення засобів контрацепції та ін.

Значно більшого у скороченні темпів приросту населення досяг континентальний Китай, застосувавши для цього обмежувальні закони (категорична заборона ранніх шлюбів; родина має право лише на одну дитину тощо) і дедалі жорсткіший контроль за його виконанням.

Причин того, чому Китай зумів досягти певного успіху там, де Індія зазнала повної невдачі, мабуть, чимало, а їх дослідження важливе й для інших країн. Ми ж звернемо увагу читачів на ту обставину, що в Індії уряд переважно “запрошував” населення поводитися певним чином, рекомендував і обґрунтовував скорочення складу сімей. Це відбувалося на тлі “зеленої революції” з її прогресом у врожаях. В Індії не було драконівського законодавства китайського зразка, а знищення новонароджених дівчаток не набуло “китайської” інтенсивності. Схоже, що у малорозвинених країнах проблему надмірної народжуваності розв’яже або життя, або залізна диктатура.

А чи варто взагалі скорочувати народжуваність, враховуючи всю сукупність економічних чинників? Адже економісти вказують, що подвоєння кількості робочих рук сприяє розширенню виробництва у 3–4 рази і ще більшому зростанню сукупності харчових та інших ресурсів. Екологи не аплодують цим твердженням, знаючи, що на примноження засобів життєзабезпечення забракне полів і нових родовищ руд і мінералів. Та й про зростання забруднення довкілля також забувати не варто.

Якщо узагальнити ситуацію у світі в перші роки ХХІ ст., то можна стверджувати, що переважна більшість країн “слухає економістів” і не звертає уваги на екологів. Це, звичайно, завершиться жахливим колапсом, якщо людство найближчим часом не порятують нано-, піко- і фемто-технології.

Усе вказане вище — далеко не всі неприємності, які несуть із собою збільшення населення і міграційні процеси. Одну з нових загроз пропонуємо називати “*явище імміграційних бомб*” [33], позначаючи цим не прості аналоги “нещадного російського бунту”, а гранично складні для щасливого вирішення конфлікту і суперечності, спричинені появою серед автохтонного населення великих груп іммігрантів з іншим менталітетом, релігійними поглядами і культурою.

Найбільш характерна для повоєнної Європи “іммігрантська бомба” — косовська проблема у розколотій на багато частин Югославії. Косово у минулому — сербська територія, а в часи, коли багатонаціональною Югославією керував Йосип Броз Тіто (1892–1980), вона стала справжнім “магнітом” для втікачів із сусідньої Албанії, де всі ресурси спрямовувалися не стільки на побудову соціалізму, скільки на спорудження сотень тисяч бе-

тонних дзотів і дотів. Поступово в Косово албанців стало набагато більше, ніж сербів, а тому вони почали вимагати “пропорційної” частки влади і ресурсів. Смерть Тіто, чий розум і воля мали міцність сталевого обруча, відкрила шлях до початку розпаду “югославської діжки” на багато уламків.

“Іммігрантська бомба” у Косово вибухнула з жахливою силою і з такими неприємними наслідками, що демократичний, цивілізований і дуже врівноважений Захід змушений був забути про власні принципи, гасла і обіцянки. Ліквідовуючи перетворення локальної різанини на повне винищення всіх дітей, жінок, старих і більшості дорослого населення в Косово, США та інші члени НАТО змушені були діяти далеко не в “білих рукавичках”. Цим вони заслужили, звичайно, критику з боку своїх все ще численних недоброзичливців і аплодисменти з боку керівників таких анклавів, що сподіваються повторити шлях косоварів і створити свій власний невеликий “косовофатерлянд” всупереч міжнародним конвенціям та угодам про “недоторканність повоєнних кордонів” та ін.

Та не тільки “анклави” створюють загрозу. Кілька слів з приводу серії “іммігрантських бомбовибухів” 2005–2007 рр. у мало не найдемократичнішій державі світу, якою має підстави вважати себе Франція. Її керівники вже багато років скеровували величезні кошти у так звані зони пріоритетного розвитку, де в навчальних закладах усіх рівнів був найвищий відсоток дітей іммігрантів з африканської франкомовної зони. Ця молодь вивчила всі нормативні дисципліни, засвоївши насамперед все, що багато разів мовилося про непорушність прав людини, про засади демократії, суспільну справедливість та ін. Під час непоодиноких інтерв’ю підлітки, які здійснили тисячі підпалів авто та інші безчинства, вміло жонглювали цими поняттями, звинувачуючи усіх — від Президента і міністрів аж до пересічних французів — у несправедливому ставленні до національно-релігійних меншин і неможливості свого швидкого перетворення “на еліту Франції”, а також у відсутності вільного доступу до всього бажаного для них.

Які ж помилки зарубіжні експерти закидають тепер французам в їхніх діях щодо потоку іммігрантів? Їх типовий перелік містить чимало різнопланових позицій:

1. Франція у період особливо гострої потреби в нових робочих руках, побоюючись потенційних “комуністичних агітаторів” з Центральної і Східної Європи, запросила до себе вихідців з Африки та Азії, які в релігійному і духовно-культурному сенсі були надто далекими від християнсько-європейських стандартів. Цей контраст між французами та іммігрантами не зменшувався, а збільшувався, чого не чекали і не передбачували керівники Франції.

2. Світовий досвід свідчить, що ймовірність культурної асиміляції іммігрантів, хоч і залежить від багатьох односпрямованих факторів, найбільше зумовлена їх середнім освітнім рівнем. Імміграція у Францію була переважно малограмотною, що виключало використання прибульців на робочих місцях з хорошими заробітками. Цю помилку французів своє-

часно помітила і намагається виключити Канада, яка вимагає від кандидатів на своє громадянство мало не наукового ступеня з дефіцитних спеціальностей

3. Сприйняття іммігрантом системи цінностей нової для себе держави значно прискорюється у разі “розпорошеності” подібних до себе, виключення явища постійного перебування в оточенні рідних і сусідів, для яких французька мова, культура і релігія є чужими. Існують цілком природні причини того, що іноземці намагаються “компактуватися” у чужому оточенні й хочуть бути якомога ближчими один до одного. Уряд Франції не завадив швидкому формуванню чималих анклавів іммігрантів-мусульман, де після спричиненого подібним не надто приємним сусідством вимушеного відтоку французів склад населення став абсолютно неприродним для Франції. Молодь у школі чула одне, а удома — зовсім інше. Самі собою виникли сотні (тисячі?) підліткових груп з класично-біологічною ієрархічною структурою та ідеальними умовами для посилення поділу за лінією “ми (іммігранти)” і “вони (французи)”. Наслідки усього цього і виявили себе не лише у Франції, а й у Німеччині, Великобританії. Висока ймовірність їх перенесення навіть до Скандинавії, де кількість народжень у родинах іммігрантів невдовзі буде більшою, ніж у корінних мешканців.

4. Французи доклали дуже багато зусиль у наданні іммігрантам та їхнім дітям можливості вчитися. Але ні уряд, ні всі громадяни не спромоглися забезпечити повний контроль над імміграцією щодо запобігання випадкам прибуття людей, яких не чекали, які не бажали реєструватися у поліції, не могли отримати легальну працю та ін. Країна мала ідеалізовано-ліберальні демократичні закони, які полегшували протиправну діяльність не лише підліткових груп, а й серйозніших об'єднань (подібну та іншу додаткову інформацію наведено у статті [36]).

На завершення викладу теми “іммігрантські бомби” лишається лише сумне визнання: ці “зуби дракона” з цілковитою гарантією вибухатимуть у будинках, кварталах, районах і регіонах, де іммігрантам належатиме більшість у складі населення. Тоді вони вимагатимуть не просто “рівності” з автохтонами, а й “переваг” — уведення “своїх” правил на прибудинковій території, дотримання власних норм у школах, повноти влади у місцевих органах, повної свободи у здійсненні релігійних обрядів у просторі (створення культових споруд) і часі (ритми не за державним розкладом свят, а за своїм національним) тощо.

І це лише “стартові” вимоги на основі світових конвенцій про права людини і захист дітей. Для відвернення загрози “іммігрантських бомб” необхідно так багато, що ми не зможемо згадати хоча б головне у своїй книзі. Лишається сподіватися “на краще” і на те, що Канада чи Ірландія виявляться спроможними надати всім іншим розвиненим країнам приклади цілковитого “розмінування” всього цього небезпечного поля.

### З чужого досвіду

У світі на межі сторіч значно активізувалося змагання різних держав у будівництві так званих “хмарочосів”. Це дуже нерозумні дії, бо подібні споруди надзвичайно вразливі, дороги та небезпечні. Хмарочоси – ознака пихи і примітивізму, адже найбільш культурні та демократичні держави (Нідерланди, Норвегія, Швеція, Ірландія й багато інших) обходяться без них навіть у місцях з дуже густим населенням.

Будемо сподіватися, що Україна прилучиться до “розумних” держав і відмовиться від безглузду змагання з “хмарочосними переможецями”, які знехтували і законами екології, і правилами безпеки життєдіяльності

Зарубіжні джерела інформації далеко не завжди можна вважати цілковито надійними і будувати на цій підставі якісь великі плани і передбачення. Досить часто для привернення уваги чи з інших мотивів вони вміщують матеріали, які суперечать законам природи.

Прикладом є презентація в середині червня 2008 р. у м. Осака автомобіля, пального для якого – будь-яка вода. Його рекламують як “нове слово”, адже він з води виробляє водень і використовує його окислення для забезпечення роботи двигуна. Насправді ж засоби “розкладання води” настільки дорогі, що, як і багато подібних попередніх спроб, японський “водоавтомобіль” ніяк не вплине на еволюцію транспорту

## 5.5. ДЕМОГРАФІЧНА КАТАСТРОФА В УКРАЇНІ

Мало у світі народів, чия доля у ХХ ст. була б тяжчою і несприятливішою, ніж в українського. Двічі тривалий час фронти перерізали її живе тіло, фашистська і більшовицька імперії, хоча й у різний час, але здійснювали однакову політику фізичної, мовної й ідеологічної колонізації, ліквідації українського етносу.

Ідеологічний розкол української нації підняв брата на брата, полегшив “возз’єднання” частин України то з Польщею, то з Росією. Хоч і російський народ дорого заплатив за спробу реалізації маячної мрії побудувати “ідеальне суспільство” на всій Землі на основі повного вилучення прав у його громадян і абсолютної стандартизації їхнього духовного життя, та втрати українського народу виявилися незрівнянно більшими.

У царині демографії вони просто жахливі. Українців у межах України нині майже стільки ж, скільки було перед початком наступу “ленінських військ” на молоду державу. Їх вже чи не менше, як поляків у Польщі. Нескладні підрахунки переконують, що в умовах справжньої, а не декларативної незалежності навіть у малосприятливих умовах українців мало б бути не 36 млн, а 75–90 (100?).

Друге “возз’єднання” зі “старшим” братом коштувало українському народу 50–60 млн життів.



Дай, Боже, українцям глузду і сил врятуватися від “третього возз’єднання”, до якого нас так посилено запрошують з Москви, і навчитися господарювати на власній землі.

Утримаємося від розширеного викладу сумної теми української демографії. Багато слів на цю тему замінять нам дві ламані лінії на рис. 24, невпинний рух яких до перетину в 1991 р. незаперечно свідчить про справедливість даних Міжнародної організації охорони здоров’я про справжній, а не декларований комуністами рівень життя й медичної допомоги у Радянському Союзі. Ми не вказуємо детальні дані про народонаселення України за всі роки незалежності, обмежившись “необхідними фрагментами”.

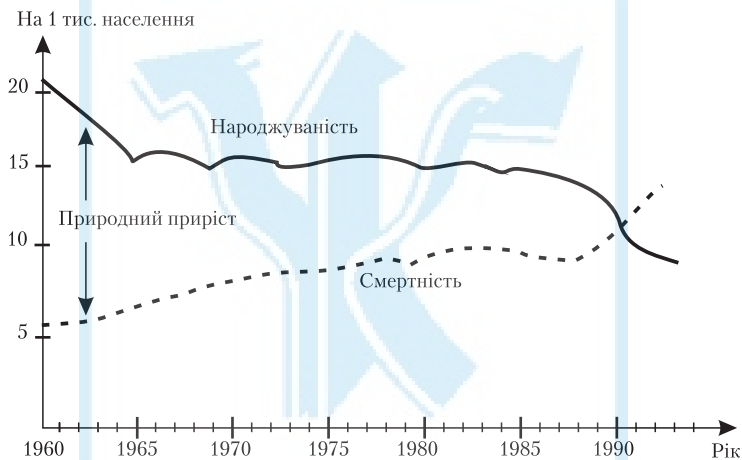


Рис. 24. Демографічна динаміка в Україні за 35 років

Один з таких “фрагментів” — побудована нами на рис. 25 статевовікова діаграма, з якою наша Вітчизна зустріла нове століття. На ній пунктирними лініями I, II і III вказано варіанти демографічного розвитку після 2001 р. Песимістичні варіанти I і II відповідають продовженню тенденцій 90-х років і подальшому скороченню населення України (I — прискорений процес, II — рівномірний). На щастя, останні дані свідчать про те, що на даний момент, хоч смертність старих осіб лишається високою і загалом населення все ще скорочується, рівень народжень поступово зростає і перебуває вже приблизно на півдорозі до тенденції III. Будемо сподіватися, що поліпшення економічної ситуації в Україні прискорюватиметься (приріст ВВП останніми рока-

ми становив від 6 до 9 %), а тому й рівень народжуваності зростатиме так само швидко.

Корисно було б до спорадичних рухів урядів щодо підвищення одноразової допомоги родинам після народження дитини (у стилі — “на памперси”) додати ще й нормальне піклування щодо тієї вікової групи, яка спроможна “продукувати немовлят”. Але для цього необхідно радикально переорієнтувати роботу всього житлово-будівельного комплексу. Для кого саме й чому цей комплекс на даний момент так напружується — всім відомо.

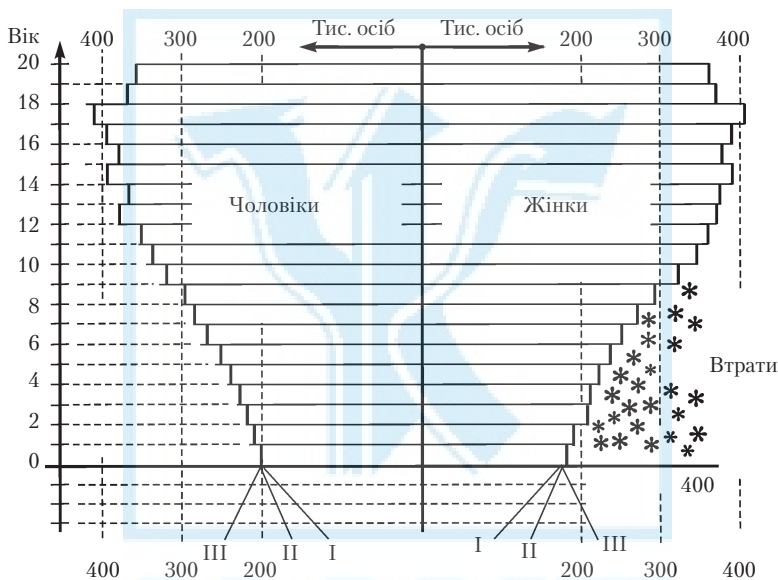


Рис. 25. Статеві-вікова діаграма населення України (початок 2001 р.) і можливі варіанти її змін у майбутньому

## 5.6. РЕСУРСИ ПЛАНЕТИ І ПОТРЕБИ ЛЮДСТВА

Незважаючи на бажання невпинно наголошувати на можливостях нано-, піко- і фемтотехнологій, ми вирішили зберегти “фактаж” перших років ХХІ ст. з необхідною незначною кількісною корекцією, адже значні позитивні зрушення, враховуючи кількामільярдну чисельність ворогів інновацій, настануть, на жаль, не одразу.

### 5.6.1. Поняття “ресурси”

Як і чимало інших узагальнюючих термінів, поняття “ресурси” прийшло до нас з французької мови (*ressources*) і походить від стародавнього дієслова, яке означало “вирішити, виплутатися з проблем, розв’язати”. Як і на своїй батьківщині, термін “ресурси” у нас вживають для позначення будь-яких матеріальних чи нематеріальних об’єктів або засобів, які необхідні комусь і чомусь для задоволення своїх потреб, досягнення мети чи вирішення проблеми.

Навіть якщо обмежитися лише проблемами людини, діапазон поняття “ресурси” лишається дуже широким — від “ресурсів мови” для поета чи письменника, “ресурсів організму хворого” для лікаря аж до “ресурсів нафти у певному родовищі” для геолога. Ми розглядаємо ту частину всіх можливих “ресурсів”, які у звуженому значенні необхідні для виживання людності й задоволення її потреб, а в ширшому — для створення більш-менш стійкої системи з нас та довкілля (для заміни біосфери на ноосферу).

Зазначимо, що номенклатура ресурсів дуже швидкозмінна: список потреб одного лише виробництва завтра вже буде не таким, як учора. Зміни технологій, відкриття та інші причини (серед них певне місце належить і примхам моди) “раптом” перетворюють нікому не потрібну раніше сполуку чи елемент у щось надцінне, варте пошуків мало не в центрі Землі.

Ця обставина значно ускладнює роботу пророків і прогнозистів. Наприклад, найвідоміші геологи світу на початку ХХ ст. дискутували з приводу того, коли будуть вичерпані “останні родовища залізної руди” — до 1930 р. чи пізніше. Як відомо, винайдення порівняно простих технологій збагачення руд надзвичайно розширило сировинну базу виробництва заліза. Нині проблема “залізного голоду” взагалі не входить до списку загроз розвитку цивілізації.

Наведемо спрощену класифікацію ресурсів, які поділяються на три великі групи:

- *матеріальні* (будівлі, транспорт, інструмент, а також інші засоби виробництва та задоволення потреб людини, що мають антропогенне походження);
- *трудові* (наявне населення, його віковий склад і стан здоров’я, освітній рівень, інтелектуальна активність і професійна компетентність, інформаційне забезпечення тощо);
- *природні*.

Останні потрібно розглянути детальніше, бо вони безпосередніше, ніж дві інші групи, стосуються теми посібника. До того ж, як на нашу думку, людність Землі загалом вважає, що у неї майже немає проблем з першими двома групами ресурсів (як тут не нагадати, що всі скаржаться на пам'ять і ніхто — на брак розуму).

### **5.6.2. Природні ресурси**

Природні ресурси — дуже широке поняття. За радянських часів до них зараховували “всі компоненти довкілля і всі умови існування, які тією чи іншою мірою потрібні для людини чи безпосередньо використовуються нею для задоволення всього комплексу власних потреб”. Цілковито ігнорувалися екологічні пріоритети. На догоду “задоволенню забаганок і потреб” керівної еліти існуючого покоління вважалося допустимим обкрадати усі наступні покоління й шкодити їх здоров'ю.

“Екологічні” визначення природних ресурсів охоплюють як наведені рядки, так і доповнення типу “... потреб сьогодення, близького та віддаленого майбутнього”.

Існують кілька варіантів класифікації природних ресурсів. За типовою класифікацією до них належать:

- *біологічні* (біотичні — харчові продукти тваринного чи рослинного походження та абіотичні — повітря, вода тощо);
- *енергетичні* та *мінеральні* (традиційні й нетрадиційні джерела енергії і види палива, рудні та інші види сировини тощо);
- *кліматичні* (сприятливі для життя, праці, розмноження температура, вологість, опади тощо);
- *життєвий простір* (місце для проживання, праці та відпочинку);
- *генетичний фонд* (заповідники та засоби збереження видової різноманітності довкілля як ресурсу для забезпечення рівноваги біосфери і виведення нових продуктивних сортів рослин і тварин).

Окрім цього поділу використовують три парних поняття для іншої градації ресурсів:

- *вичерпні* — *невичерпні* (1 — 2);
- *відтворювані* — *невідтворювані* (3 — 4);
- *замінні* — *незамінні* (5 — 6).

Належність природного ресурсу до певної сукупності з наведених шести груп часто є, з одного боку, темою дискусій фахівців, а з

іншого — наслідком тих змін, що відбулися у виробництві та свідомості людей.

Наприклад, на нашу думку, повітря є вичерпним, невідтворюваним і незамінним (1 — 4 — 6). Проте чимало науковців вважають, що його слід зарахувати до “невичерпних” природних ресурсів (варіант 2 — 4 — 6).

Спробуйте самостійно проаналізувати належність кількох відомих і важливих видів природних ресурсів до наведених шести груп (території, води, кухонної солі, вітру, дощу тощо). Переконайтеся, що це доволі цікаве заняття.

Прикро зазначати, що за історично дуже короткий час скоротилася кількість тих ресурсів, які мали шанси вважатися належними до груп 2, 3 і 5. Для прикладу проаналізуємо ситуацію з енергоресурсами на Землі та в Україні.

### ***5.6.3. Генеза використання енергетичних ресурсів***

Відомо, що найпоширенішими і найулюбленішими казками для малих і дорослих є ті, де здійснюються основні бажання, а умови життя є легкими і приємними.

Не дивно, що всі відомі нам політичні вчення чи релігії аналогічно-го спрямування спокушали своїх потенційних адептів або близьким і ймовірним здійсненням “раю” на всій Землі чи в окремо взятій країні (комунізм, націонал-соціалізм тощо), або гарантованою перепусткою на довічне поселення у “райську зону на тому світі” (християнство, мусульманство та безліч інших великих і малих релігій).

Проте дійсність на поверхні Землі й нині далека від “райської”, а в минулому була ще суворішою. Не було тоді ні професійних художників, ні філософів, ні поп-співаків (музикантів). Усім доводилося працювати фізично, рухатися, виконувати важку, а отже неприємну роботу. До того ж тоді (утім, як здебільшого й нині) люди й не здогадувалися, що відчуття “щастя” не залежить від кількості їжі, одягу, розваг, природного оточення та ін. Як нещодавно довели науковці, відсоток щасливих і нещасних є константою, яка визначається психофізичними особливостями самої людини. Вона одна й та сама серед бідних і багатих, ув’язнених і вільних, білих і чорних. Сподіватися на те, що в якихось умовах усі стануть щасливими — безглуздо. Інша річ — слід уникати частих і глибоких суспільних змін, під час яких відсоток нещасних тимчасово стає аномально високим.

Від людей залежить інше — якість життя, безпека життєдіяльності, зниження кількості невиліковних захворювань та ін. Саме це й було метою людей завжди — від доісторичних часів аж до сьогодення.

Якість життя залежить насамперед від використання різноманітних знарядь праці та якнайбільшої кількості енергії. У межах теми “енергетичні ресурси” для нас найсуттєвіша та обставина, що Homo sapiens дуже давно спромігся добути собі такого “енергетичного раба”, як вогонь. Значно пізніше до нього додалися свійські тварини, водяні млини і вітряки, врешті — теплові машини.

Немає нічого дивного в тому, що “прогрес цивілізації” (кількість людей і якість їхнього життя) — це прогрес у винайденні доступу й освоєнні людиною щораз нових джерел енергії. Цікаво, що не було, на наш погляд, ні суттєвого випередження енергетикою потреб суспільства, ні значного відставання, яке очевидно (і надовго) загальмувало б розвиток. Йдеться про те, що багаторазово звучали передбачення про “настання нафтової кризи в... році, газової кризи — в... році, бо всі запаси будуть вичерпані за... років”. Якби здійснилося бодай 10 % цих прогнозів, то давно не стало б літаків, а на дорогах домінували б кінні карети і велосипеди.

Позитивний бік цих прогнозів полягає, мабуть, лише в тому, що вони полегшують усвідомлення необхідності всілякої економії енергії, винайдення і запровадження методів її якнайдоцільнішого використання. А що це суперактуально насамперед для умов України — годі й говорити.

Це так важливо, що, ризикуючи повторитися, трохи поміркуймо.

Середня потужність віслюка приблизно 100–150 Вт, коня (для тривалої роботи) — 500 Вт. Якщо людина виконуватиме роботу виключно ногами і впродовж не більше 8 годин, то її середня потужність становитиме 80 Вт. Залучення рук знижує ефективність використання енергії їжі у кілька разів. Це означає, що руками протягом 8 годин ми зможемо розвивати потужність ледь 10–20 Вт. Ці дані допоможуть зрозуміти, скільки “ручних рабів” пітніють даремно, якщо у кімнатах без людей світять дві лампочки по 100 Вт і люстра 500 Вт, на кухні горить газ, нагріваючи своїми 1500 Вт і без того спекотне повітря і виділяючи у приміщення отруйний СО, а у ванні з діявого краніка тече струмочком гаряча вода, для підігрівання якої теж необхідні 500–1000 Вт. Пошкодуйте “рабів” і “віслючків”, вимкніть непотрібне.

*Економте енергію* й тоді, коли розбагатієте, видатки на газ, гарячу воду і електроенергію не обтяжуватимуть вас.

А ще краще — поєднати уникнення безглузлого витрачання енергії з модифікацією виробництва з метою її раціональнішого використання для задоволення наших потреб. Поміркуємо трохи над табл. 9, складеною фахівцями Міжнародного енергетичного агентства у 1988 р. Вона дуже промовиста. Із соціалістичних країн до неї увійшли лише ті, які не засекречували основних статистичних даних про свою промисловість і рівень життя населення. Оскільки структура української промисловості дуже близька до польської, майже однакове становище з енергоносіями, то відповідно Україна теж витрачала на створення одиниці добробуту вдсятеро більше енергії, ніж французи чи японці.

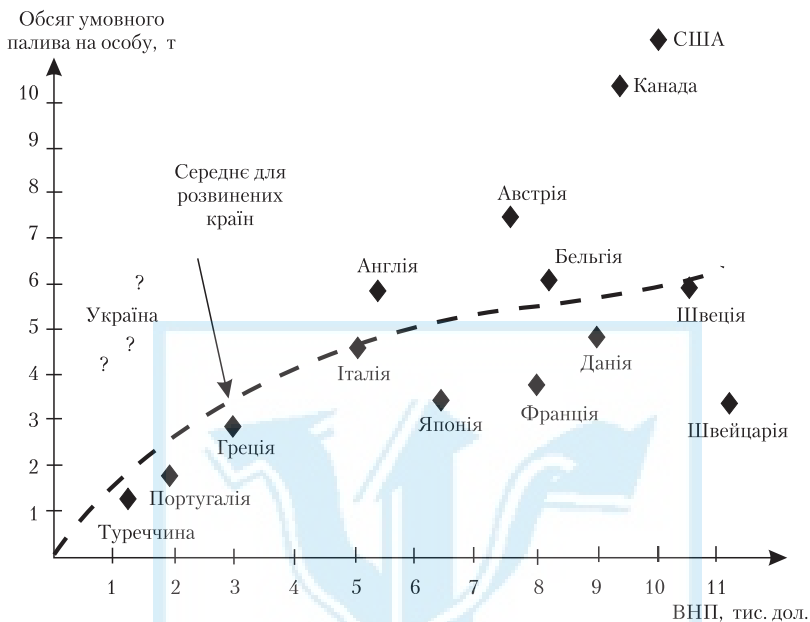
Таблиця 9

**Відносні витрати енергії  
для отримання одиниці валового національного продукту**

Країна	Відносні витрати енергії	Країна	Відносні витрати енергії
Франція	1,0000	Індія	3,3658
Японія	1,1235	Бразилія	4,9768
Італія	1,2965	Угорщина	5,6972
ФРН	1,2967	Польща	10,1217
США	2,3699		

Ми глибоко переконані, що коли негайно і беззастережно не відмовимося від енерговитратних технологій і виробництв, то ніколи не наблизимося до середньої західноєвропейської зарплати. Конкурентоспроможність нашої продукції доведеться забезпечувати як мізерною середньомісячною платою робітникам (і ще меншою — вчителям, пенсіонерам, науковцям), так і подальшим руйнуванням і забрудненням довкілля.

Недовірливі можуть заперечити, що останні рядки табл. 9 видаються їм малоймовірними. Звернімося для арбітражу до рис. 26. Тут зображено розподіл кількох розвинених країн за енергетичними витратами (вони відкладаються на вертикальній осі) і валовим національним продуктом, що припадає на одного жителя. Цей розподіл (з невеликими варіаціями) ось уже років 15–16 входить в усі міжнародні економічні довідники, не викликаючи суттєвої критики чи заперечень експертів й економістів. Він придатний і нині (з корекцією на ту обставину, що приблизно утричі “подешевшав” долар США).



**Рис. 26. Зв'язок витрат енергії та валового національного продукту для різних країн (дані Світового банку для першої половини 90-х років)**

Цей розподіл експерти й економісти використовують для підтвердження вже висловленого твердження про приблизну пропорційність між валовим національним продуктом у розрахунку на одного жителя і рівнем загального енергоспоживання. Саме “приблизну”, бо фізико-географічні умови, структура промисловості та звички населення роблять економіку Швейцарії, Японії, Франції дещо (в 1,5–2 рази) “економічнішою” від канадської чи американської.

Для нас суттєва та обставина, що, м'яко кажучи, не дуже розвинені країни позначені точками біля початку координат. І ми, на жаль, все ще перебуваємо у малоприємній зоні, яка позначена запитальними знаками: розтринькуємо енергію на рівні витрат шведів, а живемо майже як ефіопи.

Для виправлення ситуації та переміщення України на протилежний бік від “середньої” лінії мало проголосити (навіть здійснити) принципи ринкової саморегульованої економіки. Для цього необхідні повна структурна перебудова й оновлення всієї нашої промисловості.



А це і важко, і дуже довго. Ми повинні усвідомити, що на це може піти все наше продуктивне життя.

#### **5.6.4. Енергетичні ресурси Землі та України**

Звернімося тепер до енергетичних ресурсів Землі та України, до аналізу ймовірності енергетичних катаклізмів.

На нашу думку, для людства загалом немає безпосередньої і близької небезпеки енергетичної кризи. Звичайно, не виключені певні збурення типу тимчасового спекулятивного підвищення цін на певний енергоносіє, проблеми у якійсь країні. Але загалом поки що (і в найближчому майбутньому) люди знаходять те, чого дуже прагнуть.

За останні 200 років відбулися закономірні зміни у системі джерел енергії у США та інших розвинених країнах. Доки одні спалювали ліси, другі навчилися видобувати і використовувати викопне вугілля. Треті у боротьбі за ринок енергопослуг освоїли нафту, четверті – спорудили гідроелектростанції. Із середини ХХ ст. розпочалося використання ядерної енергії. На жаль, у США (а ще більше в Радянському Союзі) воно було спотворене намаганням поєднати виробництво електроенергії з продукуванням ядерної вибухівки (плутонію).

Наступним кроком у США, безсумнівно, буде застосування термоядерного синтезу. Ось тільки початок “нової ери” у джерелах енергопостачання настане не раніше, ніж американське суспільство відчує нагальну потребу у синтезі. Коли ринок енергії виявить, що кіловат-година з нафти з Венесуели дорожча від кіловат-години з термоядерних електростанцій, то ці джерела з’являться досить швидко.

Останніми десятиріччями використання енергоносіїв у світі неспинно зростало. У 1994 р. загальне енергоспоживання земель практично досягло позначки 10 млрд т у нафтовому еквіваленті. Ця сума утворилася так: 3,2 млрд т нафти + 1,9 млрд т газу + 2,4 млрд т вугілля + 2 млрд т з відновлюваних джерел + 0,5 млрд т з ядерних електростанцій = 10 млрд т нафтового еквівалента.

На який же час вистачить наявних запасів за таких масштабів споживання? Якщо узагальнити трохи суперечливі дані з багатьох джерел (переважно закордонних), то час вичерпання доведених запасів викопного палива за збереження рівня споживання 1994 р. становитиме: вугілля – 440 років, нафта – 30 років, газ – 50 років. Ситуація у світі з нафтою може видатися загрозливою, адже до передбаченої у 1994 р. дати повного колапсу лишається ледь 15 років. Але це помилкове враження. Хоч видобуток продовжує потроху зростати, геологи

не марнують часу. Останні 20 років вони “перемагають”, і загальна кількість доведених запасів не зменшується, а повільно збільшується. Лишається ще чимало недостатньо досліджених зон у глибинах Землі, тому цей процес може тривати ще 10–20 років (або й більше, якщо вулкани й справді формують родовища нафти).

Якщо врахувати zasekrecyування даних більшістю країн, то не буде помилкою стверджувати, що нафти і газу вистачить (враховуючи збільшення видобутку внаслідок зростання населення Землі), як мінімум, до середини ХХІ ст.

Щодо вугілля нижчої якості та сланців з бітумом (не згаданих вище), то їх прогнози запаси у 3–4 рази більші, ніж наведені дані для вугілля. Проблемою є лише висока вартість їх видобутку і велике забруднення довкілля внаслідок спалювання.

Ще приблизнішими є дані про “найстратегічніші” енергоносії: уран і торій. Експерти зазначають, з певними пересторогами, що за сучасних цін на електроенергію економічно вигідно використовувати лише частину родовищ з високим вмістом цих елементів. Те, що визнали окремі країни (Австралія, Канада, Намібія, Південно-Африканська Республіка, США, Китай та ін.), дає підстави стверджувати, що на основі сучасних типів реакторів (вони використовують енергію лише урану-235, якого менше ніж 0,7 % усієї кількості цього елемента) з урану можна отримати приблизно стільки ж енергії, як з нафти і газу разом.

Якщо вже орієнтуватися на ядерну енергетику, то насамперед відразу потрібно застосовувати реактори-розмножувачі, які дають змогу перетворити на ядерне паливо весь уран і весь торій.

У кількох країнах тривалий час працювали експериментальні установки цього типу, тому такий шлях цілком реальний (після отримання необхідної інформації ці реактори зупинили). У цьому разі запаси енергії у можливих для розробки родовищах цих елементів виявляються більшими від усієї енергії, нагромадженій за мільярди років у вугіллі, сланцях, нафті й газі. Якщо вдосконалити “розмножувачі”, то на ядерне родовище перетвориться весь товстелезний гранітний шар континентів. Це ще у багато разів підвищить потенційні енергетичні ресурси людства.

Цікава обставина: Північна півкуля значно багатша на викопне паливо, ніж Південна (там і досі не знайдено жодного великого нафтового родовища). Причиною є те, що в момент накопичення органіки у прадавніх болотах тропіки розташовувалися в Європі, Північній

Африці, на Близькому Сході, у Сибіру, США і Канаді. Їм і належить левова частка вугілля, нафти і газу.

Україні пощастило з вугіллям, набагато менше — з нафтою і газом. Певне уявлення про запаси і видобуток основних видів викопного палива дає табл. 10. А от запаси урану й торію суворо за-секречені. Втім у пресі дедалі частіше з'являється інформація про те, що в центрі України розташована найбільша у Європі копальня для видобутку урану, а загальні ресурси його цілком достатні для самостійного виробництва паливних елементів (стержнів) для українських ядерних електростанцій. Мабуть, лише третини коштів, які вкрав і скерував за кордон наш “видатний” прем'єр-міністр Павло Лазаренко, цілком вистачило б Україні на те, щоб самотужки забезпечити паливом (урановими стержнями) будь-яку кількість ядерних електростанцій.

Таблиця 10

**Балансові запаси і видобуток викопного палива в Україні в 1992\* р.**

Показник	Вугілля, млн т	Буре вугілля, млн т	Нафта і конденсат, млн т	Газ млрд м <sup>3</sup>
Запаси	44 043	2 680	235	1135
Видобуток	100	6,5	4,3	19

\* За наступні 15 років видобуток вугілля зменшився на третину: у 2006 р. Україна спожила 70,6 млн т [54, с. 92], з 2000 р. поступово зростає видобуток нафти і газу, але загалом ці показники майже не змінилися за всі роки незалежності.

Можливості ж негайного збільшення видобутку нафти і газу ускладнюються тим, що вони розосереджені на майже 400 дрібних родовищах, а більші розташовані переважно під водами Чорного й Азовського морів.

Найзначніший наш енергоносієй — вугілля. Проте існує чимало небезпек, які очікують на шахтарів під землею. Недогляд чи застаріле обладнання призводять до нещастя. Для їх відвернення необхідні чималі кошти на оновлення шахт, дегазацію пластів вугілля тощо.

Дешевої енергії на нашій території немає. Не дадуть нам її безкоштовно ні ближчі, ні віддаленіші сусіди. Час економити.

### **5.6.5. Земельні та водні ресурси Землі**

Ми не розглядатимемо, як більшість авторів, ці два види ресурсів окремо. І причиною є не тільки та обставина, що земля без води так само малокорисна, як і вода без землі. Істотношою є їх нерозривна єдність (на

зрошення йде 70 % всієї використовуваної людством прісної води), належність до вичерпних, незамінних і майже невідновних ресурсів.

Ситуація з ними вже давно критична у багатьох зонах Землі, що привабили людей надзвичайно сприятливими умовами для ведення сільського господарства. Їх не можна не помітити, якщо бодай побіжно оглянути карту з позначенням густоти населення. 4–10 і навіть 20 осіб припадає на один гектар (це квадратна ділянка зі стороною 100 м) у місцях згущень селян у країнах “третього світу”. Якщо подумки розташувати 10–20 осіб на цій площі, то легко уявити, що вони без труднощів перемовлятимуться один з одним, бо відстань між ними становитиме всього 25–35 м. І в цих умовах наполегливі люди спромагаються виростити досить рослин і тварин для життя, звести якусь халупу, одружитися і народити дітей, знайти місце на цю халупу, на стежки й дороги, на школи й лікарні та ін.

Так живе сьогодні приблизно половина людства. І можна тільки дивуватися стійкості й працьовитості Homo agricolus, бо життя у подібних умовах з покоління у покоління видається майже дивом. Тим, хто хоче ознайомитися з рекордами витривалості людини та її завзятості, радимо відвідати Бангладеш (у минулому – Східна Бенгалія), де вже давно на одного мешканця припадає менше 1000 м<sup>2</sup> придатної для сільськогосподарського використання землі.

Карта густоти розселення також переконує нас, що на більшості суходолу або немає, або дуже мало людей. На величезних просторах (навіть материку) немає і не передбачається у найближчому майбутньому постійного населення.

Може видатися дивним, чому це люди такі “компанійські”, що десятками скупчуються на одному гектарі. Причина, звісно, не в особливостях поведінки, не у відсутності бажання хлібороба збільшити свої поля, а в тому, що зробити це практично неможливо.

Земельні ресурси Землі вичерпані до краю. Хоча формально на кожного землянина (трохи більше 6 млрд осіб) припадає 2,4 га (площа суходолу 15 млрд га), насправді ж (відніміть льодовики, гори, пустелі, болота, солончаки, міста, аеродроми, шосе, стадіони, басейни, туалети і багато іншого) для виробництва їжі у 1990 р. було 0,28 га, а в 2005 р. стало менше 0,2 га.

Невже з решти 2,2 га немає можливості хоч частину перетворити на городи, поля і луки? Теоретично така можливість лишається. Проте, щоб її здійснити, необхідно для зручних, придатних, але зовсім сухих земель знайти постійне джерело прісної води в умовах, коли

до найближчої ріки сотні або й тисячі кілометрів (Сахара, більша частина Австралії, Аравія тощо). До того ж потрібно створити відведення використаної води, житло і безліч речей, які потрібні людям. Це, звичайно, легше, аніж заселити Марс чи Місяць, але не набагато. А ви хочете у центрі Сахари освоювати плато Тассілі з мільйонами малюнків доісторичних людей?

Справа навіть не в тому, що люди згодні переселятися лише на краще місце (і, бажано, недалеко від батьків), а в тому, що людство не має вільних енергетичних ресурсів для серйозного освоєння пустель, тундри чи схилів гір. Зі сказаного зрозуміло, що людство з великим напруженням, вдаючись до вимушеного масового використання дуже зручних (хоч і вичерпних) носіїв енергії, ледь утримується від небезпеки виникнення масового голоду, підтримуючи хитку рівновагу між збільшенням врожаїв і зростанням своєї чисельності.

На рис. 27 показано етапи збільшення середніх врожаїв зернових у сучасних розвинених країнах Європи. Звернімо увагу на те, що з певного моменту це цілковито пов'язано з додатковими витратами енергії (на обробіток землі, міңдобрива, хімічний чи біологічний захист врожаю тощо).

Справді, тут пригадується вислів, що “за все треба платити”. І якщо є чим, то й пустеля поступово перетворюється на квітучий сад. Типовим прикладом є невеликі арабські країни на берегах і островах південної частини Перської затоки. Відкриття й освоєння останніми роками дуже багатих і зручних для видобування родовищ нафти дало бідним кочівникам і рибалкам таке джерело енергії, що уможливило за двадцять років перетворити нагромадження глиняних халабуд на ультрасучасні зручні міста, а пустелю — на поля і гори, продукція яких вже знаходить ринок збуту в Європі.

Наведемо офіційні дані зміни площі оброблюваної землі (табл. 11), що припадає на одного жителя у двох основних групах країн світу (нагадаємо, що в країнах, які розвиваються, проживає значно більше половини землян).

Хоч і в розвинених країнах не всі харчуються однаково, та нелінива і здорова людина має можливість забезпечити собі “свої” 3000 ккалорій з відповідною кількістю (див. попередній розділ) вітамінів, білків, жирів і вуглеводів. У більшості цих країн, де немає “перебудов”, революцій чи інших катаклізмів, фізіологічний мінімум суспільство забезпечує і для інвалідів, хворих, усіх, хто не може (хоч і хоче) працювати.

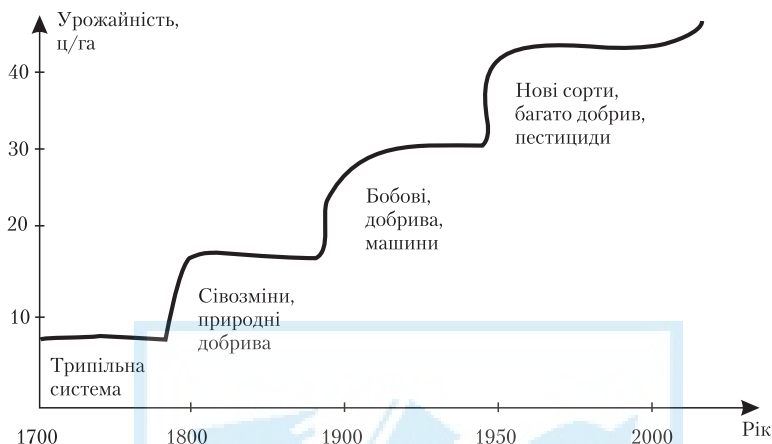


Рис. 27. Динаміка змін середнього врожаю зернових у Західній Європі

Таблиця 11

**Тенденції зміни площі оброблюваної землі,  
що припадає на одного мешканця**

Група країн	Площа оброблюваної землі (на одну особу), га				
	1970 р.	1975 р.	1980 р.	1985 р.	1990 р.
Розвинені країни	0,64	0,61	0,57	0,58	0,56
Країни, що розвиваються	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20

На жаль, зовсім інша ситуація склалася (і найближчим часом на-вряд чи поліпшиться) у найзаселеніших і найбідніших країнах світу. Найавторитетніші всесвітні організації з сумом констатують, що повільно, але невблаганно збільшується кількість постійно голодних людей: 460 млн у 1970 р.; 550 млн у 1990 р.; 650 млн у 2000 р.

Занадто невтішний прогноз на майбутнє. А все тому, що фахівці краще, аніж політики, що мають звичку перед черговими виборами роздавати обіцянки (навіть “гарантії”) вирішити основні проблеми населення, знають реальні можливості здійснення бодай невеликого прогресу. Вони вже давно врахували кожний гектар незасіяної території, підрахували кількість тисяч (часто — мільйонів) доларів США, які необхідні для перетворення його на пасовище чи поле. Їм ясно, що для здійснення цього у великих масштабах необхідно, аби всі розвинені країни одночасно відмовилися від виробництва і розповсюдження зброї, рішуче скоротили армії.

Ми розуміємо, що це абсолютна фантастика. Недаремно свого часу в усій Європі була популярною весела пісенька: “Як це чудово, бути генералом!” Але нас хвилює таке запитання: “Які ще потрібні докази наближення людства до прірви, щоб політики і генерали спільно взялися рятувати не свої привілеї, а всю Землю?!”

Так само уважно, як за землею, експерти стежать за водою. Чимало спеціалістів зайняті обліком наявності й використання води, її пошуками й видобутком. Де знайти багато солоної — відомо кожному. Значно складніша ситуація з прісною водою. Хоч її набагато менше, ніж солоної чи тієї, що міститься в льодовиках Антарктиди і Гренландії, та все ж вистачило б і полям, і лісам, якби вона рівномірно розподілялася по земній поверхні.

Сказати, що опади розподіляються “нерівномірно” — надто мало. В одних місцях їх практично немає, в інших вони майже неперервні. На півночі Чилі, попри неймовірну близькість Тихого океану (лічені кілометри), люди понад 400 років чекали дощу, а біля підніжжя Південних Гімалаїв у середньому щороку дощі створюють шар води завтовшки майже 10 м.

Мабуть, “щось не так” на Землі, бо 40 тис. км<sup>3</sup> щорічних опадів вкрай нерівномірно розподілені не лише для невеликих ділянок, а й для колосальних за розмірами природних зон. Понад третини площі суходолу в сухих і пустельних місцях отримує ледве 6 % всіх опадів і створює майже непомітні для решти Землі 2 % загального об’єму наземних і підземних стоків. На порівняно вузьку приекваторіальну зону виливається стільки ж води, як і на набагато більшу за площею решту суходолу.

У менше десяти державах світу стік перевищує 1 тис. км<sup>3</sup> води. Разом на них припадає понад 60 % земної дощової води. Річні водні ресурси чималих за площею країн (Йорданії, Кувейту та ін.) значно менші від тих, які припадають на 1 км<sup>2</sup> території Бангладеш. Наслідком є величезні відмінності у кількості води, що припадає на одного жителя. Світовим рекордсменом є Суринам — 2 млн м<sup>3</sup> на кожную особу. А от у вже згадуваних Йорданії та Кувейті, а також Сінгапурі, Мальті, Лівії, Об’єднаних Арабських Еміратах, Бахреїні, Саудівській Аравії та кількох її сусідів кількість природної води вимірюється не мільйонами кубометрів, а тисячами літрів на одного жителя за весь довгий рік.

У багатьох місцях опади нерівномірно розподілені впродовж року, великі варіації між роками. Часто дощі йдуть тоді, коли вони зовсім

непотрібні, спричиняючи великі втрати врожаю. У дуже невідгідному становищі перебувають ті держави, які отримують річкову воду з території інших країн. Це стосується й України, але ще гірша ситуація в Єгипті, який отримує 99 % води з чужих територій. Мають проблеми Сирія, Ірак та чимало інших країн. Ці проблеми додатково загострюються ще й тому, що згадані країни дуже багато води витрачають на зрошення полів.

Пошуки експертами зв'язку між використанням води і валовим національним продуктом у розрахунку на одного жителя виявилися марними. Його, на відміну від згаданого вище для енергоспоживання, не існує.

Наведемо дані про ресурси і використання води основними економічними регіонами світу на початку 90-х років ХХ ст. (табл. 12). З таблиці випливає, що арабські країни найближчі до повного вичерпання своїх водних ресурсів, а деякі з них вже сягнули цієї межі. Набагато краща ситуація в інших регіонах, хоч і там наведені середні дані не дають жодного уявлення про гостроту водної кризи у широкому поясі на південь від Сахари.

Таблиця 12

**Природні ресурси і використання води економічними регіонами**

Економічний регіон	Відновлені ресурси, км <sup>3</sup>	Річне використання води			
		загальне, км <sup>3</sup>	на іригацію, %	у промисловості, %	у побуті, %
Західна і Південна Європа	1 800	250	36	47	17
Східна Європа і экс-СРСР	5 200	430	63	29	8
США і Канада	5 560	503	39	49	12
Латинська Америка	11 450	185	78	9	13
Всі арабські країни разом	590	220	90	3	7
Африка (без арабських країн)	3 930	57	78	4	18
Індійський субконтинент	7 550	750	93	3	4
Китай з обома Кореями	2 750	460	86	7	7
Японія і 4 нових "дракони"	640	130	53	29	18
Австралія і Океанія	840	20	70	8	22
<b>Разом</b>	<b>40 310</b>	<b>3 005</b>			

Населення цих місць повинно витратити години, аби дістатися джерела неякісної питної води і принести її рідним. У багатьох місцевостях використання деревини на паливо набагато перевищує річний



її приріст. Щороку Сахара з допомогою людей відвойовує смугу заширишки у кілька кілометрів, відтісняючи їх ближче до екватора.

Позірне “благополуччя” країн колишнього СРСР створює лише середня цифра, забезпечена повноводними північними і сибірськими ріками. А пригадайте країни Центральної Азії, яким більшовики залишили всихаючий Арал, змілілі ріки і величезні озера-колектори з отруєною пестицидами і дефоліантами водою.

Згідно з аналізами експертів найближчими роками водна криза досягне за гостротою земельної (чи перевершить її) лише у поодиноких країнах. Для решти вона трансформується не так у відсутність води, як скоріше у її забруднення і непридатність для використання. На жаль, до таких країн належить і Україна. Детально про це йтиметься у розділі 7.

### ***5.6.6. Мінеральні ресурси планети***

На початку своєї еволюції з усіх мінералів люди масово використовували лише кремій. З тих прадавніх часів все змінилося, і чимало науковців займаються вивченням мінеральних ресурсів не лише своєї країни, а й регіону і навіть світу, а сотні мільйонів осіб їх добувають, переробляють і виготовляють багато виробів — від цегли до надважливих кристалічних електронних схем (“чипів”).

Особливо складне завдання постає перед тими, хто намагається одночасно врахувати ресурси, ймовірність розширення видобутку, а головне — передбачити ціну на продукцію гірничорудних підприємств на світовому ринку. Останнє є питанням якщо не життя і смерті, то рівня життя жителів більшості країн. Часто їх благополуччя повністю визначається ціною на один-єдиний продукт (боксит, мідну руду тощо), який видобувається у цій країні.

Хоча й можна зверхньо називати такі країни “сировинними придатками розвинених капіталістичних країн”, та не варто звинувачувати їх жителів у тому, що вони обмінюють на потрібні їм речі єдине своє багатство. Інколи їм щастить (згадані арабські країни Перської затоки) і вони зі злиднів і відсталості досить швидко досягають добробуту, розвивають промисловість і перестають залежати від продажу цього єдиного продукту.

Коротко оцінити забезпеченість світу мінеральними ресурсами досить важко. Чимало їх видів належать до “стратегічних”, і дані про них неповні й суперечливі. Запаси нових родовищ можуть або приховуватися, або перебільшуватися (експерти вирішують, що саме пози-

тивніше вплине на прибутки країн від продажу відкритих ресурсів). Не можна покладатися на публікації у відкритій пресі, бо їх автори мають свої причини проголошувати початок чергової кризи з певним металом або мінералом. То хвиля публікацій переконуює всіх у тому, що свинцю у родовищах залишилося ледь до найближчого Різдва, то виявляється, що зі свинцем не так і погано, а от срібла вже немає навіть у тих, хто його раніше видобував і продав.

Якщо проаналізувати стан і перспективи сировинного забезпечення людства глибше, то виявиться, що гострої кризи вичерпання елементів, речовин і мінералів не існує. Геологи попрацювали так добре, а материки такі великі, що проголошені запаси мінеральних ресурсів забезпечують світову промисловість на 20, 30, 40, 50 і більше років. Перспективні ж запаси (за окремими винятками) ще більші.

Та проблема все-таки є! Вона полягає у тому, що переважну більшість металів та інших потрібних речовин доводиться і видобувати, і продукувати з руди з великими витратами енергії. Нині саме “енергетична ціна” кінцевого продукту визначає долю родовища: якщо витрати енергії на видобуток і виробництво малі й гарантується вигода після продажу на світовому ринку, то все оживає на місці відкриття геологів. Підводиться дорога, ростуть житлові, адміністративні та виробничі споруди, у тіло Землі заглиблюється шахта чи кар’єр.

Проте це завжди мало негативні екологічні наслідки. Мінімізувати їх — складне завдання, і прикладів вдалого господарювання гірничорудних підприємств мало. Один з них винайшли норвежці, сумістивши шахту для видобування руди і мінералів біля одного зі своїх міст зі спорудженням тунелю до недоступного раніше для жителів плато. В одній з великих утворених штучних печер вони збудували спортивний зал, залишки переробленої руди використали як будівельний матеріал. Довкілля не було спотворене, а городяни отримали тунель, дороги і споруди.

Не менш перспективним з погляду екологів є повне вилучення з руд всіх корисних елементів, що містяться в них. Та для цього необхідно не лише розробити принципово нові технології використання руд (втім, є чимало вдалих прикладів не тільки за кордоном, а й в Україні), а й розширити енергетичні можливості людства.

Для ілюстрації цього складного співвідношення між ресурсами і можливим часом їх вичерпання наведемо табл. 13, яка ще раз свідчить, що прогнози часу вичерпання певних ресурсів частенько складають для залякування споживачів продукту і підвищення ціни на нього на світовому ринку. Наприклад, золото, ртуть, олово, срібло,

цинк, свинець і навіть мідь мали б уже вичерпатися, як передбачалося прогнозами фахівців у 1970 р. Але цього не сталося. Ресурси більшості цих елементів навіть збільшилися. Наприклад, золота щороку видобувають з надр понад 2000 т.

Таблиця 13

**Невідновлювані природні ресурси деяких важливих для світового господарства елементів**

Елемент	Оцінка ресурсів у 1970 р., млн т	Вистачить за постійного споживання, років	За дійсного (зі зростанням) споживання, років	Оцінка ресурсів у 1990 р., млн т
Алюміній	1200	100	31	15 000
Залізо	100 000	240	93	600 000
Мідь	300	36	21	1000
Хром	7800	420	95	20 000
Свинець	100	26	21	200
Марганець	800	97	46	3000
Цинк	100	23	18	400
Ртуть	—	13	12	0,2
Кобальт	2,2	110	60	9
Молібден	4,9	79	34	15
Нікель	67	150	53	200
Олово	7	17	15	10
Вольфрам	1,3	40	28	6
Срібло	1,6	16	13	0,5
Платина	0,012	130	47	0,05
Золото	0,010	11	9	—

Отже, ситуація з основними невідновлюваними мінеральними ресурсами поки що далека від критичної. Втім найпередбачливіші споживачі думають про майбутнє і вживають необхідних запобіжних заходів. Одні просто накопичують елементи з табл. 13 (і не наведені в ній), бо “родієвий” запас нічим не гірший від усім відомого “золото-го”. Інші накопичують і змінюють технології у напрямі максимального скорочення речовин, які видаються їм дефіцитними у майбутньому (перший кандидат – срібло). Вже створено кілька фотографічних процесів, які зовсім не потребують срібла. Дуже швидко розвивається оптоволоконна техніка зв'язку, де місце досить дефіцитної і дорогої міді з успіхом заступили волокна зі скла. Для переважної більшості

країн світу немає ніяких проблем з піском, який є вихідною сировиною для оптоволоконних кабелів.

Нарешті, дедалі більше країн метали та інші речовини вилучають зі “списаної” техніки (цивільної та військової) і використовують повторно. Деякі вже пристосувалися купувати таке “сміття” у сусідів. В Україні також вистачає “титанів винахідництва”, які зрізають десятки кілометрів ліній електромереж для створення алюмінієвого брухту й продажу його за безцінь багатшим сусіднім країнам.

З огляду на сказане екологічно розумними і раціональними діями є економія й розвиток нових технологій, які б виключали споживання дефіцитних ресурсів.

### **5.6.7. Невідновлювані мінеральні ресурси України**

Порівняно з іншими країнами з приблизно такою самою територією, Україна належить до тих, що мають середню кількість і різноманітність невідновлюваних мінеральних і сировинних ресурсів. На жаль, вона не має “повного комплекту” всіх речовин. Багато чого не вистачає як для власного використання, так і для виходу на світовий ринок.

Частина наших багатств належить до “стратегічної сировини” (уран, титан тощо), тому наведена у табл. 14 інформація неповна, отож обмежимося даними з оприлюдненого у 1993 р. звіту про ресурси України і стан довкілля. За роки кризи видобуток практично всіх корисних копалин значно зменшився. Наприклад, у 2000 р. він становив: залізної руди — 116,5 млн т, марганцевої руди — 7,4 млн т, кам'яної солі — 2,4 млн т, графіту — 6400 т та ін. З початком нового сторіччя ці показники лишалися без значних змін, адже індустріальний розвиток України, фактично, вичерпав себе, і в майбутньому не слід очікувати радикальних приростів у гірничорудному та інших промислових секторах.

Таблиця 14

**Балансові запаси і видобуток  
основної мінеральної сировини в Україні, млн т**

Корисна копалина	Балансові запаси	Видобуток у 1992 р.
1	2	3
Залізна руда	28 127	175,1
Марганцева руда	2 330	13,06

1	2	3
Нікелева руда	27,9	9,58
Графітова руда	110,5	0,37
Графіт	7,03	0,022
Каолін первинний	303,1	2,2
Каолін вторинний	71,1	2,3
Бентонітові глини	61,5	0,3
Пегматит	6,46	0,011
Лугові каоліни	47,05	0,129
Сіль кам'яна	9 129,5	13,87
Магній (в перерахунку на MgO)	103,7	0,149
Калій (в перерахунку на K <sub>2</sub> O)	293,1	0,204
Крейда для соди	76,8	1,673
Фосфор (в перерахунку на P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	6,66	
Глина вогнетривка	535,9	2,66
Вапняки флюсові	2 065,9	33,66
Вапняки доломітові	511,5	5,03
Доломіт	428,8	2,2
Формувальні матеріали	906,2	7,036
Глини тугоплавкі	103,8	1,16
Талько-магнетит	105,1	
Цементна сировина		
гіпс	32,4	0,69
мергель і карбонатна	2 396,9	23,54
глиниста	561,9	5,31
гідралічні добавки	89,9	0,26
Скляна сировина		
піски	212,8	2,46
ліпарити	—	20,7
Гіпс	421,2	1,3
Ангідрид	17,63	
Крейда	489,6	2,105
Облицювальні матеріали, млн м <sup>3</sup>	316,6	0,325
Каміння будівельне, млн м <sup>3</sup>	9 188,5	83,5
Вапняки, млн м <sup>3</sup>	105,1	3,98
Вапняки для цукрової промисловості	336,3	6,02
Породи для вапнування кислих полів	72,4	

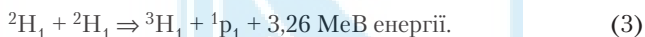
## Для допитливих. Коли з'явиться нове покоління потужних джерел енергії?

Останні роки позначені не так успіхами у створенні нових джерел енергії, як дискусіями фахівців про вибір “напрямую головного удару” визначення найперспективнішої технології, враховуючи вимоги економіки та екології.

Ентузіасти у засобах масової інформації періодично здіймають галас то навколо близького енергетичного достатку на базі вітряків, то припливних та хвильових електростанцій. Скромних дослідів часто вистачає для маси обіцянок щодо сонячних установок, використання 20-градусної різниці температур поверхні та глибин всієї тропічної зони океану, тепла надр Землі і вулканічних зон, дуже великих запасів гідратів метану під дном океану й морів (є цей непрозорий лід, що під час танення виділяє дуже багато газу, і в Чорному морі).

Не заперечуючи перспективності цих, названих “альтернативними” джерел енергії, наголосимо, що у найближчі 20–30 років ні поодиночі, ні разом їхня потужність не сягне необхідних для людей одного-двох мільярдів кіловат. У кращому разі — 10 % потреб людства.

Схоже, єдиний шлях подолання енергетичної кризи (отже, нашого виживання) — здійснення на Землі тих реакцій, що дають енергію більшості небесних світил. Наведемо найперспективніші з них:



Остання реакція потребує надто високих температур, тому реальнішими для реалізації є перші дві в експериментальних установках з термоядерного синтезу. За принципом дії вони теж дуже різноманітні (“сонячну” реакцію намагаються створити нагріванням променями надлазерів, пучками заряджених частинок, через мезонний каталіз тощо), та найближче до мети — так звані *токамаки*, серцем яких є камера у формі товстого тора (бублика).

Порожнина камери заповнюється згаданими газами при малому тиску. Розряд батареї конденсаторів створює у камері кільце надгарячої плазми, яку ізолює від стінок магнітне поле додаткових (надпровідних) котушок. Допоміжні пристрої нагрівають плазму до початку реакцій (1) чи (2).

У другій реакції виділену енергію несуть протони. Наявність у них електричного заряду дає змогу легко й ефективно перетворити енергію на електричний струм. Нейтрони, що утворюються в реакції (1), ускладнюють саме етап трансформації їх кінетичної енергії в електричну. Тут без теплоносіїв, пари, турбін не обійтися.

Які ж запаси енергії мають речовини, зазначені в реакціях (1) і (2)? Чи є вони на Землі? Не звертаючись до цифр, зазначимо, що один лише

дейтерій (позначення  ${}^2\text{H}_1$  чи  ${}^2\text{D}_1$ ) морів та океанів забезпечить максимальне можливе споживання людей (“стеля” визначається небезпекою перегрівання Землі) на термін сто мільйонів років. Практично – на завжди.

Для великої енергетики тритій ( ${}^3\text{H}_1$  чи  ${}^3\text{T}_1$ ) можна виробляти з літію, а  ${}^3\text{He}_2$  доведеться возити з Місяця, видобуваючи цей ізотоп гелію з його поверхневих порід (для всього людства досить 200–400 т щороку). Як відомо, цих газів в атмосфері Землі немає.

Позитивними якостями термоядерних установок є висока безпека (вони “від народження” не здатні до вибухів), майже цілковита відсутність небезпечних для людей радіонуклідів, концентрованість і ефективність виділення енергії тощо. Якби людство не було таким роз’єднаним, то вже давно фізика термоядерного синтезу залучила б не сотні, а сотні тисяч учених та інженерів, дослідні установки будувалися б не 10–15 років, а 2–3 (вартість одного ядерного авіаносця перевищує всі витрати на термоядерні дослідження із самого їх початку в 50-х). Така злочинна неувага до єдиного справді перспективного нового джерела енергії пояснюється багатьма причинами, серед яких і суто політичні. Важливе значення має та обставина, що сотні мільйонів людей і наймогутніші міжнародні картелі до кінця боротимуться за свої заробітки і прибутки від нафти та її переробки.

Насамкінець наголосимо: якщо фізики знають, що необхідно для будівництва термоядерних електростанцій, то інженерам і технологам потрібні лише час і не дуже великі гроші (щонайбільше із сотню мільярдів доларів США) для переходу до серійного спорудження екологічно безпечних і потужних (мільйони кіловат) центрів виробництва електроенергії і тепла.

Тож діятимемо спільно, щоб змусити уряди обмежити видатки на зброю й воєнні ігрища, спрямувавши кошти на здійснення “сонячних рекацій”.

\* \* \*

Настав момент розглянути, що змінилося у цій темі за останні чотири роки.

Фактично – НІЧОГО!

“Спільні дії” були проголошені 28 червня 2005 р. підписанням майже усіма учасниками “Великої Вісімки” міждержавної угоди про квотне фінансування спорудження у м. Карадаш на півдні Франції прототипу великого термоядерного реактора і здійснення в Японії та інших країнах необхідних інженерно-технологічних досліджень. Надалі гроші не з’явилися, науковці щороку на цю дату збираються у Франції і чим займаються – мабуть, “мріють”, коли надійдуть гроші.

Так само “дуже активно” фінансуються найперспективніші дослідження з підвищення ефективності фотоелементів, спроможних перетворювати сонячне світло на електроенергію.

Отже, доки не вичерпаються традиційні джерела енергії і внаслідок забруднення атмосфери люди не почнуть вимирати мільйонами, мало є надій на те, що всі ресурси “Вісімки” скерують на розвиток фемтотехнологій (токамаки) і нанотехнологій (нові фотоелементи). А відтак, на втілення у життя наявних і потенційних відкриттів науковців.

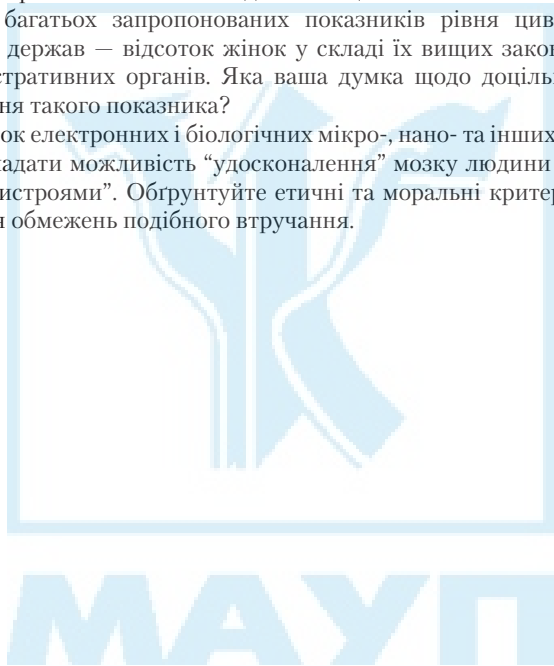
## ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Порівняйте географічні межі поширення однакових мов на рівнинах і в гірських місцевостях. Зробіть висновки.
2. Які з головних потреб людини задовольняються в сучасній Україні особливо погано?
3. Чому експерти вважали, що за 1990–2000 рр. приріст людності виявиться рекордним в історії, хоч в окремих країнах були ознаки спаду народжуваності?
4. Чому фахівці для густонаселених країн рекомендують зниження темпів росту населення, а не пришвидшення виробництва їжі та інших ресурсів?
5. Як у минулих сторіччях чимало європейських країн (Ірландія, Англія, Німеччина та ін.) зменшували негативні наслідки тогочасного “демографічного вибуху”?
6. У які періоди історії України ХХ ст. і з яких причин гальмувалося чи припинялося природне зростання кількості її населення?
7. Чому руди урану понад століття не входили до списку важливих ресурсів?
8. Чому “срібний голод” у наш час суттєво гостріший, ніж “залізний”? Спробуйте зробити передбачення щодо співвідношення між ними у віддаленому майбутньому.
9. Яка з найсучасніших галузей промисловості використовує звичайний пісок як вихідний природний ресурс для виготовлення своєї кінцевої продукції?
10. Який вид води на Землі у наш час можна віднести до групи “невичерпних ресурсів”?
11. Очевидно, що танення льодовиків на суходолі підвищить рівень океанів. А як вплине на їхній рівень танення всієї криги у Північному Льодовитому океані?
12. Як відомо, мешканці тропіків видобувають сіль з морської води методом випаровування. А чи можна виділити сіль, заморожуючи солону воду?



13. Чи є можливість розширення харчового потенціалу залученням до аграрного виробництва нових рослин?
14. Яким чином обґрунтовують необхідність створення і масового використання генномодифікованих рослин і тварин?
15. Які рослини (і чому саме вони) зазнали генної модифікації у першу чергу?
- 16\*. Які з харчових продуктів, що поширені в Україні, з найвищою ймовірністю вже слід віднести до “генномодифікованих”? Відповідь обґрунтуйте.
- 17\*. Одна країна виходить на світовий ринок з послугами і виробами мистецтва, друга — з первинними речовинами чи продуктами їх неглибокого перетворення (рудною, деревом металом тощо). У якій з них на одиницю валового національного продукту витратиться менше енергії? Відповідь обґрунтуйте.
- 18\*. Чому жодна з країн світу не буде своє енергетичне господарство на вирощуванні та спалюванні деревини? Відповідь обґрунтуйте.
- 19\*. У яких видах сировини Україна відчуває особливо гостру потребу? Відповідь обґрунтуйте.
- 20\*. Визначте з табл. 5 ті параметри, відносна відмінність яких перевищує відносну відмінність мас для чоловіка і жінки.
- 21\*. Користуючись даними табл. 5, дайте відповідь на запитання: “Чи вистачить людині на добу то повітря, яке містить типова кімната в наших сучасних будинках?”
- 22\*. Яку частину племені намагалися зберегти від смерті у далекому минулому північні народи у передбаченні надто голодної зими за малої кількості їжі? Відповідь обґрунтуйте.
- 23\*. Відомо, що людина найгірше переносить вібрації з частотою коливань 5–10 Гц. Спробуйте пояснити цю обставину.
- 24\*. Які з основних груп потреб людини задовольняються в розвинених країнах краще, ніж у малорозвинених? Відповідь обґрунтуйте.
- 25\*. Проаналізуйте власні нефізіологічні потреби. Розташуйте їх за черговістю пріоритетів. Зробіть висновки.
- 26\*. Як слід ставитися до “модних” виробів і товарів? Чи виправдані пошуки й витрати на них з погляду екології? Висновки обґрунтуйте.
- 27\*. Нове сторіччя характеризується тим, що кількість людей з надмірною масою вперше в історії людства перевищила кількість постійно голодних. Як це можна пояснити?
- 28\*. Назвіть відомі способи утворення соціальних ієрархій. Чи є серед них такі, які можна вважати “екологічними”, такими, що не порушують екологічну рівновагу?
- 29\*. Чи можлива побудова ієрархії та соціальних структур у людей або інших розвинених істот без бійки, змагання сили і нахабства? Відповідь обґрунтуйте.

- 30\*. Медичні комісії, що відбирають кандидатів у майбутні пілоти, стикаються з тим, що відсоток практично здорових юнаків низький в усіх країнах і в усі часи. Чи не можна пояснити цю обставину: а) малою досконалістю чоловічої статі; б) надто великою кількістю систем в організмі та великою імовірністю відхилень у роботі однієї-двох з них; в) надмірною різноманітністю людей і великими відхиленнями від середніх параметрів? Обґрунтуйте свою відповідь.
- 31\*. Серед пропозицій використання досягнень нанонаук у сфері генетики — лікування вже народжених особин і селекція ще ненароджених (усунення зародків з дефектами). Висловіть своє ставлення до етичного і морального аспектів подібних акцій.
- 32\*. Серед багатьох запропонованих показників рівня цивілізації сучасних держав — відсоток жінок у складі їх вищих законотворчих і адміністративних органів. Яка ваша думка щодо доцільності використання такого показника?
- 33\*. Розвиток електронних і біологічних мікро-, нано- та інших технологій може надати можливість “удосконалення” мозку людини додатковими “пристроями”. Обґрунтуйте етичні та моральні критерії запровадження обмежень подібного втручання.



# “ВИБУХ” ЗАБРУДНЕНЬ І ПОТЕНЦІЙНИЙ КОЛАПС ЛЮДСТВА

---

---

## 6.1. ЗАБРУДНЕННЯ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

Загроза загибелі людства від забруднення ним довкілля — одна з найпопулярніших тем преси й інших засобів масової інформації. Особливо вражають документальні фотографії величезних сміттезвалищ, спотворених пляжів Середземномор'я й віддалених куточків тропіків, “прикрашених” залишеними тисячами туристів бочками і пляшками захмарних полонин Альп і Гімалаїв тощо.

Проте дати наукову характеристику забрудненню не так просто. Якщо не виокремлюватися з власного біологічного виду, то необхідно послідовно обстоювати його пріоритети. З огляду на такий варіант легко, як це й робить у своїх документах Всесвітня організація охорони здоров'я, дати таке визначення забруднення:

*Забруднення* — явище появи у довкіллі людини забруднюючих речовин чи будь-яких інших агентів (від вірусів до звукових хвиль надмірної інтенсивності), які безпосередньо чи опосередковано негативно впливають як на саму людину, так і на створене нею для власних потреб штучне середовище.

Саме такий підхід, на наш погляд, притаманний більшості людей. Він особливо характерний для тих, хто у сучасних суспільствах вбачає своїм основним завданням “підвищення рівня життя співвітчизників”.

Зовсім інший варіант визначення забруднення обстоюють екологи, які усвідомлюють, що поблажливість до злочинно-егоїстичних дій і потягів людства йде йому тільки на шкоду. Саме *антропоцентричний* (той, що ставить у центр відліку людину, оцінюючи всі явища виключно через її пріоритети) підхід до всіх дій і намірів минулого і сучасного є основною причиною прискороеного руху людства до прірви.

В екологічному визначенні поняття “забруднення” намагаються відійти від антропоцентризму, наголошуючи на тому, що воно стосується не лише людей і створеного ними штучного середовища, а сукупності всіх видів у біосфері та Землі з найближчим космосом:

*Забруднення* — внесення в довкілля, виникнення або раптове підвищення в ньому значень чи концентрацій хімічних, фізичних, біологічних, інформаційних або будь-яких інших традиційних чи новостворених агентів і факторів, що спричиняє втрату рівноваги і завдає шкоди для частини або більшості видів екосистеми, де сталося це явище.

Власне шкідливу речовину чи фактор теж називають “забруднення” (хоч краще — “забруднюючий агент”). Тому це слово, як і подібні до нього (типу “випромінювання”), у різному контексті означає і явище забруднення, і матеріальний агент, значення якого вийшло за межі норми.

Забруднення поділяють на *природні* та *антропогенні*. Прикладом перших є пил і гази під час виверження вулкану, вода у періодичних “потопах” в українському Поліссі, несподіваний заморозок чи навіть сніг для квітучих вишень, віруси грипу чи нашествия сарани тощо. Ми про них згадуватимемо, але не вони є головними “героями” нашої книги. Надалі акцентуватимемо на антропогенних забрудненнях, створених чи спричинених людиною. Саме вони стали серйозною небезпекою для виживання людства, весь прогрес якого був рухом до створення щораз більшої кількості таких забруднень, які Природа, за всіх її зусиль, не може нейтралізувати швидко або й повністю.

Тривалий час у минулому переважна більшість сміття і всього, створеного людиною, була нешкідливою для довкілля. Воно складалося або з біологічних решток, що швидко розкладалися і входили в природні елементні цикли, або поширених навколо нас матеріалів — кременю та іншого каміння, черепашок тощо. Незначний відсоток виробів наших пращурів Природа так і не змогла “нейтралізувати”, наприклад, перетворити назад у глину кераміку всіх часів і народів, розчинити на атоми вироби з непрозорого старовинного скла тощо. Але вони були неотруйні, а шкода оточенню під час їх виготовлення була мінімальною.

Ми вже зазначали, що і скотарі, і землероби впливали на довкілля. Найактивніші й найневміліші з них подекуди примудрялися зробити його навіть непридатним для власного проживання. Звісно, це погано, але люди у стародавні часи бодай не отруювали його, використовуючи майже виключно природні матеріали.

А от людина міська відзначила свою появу справжнім фонтаном виробів (зокрема, й високоотруйних), з якими Природа або нічого вдіяти не могла, або справлялася з великими втратами для живого. Суттєво й те, що ці “вічні” (стійкі або незруйновні) речовини і виробу міські люди вносять у довкілля дуже концентровано. Нарешті, “людина міська” спокусила і селянина можливістю легко підвищити врожайність: ось тобі трактор, мінодобриво, гербіциди, пестициди, дефоліанти, застосовуй, збереш удвічі-утричі більше.

Але ж багатьох з цих речовин ніколи не існувало, тому не дивно, що вони поступово нагромаджувалися і врешті-решт, як перший з інсектицидів (дослівно “вбивці комах”) — ДДТ (його творець навіть отримав свого часу Нобелівську премію), стали смертельно небезпечними не тільки для шкідливих комах, а й для всього живого.

Дедалі суттєвішим стає поділ всіх забруднюючих агентів на *стійкі* (незруйновні біосферою за короткий час без негативних наслідків для неї) і *нестійкі* (ті, що зникають або модифікуються до безпечного стану під впливом біосфери чи фізичних умов на поверхні Землі).

Заміна традиційних речовин (метали, стійкі пластичні маси тощо) новими, які у потрібний момент деградують (розкладаються) на “звичні” для біосфери сполуки, — одне з першочергових екологічних завдань сучасних технологій.

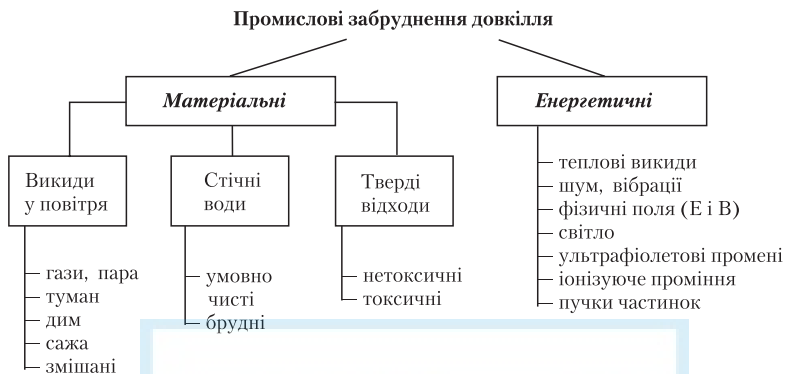
З практичного боку, забруднюючі агенти найчастіше поділяють за їх походженням на *промислові* та *непромислові* (сільськогосподарські); залежно від природи забруднення — на *енергетичні* та *матеріальні*.

Можна застосувати останній підхід і для класифікації промислових виробів і відходів, виокремлюючи *механічні* (переважно тверді “цяцьки” людей), *хімічні* (гази, рідкі сполуки і штучні речовини), *фізичні* (всі види полів, хвиль і випромінювань), *біологічні* (створені чи модифіковані під впливом людини найпростіші, рослини, тварини).

Спроцену, але досить інформативну схему класифікації промислових забруднень наведено на рис. 28.

За розміром “зони ураження” (площа і відстань поширення чи перенесення) забруднення класифікують так: *забруднення житла*; *локальні*; *регіональні*; *глобальні*.

За “силою ураження” забруднення поділяються на кілька груп залежно від специфіки дії та рівня шкідливості для людини. Найшкідливіші ті, які діють на людину у найменших концентраціях чи кількостях (типовий приклад речовин з цієї групи — радіонукліди).



*Рис. 28. Спрощена класифікація промислових забруднень*

## 6.2. КОНЦЕНТРАЦІЇ ТА РІВНІ ЗАБРУДНЕННЯ

Уявлення про сутність екології все ще не відповідає її значенню і складності завдань. Чимало осіб сприймають її як заклик до того, щоб не рвати квіточки, не топтати травичку і не троцяти гілочок.

В Україні таке ставлення до екології почасти є сумним наслідком радянських часів. Тоді існувала справжня прірва між групою екологів (нечисленні фахівці з проблеми охорони природи), які були спостерігачами або теоретиками, та значно численнішими фахівцями з промислової санітарії. В руках останніх був комплект (неповний) приладів для вимірювання рівня забруднень на підприємствах.

Життя вже досить давно змусило зайнятися захистом працівників від шкідливих речовин. Та великого розмаху ці зусилля набули у ХХ ст., коли робітничі профспілки почали ефективніше захищати здоров'я своїх членів і було прийнято перші закони із соціального захисту осіб на небезпечних і шкідливих виробництвах. Для забезпечення нормальної тривалості “виживання” працівника в таких умовах запровадили нормування рівня забруднення.

Основою такого нормування є поняття “*гранично допустима концентрація*” (ГДК) забруднюючих речовин у навколишньому середовищі (у повітрі цехів і поза ними, воді, ґрунті тощо). Існують кілька варіантів ГДК:

- *ГДК робочої зони* – повітряного простору до висоти 2 м над підлогою. Йдеться про зону, де перебувають працівники упродовж зміни, тому забруднення діють на них 8–9 год щодня (*ГДК-8*);
- *середньодобова ГДК* – застосовується у тому разі, коли люди постійно живуть у забрудненому середовищі, покидаючи його лише зрідка (*ГДК-сд*);
- *максимальна разова ГДК* – передбачає перебування людини у забрудненій зоні впродовж 20 хв без подальшої суттєвої шкоди для свого здоров'я (*ГДК-20*).

Аналогічно існують ГДК для рівнів забруднення води, ґрунту, їжі тощо. Встановлення меж окремих видів ГДК – непросте завдання, яке не можна вважати розв'язаним. Складність, очевидно, полягає в тому, що людей не можна використати для дослідів, які виконуються з білими мишами чи кроликами. Для визначення порога реакції людини на забруднюючі агенти останнім часом застосовують щоразу чутливішу апаратуру, яка вимірює нервові та мозкові потенціали, “знімає” покази цих численних природних датчиків у нашому тілі.

Ці дані дають змогу зробити певні висновки про значення ГДК-20, але малозастосовні для встановлення двох інших варіантів “довготривалих” ГДК. Останні одержують переважно в результаті тривалих спостережень за здоров'ям груп мишей чи інших лабораторних тварин, яких поміщають в умови з різними рівнями забруднення. Отримані дані за спеціальною методикою переносять на людину, встановлюючи таким чином ГДК-сд чи ГДК-8. Так зібрано чималий фактичний матеріал зі спостережень за станом здоров'я великих груп працівників. Він дає змогу пересвідчитися, що встановлені ГДК не спричиняють помітних змін здоров'я людей навіть тривалий час.

Неоголошені змагання між тими, хто встановлює і запроваджує стандарти на ГДК, та численними хіміками, які винаходять і застосовують на практиці нові й нові речовини, безнадійно програють перші. Хоч вони вже мають у своєму розпорядженні ГДК для понад тисячі забруднюючих речовин у воді, приблизно 600–700 летких агентів у повітрі, кількості шкідливих речовин у ґрунті, та це надто скромний доробок, якщо порівняти з успіхами хіміків. Фахівці-хіміки встигли синтезувати не менше 6 млн неіснуючих у природі сполук (переважно органічних), запровадити у виробництво десятки тисяч із них.

Якщо додати, що встановлено лише кілька десятків ГДК для сумішей токсичних речовин (одночасної наявності кількох різнохарактерних забруднюючих агентів), то ситуація видається ще похмурі-

шою. Очевидно, без інтенсифікації роботи “вимірювачів” і медиків уявлення людей про справжній рівень забруднення середовища свого проживання тільки погіршуватиметься. Надто багато нових речовин “атакують” нас з усіх боків.

Помиляються ті, хто сподівається сховатися від забруднень у сучасному будинку. Вони діятимуть і там, про що свідчать дані табл. 15.

Таблиця 15

### Забруднення сучасних житлових приміщень і його наслідки

Речовина (агент)	Джерело	Хвороби та інші наслідки
1	2	3
Чадний газ (CO)	Печі, нагрівачі, неповне окислення органічних решток у льохах тощо	Смерть за концентрації понад 0,2%. Для менших – головний біль, ураження системи дихання
Метан	Газові прилади	Вибухи, пожежі, отруєння
Оксиди азоту	Печі, плити, відкрите полум'я	Ураження легенів, головний біль. Дитячі хвороби
Дим	Куріння тютюну	Рак легенів, ураження легенів і мозку
Бензопірен	Цигарки, печі	Рак легенів
Метиленхлориди	Фарби	Нервові хвороби, діабет
Трихлоретан	Аерозольні балони	Ураження дихання і мозку
Тетрахлоретилен	Одяг після хімічного чищення	Рак. Ураження нервової системи, нирок, печінки
Формальдегід	Меблі та інші предмети	Ураження очей, мозку та системи дихання
Хлороформ	Гарячий душ з хлорованої води	Рак
Стирен	Штучні килими	Ураження нирок і печінки
Азбест	Ізоляція труб, вінілові покриття	Рак. Ушкодження легенів
Бактерії, віруси, грибки	Зволожувачі кондиціонерів, люди, тварини	Грип, “хвороба легіонерів” та ін.
Радон	Ґрунт, стіни з бетону, граніт	Рак легенів
Шум	Всі гучномовці	Деградація слуху, неврози
Електромагнітні хвилі	Дефектні НВЧ-печі та прилади	Пошкодження очей



Організм людини всіма силами захищається від ушкодження шкідливими речовинами. До певної межі нирки і печінка справляються зі знешкодженням токсинів чи канцерогенів, але не всюди, не завжди і не до кінця. Великі частинки пилу непогано вловлюються і знешкоджуються у верхній частині дихальних шляхів. Ситуація значно гірша з ультрадрібним пилом, який з потоком повітря вільно проникає в альвеоли легенів, осідаючи на стінках. Лікарям добре відомі “легені курців”, чорна поверхня яких дуже подібна до шару свіжого гудрону.

Атмосфера, води і ґрунти в Україні надто часто і в багатьох місцях характеризуються перевищенням ГДК шкідливих речовин (табл. 16). Може виникнути здивування — чому ще не всі захворіли внаслідок цього? Якщо повернутися до поняття ГДК-сд, то можна дійти висновку, що її рівень гарантує не захворювання, а відсутність очевидного чи помітного впливу на здоров'я навіть після років перебування в таких умовах.

Значення всіх ГДК встановлюється з певним запасом безпеки. Це означає, що пороговий рівень забруднення з помітною шкідливою дією ділиться на коефіцієнт, більший за одиницю. Тому помірне перевищення ГДК-сд не призводить до швидкої деградації здоров'я всього населення міста.

Що більше перевищується ГДК, то швидше і в більшого відсотка населення з'являться симптоми негативного впливу. Вкрай прикрою є та обставина, що першими страждають вагітні жінки та немовлята. Добре здоров'я цієї частини населення певної місцевості є надійним індикатором незначного впливу чи майже повної відсутності шкідливих для людей сполук. Наведемо значення двох ГДК для найпоширеніших забруднень повітря (табл. 16).

Таблиця 16

**Гранично допустимі концентрації деяких речовин у повітрі**

Речовина	ГДК-сд, мг/м <sup>3</sup>	ГДК-20, мг/м <sup>3</sup>
1	2	3
Пари ртуті	0,0003	–
Пари свинцю	0,0003	–
Фенол	0,003	–
Формальдегід	0,003	–
Аміак	0,004	–
Пари фтороводню	0,005	0,02

1	2	3
Сірководень	0,008	0,03
Оксиди азоту	0,04	
Сірчистий газ	0,05	0,5
Сажа (кіптява)	0,05	0,15
Пари сірчаної кислоти	0,1	0,3
Пил нетоксичний	0,15	0,5
Чадний газ	1,0	3,0

У читачів може скластися хибне враження, що загрози чатують на нас лише на виробництві, а вдома ми у значно більшій безпеці. Насправді це зовсім не так. Якщо одного дня засоби масової інформації почнуть щовечора повідомляти про всі випадки отруєння з вимушеним зверненням до лікарів, то ми будемо вражені тією обставиною, що на одного потерпілого на робочому місці постійно припадає 50 отруєних “у домашніх умовах”.

Фахівці підраховали: в наших домівках може міститися будь-яка з приблизно 60 000 небезпечних субстанцій (рідких, твердих і газоподібних). Ті, хто рятує потерпілих від наслідків впливу токсичних властивостей цих речовин, неспроможні й безсилі запобігти трагедіям. Наприкінці 80-х років ХХ ст. у Радянському Союзі зазначалося щороку приблизно 1 млн гострих отруєнь, які, якщо і входили до статистики, то в рубрику “побутовий травматизм”. Від них гинуло до 50 000 людей щороку. Погодьтеся, це надто багато. Але й це ще не все. Значна частина врятованих вже до смерті (очевидно, дуже прискореної) не могла позбутися наслідків “побутової хімічної війни”. Замисліться над цими рядками. Не поспішайте втягувати в себе, наче пилосос чи помпа, все, що перебуває в межах досяжності.

### 6.3. ЗАБРУДНЮВАЧІ ТА МАСШТАБИ ЗАБРУДНЕННЯ

*Забруднювачами* вважатимемо джерела або “винуватців” появи у довкіллі шкідливих для живого речовин чи форм енергії. Зрозуміло, вони можуть бути як природними, так і антропогенними (штучними, створеними людиною). Загальної кількості забруднювачів не встановлено, їх, мабуть, нескінченно багато.

Оскільки під час кожного опису дії забруднюючих речовин (або *полюантів*) звертатимемо увагу на їхні джерела, то не вдаватимемося

до надто детальної класифікації та характеристик самих забруднювачів, а обмежимося найсуттєвішим.

Рекордсменом за масою забруднюючих речовин вважають гірничорудну промисловість. Для видобутку тонни, грама чи й міліграма потрібної речовини вона вивергає з надр і звалює на родючі ґрунти або зсипає у водотоки десятки тонн “порожньої” породи. Якщо її всю скласти у “дитячі кубики”, то вийде “всього” десяток, але чималих, оскільки ребро кожного становитиме 1 км. А коли додати ту землю, яку обробляють селяни, то вийде, що людина зрушує з місця десь 25–30 км<sup>3</sup> землі та камінців щороку. Уявляєте, скільки це поглинає енергії?

Вочевидь, людям не варто цим пишатися, але вони вже стали першою геологічною силою на Землі (принаймні, на її поверхні), бо вулкани й океанічні рифти Землі вивергають менший обсяг твердих порід.

Програючи за масою викидів, промисловість і транспорт легко беруть гору над усіма кар’єрами і шахтами за сумарною токсичністю і шкідливістю “своїх” забруднень. Та й серед них є свої рекордсмени. Якщо враховувати лише токсичні забруднення повітря, то у розвинених країнах розподіл “вини” має такий вигляд (%):

- всі види транспорту 59;
- спалювання викопного палива і дерева 28;
- чорна і кольорова металургія 13;
- інші джерела 10.

Основні забруднювачі та групи виділених ними в атмосферу Землі шкідливих речовин наведено у табл. 17.

Загальна кількість викинутих у біосферу шкідливих і отруйних речовин невідома. Більш-менш близьке до істини значення можна навести для промисловості: 338 млн т потенційно небезпечних викидів у 1991 р. Від решти джерел (транспорт, сільське господарство тощо) загальні викиди отрути і напівотрути досягають приблизно 500 млн т щороку. Проте через значні зміни у промисловості показники забруднення перестали підвищуватися, а часто й зменшуються (принаймні у розвинених державах, але не в Китаї, який успішно випередив США і став найбільшим забруднювачем біосфери).

Унікальними джерелами забруднення є людські поселення. Без шуму, диму і блискавок, характерних для вулканів, великі міста впливають на довкілля ще негативніше, ніж “вогняні гори”. Інколи

## Основні забруднювачі повітря

Група поліоантів та їх маса (% від загалу)	Член групи, хімічний склад	Основний забруднювач
Оксиди вуглецю (50)	CO <sub>2</sub> CO	Вулкани, рифти, гейзери, гори. Спалювання всіх видів палива. Дихання і біоокислення. Вулкани, неповне спалювання палива
Оксиди сірки (16)	SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>	Вулкани, спалювання палива. Бактерії
Оксиди азоту (14)	NO, NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O	Вулкани, грози. Спалювання палива. Бактерії
Усі вуглеводи (15) У тому числі леткі органічні сполуки	CH <sub>4</sub> , C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> ... CH <sub>2</sub> O, CHCl, CFCl <sub>2</sub> та інші	Вулкани, бактерії, рослини. Спалювання палива. Промисловість. Хімічна промисловість. Спалювання сміття і палива
Аерозолі (5)	Сажа, пил, солі	Коксохімія і металургія. Спалювання. Пожежі. Ерозія. Вулкани і пил з морської піни
Радіонукліди (менше 0,01)	Xe, Cs, Ra, Pu та інші	Ядерна промисловість і АЕС. Катастрофа на ЧАЕС. Граніти

вже за сотню кілометрів від промислового міста (типу нашого Кривого Рогу) прилади фіксують підвищений вміст пилу і газів “Парфуми” деяких хімічних заводів Сходу України приїжджі відчували з відстані багатьох кілометрів (у місцевих жителів багаторічна адаптація зуміла-таки знизити захисну реакцію організму, вони навіть дивуються невдоволенню приїжджих повітрям їхнього рідного міста).

Детальнішому ознайомленню з усіма особливостями впливу великого промислового міста на фізико-хімічні параметри довкілля може прислужитися табл. 18, дані якої наочніше свідчать про обсяг і “глибину” впливу типових великих європейських міст на довкілля (міське забруднення середовища), ніж кількість у тоннах окремих викидів.

Зусиллями лише двох останніх поколінь загальний обсяг і токсичність викидів збільшилися настільки, що на поверхні Землі, як ракова пухлина, почали швидко розростатися *антропопатогенні зони*.

Створені людиною у гонитві за випуском потрібної їй промислової та сільськогосподарської продукції, вони стали смертельно небезпечними для неї самої.

Таблиця 18

**Зміни фізико-хімічних та інших характеристик міського середовища порівняно з умовами сільського оточення**

Група характеристик	Відносна зміна (знак, величина), %
Всі види сонячного випромінювання	-20-30
Зокрема ультрафіолету-А	
взимку	-70-100
влітку	-10-30
Річні опади (всі види разом)	+5-10
Зокрема:	
сніг	-5-10
роса	-65
Закриття неба хмарами	+5-10
Спричинені аерозолями тумани	
взимку	+100
влітку	+20-30
Тривалість часу з від'ємними температурами	-25-35
Кількість днів з мінусовими температурами	-40-45
Випаровування води за рік	-30-60
Значення середньої вологості повітря	-5-10
Швидкість вітру	-20-30
Середня річна температура повітря	+0,5°-1° С
Середня зимова температура	+1°-3° С
Тривалість вегетації рослин	+8-10 днів

Найяскравіший приклад — сумнозвісна “30-кілометрова зона” навколо ЧАЕС, про яку йтиметься нижче. Вкрай небезпечні деякі хімічні заводи, забруднене довкілля яких стало непридатним для життя. Часто, не маючи змоги переїхати в інше місце, там живуть і повільно вмирають від хвороб люди.

Та, мабуть, найгіршими і найбільшими за площею забруднення є “пестицидні” землі у багатьох зонах інтенсивного сільського господарства: Молдова, частина півдня України, місця вирощування бавовнику у Середній Азії, рису в Приазовській Кубані тощо. Про наслідки цього отруєння земель йтиметься у розділі 9.

### З нашого досвіду

### З чужого досвіду

Гірники не просто гинуть на глибоких українських вугільних шахтах – практично щороку збільшуються сумні рекорди: від 20, 40, 60 загиблих від великих вибухів 90-х років Україна перейшла до позначок “понад 100” (18 листопада 2007 р.). Преса поширює брехливу інформацію про “повну незрозумілість” небезпечних явищ. Насправді ж ще в радянські часи наші фахівці дослідили і пояснили поведінку метану й інших газів у пластах і вибоях, але ці відкриття “вугільні генерали” хочуть “забути і не використовувати”. До того ж – відмовилися від зарубіжних пропозицій здійснювати дегазацію небезпечних пластів

“Метанові вибухи” на шахтах у розвинених державах – події віддаленого минулого. Наприклад, в історії Франції залишився сумний рекорд – від перетворення довшнього пласту вугілля на суміш газу і пилу було знищено цілу шахту з усіма робітниками, а надлишок пилу утворив чималий терикон на поверхні. Упродовж більшої частини ХХ ст. уряд збільшував відсоток іноземців серед шахтарів і одну за одною закривав небезпечні шахти. На даний момент Франція фактично обходиться без вугілля і майже всю енергію отримує від десятків ядерних електростанцій. Чим не приклад для України?

### Для допитливих. Сумні уроки Мінамата

Про отруйність парів ртуті знали ще алхіміки, та це не стоїть на заваді сучасній людині в її намірах якнайшвидше отруїтися цим унікальним (стає твердим лише за сильного заморожування) металом. Найбільшого і найгіршого досвіду ознайомлення з токсичними властивостями ртуті та її сполук набули японці, збагативши медичний лексикон терміном “хвороба Мінамата”. Таку назву має місто на заході Японії, що разом з багатьма рибальськими селищами розташоване на березі великої малопроточної мілкої затоки (острів Кюсю). Біля міста у роки війни (1939) почав працювати хімічний завод, що використовував хлорну ртуть як каталізатор процесів синтезу. Стоки підприємства поступово підвищували кількість ртуті у морській воді, але її концентрація лишалася набагато нижчою від межі безпеки, тому ніхто не міг передбачити подальших нещасть.

Сигнальним дзвоником у 1953 р. могла стати дивна поведінка сільських (точніше “рибальських”) кішок: тварини почали рухатися, затинаючись, хворіти на дивну хворобу, інколи кидатись у море, наче збираючись його перетнути. Не відомо, чи звертався тоді хтось з рибалок до ветеринарів. Через три роки дивна епідемія почала поширюватися вже серед рибалок та їхніх сімей, що харчувалися майже виключно рибою, креветками і моллюсками із затоки. Хоч хвороба, як встановили лікарі, не була заразною, та виявилася надзвичайно грізною. Вона майже не піддавалася лікуванню, вражала мозок, порушуючи як інтелект, так і всі вторинні системи (зір, слух, мову, координацію рухів тощо). В сім'ях найбідніших рибалок смертність досягала 35 %. Офіційний список померлих становив 42 особи, та місцеві лікарі стверджували, що хвороба прискорила смерть ще кількох сотень, а загальна кількість хворих досягала вже тисяч.

Науковці вже у 1956 р. здогадалися, що причина хвороби людей і звірів криється в їжі (мікроби, віруси або хімічні сполуки?), та виявити її було дуже складно. За кілька років у багатій на “хімію” воді затоки виявили понад дюжину потенційно отруйних елементів, але жоден з них (і туть теж) не виходив за межі дозволених санітарними нормами концентрацій. Спроби вивчити технологічні процеси прибережних заводів ускладнювалися небажанням їх керівництва “розкривати секрети” (комісія науковців зазначила, що найагресивнішою була адміністрація згаданого хімзаводу).

У 1959 р. завдяки точному аналізу тканин риб затоки було виявлено велике перевищення дозволених меж вмісту ртуті. Комісія вперше чітко констатувала — винний хімзавод біля Мінамата. Компанія, щоб запобігти збиткам, захищалася, як могла. Підкупила (це було доведено згодом) одного з найвідоміших хіміків країни, який “авторитетно” розкритикував гіпотезу про шкідливість “таких малих концентрацій ртуті”.

Лише спалах у 1965 р. аналогічної хвороби біля міста Ніігата, віддаленого від Мінамата на сотні кілометрів (з 30 хворих померло п’ять), змусив уряд виконати те, для чого його й обрали. Хоча ще були спроби керівників хімічної промисловості примусити міністра охорони здоров’я повністю припинити фінансування групи науковців, що розшифрувала “хворобу Мінамата”, та замовчати справу не вдалося. На той час науковці інших країн вже допомагали японським колегам, а світова преса стала на захист рибалок. Наступного року шведські фахівці встановили весь механізм перетворення металевої ртуті в набагато отруйніші сполуки. Винними були два види бактерій з осадів на мілинах, що через ланцюжок реакцій перетворювали метал на надтоксичну сполуку (метил-ртуть), що мандрувала уздовж трофічного ланцюга. За два-три його кроки концентрація метил-ртуті підвищувалася у сотні тисяч разів (!), перетворюючи рибу на смертельну отруту. Велика її стійкість проти розкладу пояснювала накопичення отрути в затоці (адже по смерті риби вона нікуди не зникала, а знову залучалася у цикли живих істот).

Так багато років чесні вчені долали труднощі у пошуках розгадки “хвороби Мінамата” (втім судовий процес проти отруювачів тривав удвічі довше). Це безсумнівне досягнення стало важливим не лише для Японії, а й для екологів (почасти й урядів) усього світу. Радимо читачам теж поміркувати над “уроком Мінамата”, зокрема, над такими фактами:

- одного фахівця, навіть найвідомішого, легко перекупити, переконавши, що треба рятувати і захищати “його” хімію (біологію, фізику чи іншу науку) від “дилетантів”;
- біосферне підвищення токсичності може сягати сотень тисяч чи мільйонів, тому неперевищення ГДК зовсім не можна вважати гарантією безпечного існування (останнє можливе лише за умови збереження у довікллі *природних* концентрацій потенційно отруйних сполук чи елементів).

## 6.4. ПРОБЛЕМИ АТМОСФЕРИ

### 6.4.1. Чому сучасний варіант атмосфери є ідеальним

**Постійні складові атмосфери.** Чому сучасна атмосфера Землі особливо сприятлива для життя? На це запитання можна відповісти коротко: “Вона містить досить кисню і не має отруйних газів”. Та якщо ми хочемо здійснити своєрідну екологічну експертизу і оцінювання газової оболонки Землі, то обмежитися цим твердженням аж ніяк не зможемо.

На наш погляд, першою з багатьох властивостей атмосфери є її “однаковість” для всієї поверхні Землі. Якщо знехтувати домішками і забрудненнями, то всі земляни дихають практично однаковим повітрям, коли перебувають на одній і тій самій висоті над рівнем моря. Мандрівники давніх часів не сушили собі голову перед мандрівкою запитанням типу: “А чим і як там ми будемо дихати?” Вони намагалися розв’язати інші проблеми, а саме: “Яка там вода? Де знайти їжу?”

Це видається настільки очевидним, що сучасні мандрівники “по вертикалі” (альпіністи і туристи) інколи забувають про ту важливу обставину, що, плануючи сходження, варто добре подумати над тим, чим вони дихатимуть. Тут, звісно, можна заперечити, що ці люди чудово знають висоту бажаної вершини. Якщо це 5–6 км, то обходяться без кисневих масок, адже на цій висоті люди живуть постійно в Гімалаях і Тибеті. Лише коли передбачається сходження на 7–8 км, то запасаються киснем. Та не раз траплялося, що за цими міркуваннями забували про зміни погоди, про можливість тимчасової зміни тиску. Зниження тиску в центрі потужного циклону фактично еквівалентне “підніманню” місцевості на більшу висоту (і не на метри — на сотні метрів і більше), а підвищення його для умов антициклону — “опусканню” місцевості ближче до рівня моря. На жаль, не раз гинули від задухи на висоті 6–7 км ті альпіністи, на нещастя яких глибокий циклон “піднімав” їх на небезпечну висоту.

Відомо, що практично вся територія України перебуває у комфортній для дихання зоні малої висоти над рівнем моря. “Стрибки” тиску погодного характеру не відчуває більшість здорового населення. Вони не становлять для нього жодної небезпеки. А от для тих, хто “ледь дихає” навіть у сприятливих погодних умовах, зниження тиску повітря у циклонну негоду помітно ускладнює життя і погіршує самопочуття.

Відносна сталість складу атмосфери спостерігається в усій її нижній частині (аж до висот 92–94 км), де сила тяжіння скупчила пере-



важну більшість молекул газів. Засобом для вирівнювання складу і безперервного “перемішування” є всі види вітрів і конвективний рух вгору чи вниз за різниці температур (і тисків) повітряних мас у різних місцях поверхні Землі.

Частину повітря, яка приблизно однакова в усіх куточках Землі й мало змінюється за день, тиждень чи навіть рік, назвали *сталою складовою атмосфери*. До неї входять *десять* газів. Домінують два з них: азот ( $N_2$ ) – 78,084 % і кисень ( $O_2$ ) – 20,946 %. Частка всіх інших узятих разом не сягає й одного відсотка у сухому повітрі. Ці “інші” 8 газів постійної складової атмосфери за концентрацією розташовуються у такому порядку (%): аргон (Ar) – 0,934; вуглекислий газ ( $CO_2$ ) – 0,036; неон (Ne) – 0,0018; гелій (He) – 0,000524; метан ( $CH_4$ ) – 0,0002; криптон (Kr) – 0,00014; водень (H) – 0,00005; ксенон (Xe) – 0,000009. Наголосимо, що термін “стала складова” стосується однорідності складу повітря у межах її нижніх 94 км (зона інтенсивного конвективного перемішування), а не його незмінності впродовж тривалого часу.

Дуже точні виміри на океанічних островах свідчать, що останнім часом вміст вуглекислого газу невпинно зростає, коливаючись упродовж року. Щовесни він трохи більший, аніж восени, коли частину  $CO_2$  поглинають під час літньої вегетації рослини суходолу Північної півкулі (рис. 29). А ось плавне зростання пояснюють найчастіше тим, що людство весело і радісно спалює практично все, що може горіти, надаючи теплову енергію і виділяючи у повітря щороку 10 чи вже й 20 млрд т  $CO_2$ .

Якщо пригадати, що спалювання супроводжується вилученням з повітря кисню й приєднанням його до атомів вуглецю чи водню з палива, то можуть виникнути побоювання типу: “А чи вистачить на наш вік кисню?” Виявляється, вони абсолютно безпідставні, бо кількість кисню надто велика порівняно з масою вуглецю у паливі. Навіть якщо одномоментно спалити все, що міститься у відомих родовищах вугілля, нафти і газу, то вміст кисню знизиться з 21 % до приблизно 12 %, а ось кількість вуглекислого газу у повітрі збільшиться у багато разів, і наслідки цього будуть надто відчутні.

Вивчення впливу вуглекислого газу на температуру приземного шару повітря є одним з досягнень сучасної науки. Якщо раніше про нього тільки здогадувалися, то дослідження повітря у зразках льоду з нижніх шарів льодовиків Гренландії та Антарктиди дали незаперечні докази зв'язку між вмістом  $CO_2$  і температурою на Землі.

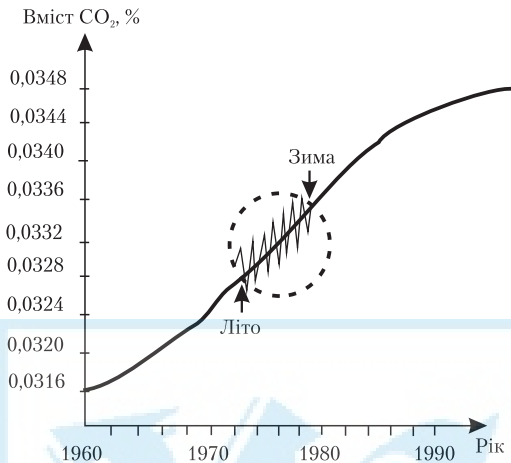


Рис. 29. Зміни вмісту вуглекислого газу в повітрі

Виявилося, що максимальні концентрації вуглекислого газу у певні моменти впродовж останніх 150 тис. років щоразу відповідали потеплінням. Зниження вмісту  $\text{CO}_2$  і схожого до нього за впливом на температуру повітря метану супроводжувалося розвитком льодовиків (льодовикові періоди). Це є суттєвим здобутком сучасної науки. Лишається лише зачекати, коли вона зможе встановити, який з цих двох чинників є причиною, а який — наслідком.

Пошуки відповіді на останнє запитання актуальні ще й тому, що останнім часом господарська активність людства теж позначається на сталій складовій атмосфері, бо інтенсифікація рільництва і тваринництва за 300 років більш як подвоїла кількість метану в атмосфері, а спалювання органічного палива щонайменше на чверть збільшило концентрацію вуглекислого газу в ній. Про можливі наслідки цього явища йтиметься в п. 6.4.4.

Серед згаданих сталих складових атмосфері немає явно отруйних. Цікаво, що істотні зміни концентрації кожного з газів шкідливі чи небажані, адже переважна більшість з них не підтримує дихання. Це стосується навіть потрібного нам кисню. Доведено, що внаслідок підвищення його вмісту понад межу 27 % стане практично неможливим самозгасання пожеж у лісах, які спричиняються блискавками (дощ не зможе зробити листя чи гілки досить “мокрими”). Ще гірше, що посилення окислення призведе до розігрі-

вання і самозаймання куп листя чи вугілля, елеваторів і сховищ зерна, торфовищ тощо.

Стала складова повітря — екологічно безпечна на всій поверхні Землі.

**Змінні складові атмосфери (домішки).** Такого переконливого заспокійливого твердження, на жаль, не можна висловити стосовно домішок в атмосфері. Розглянемо спершу ті змінні складові, які мають природне походження. Серед них на першому місці *водяна пара*, змінність концентрації якої нам відома і звична.

Ми почуваємося не дуже добре, коли повітря надто сухе. Ситуація погіршується, коли високий вміст пари поєднується з підвищенням температури. У цих умовах навіть у здорової людини утруднюється теплова регуляція, важко (і небезпечно) виконувати інтенсивну фізичну працю, дуже підвищується ймовірність виникнення теплового удару. Саме тому вологі тропіки лікарі вважають малосприятливими для людини зонами Землі. Рекордна концентрація водяної пари сягає там 5–6 %, а середня близька до 3–4 %.

Влітку над Україною повітря містить найбільшу кількість водяної пари. Взимку повітря сухіше, бо вона конденсується у сніг та іній. Найнижчі концентрації водяної пари — до 0,00001 % — спостерігаються над вкритою льодом Антарктидою.

Значно нижча концентрація інших домішок у повітрі. Наприклад, середня концентрація *озону* ( $O_3$ ) збігається з рекордно малою концентрацією пари води. Відомо кілька природних джерел утворення цього активного окислювача з характерним запахом. У приземних шарах атмосфери це блискавки й окислення смол хвойних дерев, а утворені ними концентрації озону, як найчастіше пишуть у книгах і статтях, позитивно впливають на наше самопочуття.

Більшість озону постійно перебуває в шарах стратосфери на висотах 15–70 км (максимум — на висоті 25 км), утворюючи *озоносферу* — “протиультрафіолетовий” щит Землі. Поглинаючи біоактивне випромінювання Сонця під час свого утворення й розпаду, озон не пропускає до поверхні Землі безсумнівно шкідливу для біосфери частину сонячної енергії.

На жаль, антропогенні домішки в атмосфері вже створили реальну загрозу втрати такого необхідного для сучасної біосфери шару озону у стратосфері та “заміни” його вкрай небезпечним “приземним” озоном. Про це йтиметься трохи далі.

Серед змінних складових атмосфери є кілька *сполук азоту з киснем* ( $N_2O$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ), які, як і озон, теж утворюються під час гроз енергією блискавок.

Дуже складні суміші газів виходять назовні з вулканів. У порядку зменшення концентрації це  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2$ ,  $HCl$ ,  $HF$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $COS$ ,  $CH_4$  та деякі інші. Частина з них бере активну участь у різноманітних хімічних реакціях в атмосфері та на поверхні ґрунту.

Майже всі зазначені гази або відверто отруйні (як  $CO$ ), або більш-менш шкідливі для людини, та їхня природна концентрація на великих відстанях від вулканів дуже мала, вона менша мільйонної частки відсотка, не становлячи небезпеки для здоров'я людини. Відомо, що отруйні викиди з вулканів не раз вбивали багато людей (інколи — десятки тисяч!) в його найближчих околицях. Та, на щастя, перемішування повітря швидко зменшує концентрацію шкідливих газів вулканів, тому вони не становлять небезпеки для справді великих територій.

Раніше нехтували виділенням газів з гірських порід, звертаючи всю увагу на добре помітні стовпи диму з вулканів. Лише нещодавно встановили, що сумарний газовий потік у горах (гейзери, джерела газованих вод типу нарзану, витікання з тріщин тощо) близький до вулканічного. Навіть виходи корінних порід на рівнинах “видихають” гази, хоч і порівняно мало (водень,  $CH_4$  та інші гази).

Серед цих “інших” *радон* став об'єктом поглибленого вивчення. Цей важкий інертний газ належить до природних радіонуклідів з  $\alpha$ -активністю. Тривале перебування людини у гранітних печерах, шахтах, напівпідвальних приміщеннях, які контактують з гранітами, суттєво підвищують ризик захворіти на рак легенів. На відкритому повітрі та у звичайних будинках радон не становить небезпеки, а його контрольоване використання у санаторіях дає змогу лікувати деякі хвороби.

До порівняно нових об'єктів уваги вчених належать дрібні тверді чи рідкі атмосферні *аерозольні частинки*, середня концентрація яких близька до концентрації ксенону, а мінімальна — приблизно 100 частинок у кубічному сантиметрі чистого повітря.

Найменші аерозольні частинки мають 6–10 молекул (нанодіапазон), найбільші —  $10^{18}$  (мікронні розміри). Та й ті такі малі, що повітря для них є дуже густим середовищем (як для нас мед). Шляхом подібнення гірських порід утворюються частинки діаметром не менше 1 мкм, а ще дрібніші — тільки конденсацією з газів повітря чи випаро-

вуванням крапель води (переважно солоної). Континентальний аерозоль з цієї причини крупніший, ніж океанічний.

Великими і помітними природними джерелами аерозолів є вулкани всіх типів, пилові бурі, дим від численних пожеж тощо. Та найпотужнішим джерелом найпотрібнішого для утворення дощових крапель аерозолію є солоні води океану і морів, точніше — піна незліченних хвиль. Доведено прямими вимірюваннями, що 2-міліметрова бульбашка, лопаючись, утворює понад 2000 мікрокрапель, випаровування яких дає найкращі ядра конденсації водяних крапель у всіх дощових хмарах Землі.

Без аерозолію дощі чи інші опади стануть неможливими, а будова атмосфери — несприятливою для життя. Одне це робить ці частинки дуже корисними для біосфери, яка добре пристосувалася до їхнього існування. У наш час медики інтенсивно вивчають вплив природних та антропогенних аерозолів на здоров'я, бо дедалі зростає кількість осіб, які хворобливо реагують на пилок дерев та інші мікрочастинки.

Надзвичайна різноманітність господарської активності людини спричинила появу у повітрі не тільки пилу, а й великої кількості газів-забруднювачів. Детальніше розглянемо їх нижче.

#### **6.4.2. Екологічна оцінка природної атмосфери**

Враховуючи, що сила тиску повітря на кожен квадратний сантиметр на рівні моря в середньому дорівнює майже 10 Н (ньютонів), дійдемо висновку, що маса повітря над цим квадратиком становить 1 кг. Тепер досить обчислити поверхню Землі у квадратних сантиметрах за формулою  $S = 4 \pi R^2$ , де  $R$  — радіус Землі (637 103 200 см), щоб отримати масу атмосфери у кілограмах:  $5,3 \cdot 10^{18}$  кг.

Сприйняти цю цифру важко, тому для порівняння вкажемо, що вона у 266 разів менша від маси усієї води і становить усього мільйонну частину маси Землі. Якщо перетворити повітря на рідину з густиною води, то його вистачить на заповнення восьми Чорних морів, а з решти можна буде зробити з півсотні мілких Азовських. Отже, повітря не так і мало.

Оскільки людина споживає на дихання у середньому 800 г кисню за добу, то 6-мільярдне населення Землі поглине весь кисень атмосфери за 300 000 років. На окислення різних видів палива люди споживають його більше, аніж на дихання. Промисловість забирає щороку приблизно 1/100 000 частину наявного кисню.

Зі сказаного випливає, що у найближчий і навіть віддалений час небезпеки вичерпання кисню атмосфери немає, бо природа накопичила його дуже багато. Ситуація виглядає ще оптимістичнішою, якщо врахувати, що кожен зелений листочок чи водна мікророслина живиться, поглинаючи з повітря  $\text{CO}_2$  і виділяючи в нього кисень.

Обчислення показали, що Україна в цілому використовує кисню більше, ніж його утворюють рослини на її території. Поки що міжнародна співдружність не мала наміру висловити якісь претензії до нас з цього приводу. Причиною є насамперед згадана вище задовільна ситуація з киснем атмосфери. Наявна кількість кисню практично ідеальна для людини, забезпечуючи їй можливість проживання на переважній більшості поверхні Землі, за винятком незначної території високогір'я вище 4–5 км над рівнем моря.

Дослідження фотосинтезу довели, що його інтенсивність (отже, і продуктивність ріллі) пропорційна концентрації  $\text{CO}_2$  у повітрі. За цими даними сучасна атмосфера не забезпечує максимально можливої продуктивності зелених рослин, тому невелике збільшення кількості  $\text{CO}_2$  матиме очевидний позитивний вплив на сільське господарство.

Шкідливі для людини гази зі складу повітря лише в поодиноких випадках досягають небезпечної концентрації. В Україні для  $\text{CH}_4$  та інших сполук вуглецю такі умови виникають лише поблизу кратерів грязьових вулканів Криму (під час виверження) і в глибоких колодязях у Прикарпатті.

Постійною загрозою для людей є вулкани. Частина з них подібна до вулкану Монт Пеле на острові Мартініка, який під час виверження у 1902 р. утворив велику гарячу, важку і задушливу хмару, яка зісковзнула з його схилу і миттєво знищила квітуче місто Сент-П'єр з його приблизно 40 000 жителів. Пощастило одному в'язню (Августо Кіпарізо), який очікував на страту у найглибшому казематі старої фортеці. Діставши опіки легенів, він все-таки вижив, був амністований і згодом заробляв хліб виступами в цирках США.

Останніми роками увагу привернули озера у кратерах вулканів. Одне з них (озеро Ніос у Камеруні) 21 серпня 1986 р. раптово викинуло зі своїх глибин хмару  $\text{CO}_2$  з домішками інших задушливих газів (рис. 30). Була тиха погода, і ця хмара “перелилася” через край кратера й посунула вниз уздовж долин ручаїв, спричинивши смерть приблизно 1700 жителів трьох сіл та худоби.

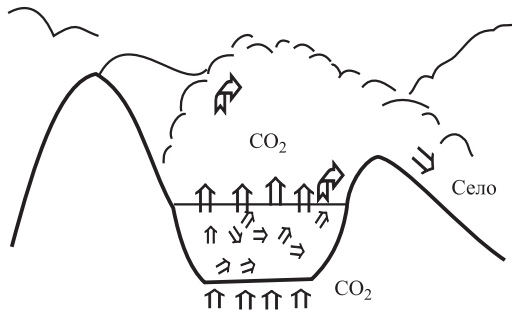


Рис. 30. Екокатастрофа на озері Ніюс

До цієї трагедії геофізики не звертали уваги на можливість таких явищ, хоч кожен з них не раз бачив виділення бульбашок газу з газованої води чи вина від зменшення тиску над ними у момент відкривання пляшки. Щось схоже трапилося в озері, глибокі шари якого були насичені  $\text{CO}_2$ . Періодично з випадкових причин такі системи втрачають стійкість, адже  $\text{CO}_2$  просочується безперервно, і озеро наче “закипає”, виділяючи хмару газу.

З часу катастрофи фахівці з Франції уважно стежать за Ніюс і сусідніми вулканічними озерами, експериментуючи зі способами відведення зайвого газу через довгі труби, які сполучають повітря з нижніми шарами води біля дна. Скотарі фульбе аж надто помилялися, називаючи озеро Ніюс “добрим”.

Питання задушливої чи шкідливої атмосфери стосується популярної останнім часом теми *геопатогенних* (шкідливих для здоров’я) зон на поверхні Землі. Відклавши частково її обговорення до аналізу ролі іонізуючого випромінювання у біосфері, зазначимо, що до таких “зон” належать печери і глибокі провали, де накопичуються небезпечні гази. Багато разів описувалася “собача печера” в Італії, де у метровому шарі  $\text{CO}_2$  гинуть собаки, а голови людей розташовані вище, і вони дихають нормальним повітрям. У “долині гейзерів” на Камчатці знайшли видолинок, де гинуть навіть ведмеді.

Такі небезпечні місця та райони надто малі, а тому загалом на поверхні Землі природні атмосферні умови цілком сприятливі для людини. На жаль, цього не можна сказати про те життєве середовище, яке створила для себе і для інших людей Homo technocraticus (людина “індустріальна”).

## З нашого досвіду

31 липня 2007 р. у райцентрі Чаплинка Херсонської обл. сталася дуже характерна для сучасної України подія: не отримавши у системі освіти ніяких знань про небезпечні гази і порушуючи правила безпеки, під час спроби відремонтувати помпу в каналізаційному колекторі загинуло три особи і серйозно отруїлися ще 14.

Скільки ще людей у нас має загинути з подібних причин, щоб примусити керівників системи освіти змінити інформаційний зміст багатьох навчальних дисциплін і формувати у нових генерацій компетентність у безпеці життєдіяльності?

Якщо десяток років тому на дорогах України смерть косила водіїв, пасажирів і пішоходів кожні дві години, то нині – щогодини.

Виникає логічне запитання: чому всі сучасні спідометри повідомляють водію лише те, яку відстань від проїде за годину? Скільки ще десятків тисяч людей мають загинути для усвідомлення того, що спідометри ХХІ ст. мають вказувати, як мінімум, два показники: 1) де автомобіль буде через секунду; 2) якою є у даний момент руху та найменша відстань, у межах якої водій нічого не зможе змінити унаслідок невідламаності сукупного впливу законів фізики і фізіології?

### 6.4.3. “Озонова діра” – сигнал небезпеки

Явище суттєвого пошкодження озонового захисту біосфери Землі є типовим прикладом глобальної екологічної проблеми техногенного характеру. Історія “озонової діри” цікава не тільки сама по собі, а й як перший приклад порівняно оперативної і скоординованої дії вчених та урядів більшості країн світу.

Як відомо, терміном “озонова діра” офіційно названо зону стратосфери над Антарктидою з дуже зменшеною від нормального значення для цих висот концентрацією озону. Виникає під час антарктичної зими, досягаючи максимуму розвитку наприкінці її. Потім поступово заповнюється, а влітку антарктична стратосфера повертається до норми. В момент найбільшого розміру “озонова діра” напередодні зламу сторіч подекуди навіть виходила за межі континенту Антарктиди, зумовлюючи помітне зменшення кількості озону над Південною Австралією і Новою Зеландією.

Озоносферу над Антарктидою з 1957 р. вивчали вчені Великобританії. Перше невелике зменшення кількості озону зазначено у 1968 р., істотне – у 1977 р. Значне посилення цього явища датується 1982–1984 рр., після чого проблема набула світового розголосу, а до досліджень долучилися інші країни. Залучивши чималі фінанси і всю можливу техніку (висотні літаки, ракети і супутники), антарктичної зими 1987 р. було зроблено якнайдетальніші вимірювання хімічного складу повітря на багатьох висотах. Так отримано незаперечне свід-



чення того, що причиною зникнення озону були сполуки хлору і фтору: всюди, де їх було багато, — озону мало, і навпаки.

Пояснимо коротко механізм утворення озону і причини негативного впливу на нього деяких техногенних хімічних сполук. Озон — триатомний кисень ( $O_3$ ), молекула якого формою на диво схожа на молекулу води. Її нестійкістю пояснюється швидке зменшення запаху озону після грози. Нестійкість пов'язана з підвищеною хімічною активністю озону. У великих концентраціях він пошкоджує і рослини, і тварини, тому озон входить до першої (безпорогової) групи отрут. Відомо, що озон використовується як набагато кращий від хлору реагент для знезараження питної води від усіх патогенних мікроорганізмів.

У процесах утворення і розпаду озону в незабрудненій стратосфері найактивнішу роль відіграють два з трьох ультрафіолетів — А, В і С. Всі короткохвильові фотони у сонячному випромінюванні вчені поділяють на такі:

- *ультрафіолет-А*, який непогано проходить крізь атмосферу, має помірну енергію, хімічно (але досить м'яко) діє на клітини нашої шкіри, бере участь в утворенні вітамінів групи Д, провокує характерну засмагу. Шкідливий лише у надмірних дозах;
- *ультрафіолет-В* з більшою на 20–40 % енергією фотонів. На жаль, вона виявляється цілком достатньою для розщеплення зв'язків у біомолекулах, що пошкоджує клітини і провокує небажані мутації (частина яких призводить до раку шкіри — меланоми). Якщо вилучити з повітря озон, то решта газів погано поглинають цей вид ультрафіолету, його шкідлива дія на біосферу стане дуже небезпечною;
- *ультрафіолет-С* зі ще більшою енергією фотонів. На щастя, їх кількість мала, і частина газів атмосфери поглинає цей “третій” ультрафіолет (УФ-С).

У процесі поглинання УФ-С “парним” киснем  $O_2$  у верхній стратосфері вилучається цей найнебезпечніший фотон і утворюються два атоми кисню. Останні прилучаються до цілих молекул “парного” кисню і утворюють вже триатомну молекулу озону. Максимальна його кількість спостерігається на висотах 20–30 км, зрідка — вище.

Озон чудово поглинає УФ-В, розпадаючись на атом кисню і молекулу “парного” кисню. Отже, у вічному циклі утворення-розпаду озону з потоку сонячного випромінювання вилучаються якраз ті фотони, що становлять серйозну небезпеку для рослин і тварин на

поверхні Землі. Що це не жарти, а сумна правда, свідчать чимало різноманітних експериментів з дослідження впливу УФ-В і УФ-С на найпростіші, рослини і тварини.

У незабрудненій стратосфері Землі кількість сполук, що є “хімічними ворогами” озону, незначна, тому вже кілька сот мільйонів років “озоновий щит” мав достатню непроникність для надійного захисту життя на суші й у поверхневих шарах океану.

На жаль, з другої половини ХХ ст. Homo technocraticus ненавмисне, але рішуче, розпочав дірявити озоновий щит. Найефективнішим “свердлом” виявилися так звані фреони — сполуки з одночасним вмістом фтору і хлору (насамперед  $\text{CFCl}_3$  і  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ , які масово використовувалися в холодильних машинах та аерозольних балонах). У нижніх шарах атмосфери вони нешкідливі, бо хімічно досить-таки інертні. Діставшись до стратосфери і поглинувши один ультрафіолетовий фотон, розпадаються, звільняючи атоми хлору і фтору. Кожен з останніх, до свого вимивання вниз у формі сполуки з воднем (кислоти), встигає каталітичним способом розкласти (знищити) десятки тисяч молекул озону. За відсутності молекул озону відповідна кількість УФ-фотонів прорветься до поверхні Землі й зашкодить біосфері. До цієї неприємності додається й та, що час згаданого вимивання хлору і фтору з практично безхмарної стратосфери становить десятки не годин, а років.

В історії з фреонами виявили себе відразу кілька екологічних законів (радімо самостійно знайти їх, спираючись на викладене у розділах 2 і 3).

Привертаємо увагу до ще важливішої, на наш погляд, обставини. Коли після винайдення фреонів вивчали їх дію на людину і довкілля, до цієї справи були залучені медики і біологи. Та жодний з цієї групи фахівців, перевіряючи вплив цих речовин на здоров'я людини, не міг передбачити, що на запаморочливій висоті у стратосфері є речовина, якій фреони через багато років завдадуть непоправної шкоди. А через озон шкодитимуть і людям.

Отже, справді серйозні екологічні питання — надто твердий горішок для вузьких спеціалістів навіть найвищої кваліфікації. Чи могли у ті часи передбачити шкоду фреонів для озоносфери екологи? Мабуть, не могли, бо тоді знання щодо процесів у верхній атмосфері були надто поверховими.

На наш погляд, для запобігання виникненню нових “озонових дір” (пошкодження інших частин біосфери) необхідний одночасний роз-

виток екології як найнеобхіднішої нині інтегральної науки та ефективно об'єднання зусиль фахівців з усіх природничих наук для спільного аналізу комплексу аспектів впливу дій і технологій людства на біосферу.

В історії з фреонами таке об'єднання відбулося у 80-х роках ХХ ст. Хоч було доведено, що “озонова діра” такої інтенсивності є суто локальним явищем (зимовий вихор навколо Південного полюсу припиняє контакти антарктичного повітря з довкіллям, тому хлор і фтор мають досить часу для знищення початкової кількості озону, яка потім не поповнюється аж до закінчення полярної ночі), та не можна було заперечити швидкого накопичення фреонів у повітрі всієї Землі. Навіть оптимісти погоджувалися з тим, що цей процес необхідно рано чи пізно зупинити.

Вимірювання з подальшими обчисленнями і моделюванням показали, що вже через 50 років кількість озону над нами зменшиться щонайменше удвічі, якщо й далі викидати в повітря щороку понад 1 млн т хлорних сполук. Зусиллями науковців і політиків у 1985 р. було прийнято Конвенцію про захист озону. Цього заклику було, вочевидь, мало, і в 1987 р. представники тридцяти провідних промислових країн світу підписали офіційну угоду (Монреальський протокол) про дати і рівні припинення застосування фреонів та заміну їх безпечними для озоносфери сполуками і речовинами.

Відтоді представники цих країн спільно стежать за виконанням угоди, періодично збираючись у Монреалі для корекції протоколу. Розвинені країни загалом цілком успішно виконують програму захисту озонного шару. Вони навіть пішли на те, щоб повністю припинити використання фреонів не з 2000 р., а з 1996 р.

Складніша ситуація з країнами, що розвиваються, бо більшість з них не прилучилися до озонозахисних проєктів. Це одне з тих питань, щодо яких дискутують між собою представники бідного Півдня і багатой Півночі. Про перспективи їхніх спільних дій йдеться в кінці книги.

#### ***6.4.4. Проблема техногенного перегрівання атмосфери***

Загроза втрати стратосферного озону — не єдина екологічна тема засобів масової інформації. Останнім часом її набагато перевершила проблема техногенного підвищення середньої температури нижніх шарів атмосфери, яку подають як “парниковий ефект, спричинений викидами вуглекислого газу”.

Та в цьому твердженні наявні одразу дві неприпустимі неточності:

1. У звичайному парнику (земля, вкрита плівкою) нагрівання спричинене припиненням плівкою конвекції – руху нагрітого від темного ґрунту повітря вгору. “Парникові гази”, дані про відносний вплив яких на підвищення температури поверхні Землі наведено у табл. 19, не гальмують конвекцію у повітрі, але виконують роль плівки, впливаючи на явище випромінювання Землею теплових хвиль у космос.

Таблиця 19

**Внесок різних газів у додаткове нагрівання поверхні Землі**

Газ	Частка, %	$t$ , °C	Вплив людини на вміст цих газів
Водяна пара	62,0	20,6	Дуже малий
Вуглекислий газ	21,8	7,2	Середній
Приземний озон	7,2	2,4	Невеликий
Окис азоту	4,2	1,4	Невеликий
Метан	2,6	0,8	Великий
Інші гази	2,2	0,7	Середній/великий
<b>Разом</b>	<b>100</b>	<b>+33,1</b>	

Поглинаючи довгохвильове (теплове) випромінювання суші й океанів, вони сповільнюють їх охолодження, примушують нагрітися до вищої температури. Тільки внаслідок цього додаткового нагрівання потік тепла крізь атмосферу у космос зрівнюється з припливом енергії у формі сонячного проміння з порівняно короткими хвилями.

Без цих газів тепла рівновага тіла Землі з довкіллям встановилася б аж на позначці  $-33$  °C проти сучасної середньої її температури. Щоб уявити, що це означає, відніміть подумки від наявної температури ці тридцять три градуси і ще кілька (бо вкрита кригою Земля охолідиться додатково через зменшення її поглинальної здатності). Для території України вийде влітку десь від  $-10$  до  $-20$  °C. Отже, зазначені гази називають “парниковими”, маючи на увазі їх участь у встановленні середньої приземної температури на підвищеній позначці.

2. Основна неточність згаданої фрази полягає в тому, що це додаткове нагрівання спричинене не лише вуглекислим газом, а цілою групою, в якій він посідає не перше (хоч і “призове”) місце (табл. 19).

То чи існує загроза глобального перегрівання Землі, танення всіх льодовиків та інших лих з тієї причини, що людство порушило рівновагу вуглецевого циклу, спалюючи мільярди тонн викопного палива?

На нашу думку, такої проблеми немає як на найближчі роки, так, мабуть, і на найближчі десятиріччя. А от у віддаленішому майбутньому з нею доведеться рахуватися. Цим проблема “парникового” ефекту” принципово відрізняється від значно ближчої і абсолютно безсумнівної загрози пошкодження озонового шару.

Існують кілька причин цього відносного оптимізму:

1) хоч, як зображено на рис. 29, вміст вуглекислого газу безперервно підвищується і за століття його приріст перевищив 20 %, не можна аж так категорично стверджувати, що тимчасові потепління 30-х і останніх 10–15 років спричинені виключно цим газом. Його вміст нині набагато нижчий, ніж під час по-справжньому великих потеплінь, що вивчені за допомогою зразків льоду із свердловин у Гренландії та Антарктиді;

2) обчислення нових значень середньої температури приземної атмосфери у разі додаткового збільшення вмісту вуглекислого газу на 40–60–80 % не можуть вважатися достовірними, бо для різних моделей погодного взаємозв'язку вони відрізняються у 2–4 рази;

3) неточним є не тільки температурний прогноз, а й передбачення зміщення природних зон на поверхні Землі, оскільки обчислення змін в опадах ще менш обґрунтовані. Досліди ж свідчать, що певне підвищення вмісту  $\text{CO}_2$  посилить фотоефект і підвищить продуктивність рослин.

Щодо значного підвищення вмісту вуглекислого газу, метану та інших сполук, що мають “парниковий” вплив на повітря, то воно, безсумнівно, шкідливе, якщо відбудеться не за тисячі років, а за 20–30. Немає сумнівів, що в разі подвоєння чи потроєння вмісту всіх цих газів (окрім водяної пари) матимемо такі наслідки:

- підвищення середньої температури повітря і зміщення сприятливих для зернових зон у полярному напрямі. Навіть в разі збереження рівня опадів це зменшить врожаї, бо на цих широтах лежать не чорноземи, а бідні на гумус підзоли, лісові та тундрові ґрунти;
- розширення поясу пустель з усіма негативними наслідками цього явища;
- тропічна зона стане ще несприятливішою для проживання людей;

- розпочнеться поступове підвищення рівня Світового океану внаслідок танення льодовиків Гренландії та Антарктиди. У віддаленій перспективі це означає повне затоплення всіх дуже населених приморських рівнин і необхідність переселення сотень мільйонів людей.

Отже, проблема “парникового” ефекту колись може гостро стати на порядку денному. У прискоренні цього дуже зацікавлені захисники (і представники) тих видів енергетики, що не викидають у повітря надто велику кількість “парникових” газів. Особливо активно “тиснуть” на “парниковий важіль” прихильники ядерної енергетики, настійно наголошуючи, що вона не додає в атмосферу вуглекислого газу чи метану.

Не заперечуючи власне цього факту, зазначимо, що будь-яка (навіть сонячна) енергетика забруднює довкілля. Кожна країна, вибираючи спосіб енергетичного забезпечення, повинна врахувати всі викиди та їх вплив на довкілля, а не тільки “парникові” гази.

#### ***6.4.5. Глобальне забруднення атмосфери***

Хоч дані про загальні масштаби антропогенного забруднення атмосфери досить суперечливі, та все ж можна з великою достовірністю стверджувати:

1) оскільки добове виділення вуглекислого газу однією середньою земною дорослою людиною становить приблизно 0,85 кг (див. табл. 5), то, враховуючи і дітей, і старих, вважатимемо, що забруднення атмосфери диханням досягає 1,5 млрд. т  $\text{CO}_2$  щороку. Якщо врахувати необхідні людству свійські тварини, то, можливо, ця цифра збільшиться удвічі, але так і не сягне 1 т на одну особу за рік;

2) всі види промисловості, транспорт і енергетика виділяють у кілька разів більше  $\text{CO}_2$ , ніж людство. Експерти вважають, що техногенні та побутові викиди  $\text{CO}_2$  становлять 2–3 т у середньому на кожного землянина. Ця цифра складається зі 100–200–300 кг, утворених вогнищами у бідних сільськогосподарських країнах, сягаючи 10–20 т у високорозвинених і промислових;

3) значно шкідливіші для довкілля, хоч і менші за масою, викиди отруйних чи хімічно шкідливіших газів типу монооксиду вуглецю ( $\text{CO}$ ), окисів сірки ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ) і азоту ( $\text{NO}_2$ ), кількохсот органічних сполук, пилу і мікроаерозолію з участю таких надотруйних металів, як кадмій, мідь, ртуть, цинк, свинець, талій та чимало інших. Не всі країни повідомляють про обсяги подібних викидів, частина цього просто не знає.

СРСР наприкінці свого існування лише трохи поступався США за обсягом промислово-транспортних викидів. У 1989 р. це було приблизно 60 млн т пилу, окислів і вуглеводнів: 15 — пил і сажа, 18 — діоксид сірки, 12 — CO, 5 — діоксид азоту, 10 — вуглеводні. На жаль, було ще не менше 2 млн т значно отруйніших специфічних забруднювачів типу сірководню, свинцю, хлору тощо. Для отримання загальнопланетарного забруднення атмосфери ці показники науковці множили на коефіцієнти від 3 до 6.

Приблизно така сама картина (відрізняються лише деталі класичного набору забруднень) спостерігається в інших промислово розвинених країнах. Тому можна стверджувати, що в них на одного жителя припадає викид в атмосферу у середньому 100–500 кг шкідливих і надшкідливих сполук та елементів. Ситуація у країнах, що розвиваються, тимчасово краща просто тому, що в них не розвинені ні енергетика, ні транспорт.

Втім ця перевага досить швидко зникає, бо міжнародні фірми, які фактично є представниками розвинених країн, “тікають” від пресу екологічних законів і норм у своїх країнах, споруджуючи заводи з небезпечними для довкілля характеристиками на території бідніших партнерів. Класичним прикладом є “контракт століття” з фірмою “найближчого друга” В. Леніна американського бізнесмена А. Хаммера, за яким на території СРСР організовано виробництво шкідливих сполук (аміаку), з вивезенням кінцевої продукції до США. Такі заводи на території США давно заборонені зусиллями захисників довкілля.

Лишається тільки радіти тому, що досі на Одеському припортовому заводі (з мережі споруд Хаммера) не сталося лиха такого ж масштабу, як у центральній Індії у місті Бхопал. Третього грудня 1984 р. уночі там відбулася аварія на заводі відомої міжнародної фірми “Юніон Карбайд”, що виробляв пестициди на основі дуже отруйної сполуки (метилізоціанату). Порушення технології призвело до викиду отруйної хмари газу, яка поступово стала вкривати дедалі більшу територію міста. Сонні люди корчилися від болю, не розуміючи, що трапилося і як рятуватися. Обпікалася поверхня дихальних шляхів, навіть пошкоджувалася шкіра.

Офіційні дані про наслідки трагедії наприкінці 1988 р. такі: від отруєння і легеневих хвороб померло 3150 осіб, повних інвалідів — 20 000, потерпілих з довготривалими наслідками — понад 200 тис. Оскільки на відшкодування судом було визначено суму 500 млн дол.

США, то плата за смерть ледь перевищила 1000 дол., за невиліковну хворобу — трохи більше 100.

І все ж усвідомлення того факту, що “далі так не можна”, поступово вкорінюється у щораз більший кількості голів. Для розвинених країн Заходу і Японії суворими вчителями стали катастрофи, які відбувалися на їхній території.

Цих нещастя було на диво багато, “навчання” тривало довго. В одному тільки Лондоні за кілька днів густого і холодного туману у грудні 1952 р. чорний смог (сажа, сполуки азоту і сірки, які вивергали заводи передмість, транспорт і навіть комини камінів з житлових будинків) став причиною передчасної смерті від групи хвороб (насамперед легневих і серцевих) приблизно 4000 осіб. Подібні лиха, хоч і менших масштабів, траплялися на території США, Бельгії, Японії, Німеччини та інших країн.

З часу цього нещастя слово “смог”, що походить від поєднання англійських *smoke* (дим, кіптява) і *fog* (густий туман), стало спершу уживаним терміном для позначення суміші крапель туману із сажею і сполуками сірки й азоту (так званий індустріальний смог), а пізніше було поширене на всі видимі забруднення повітря із завислим у ньому аерозолем.

Найширшого світового розголосу набули випадки *фотохімічного смогу* у сонячні й тихі літні дні у вкрай загазованих великих містах “благополучних” країн (Лос-Анджелесі, Токіо, Афінах та ін.). Тут люди вперше “на власній шкірі” (точніше, легенями й очима) відчували, що таке “вторинні забруднювачі”. Ядучою отрутою став озон, що утворився у повітрі цих міст внаслідок цілого ланцюжка реакцій з участю сонячного випромінювання та викидів з автомобільних двигунів. Саме від озону очі й горло роздирав біль, і люди мріяли про вітер, який би зніс ядучий ковпак смогу, що вкривав міста.

Навіть нині, хоч автомобілі використовують краще пальне і дають менше викидів, 75 млн жителів великих міст США (хто частіше, хто рідше) зазнають впливу надмірних концентрацій приземного техногенного озону. З європейських міст “геопатогенною зоною” влітку періодично стає столиця Греції, де почастишали випадки густих фотохімічних смогів.

Та ще ширшою і глибшою за наслідками була шкода докільню в розвинених країнах від іншого вторинного забруднення, яке назвали “кислотними дощами” (рис. 31). Нагадаємо, що утворенню опадів з підвищеною кислотністю передуює поява у повітрі окислів сірки і



азоту (первинних забруднювачів). Вважають, що цих сполук щороку викидається понад 160 млн т. Реагуючи з газами повітря, вони утворюють сірчану і азотну кислоти, які підкислюють краплі дощу.

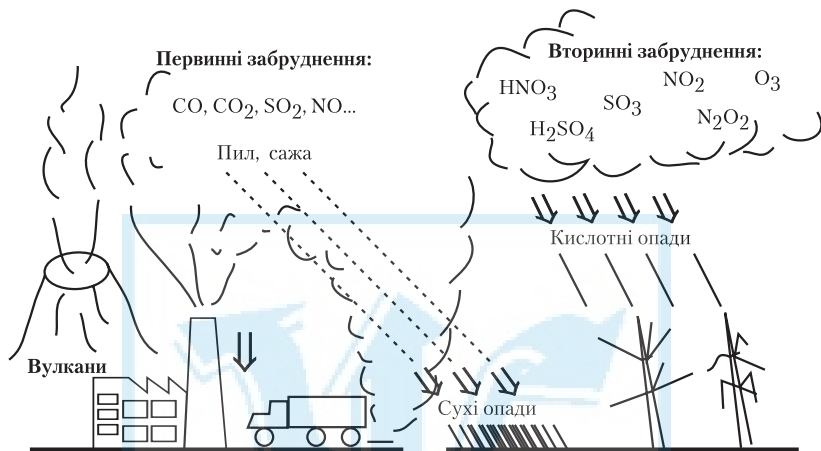
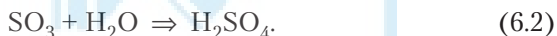


Рис. 31. Спрощена схема утворення кислотних опадів

Для прикладу наведемо ланцюг з двох реакцій, що призводить до появи сірчаної кислоти, основного агента кислотних дощів:



Власне, всі дощі світу з природних причин (досить вказати виверження вулканів) мають невелику кислотність. Рослини "звикли" до такого стану речей і навіть використовують сполуки азоту для свого росту (індекс кислотності "нормальних" дощів:  $\text{pH} > 6$ ).

"Кислими" умовилися називати такі дощі, у яких природна концентрація "кислого агента" (іонів водню  $\text{H}^+$ ) перевищена у 10 і більше разів (індекс кислотності від 5,6 і нижче. Кожна одиничка додає один порядок збільшення концентрації  $\text{H}^+$ ). Утворення цих дощів часто відбувається на великій, до 2–3 тис. км, відстані від зображених на рис. 31 джерел окислів сірки й азоту.

Перелік шкоди від кислотних дощів надзвичайно довгий:

- ушкоджуються листя та інші частини рослин. Дерева хворіють, "лісють" і швидко гинуть. Особливо страждають гірські ліси;

- змінюється хімічний склад ґрунту (вимиваються кальцій, калій і магній), що є додатковим негативним фактором для рослин і ґрунтової мікрофауни;
- порушуються ланцюги живлення в озерах, які стають синіми і мертвими;
- історичні пам'ятки з мармуру під час таких дощів буквально розчиняються. Ще трохи, і можна було б почути шипіння хімічних реакцій;
- в окремих випадках кислотність дощів підвищувалася настільки, що навіть пошкоджувалися дихальні шляхи тварин і людей.

Найбільшим активістом боротьби з кислотними дощами стала свого часу Швеція. Причиною було зникнення риби у віддалених від її власних промислових зон озерах. Дослідження показало, що винними в цьому були викиди сполук сірки в інших країнах: Англії, Бельгії і Німеччині. Така “хімічна агресія”, звичайно, дуже не сподобалася, та так, що вивела з рівноваги навіть незворушних в інших умовах шведів. Пригадавши досвід предків (останню велику війну шведи вели під Полтавою), вони розгорнули чималу активність в усіх існуючих міжнародних організаціях, звернулися до міжнародних судових інстанцій.

Хоч Швеція і не дочекалася виплати фінансового відшкодування за зниклу з озер і річок форель, та лишилася задоволеною тим, що розвинені європейські країни спільно розпочали активну боротьбу з атмосферними забрудненнями, зокрема зі смогами і кислотними опадами.

Підсумок цих зусиль хоч і позитивний, але далекий від бажаного. У розвинених капіталістичних країнах повітря, справді, стало чистішим, інтенсивність кислотних дощів зменшилася. Порівняння забруднення повітря в кількох великих містах наведено у табл. 20. Європейці відверто зраділи цим досягненням, тому активно продовжують рух до “нешкідливого” транспорту і чистого повітря в усьому Європейському Союзі.

Інша річ — столиці й великі міста країн третього світу. Зростання рівня забрудненості повітря спостерігається не лише в Пекіні. Ще гірше у великих містах решти країн, що розвиваються: Сан-Пауло, Мехіко, Каїрі, Стамбулі, Тегерані, Карачі, Бомбеї, Калькутті, Манілі та ін.

## Зміни рівня забруднення повітря окислами сірки у деяких великих містах

Місто і країна	Забруднення повітря у 1975 р., кг/м <sup>3</sup>	Забруднення відносно рівня 1975 р. = 100 %		
		1980 р.	1985 р.	1990 р.
Париж (Франція)	115,0	77	47	38
Лондон (Англія)	116,0	60	36	34
Мілан (Італія)	224,0	82	36	23
Брюссель (Бельгія)	99,0	63	34	32
Франкфурт (ФРН)	90,2	78	57	27
Монреаль (Канада)	40,3	101	50	40
Нью-Йорк (США)	43,1	87	85	75
Токіо (Японія)	70,0	80	42	33
Пекін (Китай)	80,0	120	202	145

Зазначені процеси триватимуть і надалі. Двадцять найрозвиненіших країн світу за останні 25 років зменшили щорічні викиди оксидів сірки у два рази, але це зменшення було майже “скомпенсоване” під час розвитку індустрії у Китаї, Бразилії, Нігерії та інших державах третього світу.

Проте найпомітніші кроки зроблено саме у захисті атмосфери, а не інших сфер Землі. Створена і постійно розширюється всесвітня система стеження (моніторингу) за станом повітря у сотнях місць Землі. Вдосконалюється система вимірювань і підвищується кількість речовин, які реєструються. Подекуди вже надійно визначають вміст мікрозабруднень типу аерозолі з отруйними металами і біоактивних органічних сполук.

І все-таки для всієї поверхні Землі і обсяг забруднень, і їх різноманітність поки продовжують збільшуватися.

#### **6.4.6. Проблема забруднення атмосфери жител**

Необхідність поглибленого дослідження атмосфери замкнених просторів усвідомлено давно, але тривалий час предметом уваги було повітря шахт, запилених і загазованих цехів тощо. Внаслідок швидкої урбанізації більшості країн світу у ХХ ст., перебування більшості населення впродовж 60–80 % свого життя у замкнених приміщеннях дуже важливо забезпечити чистоту повітря у квартирах, кінотеатрах, транспортних засобах тощо.

Ця проблема надзвичайно складна і далека від свого повного вирішення. У зарубіжних підручниках з екології стверджується, що повітря кухонь та віталень в їхніх країнах стало чистішим, бо винайдено нові способи опалення і приготування гарячої їжі. Центральне обігрівання з циркуляцією гарячої води замінило вугільні печі та каміни, газові та електричні плити різних видів, які, звичайно, ефективніші та безпечніші, аніж їх допотопні предки.

Проте відносна безпека “теплової” побутової техніки, на жаль, стосується не всіх житлових приміщень в Україні, бо в селах лишається багато старих будинків, а новобудови не завжди мають сучасне центральне опалення чи його автономний (лише для одного будинку) варіант.

У приміщеннях з примітивними нагрівачами завжди зберігається небезпека отруєння мешканців окисом вуглецю (СО). Досить (для збереження тепла) передчасно надто щільно перекрити канал комина, щоб піч почала поступово виділяти у кімнату СО. Є підстави вважати цей газ головним “хімічним” ворогом українців, що продовжує щороку забирати десятки життів. Цілковитою відсутністю запаху пояснюється те, чому люди гинуть, так і не відчувши загрози отруєння.

Високі концентрації СО вбивають майже миттєво. В історії транспорту чимало випадків отруєння пасажирів у тунелях. Один з найстрашніших — загибель 521 пасажирів (дивом врятувалися лише шість) у тунелі на шляху з Неаполя до узбережжя Адріатики в ніч з 3 на 4 березня 1944 р. Старенький паровик під час ожеледі забуксував на підйомі, а машиніст вирішив, що краще підкинути неякісного вугілля і піддати пари в котел. Дотепер не відомі точні масштаби такої самої трагедії, яка трапилася 3 листопада 1982 р. на перевалі Саланг в Афганістані, коли радянська військова колона була блокована у майже трикілометровому тунелі, а водії не вимкнули двигунів. Зарубіжна преса повідомляла, що загиблих було приблизно 2700, а довідник Гіннеса — 1100, класифікуючи цю катастрофу як найбільшу в історії транспортну на суходолі.

Тим, хто вмикає двигун свого автомобіля у гаражі, нехтує правилами користування печі чи плити, слід знати, що СО “атакує” в організмі людини еритроцити, надовго отруюючи гемоглобін. Коли на 1000 молекул кисню повітря припадає лише одна молекула СО, кров втрачає 60 % здатності переносити кисень, а цього багатьом досить для загибелі від задухи.

“Штучна” атмосфера, яку людина створює навколо себе, надто часто несе їй смерть. Як повідомлялося у вітчизняній пресі, кожен видобутий мільйон тонн донецького вугілля забирає страшну данину — 4–5 людських життів. Найчастіше причиною є повітря вибоїв, куди з вугільного пласта потрапляє метан  $\text{CH}_4$ . Концентрації в межах 6–14 % метану в повітрі вибухонебезпечні (у шахтах вибух метану може набагато посилитися вибухом вугільного пилу). Широке застосування газу в побуті, поширення бензину та інших летких розчинників несуть небезпеку вибухів у комфортні міські квартири, індивідуальні та колективні гаражі тощо.

Вчені вивчають рівень небезпеки речовин, які потрапляють у повітря житлових приміщень з технічних устаткувань, стін, меблів тощо. Дослідження охоплюють навіть ультрасучасні будинки з кондиціонуванням і очищенням всього повітря. Виявилось, що приблизно третина цих споруд не забезпечує комфортних умов, бо це середовище проживання людини забруднене біологічними, фізичними та хімічними чинниками. Найсуттєвіші з них було наведено в табл. 15.

У пресі періодично виникають хвилі посиленої уваги до певного чинника з табл. 15. Спершу розпочалася кампанія щодо особливої, майже смертельної шкідливості мікроголочок азбесту, згодом — радіоактивного газу радону.

Наслідки цього не у всьому позитивні, оскільки у гонитві за тиражем і грошима інколи друкується неточна, сенсаційна інформація. Це призводить до неврозів серед частини читачів, нервових дій, шкода від яких інколи не менша, аніж вплив забруднювачів. Прикладом є дуже широка кампанія “боротьби з азбестом”, що прокотилася у країнах Заходу. Віддирали від стін ізоляцію, перекладали труби, заново герметизували стики.

Встановлення стандартів атмосфери робочих і житлових приміщень, врахування щораз нових штучних забруднювачів має бути винятковою монополією добре підготовлених фахівців, результатом міжнародного обміну здобутою інформацією.

### З нашого досвіду

В останній день жовтня 2007 р. для мешканців Чугуєва (Харківська обл.) ранок був збунений потужним вибухом і знищенням десятків вікон	Виявилось – 69-річний пенсіонер “не розрахував” тиску всередині власного самогонного апарату
---	--

<p>На щастя, “чугуївський алхімік” вцілів, а тому буде тепер сповна відшкодовувати вартість скла для всіх своїх сусідів.</p> <p>За другий квартал 2008 р. нечесні ділки неподалік одного із сіл Сумської обл. з порушенням безлічі норм і приписів виготовили понад 340 т</p>	<p>жахливо неякісних “бензинів” і “солярок”. Їх використання не лише збільшувало шкідливі викиди у повітря, а й дуже вкорочувало тривалість нормальної роботи бензинових і дизельних двигунів на автомобілях довірливих покупців. Еконебезпечний “бізнес” зупинила міліція</p>
---	--

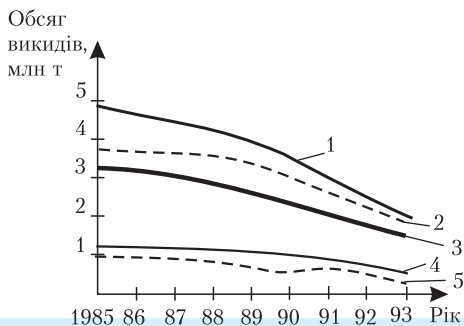
### **6.4.7. Стан атмосфери в Україні**

Нагадаємо, що Україна лежить на шляху перенесення повітряних мас з Атлантики далеко на схід у центр Євразії. У середньому через її територію щороку проходять 45 циклонів (переважно восени, навесні і взимку) і 35 антициклонів (влітку, ранньої осені й взимку). Практично не буває тривалого застою повітря.

Таке розташування пояснює ту обставину, що головні закордонні речовини — забруднювачі повітря України прибувають до нас із заходу, сама ж вона ж експортує власні викиди насамперед в Росію. За даними експертів, загальний баланс все ж різко негативний. На нашій території лишається 76 500 т азоту з його діоксиду ( $\text{NO}_2$ ) і до 40 000 т з оксиду ( $\text{NO}$ ). Ми їх отримуємо насамперед з Польщі, Німеччини, Росії, Чехії, Білорусі, Румунії та віддаленіших західних сусідів. Приблизно така ж ситуація зі сполуками сірки, якої на нашій землі залишається приблизно 274 000 т щороку. Ланцюжок забруднювачів сіркою такий: Польща, Румунія, Німеччина, Чехія зі Словаччиною, Росія та ін.

З доступних джерел впливає, що максимальний обсяг щорічних промислових і транспортних викидів в Україні припав на середину 80-х років: 20 млн т промислових і трохи більше 6 млн т — транспортних. Економічна криза 90-х років набагато знизила виробничу діяльність і зупинила багато підприємств. Стало легше дихати, але важче жити.

На рис. 32 наведено динаміку змін забруднення повітря основними шкідливими сполуками. Розпочинаючи з 1994 р. обсяг викидів змінювався мало. Основними забруднювачами були і лишаються підприємства енергетики і металургії. На них припадає понад 70 % всіх викидів оксиду азоту, а сполук сірки ще більше — 82 %. Перспективи далеко не райдужні, бо фінансова скрута змусить підприємства шукати якнайдешевше пальне. Для них буде надто дорогим екологічно чистий газ, який доведеться замінити на мазут і низькосортне вугілля. Якщо не будуть знайдені кошти на доочищення викидів і не



**Рис. 32. Речовинний склад щорічних промислово-транспортних викидів в Україні:**

1 – CO; 2 – сірчистий ангідрид; 3 – тверді речовини; 4 – SO<sub>2</sub>;  
5 – вуглеводні

зменшиться обсяг виробництва у зазначених галузях, то сподіватися на очищення повітря в промислових містах України важко.

Вимірювання на території України свідчать, що практично в усіх великих містах постійно чи періодично шкідливі речовини наявні у повітрі у надмірній кількості. На початку 90-х років найбільші сумарні викиди у повітря спостерігалися у Кривому Розі (1,15 млн т), Маріуполі (650 тис. т), Запоріжжі, Макіївці, Дніпропетровську, Дніпродзержинську (по 350 тис. т), Києві, Донецьку, Керчі, Дебальцеві (по 300 тис. т), Комунарську і Одесі (200 тис. т) тощо.

Новіші джерела – Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 2000 р. [53] – наводять не узагальнені дані, а окремі показники для стаціонарних, рухомих та інших джерел. Наприклад, стаціонарні джерела у 2000 р. викинули в повітря Кривого Рогу 443 тис. т шкідливих речовин, Маріуполя – 340 тис. т, Донецька – 198, Луганська – 144, Запоріжжя – 136, Дніпродзержинська – 105, Макіївки – 104, Дніпропетровська – 97,3 тис. т. В абсолютній більшості інших міст України головним забруднювачем повітря є автотранспорт. Загалом майже 2 млн т [53, с. 14].

Характерними для наших міст є порівняно високі рівні забруднення специфічними і органічними сполуками: бензопірену, фенолу, формальдегіду, аміаку та ін. Дія на людину більшості з цих речовин описана в інших підручниках. Тому наголосимо лише на менш відомому бензопірені, забруднення яким повітря в українських промислових містах особливо високе.

*Бензопірен* (точніше — бензо(*a*)пірен) належить до групи поліциклічних ароматичних вуглеводнів, які й до втручання людини у довкілля були наявні всюди у невеликих кількостях. Трохи розчиняються у воді (одиниці мкг/л), на порядок вище — в крові людини. Леткий при кімнатних температурах, але основна його кількість у забрудненому ним повітрі завжди пов'язана з твердими частинками (це стосується і забрудненої води). Дощ суттєво і швидко очищає повітря від цієї речовини, змиваючи її в ґрунт.

Бензопірен утворюється при всіх способах спалювання твердого і рідкого палива, під час практично всіх пожеж, виділяється при виверженнях вулканів, продукується на кожній кухні під час високотемпературної обробки їжі (смаження, копчення тощо). Ця речовина може потрапляти в наш організм всіма можливими способами (не тільки з повітрям, їжею, а й безпосередньо через шкіру). Комісія експертів-медиків зарахувала бензопірен і його “родичів” до групи канцерогенів, пухлиноініціювальна дія яких незаперечно (дослідами) доведена для тварин. На основі закону екології про єдність живого його вважають потенційним канцерогеном для людей. Це припущення підтверджується фактом частих випадків виникнення кількох видів раку серед людей, які роками мають справу з середовищами з високою концентрацією бензопірену.

Він не накопичується у м'ясі тварин, а знешкоджується чи виводиться назовні (висновок: м'ясо свиней, яких годували обгорілими шашликами з великим вмістом бензопірену, безпечно і майже чисте). Хоч не миттєво, але розкладається і нейтралізується у ґрунті. У рідинах бензопірен легко знищується обробкою озоном.

Профілактичні заходи абсолютно необхідні для працівників, які щодня мають справу з цією речовиною. А для решти — вибір: весь час їсти не дуже смачне варене (і трохи зменшити своє “споживання” бензопірену й ризик раку) чи із задоволенням наминати смажене і копчене, втішаючись тим, що рак може виникнути з тисячі інших причин (від пиття надто гарячого чаю аж до дії чорнобильських радіонуклідів).

### **Для допитливих. Чи треба боятися азбесту більше, ніж радіонуклідів?**

На наш погляд, це досить важливе і потенційно актуальне питання для українців, під час пошуків відповіді на яке корисно проаналізувати заокеанський досвід.



Років двадцять тому США були шоковані так званою азбестовою лихоманкою. Започаткувало її американське Агентство захисту довкілля (ЕРА) своїм рішенням про велику небезпеку забруднення повітря волокнами азбесту. На його підставі розпочалася перевірка “на азбест” всіх громадських і приватних шкіл США. Кампанія в усіх американських засобах інформації легко і швидко нав’язала більшості батьків страх через можливість виникнення раку в їхніх дітей під час спортивних занять у залах з поширеними ізоляційними матеріалами на основі цих волокнистих мінералів.

Основною такого рішення ЕРА стала вельми дискусійна теорія “одноволоконної небезпеки”. Вона стверджує, що проникнення у поверхню альвеол легенів бодай одного короткого волокна азбесту з чималою ймовірністю призводить до утворення ракової пухлини навколо точки дії волокна. Істерія досягла найвищої точки, коли ЕРА вирішила домогтися повної заборони використання азбесту й вилучення матеріалів на його основі до 1996 р. Кілька років десятки тисяч робітників віддирали плити і рулони ізоляції від труб і перегородок, замінюючи іншими матеріалами. Фахівці вважають, що прямі втрати від “боротьби” з азбестом перевищили кілька мільярдів доларів США. Якщо ж додати час вимушеного закриття “на ремонт” шкіл, спорт- і кінозалів тощо, то “азбестова лихоманка” 1986–1990 рр. коштувала США не менше 10 млрд дол. Цікаво, що значну частину “камікадзе”, які віддирали азбест на Сході та Заході США, становили польські громадяни, які втекли із соціалістичної Польщі на заробітки за океан.

Спробуємо розібратися у ситуації і використаємо “факти для аргументів”.

Азбест кілька десятиліть широко використовується в більшості країн світу у будівельній та багатьох інших галузях промисловості (шифер, додаток до бетону, панелей різних видів, більшої частини теплоізоляційних матеріалів, вогнестійких тканин тощо). Волокна міцні, гнучкі, хімічно високоінертні, дуже жаростійкі, не проводять електричного струму. Цих позитивних рис (а ми назвали не всі) цілком досить для пояснення масового використання азбесту — до кількох мільйонів тонн щороку (тільки в СРСР — 2,3 млн т у 1980 р.).

Азбест — узагальнююча назва групи силікатних (кремнієвих) мінералів, найхарактернішою особливістю яких є подільність на дуже тонкі волокна чималої довжини (інколи понад 20 см). Майже 95 % всього використовованого азбесту становить *хризотил* (“білий азбест”), під час видобування і переробки якого не утворюються короткі й гострі уламки волокон (його пил містить лише “заокруглені” та вигнуті волокна). Детальні обстеження працівників азбестових кар’єрів та їхніх рідних у Канаді й США не виявили жодних ознак вищої канцерогенності волокон хризотилу порівняно з іншими видами пилу інших порід (вугілля, мергелю тощо).

Зовсім іншими виявилися властивості пилу із “синього” і “коричневого” азбесту, який видобували в Австралії та ПАР. Обидва утворювали надгострі мікроголючки, що легко проникали у тканину альвеол, спричиняючи, якщо точок ураження було багато, різні пошкодження у межах від найлегшої форми азбестозу аж до раку легенів. В окремих робітників праця з “синім” азбестом без респіратора вже за рік спричинила помітне ураження легенів з утворенням передракових зон. Австралія ще на початку 80-х років припинила видобуток і використання цих видів азбесту.

Поглиблений аналіз ситуації показав: вся атака на азбест була інспірована тими фірмами, що продукували різноманітні ізоляційні матеріали і хотіли видалити з ринку такого грізного конкурента, яким є природний азбест. План швидко дав успіх, тому що ЗМІ мають погану звичку негайно підхоплювати “все екстремальне”, а не розгортати виважену дискусію з наданням слова фахівцям і представникам “усіх зацікавлених груп”. Зауважимо — нещодавно в Україні було зроблено спробу “повторити американський приклад” (ініціатором стала одна з голландських фірм), але українці виявилися “урівноваженими” (після Чорнобиля нас важко чимось здивувати) і не піддалися на пропозицію негайно видалити азбест в усіх можливих варіантах: побити шифер на покрівлях та прилаштувати на його місце іноземні матеріали, замінити тканинні азбестові вироби на інші, незрівнянно дорожчі, тощо.

На завершення зазначимо, що бажання захистити своїх дітей від усіх теоретично можливих небезпек цілком виправдане і зрозуміле. Як і радіонукліди, окремі волокна азбесту або інший пил кремнієвих матеріалів з гострими кінцями чи краями можуть пошкоджувати тканини людини і навіть призвести до злаякісних пухлин. Та вкрити дітей скляним ковпаком і вберегти від усіх впливів і чинників довкілля неможливо і нерозумно. Нам не треба брати приклад з США і розпочинати “азбестову” чи іншу “лихоманку”.

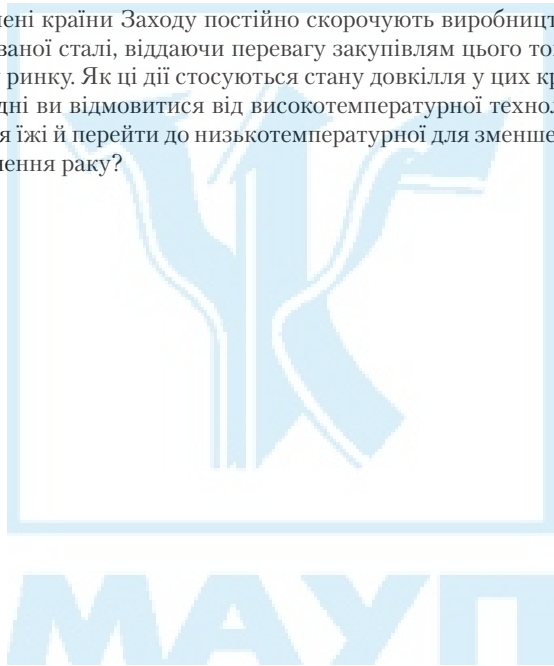
Відповідаючи на запитання у заголовку, наголосимо, що в наших умовах радіонукліди ми вважаємо небезпечнішими від волокон азбесту у шифері чи інших матеріалах (див. розділ 9).

## **ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

1. Чому сучасне антропогенне забруднення довкілля не просто активніше, а й набагато шкідливіше, ніж у віддаленому минулому?
2. Які з дослідних тварин дають змогу найточніше визначити межі шкідливих для людини концентрацій різних речовин?
3. Чому в табл. 15 чадний газ названо першим?
4. Чому в сучасних квартирах кухню намагаються відділити від вітальні і спальних кімнат?

5. Якого типу печі для нагрівання харчових продуктів використовують на літаках? Поясніть причину застосування саме цього типу печей.
6. Які шкідливі речовини випаровують у приміщення сучасні меблі?
7. Чому забруднення на робочих місцях вимірюють до висоти всього 2 м, а не в усьому об'ємі виробничих приміщень?
8. Які гази — одноатомні, двоатомні чи багатоатомні — домінують в атмосфері Землі?
9. Відомо, що надходження у легені надто малої кількості кисню загрожує втратою свідомості й смертю. Чи будуть дуже позитивними наслідки поглинання надмірної кількості кисню в легенях?
10. Хто — дорослі чи діти — сильніше уражаються шкідливими речовинами? Відповідь обґрунтуйте.
11. Чому в таблицях концентрацій дуже рідко зазначають смертельну межу для людини? Відповідь обґрунтуйте.
12. Порівняйте всі види кухонних печей, які застосовуються на території України (з відкритим вогнем, електричні, високочастотні тощо), за рівнем забруднення ними повітря у житлових приміщеннях.
13. Чим пояснюється зменшення кількості населення у центральних зонах найбільших міст розвинених країн? Обґрунтуйте свій варіант пояснення цього явища.
14. Чому середня температура приземного повітря у центрі дуже великих міст виявляється помітно вищою, ніж поза ним?
15. В яку погоду забруднення повітря в містах особливо небезпечно для всіх його мешканців?
16. Чому медики не втомлюються попереджати громадян про велику небезпеку вживання алкогольних напоїв домашнього приготування?
- 17\*. В яких зонах України щороку спостерігаються численні випадки отруєння людей ними ж зібраними грибами? Чому цього не трапляється в інших регіонах?
- 18\*. Перевірте, чи не суперечать одна одній концентрації для чадного газу, які входять у табл. 15 і 16.
- 19\*. Які органи курців страждають від куріння найбільше? Відповідь обґрунтуйте.
- 20\*. У яку пору року повітря у вашій місцевості: а) має найвищу відносну вологість; б) максимальну масу води в одиниці свого об'єму?
- 21\*. Чому під час пожеж у минулі часи головною небезпекою було полум'я, а в наш час — отруйні гази?
- 22\*. Обґрунтуйте небажаність подвоєння сучасної кількості кисню в атмосфері Землі.
- 23\*. Чим пояснюється наукове передбачення тієї сумної обставини, що концентрація озону у стратосфері зменшуватиметься ще кілька десятиріч, хоч розвинені країни і припинять застосування фреонів та інших хлорних сполук?

24. Чи зможе людина дихати, якщо весь кисень у повітрі замінити озонем? Відповідь обґрунтуйте.
- 25\*. Чому у Європі кислі дощі нарастають у напрямі від узбережжя Атлантичного океану до центра материка?
- 26\*. Чому в США поширюється заборона паління цигарок всюди, де поряд з фанатиками цього заняття змушені перебувати інші люди?
27. Назвіть хвороби, від яких передчасно (інколи на 30–40 років) гинуть курці.
- 28\*. Раніше рекордно забрудненим містом у США був Пітсбург. Яким чином його населення змогло вирішити проблему атмосферних забруднень?
- 29\*. Розвинені країни Заходу постійно скорочують виробництво чавуну і нелегованої сталі, віддаючи перевагу закупівлям цього товару на світовому ринку. Як ці дії стосуються стану довкілля у цих країнах?
- 30\*. Чи згодні ви відмовитися від високотемпературної технології приготування їжі й перейти до низькотемпературної для зменшення ризику виникнення раку?



## **ЛЮДИНА І ГІДРОСФЕРА ЗЕМЛІ**

---

---

### **7.1. ЩЕ РАЗ ПРО ОСОБЛИВОСТІ ВОДИ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ**

Вода — одна з найбільш досліджених і дуже загадкових речовин. Усі ми знаємо про воду чимало, бо вивчали її властивості у курсах з фізики і хімії. Тому не витратимо часу на чергове повторення факту кипіння прісної води при 100 °С і танення льоду при 0 °С (за нормального тиску атмосфери) тощо.

Розглянемо воду з екологічного погляду, аналізуючи і гідросферу, і саму речовину. Своєю рухливістю вода поступається лише повітрю, але розрив між ними дуже великий. Оскільки у вигляді пари вона опанувала лише найнижчі кілька кілометрів атмосфери, а в одному кубічному метрі повітря її вміст не перевищує 40–60 г (як правило, він набагато менший), то майже вся вода лишається у рідкому стані й має чималу густину. Наслідком є розташування води у западинах і під землею, повна або часткова відсутність на більшій частині поверхні суходолу. Ще суттєвішим є те, що один “водний басейн” може дуже відрізнитися від сусіднього за складом домішок, вміст яких часто робить воду непридатною для пиття чи життя у ній.

Лише океан завдяки інтенсивному обміну водами між різними його частинами більш-менш вирівнює свій склад, чим він схожий на атмосферу. Та й в океані вирівнювання неповне, тому на відміну від всюди однакового повітря водні організми далеко не завжди можуть переселятися з одного місця в інше, бо вода там за складом може бути непридатною для них.

Хоч вода і є необхідною для життя як простих, так і складних організмів, все-таки це “важке” для освоєння середовище. Майже весь величезний об’єм океанів сповнений мороку і холоду. Не дивно, що, перевищуючи за життєвим простором суходутну “біоплівку” аж у 80 разів, океани можуть похвалитися всього одним відсотком загальної кількості видів, які входять до складу біосфери.

Фахівці визначили понад 20 характеристик, за якими воду з повним правом зараховують до аномальних рідин. Частина з них важлива для біосфери:

1) особливості взаємодії молекул  $H_2O$  між собою мало не на сто градусів збільшують температури її плавлення і кипіння. Якби не ця обставина, весь океан існував би у вигляді газу в атмосфері;

2) вода з її молекулами з трьох частинок має дуже високу питому теплоємність. Відомо, що вона є чудовим “тепловим акумулятором”, вирівнюючи і гальмуючи швидкі зміни температури, на які здатна атмосфера. У поєднанні з найвищою серед поширених рідин теплопровідністю це сприяє ефективному перенесенню теплоти від зони екватора до вищих широт. Якби зазначені два параметри води були суттєво меншими, у тропіках постійно панувала б температура  $+50-70^\circ C$ , зона полярних умов впритул наблизилася б до північних кордонів України, а швидкість вітрів на Землі збільшилася б у багато разів;

3) вважають (хоч це й не доведено беззаперечно), що зменшення питомої теплоємності води при її нагріванні від  $0^\circ C$  аж до температури  $+37^\circ C$  (далі вона починає збільшуватися) є однією з причин (основною?) “вибору” теплокровними тваринами саме цього інтервалу температур для внутрішнього середовища своїх тіл, де відбуваються основні біохімічні реакції;

4) як відомо, “приємною” для живих істот холодних зон є властивість прісної рідкої води мати максимальну густину при  $+4^\circ C$ . Це майже виключає повне промерзання водойм навіть там, де середня річна температура набагато нижча від  $0^\circ C$ ;

5) густина води помітно залежить як від її температури, так і від кількості й складу домішок. Це дуже посилює конвективні потоки в її товщі. Для їх виникнення досить вже незначної відмінності у солоності чи температурі;

6) на щастя, плинність води мало залежить від її температури, лишаючись малою навіть у момент замерзання. Це не тільки сприяє інтенсивності конвективних потоків, а й суттєво зменшує енергетичні витрати на пересування у воді “швидкохідних” живих істот (деяких риб, дельфінів, тюленів тощо);

7) висока пружність і мала стисливість води пояснюють високу швидкість звукових хвиль (вона вища, ніж у деяких металів). Не дивно, що саме ці хвилі є основним засобом “спілкування” водних істот, каналом надходження інформації. Наприклад, кити перегукуються між собою на відстані сотень кілометрів (щоправда, лише на глибині так званого звукового каналу);

8) незабруднена твердими частинками вода є досить прозорою для того, щоб фотосинтезуючі клітини працювали на глибинах 100 м, що є сприятливою обставиною для збільшення біоресурсів океану.

Та, мабуть, найсуттєвішими для біосфери є дві незвичайні властивості води:

1) вона має рекордне серед поширених рідин значення коефіцієнта поверхневого натягу і розвиває великі сили при взаємодії з твердими тілами (змочуванні чи незмочуванні). Діапазон наслідків цього надзвичайно широкий: від освоєння водомірками поверхні та чудової властивості води втискуватися у щілини й капіляри тим активніше, чим вони вужчі, аж до суперважливої для всього живого участі у керуванні мембранними біохімічними процесами;

2) рекордними для води є просторове розділення зарядів обох знаків у межах її молекул і діелектрична стала (яка дорівнює аж 81). Остання така висока, що вода без зайвих “церемоній” розчленовує на фрагменти молекули більшості речовин (найуспішніше – солі, але і з решти речовин теж примудряється дещо відірвати). Розчинна здатність води така висока, що вона ніколи на буває “чистою” у звичному для нас значенні цього слова. Окрім безлічі трикутних молекул  $H_2O$  вона завжди містить щось прихоплене з повітря (так, домішки вуглекислого газу спричиняють невелику кислотність навіть чистої дощової води), ґрунту або гірських порід.

Цілком слушною є назва “мінеральна вода” для тієї рідини, що струменить з багатьох джерел, бо вона містить різноманітні домішки.

Багато елементів входять і до складу вод морів та океанів. У табл. 21 наведено майже вичерпні дані про склад океанічної води (нагадаємо, що середня її солоність становить 0,35 %, тобто 35 кг солей у кожній тонні води). Визначено вміст на тонну води океанів 48 елементів, які містяться в ній у найбільшій кількості.

*Таблиця 21*

**Елементний склад води океанів, маса на 1 т води**

Елемент	Маса	Елемент	Маса, мг	Елемент	Маса, мкг
1	2	3	4	5	6
( $H_2O$ )	965 кг	N	100	Ag	30
O	857 кг	P	70	Bi	20
H	108 кг		50	Se	10
Cl	19 000 г	Ba	20	As	10

1	2	3	4	5	6
Na	10 500 г	Fe	10	Ge	6
Mg	1 300 г	Al	10	Sc	4
S	880 г	Mo	10	Ga	3
Ca	400 г	Cu	3	Pb	3
K	380 г	Sn	3	Hg	3
Br	65 г	U	3	Th	1
C	28 г	V	3	Au	0,4
Sr	8 г	Ni	2	La	0,29
B	4,6 г	Mn	2	Ce	0,13
F	1,3 г	Ti	1	Eu	0,1
Si	0,3 г	Co	0,5	Ra	0,0001
Rb	0,2 г	Cs	0,037		
Li	0,15 г	Y	0,03		

З морської води видобуваються:  $H_2O$ , Cl, Na, Mg, S, Ca, K, C, Br, B, Sr, Si, N, Li, Al, P, I, Ba, As, Se, Ti, V, Sn, Cs, Ga, у незначних кількостях – F, Cu, Zn, Mn, Pb, Ag, Ni, Co. Більшість елементів з останньої групи осідають на поверхні твердих решток (зуби та інші частини живих організмів), формуючи так звані *конкреції*. Це шаруваті округлі камінці різних розмірів, що густо встеляють дно океанів у багатьох місцях. Доведено, що вони містять більше марганцю та кількох інших елементів, ніж усі родовища суходолу. Чимала ділянка дна у Тихому океані виділена для видобутку конкрецій і в Україні. Усі бажаючі можуть взяти дозвіл уряду і розпочинати хоч зараз.

## 7.2. ЯКА ВОДА ПОТРІБНА ЖИВИМ ОРГАНІЗМАМ

Якщо відповідати стисло, то можна обійтися одним словом – *різна*.

Розглянемо це на прикладі людини. Організм середнього землянина містить до 4–5 відер води, частина якої рухається всередині нашого тіла майже з такою ж швидкістю, як повітря у дихальній системі: крізь серце – 7 т, нирки – 1000 л, мозок – майже 1000 л за добу.

Більша частина води міститься всередині клітин, забезпечуючи їх нормальну діяльність. Коли її кількість трішки зменшується, система



датчиків з участю мозку створює відчуття спраги тим сильніше, чим більша нестача вологи у клітинах.

Тоді людина шукає воду. Якщо вона не встигне її знайти до моменту втрати з нормальної кількості лише половину відра (10 %), то задишка і запаморочення переходять у порушення зору і слуху, галюцинації. Без негайного введення води цей стан закінчується смертю. У спеку смертельною вважається втрата 12–15 % води, а за помірних температур – 22–25 %.

Все сказане за високої температури зовнішнього повітря триває дві доби, якщо вдень людина ховається в тінь, а температура перебуває у межах 40–45 °С; три-чотири доби, якщо холодніше (30–35 °С). Дослідження показали, що причиною таких порушень є зміна механізму терморегуляції у тілі людини у разі підвищення температури повітря понад 33 °С. Починаючи з цієї межі й вище, охолодження тіла відбувається лише через випаровування води у вигляді поту. Це принципово інша ситуація, ніж за утричі нижчої температури, коли випаровування через дихання таке саме, як і утворення поту, а більша частина тепла йде від тіла у формі теплового випромінювання.

Виділення води з потом таке інтенсивне, що на вітрі впродовж сонячного дня у пустелі людина втрачає 10–11 л вологи, якщо їй доводиться працювати чи рухатися. Водночас через шкіру виводяться і потрібні організму солі.

Якщо пити абсолютно прісну воду, то можна загинути вже не від спраги, а від втрати солей. Людина повинна отримати солі або разом з їжею, або (за тимчасової відсутності їжі) у складі випитої води.

Отже, в окремих випадках (інтенсивна фізична робота у спеку в пустелі чи в гарячих цехах) питна вода повинна містити дозовану (невелику) кількість солей. Іншим варіантом може бути пиття мінеральних солей з домішкою речовин, які мають виражену терапевтичну дію, сприяючи поверненню організму до рівноважного стану внутрішнього обміну (тобто виліковуванню).

Відомо, що в нормальних температурних умовах людина споживає меншу частину води з їжею, більшу – у рідкому стані (1,5–2,5 л щодоби). Разом всі люди за рік випивають приблизно 5 км<sup>3</sup> води (не так і мало – десяту частину стоку Дніпра). Та на пиття йде всього 1/9000 прісної води, яку щороку отримують континенти. Якщо ця вода не містить надто великої кількості патогенних мікроорганізмів, солей чи інших домішок, не кажучи вже про шкідливі речовини (радіонукліди,

важкі метали, отрути), то вона придатна для пиття не тільки холодною, а й теплою.

Як згадувалося вище, основну частину води людство використовує на потреби сільського господарства. Вимоги до її складу, за окремими винятками, приблизно такі самі, як для людини.

Цього не можна сказати про промисловість. Деякі її галузі ставлять надзвичайно високі вимоги до чистоти води. Настільки високі, що у природі або немає такої чистої води, або за нею треба вирушати до льодовикових озер чи на Байкал. Тому однією із сучасних (і великих) галузей промисловості стало приготування санітарно безпечної питної води з наявної (непридатної для пиття) і доочищення природної води до рівня, який задовольнив би запити виробництва.

На жаль, рівень забрудненості води зростає щораз швидше. Якщо ще на початку ХХ ст. у районах з нормальним зволоженням не було проблем з питною водою, то нині ситуація суттєво змінилася. Причиною стало не припинення дощів, а глобальне забруднення гідросфери Землі.

### 7.3. ЗАБРУДНЮВАЛЬНІ АГЕНТИ У ВОДІ

Чимало з того, що сказано у розділі 6 про види забруднюючих речовин, застосовне і для води. Невеликі зміни стосуються лише переходу хімічних забруднень за рівнем небезпеки на перше місце і “відступом” фізичних на друге.

Суттєвішою є та обставина, що у воді *біологічні забруднювальні агенти* набувають особливого значення, подекуди за безпекою навіть випереджаючи хімічні. Це трапляється найчастіше тоді, коли вода стає життєвим середовищем для патогенних мікроорганізмів, кількість яких у ній постійно зростає. Якщо перед використанням для пиття таку воду не дезінфікувати, то й мінімальна її кількість може спричинити вибух тих хвороб, що легко передаються саме через воду (табл. 22).

Через повітря (найчастіше з участю мікрокрапель слини чи води) передаються лічені хвороби, через воду — більшість. Ці попередження особливо актуальні для умов сучасної України, де з багатьох причин знизився природний імунний захист її населення, а енергетичні та інші проблеми можуть спричинити погіршення якості приготування питної води.

## Поширені хвороби, що передаються через воду

Забруднювальні біоагенти	Хвороба	Клінічні прояви хвороб
Бактерії	Холера Тиф  Бактеріальна дизентерія Запалення кишок	Пронос, блювання, смертельна втрата води Пронос, блювання, збільшення селезінки, запалення кишок (без лікування часто закінчується смертю) Пронос (смертельною хвороба є насамперед для дітей) Гострий біль живота, блювання, нудота (у наш час порівняно рідко закінчується смертю)
Віруси	Інфекційний гепатит  Поліомієліт	Жар, біль голови і живота, втрата апетиту, жовтяниця, збільшення печінки (яка часто уражається незворотно) Жар, різкий біль голови, горла, м'язів, незворотне ушкодження кінцівок (хвороба може бути смертельною)
Найпростіші	Дизентерія	Пронос, біль голови і живота (без лікування хвороба нерідко смертельна)
Паразити	Шистосоміаз	Біль живота, анемія, ушкодження шкіри та внутрішніх органів, хронічне погіршення здоров'я

Утримайтеся від пиття води з біозабрудненнями. Навіть один ковток води непевного походження є загрозою для вашого здоров'я.

Зростання біологічного забруднення гідросфери внаслідок антропогенних впливів цілком можна вважати “помстою” природи, протидією надмірному втручанню надто великої кількості людей у довкілля.

Така оцінка ситуації підтверджується певними фактами:

1. Антропогенна зміна фізико-хімічних умов довкілля вже призвела до кількох випадків змін поширених форм бактерій з перетворенням їх на значно патогенніші. За кордоном найширшого розголосу набула поява принципово нової “хвороби легіонерів”, спричинена мутацією такого поширеного “мешканця” боліт, як легіонела. Персоналу пологових будинків багатьох країн світу доводиться боротися з хворобою породілей, спричиненою синьогнійною паличкою. Спираючись на загальні закони синекології, фахівці стверджують, що явище біологічної патогенізації довкілля лише розпочалося. Незаперечним доказом цього є поява лихоманки Ебола, недостатньо вивченої хвороби “скажених” корів у Великобританії тощо. У майбутньому ситуація погіршиться, якщо дії людей не зміняться.

2. Дедалі більше прикладів того, що і на землі, і під землею мікроорганізми завдають шкоди виробам людини, заважають нормальному ходу технологічних процесів.

Список хімічних агентів, що забруднюють воду, у багато разів довший, аніж для повітря. Не буде перебільшенням стверджувати, що практично всі елементи і речовини, які використовує чи виготовляє людина, так чи інакше опиняються у гідросфері. За масою поки що переважають неорганічні: кислоти, мінеральні солі різного складу, луги, метали тощо.

Постійно збільшується кількість органічних сполук у воді, продуктів “великої хімії”: нафти, проміжних і кінцевих речовин її переробки, пестицидів, миючих засобів та інших поверхнево-активних сполук.

Серед неорганічних забруднень особливу увагу потрібно звернути на надзвичайно шкідливі для всього живого (і для людей) токсичні елементи. Уявлення про їхню кількість і розташування у Періодичній системі елементів дає табл. 23.

Таблиця 23

Розташування отруйних елементів у таблиці Менделєєва

Період	Г р у п а						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
II	–	Be	–	–	–	–	–
IV	Cu	Zn	–	–	As	Se	Ni
V	Ag	Cd	–	Sn	Sb	Te	Pd
VI	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	–	Pt

Зростання атомної маси супроводжується підвищенням отруйності. Втім, деякі із зазначених у табл. 23 елементів у малій кількості (як мідь) навіть необхідні для нормальної життєдіяльності живих організмів і рослин.

Дію не всіх токсичних елементів вивчено однаково добре. Та ще гірша ситуація з оприлюдненням даних про їх поширення і шкідливі впливи. Наприклад, у колишньому Радянському Союзі було щонайсуворіше заборонено писати про плутоній – штучну ядерну вибухівку. Цей елемент належить до найотруйніших. Приблизно така сама ситуація з талієм та кількома іншими елементами.

Наскільки антигуманний такий “захист через мовчанку” населення забруднених важкими металами міст, свідчать дані про дію на людину трохи легших елементів: свинцю, ртуті, кадмію та інших

## Вплив на здоров'я токсичних водних забруднень

Забруднення	Вплив на людину високих концентрацій
Свинець (Pb)	Головні болі, анемія, нервові розлади, пологові дефекти, затримка розвитку, дебілізм, зниження слуху в дитинстві
Ртуть (Hg)	Ушкодження нервової системи і нирок. Значне підвищення концентрації уздовж трофічного ланцюга
Миш'як (As)	Рак; ушкодження нирок, крові, нервової системи
Кадмій (Cd)	Ушкодження нирок, анемія, хвороба легенів, високий кров'яний тиск; можливі також рак, ушкодження плоду
Хром (Cr)	Канцерогенні деякі сполуки хрому
Нітрати	Утруднення дихання і підвищення дитячої смертності; за хімічних перетворень породжують канцерогенні сполуки
ДДТ, пестициди	Рак, ушкодження печінки, ембріонів
Бензол	Анемія, ушкодження крові та лейкоїмія, хромосомні зміни
Діоксин	Рак, ушкодження шкіри, генні мутації
Тетрахлорид вуглецю	Рак, ушкодження печінки, нирок, легенів і всієї центральної нервової системи людини
Хлороформ	Ушкодження печінки і нирок; канцероген
Вінілхориди	Ушкодження печінки, нирок і легенів, систем кровообігу і травлення

(табл. 24). Стисло охарактеризовано дію кількох органічних токсичних сполук.

Пояснимо ситуацію, що склалася із забрудненням деякими з цих речовин.

*Свинець.* Протягом ХХ ст. людство зуміло забруднити цим важким металом усю Землю, підвищивши його середній вміст у тілах громадян розвинених країн у 500–600 разів порівняно з його нормальним вмістом. Концентрація свинцю у поверхневих шарах Атлантичного океану зросла в 7 разів після 1920 р. Тепер від цього металу не сховатися ні в Гренландії, ні в Антарктиді. В розвинених країнах законодавчо заборонено використовувати Рb для поліпшення якості бензину. Викиди свинцю дуже зменшилися на транспорті, чого не можна сказати про промисловість. Загальна потужність усіх природних джерел свинцю, що забруднюють ним біосферу, у десять разів нижча, аніж антропогенних. Та чи варто радіти тому, що люди “перевершили” Природу?

*Ртуть* токсична і у вигляді парів, а ще отруйніші її органічні сполуки. Повільно (місяцями) виводиться з організму. Має надзвичайно високий коефіцієнт накопичення при переході від нижчих рівнів трофічного ланцюга до вищих. Погано нейтралізується у біосфері, тому навіть помірні викиди у формі відпрацьованих люмінесцентних ламп з невеликою кількістю ртуті в кожній рано чи пізно закінчаться отруєнням довкілля. Те, що на зміну газорозрядним лампам приходять світлодіоди, слід вітати — люди розпочинають взагалі відмовлятися від ртуті.

## 7.4. ЗАБРУДНЮВАЧІ ВОДИ

Загальна кількість забруднювачів води значно більша, ніж тих, що виділяють токсичні викиди у повітря. Багато не тільки антропогенних, а й природних джерел. Відомо, що навіть у малозаселених районах (Аляска, Амазонія тощо) чистота води зменшується, а кількість мулу, домішок всіх видів збільшується від верхів'їв у горах до місця з'єднання з морем чи океаном.

Це ще було б частиною біди, якби не участь у забрудненнях людей. Найголовнішими антропогенними забруднювачами є промисловість, сільське і комунальне господарство. Ще не так давно навіть у розвинених країнах Європи ріки використовувалися замість міських звалищ (французам і досі соромно, що самоскиди з відходами розвантажували просто з мостів у Сену). Води Рейну на західному кордоні Німеччини мали таку штучну “мінералізацію”, що один дивак виграв парі, зумівши просто у річковій воді без додаткового внесення метолу чи гідрохінону проявити фотопластинку.

Рідини з різноманітним і часто змінним упродовж доби складом, що виливаються у річку з великих і маленьких труб, дістали назву “*стічні води*”. Очевидно, що їх класифікація, набір характеристик, нормування, система стеження за ними (моніторингу) є цілими науками.

Звернемо увагу лише на окремі аспекти проблеми забруднень води. Всі стічні води за рівнем їх забрудненості поділяються на три великі групи.

**1. Умовно чисті або “оборотні”.** Води цього типу рідко беруть безпосередньо з річки, озера чи підземного водоносного горизонту. Найчастіше вони походять з охолоджувального ставка чи озера при підприємстві (заводі, тепловій чи ядерній електростанції тощо). Оборотна вода є теплоносієм і не контактує безпосередньо з рідинами,

що циркулюють у технологічних установках. Вона просто охолоджує турбіни, компресори, теплообмінники ТЕЦ тощо. Цю воду можна і потрібно використовувати багато разів, не викидаючи у водотоки.

**2. Стічні води.** Йдеться про воду, яку використовували для виготовлення різних емульсій, електролітичних розчинів, миття ферм, у сантехнічних установках тощо. Далі її очищали і лише після того скидали у річку. Як стає дедалі очевиднішим, повністю очистити суттєво забруднену у технологічному циклі воду поширеними методами неможливо. Отже, стічні води завжди забруднені, але “помірно”. Вважається, що для зниження концентрацій забруднюючих агентів у стічних водах їх допустимо розбавляти 40–60-кратним об’ємом чистої води.

**3. Брудні стічні води.** Це рідини, які часто лише умовно можна назвати “водою”. Для зниження концентрацій шкідливих речовин до безпечного значення потрібні стократні (й більше) розбавлення. Наявність у країні таких викидів нині є переконаливою ознакою низької екологічної культури її населення, бідності, відсталості промисловості, застосування безнадійно застарілих технологічних процесів.

На наш погляд, сучасні значення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин надто “оптимістичні” і невинувато високі. Деякі ГДК наведено у табл. 25.

Мабуть, у недалекому майбутньому їх переглядатимуть і зменшать. От тільки не було б надто пізно, бо миттєво очистити довкілля навіть після повного припинення викидів неможливо.

Фахівці досить точно змоделивали долю першого і найпоширенішого свого часу інсектициду — ДДТ. Ця речовина дуже токсична для комах і широко (до 100 тис. т щороку) використовувалася для боротьби зі шкідниками полів і садів, личинками малярійних комарів тощо. На рис. 33 суцільною лінією показано масштаби щорічного виробництва і внесення ДДТ у довкілля.

Це досить стійка речовина, тому не дивно, що разом з водою вона поступово поширилася від полюса і до полюса. Високий коефіцієнт накопичення при її русі ланками трофічного ланцюга від океанічного фітопланктону до птахів і ссавців призвів до виникнення суттєвої загрози вимирання окремих видів і погіршення здоров’я безлічі людей. Екологи і медики вдарили на сполох, тому в 70-х роках ХХ ст. розвинені країни перестали застосовувати ДДТ (початок спаду на суцільній лінії), а бідніші, хоч і в менших масштабах, і далі його використовують.

## ГДК забруднюючих речовин у поверхневих водах

Забруднююча речовина	ГДК, мг/л	Забруднююча речовина	ГДК, мг/л
Бенз( $\alpha$ )пірен	0,000 005	Нікель	0,1
Ртуть	0,0005	Анілін	0,1
Дитіофосфат	0,001	Циклогексан	0,1
Феноли	0,001	ДДТ	0,1
Кадмій	0,01	Амоній	0,39
Марганець	0,01	Нітрит-іон	1,0
Цинк	0,01	Мідь	1,0
Нітритний азот	0,02	Лінгін	1,6
Свинець	0,03	Амонійний азот	2,0
Хром	0,05	Нітрат-іон	10,0
Залізо	0,1	Сульфат-іон	500,0

Вміст ДДТ у ґрунті сягнув максимуму через короткий інтервал часу з моменту початку зменшення його застосування. Кількість ДДТ у ґрунті відображає пунктирна лінія на рис. 33.

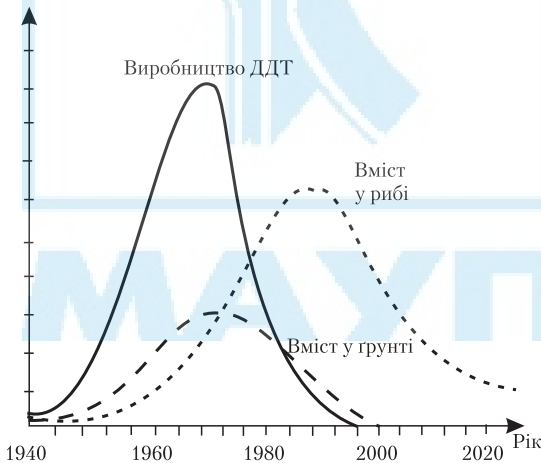


Рис. 33. Еволюція виробництва ДДТ та накопичення у ґрунті й рибі

Вимивання ДДТ, його перенесення у великі водойми і концентрування у тілах риб та інших тварин – повільний процес. Тому макси-



мальна концентрація цього пестициду у рибах та інших консументах вищих порядків була передбачена аж через 11 років з моменту початку спаду його виробництва. Життя підтвердило прогноз екологів, концентрація ДДТ у виловленій у високих широтах риби нарешті почала зменшуватися.

Цей приклад свідчить, що інерційність процесів знешкодження шкідливих речовин у біосфері може сягати десятиріч не лише для радіонуклідів з великим періодом напіврозпаду, а й для не дуже стійких хімічних сполук.

Цей факт спонукав хіміків до пошуків таких речовин, потрібна дія яких обмежена у часі вимогами замовника (періодом росту рослини на полі, тривалістю технологічного процесу на заводі тощо). З моменту “зайвості” речовина повинна швидко розпадатися на безпечні для біосфери фрагменти під впливом фізико-хімічних умов довкілля (температури, вологості тощо).

Створити такі речовини нелегко, але можливо. Цей шлях може виявитися значно дешевшим і ефективнішим, аніж спроби вдосконалення методів очищення і переробки стічних вод. Його екологічні переваги безсумнівні.

## **7.5. ЯКІСТЬ ВОДИ В УКРАЇНІ.**

### **ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ І ПІДЗЕМНИХ ВОД**

**Забрудненість води.** Усі наші великі ріки за міжнародними стандартами вважаються забрудненими і “дуже забрудненими”. Те саме стосується і більшості їх основних приток. У багатьох ріках і річечках гранично допустимі концентрації для однієї чи й кількох речовин перевищені у десятки разів.

Наприклад, у притоці Західного Бугу р. Полтві у 20–35 разів перевищений допустимий рівень вмісту амонійного азоту, з Дніпра і Дунаю можна видобувати цинк (5–29 ГДК у першому і 18–23 ГДК у другому). Своєрідними “родовищами” стали: для міді та фенолу – р. Тисмениця, міді та марганцю – Південний Буг і Дніпро, нафтопродуктів – Сіверський Донець і майже всі річки Приазов'я.

Рекордсменом за сукупністю забруднень визнано р. Полтву. В її воді нижче від Львова довго не з'являється кисень, зате розкошують споживачі сірководню (того самого, що насичує глибини Чорного моря). Ненабагато поступається їй притока Дністра Тисмениця, у якій всі контрольовані речовини спостерігалися в концентраціях,

що перевищували ГДК. Суперників цих річок можна знайти лише на Сході, у Донбасі.

Не набагато краща ситуація як у Дніпрі, так і в усіх його українських притоках. Вони забруднені насамперед нітритним та амонійним азотом і численними сполуками важких металів. Нижні водосховища збагачені фенолом, Дніпровське — нафтопродуктами. Все це — наслідок скидання стоків, які потрапляють у графу “брудних”, розплата за надто розвинену промисловість зі старими технологіями і десятиріччя радянської влади. Дещо краща ситуація у річках Криму, уздовж яких немає великих підприємств. Там лише у пониззі в 1–3 рази перевищені ГДК азоту.

У морях максимальні рівні забруднення відразу кількома речовинами спостерігаються в портах і прилеглий до дельти Дунаю частині Чорного моря. Позитивно хоч те, що вміст кисню “задовільний” в обох морях, а максимальні рівні забруднення перестали збільшуватися порівняно з 80-ми роками ХХ ст.

Невтішна ситуація і з підземними водами, які подають у комунальні водоводи. Фахівці переконані, що вони забруднені не “подекуди”, а майже на всій території України. У багатьох місцях спостерігається надмірний рівень пестицидів, нітратів, хлоридів, подекуди ще й фенолу, а в Криму до всього цього додаються миш’як і марганець. Особливо високі концентрації шкідливих речовин у підземних водах спостерігаються у Донбасі, де були випадки отруєння ними шахтарів у вибоях.

Що стосується джерел потоків стічних вод, то лідерами серед них є:

- електроенергетика — 43 % всього обсягу зливу в ріки;
- комунальне господарство — 19,5 %;
- сільське господарство — 16,6 %;
- чорна металургія — 9 %;
- хімія і нафтохімія — 3 %;
- інші — 8,9 %.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що водні перспективи України незадовільні. Хоча економічні негаразди зупинили частину виробництва і скоротили решту, зменшивши обсяг стічних вод, та це, мабуть, тимчасове явище. Відсутність капіталів на модернізацію промисловості змусить для виживання і проникнення на світові ринки продовжити випуск металу і виробів з нього на наявних підприємствах. Наслідки цього для якості води очевидні.

**Можливість очищення стічних вод.** Вже давно створено стандарти і на питну воду, і на характеристики стічних вод, які б давали певну надію на те, що їх зливання у водотоки не завдасть надто великої шкоди населенню і довкіллю.

Не звертаючись до довгого списку вимог до стічних вод, зауважимо, що без створення особливої, дорогої і складної системи очищення для кожного великого забруднювача чи для груп менших забезпечити бодай половину цих вимог неможливо. І ця система має працювати безперервно, без збоїв і аварій не дні, а роки і десятиліття.

У справі очищення води вже накопичено певний досвід. Він чи не найбільший у приготуванні питної води. Та фахівці вважають, що до ідеалу (якщо він досяжний) ще дуже далеко. Не дивно, що проблема створення принципово нових методів очищення води є першорядною як у розвинених країнах, так і в спільних проектах міжнародних організацій і об'єднань держав.

Якщо поділити сучасні методи очищення найзабрудненіших (стічних промислових) вод на кілька груп, то насамперед виокремимо три найбільші:

- *механічні та механохімічні* (попередня стадія процесу);
- *хімічні та фізичні* (основна стадія вилучення найтоксичніших забруднюючих агентів);
- *біохімічні* (завершальна стадія доочищення води перед скиданням у водотоки чи повторним використанням у технологічному процесі підприємства).

Кожна з цих груп поділяється, у свою чергу, на менші. Схему цієї диференціації показано на рис. 34. За кожним з термінів стоїть складний, інколи тривалий процес, що відбувається не в уяві, а у величезних (інколи на сотню тисяч кубічних метрів) спеціалізованих залізобетонних спорудах. Вони сполучені трубами, мають помпи, фільтри, мішалки, вловлювачі та багато чого ще. І все це не повинно іржавіти, дірватися, ламатися. Йдеться про “завод при підприємстві”, нормальна робота якого рятує життя і в річках, і навколо них.

Ми б мали чисті річки й озера, якби кожен “вітчизняний” забруднювач міг похвалитися нормальним сучасним очисним підрозділом. Та біди успадковані ще з радянських часів. І з будівельників, і з користувачів вимагали лише “швидше і більше” руди, чавуну, сталі, коксу, цементу тощо. І за сталінських часів, і пізніше розстрілювали чи виганяли з роботи за “мало і пізно”, а не за рукотворні екологічні катастрофи: нічні викиди і зливання шкідливих стоків, заковування, висипання, викидання отрут.



**Рис. 34. Класифікація методів очищення забруднених промислових стічних вод**

Лише останніми роками з'явилася подоба нормального екологічного законодавства, але теж “своя”, спотворена, суто радянська. Бо як ще можна назвати “соціалістичну екологічну відповідальність” посадових осіб, які скоїли лихо? Найчастіше їх “пестили” черговою доганою. Зрідка якийсь відчайдух із санітарного нагляду домагався накладення штрафу “на підприємство”, і держава штрафувала і саму себе за недолугі порядки, і громадян. У надзвичайних випадках начальник (директор) не отримував чергової (незаслуженої) премії. Очевидно, що за наступної okazji (перевиконання підприємством “зустрічних” зобов'язань до 1 травня чи 7 листопада) він одержував її у 3–5-кратному розмірі для відшкодування “моральних збитків”.

Ось і дожилися, що всюди водотоки забруднені до краю, вже немає сподівання на “розбавлення”, бо нічим “розбавляти”. За часів імперії в Україні побудовано сотні підприємств, які взагалі не мають очисних підрозділів. У багатьох місцях “не вистачило фінансування” на завершення очисних споруд, і вони стали мальовничішими за воєнні чи стародавні (римські чи інші) руїни. А може, не знаємо і не вміємо, бо лише щойно вийшли з печери?

Втім це не так, бо маємо вдосталь відомих хіміків, багато спеціалізованих лабораторій і кілька науково-дослідних інститутів. Відомі та загалом освоєні й методи, наведені на рис. 34, і нові. Хоч українські вчені створили їх практично одночасно з колегами за кордоном, та нові засоби вже опріснюють морську воду на Мальті та в Саудівській Аравії, очищають стічні води деяких підприємств у розвинених країнах. Коли ж вони допоможуть повернути життя і Полтаві, і Тисмениці, сказати важко.

Традиційні методи очищення води потребують величезної кількості енергії, численних pomp, електродвигунів, великих басейнів та різноманітних хімічних речовин (хлору, озону та ін.). Якість води оцінюється невисоко, адже вона містить чимало солей, багато різних елементів. Цим способом не вдавалося отримати справді чисту воду для потреб електроніки та кількох сучасних технологій.

На рис. 35 показано схему вже перевіреного у лабораторіях і поза ними ядерно-мембранного методу прямого очищення води від усіх домішок. Він незамінний на виробництвах, де традиційними способами неможливо одержати воду потрібної чистоти.

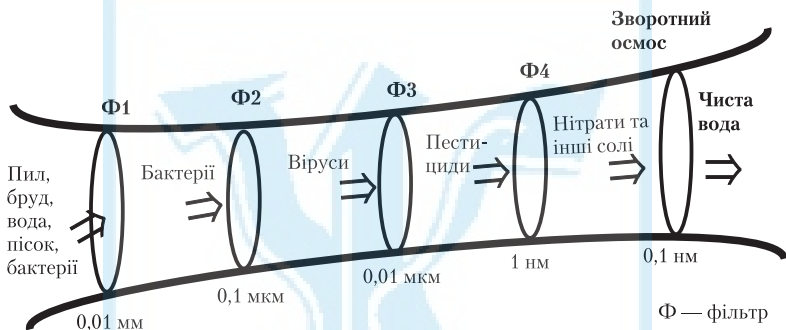


Рис. 35. Ультрасучасний метод очищення забруднених вод

Під невеликим тиском і з дуже малою витратою енергії потік забрудненої води послідовно проходить крізь низку мембран зі щораз меншими отворами. Останнє “сито” має такі маленькі дірочки, що в них “протискуються” лише молекули води.

Фільтри для останніх етапів мембранного очищення навчилися виготовляти лише після створення прискорювачів важких заряджених частинок (іонів різних елементів). Саме вони дірявлять, свердлять і створюють сита, чарунки яких не видно і в найпотужніший мікроскоп. Тут ядерна фізика з її приладами просто незамінна.

Очевидно, що реально все набагато складніше, ніж на рис. 35. В усіх способах очищення необхідно видаляти вловлені шкідливі речовини. Періодично це треба робити і з блоком ультрафільтрів. Технологія цих процесів вже існує. Натурні експерименти показали, що нові методи особливо ефективні для очищення невеликих обсягів води. Можливо, що певний час вони співіснуюватимуть з традиційни-

ми, які не скоро поступляться бодай через те, що вже існують і готують мільйони кубічних метрів питної води.

### ***Для допитливих. Загадка чернівецьких лисих дітей***

Дивну картину становили чернівецькі школи восени 1988 р.: у великих класах стурбовані вчителі вчили щонайбільше двох-трьох учнів. Майже всіх дітей перелякани незвичайною епідемією алопеції (облисіння) батьки, штурмуючи автобуси і потяги, вивезли якнайдалі від центра старовинного міста.

У пресі замовчувалися симптоми хвороби. Лише поміж рядками можна було здогадатися про запаморочення, галюцинації, ураження сенсорної і локомоторної систем тощо. Понад 150 дітей різного віку опинилися в кращих клініках Києва і Москви. Напруження у місті сягло апогею, коли сумнозвісний боротьбою з “чорнобильською радіофобією” тогочасний міністр охорони здоров'я України пан Касьяненко очолив комісію, заборонив надавати будь-яку інформацію журналістам і розпочав закликати громадян “не розводити паніку, бо вона небезпечніша за будь-які епідемії”.

Численна група фахівців з багатьох країн займалася загадкою епідемії алопеції. Вивчення забруднюючих чинників показало, що у зоні найсильнішого ураження дітей (центр міста) були перевищені ГДК відразу кількох токсичних елементів, тому початкова кількість версій перевищувала 20. Поступово їх кількість зменшувалася, та однозначної відповіді так і не було знайдено.

Вважають, що отруєння було комплексним, діяло водночас кілька елементів (барій, алюміній, свинець, талій та ін.) і сполук. Та здебільшого його спричинив талій. Це синьо-сірий м'який отруйний метал (ГДК у повітрі менше 0,1 мг/м<sup>3</sup>) з низькою температурою плавлення (303,6 °С). Раніше використовувався лише у вигляді водного розчину його солей (так звана рідина Клерічі) для сепарації (розділення) мінералів за їх густиною. У наш час незамінний у чутливих елементах військової інфрачервоної апаратури, сучасній напівпровідниковій промисловості тощо. Серед симптомів отруєння талієм (як і його токсичними сусідами у таблиці елементів) — ураження нервової та сенсорної систем, галюцинації, облисіння.

Важливим був той факт, що більшість дітей походила з “автомобільних” родин, батьки яких користувалися поширеним у місті хімічним засобом для перетворення наявного неякісного бензину у наддефіцитний високооктановий. Цей “чудо-засіб” був розчином талію (пляшки з ним продавалися з-під поли, а джерела походження і виробництва так і не було встановлено). Варто також нагадати, що у центрі подекуди ще збереглися свинцеві труби першого міського водогону, бо будинки не ремонтувалися із середини XIX ст.

Для усунення епідемії місто вперше за багато років очистили від бруду, помили водою та спеціальними розчинами, зняли верхній шар ґрунту тощо. Закрили окремі несуттєві та “брудні” виробництва, автомобілісти перестали використовувати розчин талію. Навесні 1989 р. діти повернулися до школи.

Хворих вилікували і волосся відросло, та матері помічали, що ураження не зникло повністю, їхні діти все ще скаржилися на втому, біль у ногах.

А в Києві дехто згадував серію отруень рідиною Клерічі й суд над жінкою, яка перед арештом знахабніла настільки, що “прибирала” небажаних їй осіб, додаючи диявольську суміш солей талію у страви в шкільній їдальні.

## ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Відомо, що на великих висотах у атмосфері кількість водяної пари набагато нижча, ніж унизу. Поясніть причину цього явища.
2. Яка вода – прісна чи океанічна – має максимальну густину при  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
3. У якому середовищі – воді чи повітрі – ультразвукові хвилі забезпечують більшу відстань взаємозв'язку між тваринами?
4. Яку роль відіграють завислі у повітрі тверді мікроскопічні частинки в утворенні хмар і опадів?
5. Чи можна стверджувати, що у кожній краплі дощової води міститься бодай одна частинка пилу?
6. Який з газів повітря є основною причиною природної кислотності опадів?
7. Чи можуть нерозчинні у воді речовини забруднювати її?
8. З поверхні мілкої водойми відбувається випаровування. Чи впливає цей процес на зміни концентрації шкідливих домішок у воді водойми?
9. Відомо, що деякі шкідливі речовини (ДДТ та ін.) через певний час розпадаються на нешкідливі для довкілля сполуки. Чи спостерігається такий процес для важких металів (ртуті, свинцю тощо)? Обґрунтуйте відповідь.
10. Чому в жодному разі не можна будувати великі тваринницькі комплекси на самому березі середніх чи великих рік?
11. Нідерланди виробляють величезну кількість молочної продукції. Яким чином вони вирішують проблему відходів своїх ферм?
12. Чи можна стверджувати, що відсутність дощів у пустелях спричинена надто малою кількістю у повітрі центрів конденсації та утворення крапель? Відповідь обґрунтуйте.
13. Окрім види тварин пустель взагалі не відвідують водних джерел. Звідки вони отримують воду?

- 14\*. Спроби використовувати рідкі стоки ферм як мінеральне добриво закінчилися погано. Як це пояснити?
- 15\*. Порівняйте шкідливість питної води з двох джерел, якщо у першому є лише одна забруднююча речовина з п'ятикратним перевищенням її гранично допустимої концентрації, а в другому – десять речовин, для кожної з яких рівень забруднення становить 50 % ГДК. Припускається, що дія всіх речовин на людину приблизно однакова.
- 16\*. У яку пору року викидання побутових стоків у ріки призводить до найбільшої шкоди для риб? Відповідь обґрунтуйте.
- 17\*. Проаналізуйте доцільність і перспективність ідеї змішування в одному місці всіх видів зливів і викидів сучасного промислового міста для їх “взаємної нейтралізації”. Чи можна таким способом досягти суттєвого очищення довкілля?
- 18\*. Чим пояснюється вища продуктивність холодних вод обох полярних зон Атлантичного океану порівняно з теплими і чистими водами тропічного Саргасового моря?
- 19\*. Чи можна, досліджуючи стан здоров'я водяних тварин, робити надійні висновки про забрудненість води? Відповідь обґрунтуйте.
- 20\*. Чи сприяє насичення води киснем процесу її самоочищення? Поясніть відповідь.
- 21\*. Яким чином (і чому) на виробництві з повітря видаляють надмірну кількість води – охолодженням чи нагріванням?
- 22\*. Яким методом – випаровуванням чи замороженням – можна очистити забруднену воду від переважної кількості небажаних речовин?
- 23\*. Обґрунтуйте таке твердження: штучне спрямлення русла рівнинної ріки (ліквідація звивин-меандрів) дуже зменшує явище самоочищення вод. Чи здійснювали меліоратори таку операцію на найближчій до вас малій річечці?
- 24\*. Чилійська пустеля Атакама – вузька і довга смуга на самому березі Тихого океану. Чому там не йдуть дощі, хоч хвилі породжують дуже багато центрів конденсації? Відповідь обґрунтуйте.
- 25\*. Крапля води на столі зникає від випаровування доволі швидко. Чи можна стверджувати, що вишита тарганом чи павучком невелика кількість води випаровується з них ще швидше? Відповідь обґрунтуйте.



# **ҐРУНТИ: ДЕГРАДАЦІЯ, ЗАБРУДНЕННЯ, СМІТТЯ**

---

---

## **8.1. ПРИЧИНИ РІЗНОЇ РОДУЮЧОСТІ ҐРУНТІВ**

Серед усіх близьких до себе за розмірами живих істот людина визначається рекордно різноманітним апетитом. Якщо китайський гірський ведмідь панда може їсти лише листя і пагони бамбука, то люди з прадавніх часів споживали все — від водоростей і комах до горіхів і мамонтів.

Цього вистачало в умовах малого населення, але коли людей стало більше, то довелося засвоїти кероване вирощування і тварин, і збіжжя. Відтоді найбільшим багатством почали вважатися ґрунти сучасності, які у нашій мові не випадково називаються іменем усієї планети (земля — Земля). Ось уже приблизно півтисячі поколінь людей висаджують у землю насіння чи паростки тих рослин, які становлять основу їх щоденного харчування. Потім минають тижні чи місяці очікування, звернення до неба про ласку, намагання допомогти рослинам і мати вищий врожай.

Методом спроб і помилок вже в сиву давнину було нагромаджено необхідну суму знань для досягнення бажаного. Мабуть, більшість землеробів були дослідниками, адже кожен прагнув отримати вищий врожай, розширити своє поле, змусити корисні рослини рости там, де їх раніше не було.

Тому різноманітність “земель”, придатність одних для висіяних культур і “неврожайність” інших відомі здавна. Ми надалі вживатимемо термін “ґрунт” для позначення родючого шару поверхні Землі, який є надзвичайно складним комплексом, що складається:

- з мінерального (неживого) “скелету”;
- “тіла” з відмерлих і перероблених до повної невпізнанності решток найрізноманітніших рослин, тварин і найпростіших;
- активного “населення” (від вірусів і бактерій до ссавців).

Ґрунти надзвичайно різноманітні, а їх класифікація вже сама по собі становить окрему науку. Наприклад, в Україні налічується понад 600 (шістсот!) видів ґрунтів. Одні мають великі площі, інші трапляються зрідка, наче представники видів тварин чи рослин, що зникають.

Сучасні вчені та землероби знають чимало про ґрунти (наука про них має назву “педологія”, а ґрунтову оболонку материків називають *педосферою*), але далеко не все.

Первинну інформацію здавна накопичували хлібороби. Серед характеристик ґрунту вже тоді домінувало таке розпливчате поняття, як його “якість”, еквівалент сучасної “потенційної родючості”. Минали тисячі років, на підставі землеробського досвіду всі основні ґрунти були поділені за шкалою їх цінності і привабливості для хлібороба, а відповіді на питання про причину родючості землі все ще не було.

Наші предки знали, що чорніший ґрунт родючіший від сірого чи зовсім світлого, і зрозуміли, що для збереження (і навіть підвищення) родючості ґрунту необхідно вносити в нього рослинні чи тваринні рештки. Сам ґрунт якимось чином перетворює їх на чорний і масний субстрат, названий перегноем. Збільшення його кількості у ґрунті й сприяло відповідному підвищенню родючості.

Визначити (у загальних рисах) склад цього субстрату, що має наукову назву “гумус” (лат. *humus* — родючий ґрунт), вдалося порівняно нещодавно. Вчені були вражені його хімічною складністю і багатоступінчастістю процесів утворення.

До основних з них належать розкладання і перероблення бактеріями і грибами (редуцентами) мертвих органічних решток, більшу частину яких становлять не відмерлі надземні частини рослин, а їх корені. З даних табл. 26 про відношення маси надземних частин рослин до повної маси коренів можна дійти висновків щодо причини належності степових ґрунтів до найродючіших, а звільнених від вологого тропічного лісу — до мало не стерильних.

Перегній утворюється з решток рослин і тварин. Частину органічної речовини редуценти перетворюють на зовсім прості сполуки типу води, вуглекислого газу чи аміаку, що залучаються у кругообіги (цикли) кисню, вуглецю, азоту та інших елементів. Решта (20–40 %) після ланцюжка складних і не повністю досліджених процесів і реакцій стає чорним гумусом (перегноєм). Можна, як це робиться у всіх довідниках, коротко зазначити: гумус складається з високомолекулярних гумінових кислот, фульвокислот гуміну й ульміну. Та цікавіше уточ-

нити, що молекули гумусових кислот мають майже такі самі розміри і масу, як білки — найважливіша частина нашої їжі. До складу цих кислот обов'язково входить азот, якого не можна замінити нічим іншим у “раціоні” всіх рослин.

Таблиця 26

**Відношення маси надземної частини рослин до повної маси їх коріння**

Рослинне угруповання	Відношення маси
Тропічний ліс	8–12
Тайга	7–5
Змішаний ліс	5–3
Тундра	1/3–1/4
Типовий дуг	1/4–1/6
Степ	1/6–1/9

Якщо гумусові кислоти мають змогу приєднати достатньо кальцію чи магнію, то утворюють осад, обволікають і склеюють у грудочки дрібні мінеральні частинки (кварцу, польового шпату тощо). Саме ці грудочки забезпечують структуру ґрунту. Проміжки між ними — місце для повітря і води з її численними домішками. Завдяки цьому полегшується виконання ґрунтом безлічі його важливих завдань зі створення нормальних умов для живлення рослин. Він стає пухким, проникним для коренів, зручним для руху важливих для діяльності ґрунту істот (черв'яків, комах, кротів тощо).

Натрій (складова кам'яної солі) є ворогом гумусу, бо за його наявності той стає розчинним і легко вимивається з ґрунту, оголюючи кам'янистий скелет останнього (пил, піщинки та камінці). Без гумусу ґрунт стає мертвим, повністю втрачає родючість.

Якщо щороку виключати можливість потрапляння у нього мертвих решток рослин і тварин, то як мікроорганізми ґрунту, так і культурні рослини поступово “з'їдять” гумус, обдиратимуть органічну гумусову оболонку з піщинок і пилу. Мине кілька років і на місці нив лишиться сипка поверхня, рідко поцяткована найневибагливішими рослинами.

Отже, найбільша таємниця ґрунту — гумус. Потенційна його родючість прямо пропорційна вмісту гумусу. У чорноземах, а Україна має (за різними підрахунками) від 25 до 50 % світової площі цих ґрунтів, 12–14 % маси колись становив гумус. Хоча ті часи минули, але й нині

більшість наших чорних степових ґрунтів має його 5–7 % — кількість, про яку мріє більшість землеробів планети.

Гумус, сонячне проміння і вода — найголовніші складники утворення високого врожаю. Гумусові кислоти є своєрідним акумулятором тієї енергії, яку колись вловили зелені продуценти. Фактично це “паливо” ґрунту, запас енергії, яка потім частково використовується рослинами. Вважають, що гумус містить приблизно у 100 разів більше енергії, ніж її вловлюють щорічно рослини і перетворюють на глюкозу, крохмаль, целюлозу та інші органічні сполуки. Хоч сконденсована у гумусі енергія дуже велика, та нескінченно розтринькувати її не можна. Ми маємо більше дбати про поліпшення ґрунтів.

## 8.2. ДЕГРАДАЦІЯ І ПОЛІПШЕННЯ ҐРУНТІВ

Відомо, що чимало видів живих істот і рослин використовують отрути, щоб уникнути можливості стати їжею для сусідів. Це зовсім не означає, що всі отруйні рослини є наслідком зростання неотруйних на “отруйному” ґрунті. Зазвичай його не можна вважати отруйним, бо на ньому впритул розташовані й отруйні, й нешкідливі види рослин.

Втім немає правил без винятків. В окремих (дуже рідкісних у природі) випадках незначні за загальною площею ділянки поверхні Землі виявляються збагаченими на отруйні для всіх біовидів елементи (див. табл. 23). У цих, без перебільшення геопатогенних, зонах усі рослини стають шкідливими для людей і тварин.

Такі зони виявлено у Забайкаллі, Південній Америці, деяких гірських районах Землі. На щастя, небезпечних для нас природних геопатогенних зон на території України немає. Точніше, їх не було, бо зусиллями експериментаторів з Чорнобильської АЕС та “хіміків” зі Сходу і Півдня у нас таки з’явилися рукотворні отруєні ґрунти. Зони, де вони трапляються, позначені найтемнішою фарбою на рис. 36 — карті забруднення території України.

Людина має складні і неоднозначні взаємини з ґрунтами. Ґрунти і в природних умовах не належать до вічних (як хімічні елементи) об’єктів. Вони гинуть під час великих катаклізмів під шарами розпеченої лави, тонуть і вмирають після занурення суходолу на дно моря, втрачають гумус і родючість після великих метеорологічних змін. Та вони і народжуються, ростуть і розквітають у сприятливих умовах. Біосфера добре “навчилася” перетворювати на ґрунти мінеральні

Індекс сумарного забруднення обчислені:  
 для атмосферного повітря: за основними і спеціальними забруднювачами;  
 для поверхневих вод: за органічними, токсикологічними властивостями і санітарним режимом;  
 для ґрунтів: за умовною величиною пестицидів і їх детоксикацією.

Рівень радіаційного забруднення відтворює щільність цезію-137 (Кі/км<sup>2</sup>)

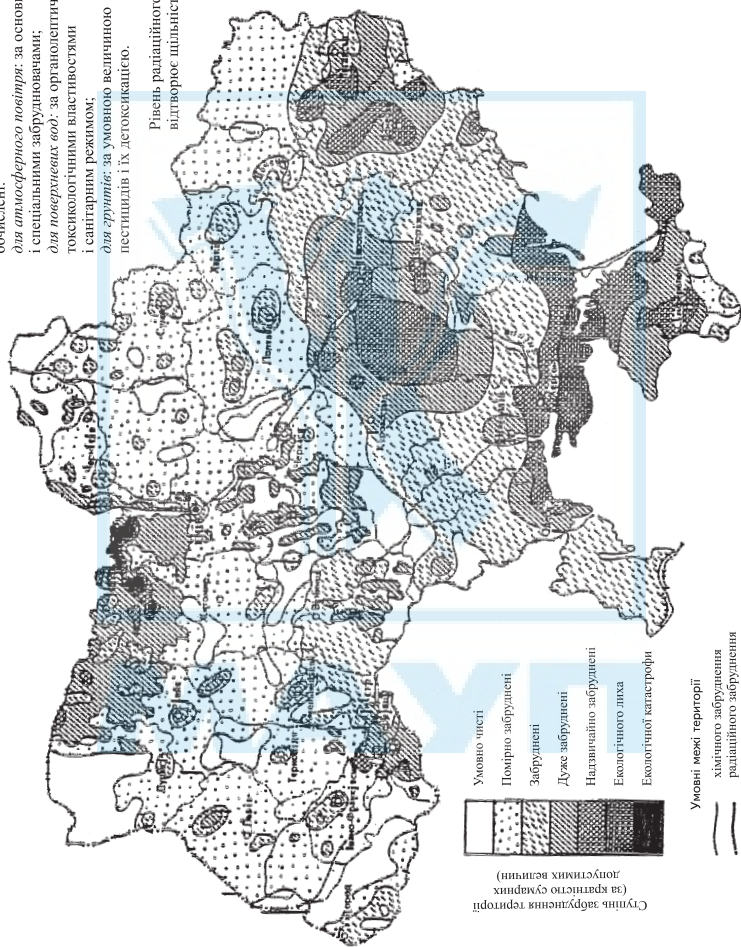


Рис. 36. Карта забруднення території України

субстрати і основи (за винятком аж надто міцних монолітних скель). Процес перетворення мінерального “скелету” на живий ґрунт є тривалим, але дуже цікавим.

Вчені вже мали змогу після вивержень вулканів у деталях спостерігати всі етапи утворення родючого ґрунту з мертвого, виверженого з глибин Землі субстрату. Біосфера використовує для цього цілу армію “монтажників і будівничих”, що по черзі змінюють один одного, спираючись на досягнення попередників і розвиваючи їх (цей ланцюг почергової зміни видів називається *сукцесією*).

А розпочинають цю довгу справу мікроби, мікроводорості, лишайники. Решки їхніх тіл створюють основу для гумусу, а виділені хімічні сполуки сприяють фрагментації мінеральної опори на дрібні частинки. На зародку ґрунту поселяються вимогливіші види, корінці яких, без перебільшення, розколюють каміння. Шар дрібнозему з гумусом стає щораз товщим, хоч інколи для кожного міліметра необхідні десятиріччя. Якщо основа ґрунту подрібнена (як часто трапляється після вивержень вулканів), то справа йде куди швидше. Інколи досить кількох десятків років, щоб екосистема молодого ґрунту пройшла шлях від бактерій до трави, кущів і дерев.

Ґрунт має чимало ворогів і крім людини. Найгірший серед них — *ерозія*, і насамперед водна. Крутосхили у місцях із сильними зливами так і не вкриваються ґрунтом. Проте у природних умовах рано чи пізно встановлюється рівновага між біонарощуванням ґрунту і його деструкцією від фізико-хімічних впливів.

Коли людина всерйоз взялася за продуктивне сільське господарство, на поверхні Землі було приблизно 4,5 млрд га (45 млн км<sup>2</sup>) потенційно придатних для цього земель. 10 тис. років нагромадження досвіду використання ґрунту скоротили це багатство мало не вдвічі (до 2,5 млрд га). Ґрунтознавці вважають, що зусиллями людей створені третина Сахари, більшість пустель Азії, частина напівпустель і пустель на інших материках. Сучасні щорічні втрати продуктивних земель вони оцінюють від 3 до 7 млн га.

Якщо прикладів швидкого зруйнування ґрунтів людьми достатньо, то протилежних менше і вони датуються переважно останніми десятиріччями.

Чимало негативних прикладів впливу на ґрунти залишив по собі Радянський Союз. Як більшість того, за що бралися більшовики, їхні спроби істотного (завжди швидкого і дуже дешевого) поліпшення ґрунту чи перетворення непридатних для ріллі земель на родючі ви-

явилися невдалими. Такими невдалими, що цілком невинне слово “меліорація”, яке всюди у світі означає заходи з підтримування чи підвищення родючості ґрунту, в Радянському Союзі стало синонімом шкоди довкіллю і наруги над екологічними законами.

Землероби з Полісся, Лісостепу і навіть Степу наведуть безліч прикладів того, як надмірний полив чорноземів шкодив структурі ґрунтів і вів до скам'яніння, а осушення й оранка верхових торфових боліт закінчувалися пиловими бурями у Поліссі, де їх зроду не було й не могло бути. Найбільше ж емоцій пов'язано з розповідями про спроби перетворити заплавні луки на “чорноземні поля” копанням під лінійку здоровених прямих ровів. Цими штучними руслами весняна вода за день-другий збігала униз, а селянам лишалося помпами подавати підземну воду на всохлі поля, створені на місці заплавних лук. Все це відбувалося там, де ніхто навіть не чув про посуху, не уявляв необхідності поливати щось більше, як квіти у горщиках.

Повернення родючості вже пошкодженим ґрунтам — складна справа. Однак цілком можлива, якщо виявити терпіння, діяти обачливо і повільно, не воювати з природою, а залучати її сили на допомогу ґрунту. Якщо наш досвід у цьому невеликий (це переважно кілька вдалих випадків повернення життя неродючим відвалам кар'єрів, зменшення кислотності ґрунтів внесенням сполук кальцію тощо), то в Європі є країна, населення якої методично, настійливо і цілком успішно нарощує свій резерв ґрунтів, освоєюючи дно моря. Це Нідерланди, де вже не сотні гектарів, а тисячі квадратних кілометрів лук і полів зеленіють там, де діди сучасних фермерів з траулерів ловили морську рибу.

### ***Для самостійного ознайомлення. Проблеми землі та води в Україні***

Площа України становить 603,7 тис. км<sup>2</sup>, або 60 370 000 га за приблизного населення 46 млн осіб (2007 р.). Доля подарувала нам не гори і пустелі, а надзвичайно сприятливий для ведення сільського господарства рельєф і дуже родючі від природи землі. Про це переконливо свідчать дані табл. 27.

За рівнем розораності (понад 55 % території) і якістю земель ми належимо до світових лідерів. А лише 30 років тому для приблизно такого ж населення Україна мала 0,8 га ріллі на кожного жителя із середнім вмістом гумусу 3,5 %. За ці роки злочинне і масове відведення кращих земель на несільськогосподарські потреби, застосування на полях виключно важкої техніки низької продуктивності, невміле і незбалансоване внесення добрив, розміщення просапних культур на схилах та інші свідомі чи несвідомі

мі помилки призвели до посилення ерозії, втрат орної землі та зниження середнього вмісту гумусу до 3,1 %.

Величезного удару родючим землям України завдав “мирний атом” (тільки під зону відчуження відведено 184 000 га).

Позитивним моментом останніх років можна вважати велике зменшення відведення орних земель на несільськогосподарські потреби. Якщо за кожні 5 років на початку 60-х ХХ ст. воно перевищувало 120 000 га, то в останню п’ятирічку існування СРСР — майже утричі менше.

Таблиця 27

### Розподіл земельного фонду України (1993 і 2002 р.)

Категорія	Стан на січень 1993 р.			Стан на січень 2002 р.		
	% від загалу	Площа, тис. га	Припадає на одну особу, га	% від загалу	Площа, тис. га	Припадає на одну особу, га
Орні землі	55,3	33384	0,642	54,8	33081	0,689
Лісові площі	15,4	9297	0,179	17,2	10380	0,216
Пасовища і сіножаті	12,4	7486	0,144	12,9	7773	0,162
Під водою наших штучних “морів”	4,0	2410	0,0464	4,0	2415	0,05
Багаторічні насадження	1,8	1080	0,0209	1,7	1000,5	0,02
Деревно-чагарники	1,5	905,5	0,0174	1,6	980	0,02
Болота	1,5	905	0,0174	1,6	940	0,02
Яри, скелі, піски	—	—	—	1,9	1168,5	0,024
Забудовані землі	—	—	—	3,9	2337	0,049

*Примітка:* у новому статистичному довіднику вказано, що в 2006 р. рілля становила 32446 тис. га, сіножаті — 2423, пасовища — 5515 тис. га [54, с. 50].

Чи варто радіти з того, що розораність нашої землі така висока, утричі перевищуючи рівень США і удвічі — Англії? Фахівці вважають, що на значній частині території вона надмірна. Там не лишилося місця для лісів, сіножатей, багаторічних насаджень, не кажучи вже про заповідні й захисні території для збереження дикої природи. Все це є необхідною умовою стабільності й ефективності всього окультуреного ландшафту, збалансованості потоків речовин і енергії.

Підрахунки та експерименти свідчать, що збільшення лісистості нашого степу з 2 % до 15 % за рахунок вилучення частини ріллі збільшить продуктивність всієї території навіть для зернових, не кажучи вже про отримання деревини та інших ресурсів широколистяних лісів.

За високої загальної кількості українських сільськогосподарських угідь в розрахунку на одну особу (зарубіжні експерти вважають, що вона



вдвічі перевищує сучасний норматив для забезпечення потреб населення) використання землі не можна визнати навіть задовільним.

Знищення більшовиками найкваліфікованішої частини селянства на початку соціалістичного періоду, розрив споконвічного ланцюжка передавання знань і вміння обробітку землі від дідів-прадідів до синів та онуків, перетворення живої землі на “сировину для обробітку” стали головною причиною того, що українець на рекордній за потенціалом ріллі збирає посередні врожаї.

Ситуацію можна поліпшити, але зробити це буде непросто. Людей треба навчити кращих світових технологій, а хвору на ерозію (приблизно 33 % всіх площ) і хімічне забруднення землю — вилікувати і повернути їй нормальну родючість. Хоч подекуди такі роботи розпочалися, та поки що, образно кажучи, “з ладу” виходять більше гектарів, ніж “ремонтується”.

Та найгострішою проблемою нашого сільського господарства є вода. Лише 7 % ріллі отримує її з неба в достатній кількості та в потрібний час, 17 % — трохи більше половини потрібного, а решта щороку віддається на ласку божу. Пощастить і випаде дощ — будуть умови для нормального врожаю. Посуха ж переполовинить врожай і знизить його якість, а град може місцями знищити його цілком.

Водні ресурси України, на жаль, становлять ледве половину її оптимальних потреб. Власний стік у середній за водністю рік — 52,3 км<sup>3</sup>. З Росії та Білорусі ріки приносять ще 35 км<sup>3</sup> (разом — 87,3 км<sup>3</sup>).

Інкули для збільшення суми називають і 123 км<sup>3</sup> вкрай забрудненої десятком країн Європи дунайської води, що проходить щороку крізь українську частину дельти. Перша спроба використати її за радянських часів закінчилася гучним фіаско. На думку екологів, без ґрунтового (отже, дуже дорогого) очищення цю воду не можна подавати навіть на поля технічних культур. Мабуть, залучення цього водного резерву до господарського використання є справою віддаленого майбутнього.

Недостатньою мірою вивчено також ресурси підземних вод. За приблизними оцінками верхня межа їх щорічного використання може досягти аж 20 км<sup>3</sup>. Проте для її досягнення потрібно ще дуже багато чого зробити. Лише в окремих областях (Кримська, Донецька, Луганська, Миколаївська і Львівська) використовується 45–60 % прогнозних ресурсів підземних вод. Рекордсменом є Кіровоградщина, де резерви використано повністю.

Обсяг і статті використання води наших відносно невеликих водних ресурсів в узагальненому вигляді наведено у табл. 28. Значне зменшення показників за роки незалежності спричинено занепадом багатьох виробництв, які потребували витрат великої кількості води.

Показники використання води в Україні, км<sup>3</sup>

Статті витрат	1992 р.		2000 р.		2006 р.
	Обсяг, км <sup>3</sup>	% загалу	Обсяг, км <sup>3</sup>	% загалу	Обсяг, км <sup>3</sup>
На виробництво у промисловості	13,50	50,2	5,99	48,3	5,78
На сільське господарство	7,88	29,17	2,98	24,0	–
Господарсько-питні (комунальні) потреби	4,64	17,2	3,11	25,1	2,30
Інші потреби	0,93	3,45	0,32	2,6	–
<b>Разом</b>	<b>26,93</b>	<b>100,00</b>	<b>12,4</b>	<b>100,00</b>	<b>10,25</b>
Водні джерела підземний водозабір	5,02	–	2,99	–	–
водозабір з поверхневих водотоків	32,46	–	15,29	–	–
<b>Разом</b>	<b>37,48</b>	–	<b>18,28</b>		

*Примітка:* для 2006 р. дані неповні [54, с. 508].

Якщо порівняти рівень використання Україною легкодоступної частини своїх водних ресурсів, то він близький до відповідного показника арабських країн, які майже всі розташовані в зоні пустель і напівпустель. А коли додати прогресуюче погіршення якості як поверхневих, так і підземних вод, то дійдемо сумного висновку: забезпеченість України водою гірша, аніж землею. Приступаючи до якихось проектів, насамперед треба зважати на “водні обмеження”. Це стосується не лише спорудження якогось грандіозного готелю на кримських берегах, а й розширення площ тих рослин, які споживають підвищену кількість води. Велику справу зроблять ті люди, які знайдуть способи економнішого застосування води у містах і селах, на заводах і полях.

Воду повинен економити кожен. А у вас не тече якийсь з кранів водову? Відремонтуйте його негайно.

### 8.3. ЗАБРУДНЮВАЧІ ТА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ

Ґрунт є кінцевим накопичувачем практично всіх тих шкідливих речовин, про які згадувалося у розділах про забруднення повітря і підросфери.

Від “великої” і “малої” промисловості й транспорту ґрунти через атмосферу отримують пил, сажу і величезну кількість кислот. Як зазначено вище, мільйоннотонні викиди оксидів азоту і сірки, хлору та інших сполук у поєднанні з краплями води у повітрі спричиняють

кислі опади дощу й снігу. Страждають не тільки озера, де вимирає все, що не витримує життя у водному розчині кислоти. Дуже знижується і родючість полів та луків. Мінеральні кислоти “атакують” і населення ґрунтів, і сам гумус. Той втрачає частину осадотвірних елементів (Mg, Ca, K тощо) і разом з мікроелементами типу заліза чи марганцю легше вимивається з ґрунту. Очевидно, що у поєднанні з високою кислотністю ґрунтової води це дуже знижує врожайність.

Цьому лихові можна зарадити, але дорогою ціною. Мало не після кожного рясного “кислого” дощу слід вносити вапно аж до глибини проникнення коренів рослин.

Хоч пил з ТЕЦ може видатися менш шкідливим, та підтвердити це ми не можемо. Вугільний попіл є своєрідним концентратом сполук кількох елементів (серед них уран і германій). Якби він легко вловлювався, то вже давно став би важливою рудною сировиною. А тому випадання цього пилу з року в рік на ті самі поля рано чи пізно підвищить вміст у ґрунті токсичних важких елементів далеко поза безпечну позначку. Навіть нетоксичний пил з кварцу від коминів Екібастузьких ТЕС у Казахстані виявився справжнім лихом. Наче наждак, він швидко знищував поверхню зубів свійських тварин, які паслися у посипаному пилом степу.

У нас забруднення свинцем прилеглих до автомобільних шляхів смуг ґрунту таке велике, що довелося відмовитися від звичаїв предків висаджувати плодові дерева вздовж них. Хоч подекуди ще можна зустріти яблуні чи груші, та їхні плоди частково отруєні свинцем. Поясніть це колись своїм дітям, та й самі уникайте їх рвати. Коли ж у нас заборонять бензин з домішками свинцю, мине багато років, доки ґрунт частково очиститься від цього отруйного металу.

Потужними і концентрованими забруднювачами ґрунтів є зони зберігання відпрацьованих руд чи порід. Терикони у Донбасі стали таким лихом, що довелося застосовувати екстраординарні заходи. Деякі з них від окислення та інших реакцій у своїй товщі загорілися (у викинутій породі досить і вугілля, і піриту та інших сполук сірки), перетворившись на рукотворні невеликі вулкани.

В отруєнні ґрунтів з гірниками цілком успішно “змагаються” хіміки. Свою перевагу вони вже довели на практиці, завдавши шкоди шахтарям у вибоях тими отрутами, які вони потайки скидали у ґрунт через свердловини. У пресі повідомлялося, що кілька шахтарів потрапили у лікарні просто з підземних виробок.

Та рекордні площі забруднення належать все ж не підприємствам промисловості чи засобам транспорту, а інтенсифікованому й хімізованому сільському господарству. Щороку селяни добровільно поливали і поливають отрутами всі свої поля, отже, понад половину території України. Розглянемо причини і наслідки цього явища.

#### 8.4. ПЕСТИЦИДИ – ВІД PESTIS, ЩО ОЗНАЧАЄ “ЧУМА”

Пестицидами називають велику групу речовин переважно штучного походження, які використовують для знищення або значного пригнічення небажаних для людини видів рослин чи живих істот. Пестициди – узагальнюючий термін, тому дуже поширені назви вужчих груп:

- *інсектициди* – створені для знищення шкідливих комах;
- *гербіциди* – використовують для пригнічення бур'янів на полях культурних рослин;
- *нематоциди* – застосовують проти черв'яків із цієї групи;
- *фунгіциди* – антигрибкові речовини.

Серед перших пестицидів був синтезований у 1939 р. швейцарцем П. Мюллером і згадуваний вище ДДТ. Успішне застосування цієї речовини наприкінці Другої світової війни і після неї у боротьбі з епідеміями, збудників яких переносили комахи, спричинило масове виробництво та значне її поширення. Усвідомлення небезпеки накопичення першого покоління надстійких пестицидів у ґрунті й воді змусило хіміків шукати нові речовини. Завдання полягало у підвищенні їх токсичності для шкідливих видів (це давало змогу знизити масу речовин, які вносили на поля) і зменшенні часу самознешкодження у ґрунті.

Кількість синтезованих штучних біотрут швидко зростала, вони ставали дедалі токсичнішими. З'явилися гербіциди такої активності, що внесення лише 60 г/га ґрунту було вже достатньо для повного знищення на ньому рослин небажаного виду.

На ринках Західної Європи пропонуються сотні таких сполук, а у США – понад тисячу. Кілька Нобелівських премій з хімії були призначені саме за відкриття нових шляхів у синтезі пестицидів. Значному поширенню сприяла та безсумнівна на початку їх використання обставина, що вони виявилися економічно вигідними. У зарубіжних підручниках з екології не приховується, що спершу зиск від підви-

щення врожаю від трьох до 30 разів перевищував витрати на застосування сучасних пестицидів.

Водночас ті поодинокі фахівці-екологи, які звикли враховувати не лише негайні, а й віддалені в часі наслідки, із самого початку не погодилися з головною тезою прихильників пестицидів про те, що останні діють лише на шкідника, а вторинні ефекти від їх використання практично незначні. Вони тривалий час накопичували дані, що з плином часу “вторинні ефекти” обов’язково стануть набагато суттєвішими, ніж тимчасова перемога навіть над дуже неприємним шкідником. Їх теза зводилася до того, що всі запропоновані до цього часу хімічні засоби мають широкий спектр дії, впливаючи не тільки на шкідника, а й на всю біосферу і на всі види живого.

Екологи визначили такі *особливості сучасних хімічних засобів захисту рослин*:

1) окрім знищення шкідливих комах чи рослин хімічні засоби обов’язково шкодять їх природним ворогам чи багатьом іншим нешкідливим видам;

2) рівень токсичності цих субстанцій для теплокровних і людини відмінний від нуля, а часто навіть дуже високий;

3) метою винищення через застосування пестицидів є менше ніж 0,2 % усіх видів біосфери, натомість шкідливий ефект від них поширюється на всі 100 % видів, а також на людину;

4) вони нерозбірливі й вражають відразу всю популяцію певного виду, тоді як шкідливою часто є лише її частина;

5) дія пестицидів часто не залежить від кількості популяції, а користувачі вважають, що “сипати” треба тим більше, чим вища чисельність шкідників. Причиною цього є запізніле використання захисних засобів, адже їх доцільніше вживати до початку масового розмноження шкідливих видів;

6) дози внесення пестицидів, як правило, перевищують у кілька разів не тільки селяни у малорозвинених країнах, а й там, де їх уперше винайшли та випробували. Причиною є та обставина, що певний “запас міцності” (або ефективності) закладають у рекомендації з дозування вже виробники отрути. Можна зрозуміти й психологічні мотиви селянина, який “для гарантії” перемоги над ненависним ворогом свого дорогоцінного врожаю (картоплі, капусти, буряків тощо) ще вп’ятеро збільшує рекомендовану дозу. Ситуація стає взагалі неконтрольованою, коли “засіб” є, а інструкції чи немає, чи вона класичного “нашого” типу “3–4 ложки на відро”, без уточнення, про яку саме “ложку” і якої місткості “відро” йдеться;

7) площі, на яких використовують пестициди, дуже великі. Тільки в Європі вони сягають сотні мільйонів гектарів, тому загальна кількість внесених у ґрунт отруйних речовин та їх різноманітність виявляються надто великими, щоб нехтувати “вторинними ефектами” їх дії;

8) чимало пестицидів мають дуже тривалий час напіврозпаду у воді й ґрунті (12 років у ДДТ, до 20 — у деяких інших). Можливо, що у підземних горизонтах він ще довший через незначний вплив біологічних процесів;

9) ефективність внесення пестицидів традиційними способами (розпилення з літаків чи наземних машин) дуже низька, більша частина або випаровується, або змивається водою. Наслідком є те, що у багатьох випадках чимало пестицидів потрапляє у ґрунти “трошки не там”. Наприклад, пестициди японського походження опиняються аж у тундрах Аляски і Канади, “марокканські” — на полях з протилежного боку Атлантичного океану.

Отже, пестицидне забруднення ґрунтів і води стало загальнопланетним. Однак і концентрації, і шкідливі наслідки найбільші якраз там, де найвища густина населення. Найбільше забруднені пестицидами найкращі землі.

## **8.5. ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ НА ЕКОСИСТЕМИ І ЛЮДИНУ**

Паралельно зі збільшенням використання пестицидів накопичувалися й докази їх негативної дії на довкілля. Як і попереджали екологи, швидко виявилися негативні наслідки “хімічної війни” людей проти комах і рослин:

1) разом зі шкідниками гинули спершу корисні комахи (бджоли, джмелі тощо), а потім і птахи. Втрати від зниження врожаю полів і садів внаслідок вимирання запилювачів часто були вищими, ніж вигоди від “захищених” хімією площ. У капіталістичних країнах це призвело до багатьох судових процесів, адже часто зиск отримували одні фермери, а шкоди від пестицидів зазнавали інші;

2) істотне зниження чисельності бодай одного з домінуючих видів у біосфері звільняло екологічну нішу для інших або порушувало систему міжвидових відносин. Наслідком дуже часто було заміщення одних шкідників іншими, не менш голодними. Наприклад, на бавовникових полях США за три десятиліття змінилось аж шість шкідників. У Японії кількість шкідливих видів, необхідність регулювання

чисельності яких постала перед сільським господарством, збільшилася майже удвічі за роки постійного використання пестицидів;

3) нарешті, згідно з основними законами популяційної екології та еволюційної біології, безперервне використання однієї й тієї ж хімічної субстанції рано чи пізно виокремлювало з усіх шкідників надстійких до отрути. Для підтвердження цього нам не треба звертатись до зарубіжного досвіду. Роки “хімічної” боротьби з тарганами вивели таку породу, для якої отруйна у недалекому минулому речовина стала мало не їжею.

Вирішальними доказами на користь припинення масового використання пестицидів стали збільшення їх концентрації уздовж трофічного ланцюга та погіршення здоров'я осіб, які працювали з ними або жили на забруднених пестицидами землях.

Найширшого розголосу набули факти такої високої концентрації ДДТ у жирових тканинах польарних птахів, що це спричинило негативний вплив на їхній цикл розмноження. Неабиякі емоції шведів та інших європейців викликало (1965 р.) *дев'ятсоткратне* перевищення встановлених Всесвітньою організацією охорони здоров'я допустимих норм вмісту решток пестицидів на основі ртуті у тканинах впольованих у лісосмугах фазанів.

Водночас лікарі США щораз частіше мали справу з випадками отруєння осіб, які працювали з пестицидами, розпиляли їх над полями. Було нагромаджено статистично достовірні дані про широкий спектр шкідливого впливу (насамперед канцерогенного і генетичного) речовин з групи пестицидів і на людей. Виявилося, що він рідко виявляє себе негайно, найчастіше це трапляється після певного (інколи досить тривалого) латентного періоду.

Американці тоді вже були настільки зацікавлені питаннями власного здоров'я, що такі повідомлення вплинули на громадську думку незрівнянно більше, ніж гучний провал наприкінці 50-х років “пестицидної війни” проти вогняних мурах на території кількох штатів півдня США. Посипання їх з літаків сумішшю двох пестицидів упродовж двох років із сумарним внесенням 4 кг отрути на кожен гектар не вплинуло істотно на мурах, зате різко знизилася чисельність більшості інших комах, комахоїдних птахів і навіть звірів.

Під тиском “четвертої влади” (преси) було створено комісії, які й виявили багато цікавого. Наприклад, що лише в 1983 р. виробники запропонували потенційним покупцям 600 нових пестицидів, а повну токсикологічну перевірку за цей час пройшло лише чотири речовини

(та й ті, мабуть, розпочали перевіряти раніше). Справило враження і таке “приємне” відкриття: коефіцієнт корисної дії пестицидів – в межах 0,1–1 %. Отже, у найкращому разі соту частину отрути з’їдають шкідники (а частіше – лише 1/500 чи 1/1000), решта дістається нейтральним чи корисним видам і надовго отруює довкілля.

Наслідком усіх цих подій стало негативне ставлення більшості населення до “хімізованої” сільськогосподарської продукції, запровадження обмежень на використання пестицидів та їх граничний вміст у ґрунті. Стали популярними “чисті” (“зелені”) продукти, які фермери вирощували без інтенсифікаторів чи засобів хімічного захисту. Не дивно, що вже наприкінці 80-х років ХХ ст. у розвинених країнах біологічні методи захисту рослин за площею полів мали перевагу перед хімічними. Пестициди тимчасово все ще використовують майже виключно для технічних культур із суворим обмеженням кількості обробок посівів.

Втративши внутрішній ринок, західні виробники опинилися у скрутному становищі, бо мали значну кількість невикористаних пестицидів. Знизивши ціни, вони запропонували їх фермерам інших країн, рекламуючи на всі лади. Радянський Союз, який сам продукував, застосовував і експортував лише прості за складом пестициди першого покоління на основі хлору, став одним з найбільших клієнтів США, де за золото купував і зерно, і новітні хімічні засоби захисту рослин.

Прихильники “економної економіки” зметикували, що масове використання пестицидів обіцяє швидке вирішення нерозв’язної для більшовиків проблеми нормального забезпечення їжею не тільки партійної номенклатури та армії, а й населення, разом зі збільшенням виробництва волокна бавовнику. Останнє було абсолютно необхідним не так для текстильної, як для військової промисловості. Вісімдесяти роки стали часом дуже швидкого зростання використання в СРСР величезної гами найефективніших (найотруйніших) зарубіжних пестицидів, частина яких вже була на той час заборонена у країнах-виробниках.

У південній частині СРСР отруту сипали в ґрунт у неймовірній кількості. Наприклад, бавовникові поля Середньої Азії отримували щороку понад 0,5 ц/га. Не набагато менше діставали рисові поля Кубані, ґрунти Молдавії, півдня України. Низька культура, бездумне виконання наказів “всезнаючих” партійних керівників, покарання за економію пестицидів зробили свою справу. Не десятки, а сотні механізаторів передчасно вмерли від отруєння. За офіційними даними,



середня тривалість їх життя була на 20 років нижчою, ніж у чоловіків з іншими спеціальностями.

Досить сумну картину виявили вчені, які наприкінці 80-х років глибоко дослідили стан здоров'я населення у районах інтенсивної пестицидизації сільського господарства. Найсильніше постраждали діти до 14 років, ті, хто ріс і формувався в отруєному довкіллі. Рекордними для території СРСР там була смертність дітей до року і відсоток народжених вже мертвими, хвороби матерів, випадки анемії, туберкульозу, вірусного гепатиту та багатьох інших захворювань, характерних для нерозвинених і бідних країн.

Дійшло до того, що в школах південних республік (наприклад, у Молдавії) список дітей у класному журналі подекуди складався з двох частин. Більшу запитували і ставили оцінки, меншу (нижню) — ні. Не було потреби: вони не могли нічого засвоїти. Викладачі у наших сусідів з сумом спостерігали, як поступово збільшувався у першому класі нижній список і скорочувався верхній.

На території України найбільш хімічно забруднені ґрунти південних областей, де багато років невміло використовується поливання з внесенням великої кількості мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин (див. карту на рис. 36). Рекордні рівні забруднення мають площі, де намагалися вирощувати рис. На значній частині території перевищено допустимі концентрації ДДТ, в окремих місцях не в 1–3, а в 10–20 разів. Аналізи показали, що й інші пестициди містяться в підвищених концентраціях на площах і під зерновими, і під технічними культурами.

Та відносно перевищення ГДК хліборобами у багато разів постується промислового забрудненню ґрунтів. У десятки разів перевищені ГДК свинцю у землі в Алчевську, Костянтинівці, Донецьку, кадмію — в цих же містах, а також у Кривому Розі та Маріуполі. Не набагато відстає столиця України, де у майбутньому з ґрунту можна буде добувати цинк, мідь, свинець, кадмій та інші елементи.

Замисліться над зазначеним і спробуйте уявити: нагромаджені в Україні тверді промислові відходи займають територію понад 53 тис. га, а їх загальний обсяг перевищує 17 км<sup>3</sup>. Хто б оце їх пересунув на північний край 30-кілометрової “чорнобильської зони”, вкрив отруєну радіонуклідами землю і прикрив центр України від холодних зимових вітрів.

## 8.6. ПРОБЛЕМА СМІТТЯ

Було б неправдою говорити, що проблема сміття нова. Якось в одній з телепередач про сліди перебування первісних людей було показано купу сміття завдовжки кілька десятків метрів, заввишки 2–3 і завширшки кілька метрів. Вона складалася з черепашок молюсків, які люди колись видобували у сусідній водоймі і з'їдали, викидаючи рештки через плече. Так потроху і набралось до тисячі тонн. А що, як не сміття, залишене попередніми поколіннями, є одним з головних об'єктів підвищеної цікавості археологів.

Якщо сучасним археологам доводиться сутужно, бо слідів минулого не так і багато, то їхнім послідовникам, мабуть, буде набагато легше. Придивіться до рис. 37, на якому показано поперечний розріз типового збірника твердого міського сміття. У великих спорудах такого типу накопичуються не тисячі, а мільйони кубічних метрів найрізноманітніших речей, які потрапляють туди не тільки з квартир, а й з підприємств міста.

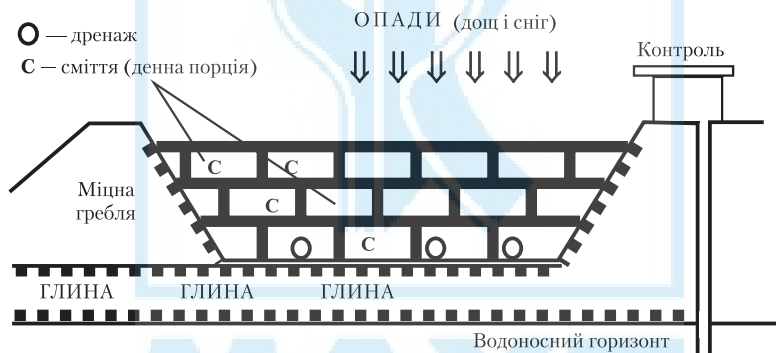


Рис. 37. Правильна організація сховища твердого сміття

Звичайно, з кількох десятків мільярдів тонн твердих відходів щорічної діяльності сучасного людства більша частина припадає на викиди гірничорудної та будівельної промисловості. Побутове сміття становить 1–3 % всіх твердих відходів, але шкода від нього дедалі більша попри його відносно малу кількість. Причиною є урізноманітнення його складу, збільшення частки хімічно шкідливих предметів і речовин. Вони забруднюють ґрунт і навіть підземні води, якщо сміттєзбірники створені з порушенням заходів безпеки.

Проблемою стає пошук вільних земель поблизу великих міст. Кожен їх мешканець щороку додає один-півтора кубічних метри сміття, отже — мільйони кубічних метрів для Києва, Харкова та інших “мільйонників” України. У нас ці гори сміття звалюють в яри і присипають тонким шаром ґрунту.

За кордоном щораз більше країн відмовляються від такого, вочевидь застарілого, способу вирішення проблеми. Практика показала, що сміттєзбірники виділяють у повітря шкідливі гази, а у воду і ґрунт — безліч шкідливих речовин (від важких металів до вуглеводнів). Назавжди втрачаються матеріали, які ще можна використати, повторно. Часто відбувається самозаймання звалищ, і ядучий дим тягнеться з них до околиць.

Мабуть, найточнішим показником рівня організованості та цивілізованості країни стає її ставлення до проблеми сміття. Найвищим досягненням у цій проблемі є створення спеціалізованих підприємств для переробки і повторного використання побутових та інших міських відходів. Та для ефективної і рентабельної їх роботи необхідно, щоб усі жителі країни попередньо сортували сміття. У Європі рекордними показниками організованості можуть похвалитися швейцарці й німці, які не лінуються віднести електричні елементи в одне місце, скляні пляшки вкинути в один контейнер, пластикові — в другий, папір — в третій, органічні рештки — в четвертий... Австралійці ще й досі жартують над товстелезною інструкцією, де викладалися правила сортування і розподілу сміття. Та все ж потроху народ привчається до порядку, хоч європейського рівня (у Швейцарії попередньо сортується понад 80 % всього сміття) вони ще не досягли. У нас справи зі сміттям набагато гірші.

## 8.7. СМІТТЯ І ТВЕРДІ ВІДХОДИ В УКРАЇНІ

Фахівці вважають, що в Україні з приблизно 2 млрд т щорічних твердих промислових відходів лише половина закладається під землю у шахтні виробки чи в борти кар’єрів, а половина “навантажує” поверхню, займаючи тисячі гектарів ґрунтів. В окремих областях Придніпров’я і Донбасу це навантаження досягає 10–18 тис. т на 1 км<sup>2</sup> їхньої поверхні, а в середньому по всій Україні — 3 тис. т щороку. Нагадаємо, що частина цих (переважно природних) речовин все ж забруднює довкілля шкідливими елементами чи вторинними сполуками. Типовим прикладом таких звалищ-забруднювачів є шахтні терикони.

Загалом місця зберігання відходів є більш-менш шкідливими для довкілля, бо пилоутворення зі шлакосховищ, горіння териконів, проникнення мінералізованих (на жаль, не лікувальних) вод у водотоки і підземні горизонти погіршують здоров'я людей, завдають шкоди ґрунту і запасам питної води.

Неприпустимість подальшого нагромадження шкідливих речовин усвідомлено вже давно. Оскільки повністю припинити гірничорудні розробки ми не могли раніше і не зможемо у майбутньому, то найкраще діяти за гаслом: “Відходи — у доходи!” Вчені України мають чималий досвід з переробки промислових твердих відходів і використання їх як сировини у будівельній та інших галузях промисловості. Перед розвалом Радянського Союзу саме в Україні перероблялася рекордна для регіонів СРСР частина промислового “сміття” — понад 20 %. Окремі ж види (як бентонітові глини, які пристосували для виробництва керамзиту) — майже на 100 %.

Дев'яності роки минулого століття характерні зменшенням як абсолютного обсягу самих відходів, так і їх переробки. Втім тенденція до кращого господарського використання відходів зберігається. Наприклад, у Донецькій обл. у скрутні часи промислового спаду помітно зросло використання вугільних відходів (хоч більшу частину вугілля отримують все-таки з-під землі, а не зі старих звалищ). Можливо, життя примусить розширити корисну з будь-якого погляду практику розробки і ліквідації старих звалищ відходів.

Чимраз більше господарське значення має повторне використання багатьох речовин, які узагальнюються поняттям *вторинної сировини*. Воно не всюди точне, бо чимало європейських країн отримують більшу частину потрібного їм скла, паперу, деяких металів саме через повторну переробку твердих відходів усіх типів. Для них саме така сировина є первинною. Не дивно, що вони віддають перевагу терміну “повторне використання” (рециклування).

Україна порівняно з іншими экс-радянськими країнами має непоганий досвід повторного використання багатьох речовин і матеріалів: паперу, деревини, зношених шин, полімерів тощо. Уявлення про наші досягнення і хиби дає табл. 29, де показано, яку частку з усієї спожитої країною сировини становила у 1992 р. вторинна.

На жаль, надто мало переробляється дуже великих за масою і обсягами відходів будівництва, металургії, шахт і кар'єрів. І це тоді, коли більшість з них використанням електророзрядів у воді можна розділити на арматуру, грубий пісок, цементний пил. Фахівці зазна-

чають активізацію зв'язків українських виробників з колегами за кордоном, які покликані поглибити повторне використання і переробку відходів.

Таблиця 29

**Обсяги повторного використання різних видів сировини в Україні**

Сировина	Обсяг повторного використання, %
Макулатура	===== 78
Текстиль	===== 62
Бите скло	===== 59,6
Шкіра	===== 57
Полімери	===== 55,5
Доменні шлаки	===== 53,5
Гума	===== 49
Шини	===== 48
Шлаки мартенів	===== 7,6
Відходи шахт	=== 3,8
Зола ТЕЦ	= 0,9

Цілком реальними були плани розширити їх у 3 рази (до 60 % всього щорічного обсягу), але в роки економічної кризи порівняно добре організована у радянські роки система була порушена – енергійні й зацікавлені керівники галузі були відсторонені від справ, через брак пального виникли перешкоди у транспортуванні вторинних продуктів та ін. Тому нині ми можемо лише заздрити тим країнам Європи (Швейцарія, Австрія та ін.), де межу 80 % вже давно перейдено.

Якщо з нетоксичними відходами справи можна вважати якщо не добрими, то принаймні не зовсім поганими, то з найшкідливішими все значно гірше. Хоч щорічна їх маса становить всього 15–16 млн т, та вони часто розосереджені, а для їх утилізації чи знешкодження щоразу треба створювати щось спеціалізоване, особливе.

Наприклад, на нашій території міститься 13 тис. т застарілих і заборонених для використання пестицидів. Для знищення і повного їх знешкодження неприйнятне традиційне спалювання, оскільки воно дає токсичні гази. Тут необхідно поєднати зусилля військовиків і селян, бо перші мають досвід нейтралізації компонентів хімічної зброї.

Підається успішному розв'язанню разом з голландцями проблема використання стічних вод великих (в СРСР все мало бути найбільшим у світі) тваринницьких комплексів. Ці води є концентрова-

ним джерелом і газового палива (метану), і гами мінеральних добрив. Перші кроки у потрібному напрямі зроблено, змонтовано кілька пристроїв для отримання біогазу, але розмах цих робіт невеликий.

Специфічною для України є проблема твердих і рідких радіоактивних відходів. У майбутньому, як вважають фахівці, доведеться розкривати і переробляти могильники, що утворилися в перші роки ліквідації наслідків катастрофи 1986 р. на ЧАЕС (переважно в межах 30-кілометрової зони). Діючі АЕС щороку створюють малі за масою, але складні з погляду знешкодження й повторного використання відходи типу використаного ядерного палива, концентрованих рідин з радіонуклідами тощо. Поки що вони часто зберігаються у наявних сховищах на АЕС, та невблаганно наближається час їх переповнення.

Тут у черговий раз ми постаємо перед проблемою руху відходів виробництва через кордони України. І раніше, і нині вони як експортувалися (відходи вуглевидобутку, кар'єрні та ін.), так і ввозилися (макулатура, піритні недогарки тощо). Перші кризові роки відновленої незалежності позначені спробами “зробити бізнес” на ввезенні до нас тих отруйних відходів, що їх не бажали ані зберігати, ані знешкоджувати багатші сусідні країни. Це слід розцінювати як великий кримінал, бандитизм, тому й кордони мають бути непроникними, і покарання за таке “співробітництво” повинні вже в зародку відбивати намір “спробувати”.

Фахівці з екологічних і санітарних служб України вважають незадовільною і дуже далекою від західноєвропейських стандартів ситуацію з побутовими відходами. До “трієчки” не дотягують навіть системи знешкодження побутових стічних вод, хоч обласні центри мають відповідні системи. Та працюють вони, як правило, погано, бо перевантажені або вкрай зношені.

Фахівці наводять довгий список негараздів і попереджають, що слід чекати не лише зростання забруднення річок патогенними мікроорганізмами і шкідливими сполуками, а й спалаху епідемій та подальшого погіршення здоров'я населення. Не дивно, що не кожного літнього дня і не на всьому узбережжі можна безпечно зайти у воду наших морів. Часто краще спостерігати за хвилями у бінокль. Ще гірша ситуація з твердим сміттям. Були спроби керуватися європейським прикладом і переробляти його на сміттєспалювальних заводах. Багаторічна практика їх використання засвідчила, що без попереднього сортування сміття така переробка просто неможлива.

Це ще раз підтвердили українські заводи. Рівненський протримався до закриття менше року, до київського мають великі претензії санітарні служби, бо надто вже отруйні гази струменять з його димарів. У цьому легко переконатися на досліді, якщо спалити у вогні невелику кількість будь-якої пластикової плівки. Радимо не захоплюватися і не принохуватися, бо ненароком отруїтися можна, і досить серйозно.

Отже, сучасних і безпечних заводів немає і не скоро вони будуть. Втім це залежить від наших читачів, адже варто нам усім дружно розпочати “по-швейцарськи” сортувати своє сміття, як закуплений на Заході завод дуже швидко (за 2–3 роки) почне давати чистий зиск.

А поки що все побутове сміття без сортування опиняється в далеких від світових стандартів (їх зразок показано на рис. 37) сміттєзбірниках. На превеликий жаль, є чимало так добре “вихованих” осіб, що частина цього сміття опиняється у формі смердючих куп на узліссях, галявинах, задвірках, схилах заліснених ярів. Та полишимо емоції для газетних статей і назвемо точні факти. Серед усіх звалищ обласних центрів лише з Хмельницького на початку нового сторіччя відводився і використовувався біогаз. Практично ніде не виконуються технологічні вимоги безпечного захоронення (створення глинистих прошарків, захист питних водотоків, відокремлення сухого сміття від мулів і токсичних речовин тощо). Часто все разом звалюють у траншеї, з яких дощі вимивають отруту в підземні питні горизонти або в ріки. Це є варварством.

### З нашого досвіду

Екологи Києва б'ють на сполох з приводу сміттєзбірника під с. Пірогове (45 млн м<sup>3</sup>). Лише його верхні кілька метрів тверді, а нижче на велику глибину йде драглиста напіврідка маса, рівень якої аж на 15 м вищий за гребінь захисних споруд. Рано чи пізно, сирої весни чи надто дощового літа, вся ця погань посуне вниз на село...

(Національна доповідь про стан довкілля в Україні, 1993 р.)

У Харківській обл. біля Краснокутська у лісосмузі виявили величезну купу “свіжого” сміття, звалену кимсь уночі. Працівникам охорони довкілля цього разу дуже пощастило: впевнений у повній безкарності порушник додав до купи ще й сміття з кишень. Серед нього був і лікарняний рецепт з чітко написаними прізвищем водія і адресою

Червень 1994 р.

## **Для допитливих. Про суперотруту з назвою “діоксин”**

Хоч ця речовина стала відомою хімікам ще у першій половині ХХ ст., всесвітньої “слави” вона набула після локальної, але “неприємної” катастрофи у містечку Севезо в Італії.

10 червня 1976 р. аварія устаткування на хімічному заводі спричинила порушення технологічного режиму й викид у повітря утвореної внаслідок цього токсичної хмари з домішкою діоксину. Повна назва цієї сполуки вчетверо довша. Ця біла кристалічна речовина (мешканці Севезо були пошипані білим пилком) майже нерозчинна у воді, хімічно інертна, дуже стійка, не розкладається з плином часу. Досліди на тваринах засвідчили, що діоксин щонайменше у 20 разів токсичніший від такої відомої сполуки, як ціанистий калій.

В організмі людини діоксин виводить з ладу окремі ферменти, що виявляється у таких наслідках: ураження печінки і всієї системи травлення, зниження якості крові, пошкодження судин, що призводить до виникнення характерних слідів на поверхні шкіри. Доведено високу канцерогенну і мутагенну активність діоксину. Навіть просте потрапляння на поверхневі шари дуже небезпечне, адже діоксин спричиняє сип, опіки, виразки, випадіння волосся і нігтів тощо.

Через неорганізованість і безвідповідальність окремих посадових осіб жителів Севезо та околиць було евакуйовано занадто пізно. Загалом постраждало понад 2000 осіб, п'ята частина яких потрапила до лікарень. Проблемаю виявилася детоксикація ґрунту, бо інертність діоксину не давала змоги нейтралізувати його чи змити водними сумішами. Довелося на чималій території знімати весь верхній шар ґрунту і захоронити його в особливих контрольованих сховищах.

Катастрофа у Севезо виявила для світової громадськості справжній розмах американської “екологічної війни” 60-х років ХХ ст. у В'єтнамі. Для оголення лісів і утруднення дій в'єтнамських партизанів керівники армії США використали сільськогосподарські дефоліанти у підвищених концентраціях, один з яких (Orange) внаслідок вад виготовлення містив велику кількість діоксину. Величезні площі лісів і полів дельти Меконгу з бомбардувальників і транспортних літаків були політі розчинами дефоліантів. Від цієї речовини постраждали як в'єтнамці, так і ті американці, що працювали з нею. Тисячі громадян США подали в суд на свій уряд і виграли судові справи. Проте дотепер ніхто не збирається бодай частково відшкодувати втрати здоров'я десяткам і сотням тисяч в'єтнамців.

Обсяг і специфіка книги не дають нам змоги більш-менш детально розглянути “російський слід” в отруєнні діоксином Президента України В. Ющенка. Він практично дивом врятувався від смерті, але сліди хімічного ураження, на жаль, залишаться на багато років.

В Україні не бракує фахівців, які давно і глибоко досліджують все, що пов'язане з діоксинами. Серед них доктор технічних наук з Дніпропет-



ровська В. Задорський, який має вагомі підстави стверджувати, що сучасні промислові й сільськогосподарські технології продукують так багато діоксинів, що у своїй сукупності ці речовини через високу стійкість й опірність до знешкодження у довкіллі формують реальну загрозу появи “хімічного СНІДу” ([81] та ін.). З подібних та інших публікацій можна дійти такого висновку: є можливість ліквідувати, наприклад, викиди діоксинів з традиційних сміттєспалювальних заводів, якщо застосувати плазмові та інші високі технології, але набагато краще змінити хімічний склад антропогенного сміття і перетворити його на добрива для рослин і водоростей.

На завершення зазначимо, що в Україні всі токсичні (отруйні) відходи поділяються на кілька груп — від максимально небезпечних (I клас) до порівняно “лагідних” (IV клас). Як наголошується в Національній доповіді 2000 р. про стан довкілля в Україні, певні області “спеціалізуються” на створенні отруту. Наприклад, Чернігівська обл. є джерелом майже двох третин усіх наших отрут I класу, у II класі всіх випереджає Автономна Республіка Крим, ще більша перевага Дніпропетровської області в III і IV класах. Дозволені обсяги перевищено у 2000 р. в усіх класах, але найбільше — в особливо токсичних.

## ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Чому чистий пісок навіть за наявності води не вважають добрим ґрунтом?
2. Чому до педосфери не входить дно океану, морів і глибоких озер?
3. Які дощі та зливи — звичайні чи кислотні — небезпечніші для гумусу?
4. Чи належать до групи пестицидів так звані дефоліанти, які застосовують для звільнення рослин (насамперед бавовнику) від листя?
5. Чому ущільнення верхніх сантиметрів ґрунту призводить до посилення випаровування води з його поверхні?
6. Продуктивність сільськогосподарських машин залежить від їхніх розмірів. Чи доцільно будувати нові машини, що утричі більші від наявних за всіма габаритами, намагаючись швидше виконати всі операції на полях?
7. У перші роки існування СРСР експериментували з електричними тракторами та іншими машинами. А чому подібних знарядь немає і понині?
8. Навіщо навесні спеціальними знаряддями розбивають тверду суху кірочку на поверхні ґрунту, називаючи цю операцію “закриванням вологи в ґрунті”?
9. Чому надмірне використання прісної води з підземних горизонтів часто підвищувало її солоність до такого високого рівня, що свердловини доводилося закрити?

10. Чим пояснюється необхідність поступової заміни пестицидів на щоразу нові їх варіанти? Чи не краще застосовувати одні й ті самі, збільшуючи дози?
11. Чому лійкою, яку звичайно використовують для поливання городу водою, не можна вносити концентрований розчин пестициду для знищення колорадських жуків?
12. Чому сухі гальванічні елементи належать до особливо шкідливого для довкілля сміття, а подрібнене скло — ні?
13. У який період виник термін “меліорація” і що він означав спершу?
- 14\*. Чи можна стверджувати, що якість оранки з перевертанням пласта для будь-якого ґрунту тим краща, чим вона глибша? Відповідь обґрунтуйте.
- 15\*. Проаналізуйте кліматичні та ландшафтні чинники, що посилюють чи гальмують водну ерозію ґрунтів. Які з них переважають на території у місці вашого проживання?
- 16\*. Яким повинен бути кут нахилу поля до горизонту для повного усунення водної ерозії? Відповідь обґрунтуйте.
- 17\*. Назвіть відомі вам види зрошення (способи внесення води в ґрунт) і порівняйте їх екологічну доцільність.
- 18\*. Поясніть причину поступового підвищення вмісту солей в ґрунтах під час інтенсивного зрошення, якщо ніколи не промивати ґрунт великою кількістю прісної води.
- 19\*. Якщо період напіврозкладу ДДТ становить 12 років, то за який час у ґрунті лишиться 12,5 % його початкової кількості?
- 20\*. Чи правильно влаштувати сміттєховища не на рівному місці, а в ярах або балках? Обґрунтуйте свою думку.
- 21\*. Чому землі тропічних зон за однакового рівня родючості годують більшу кількість людей, ніж ґрунти помірних кліматичних зон?
- 22\*. З яких країн Україна могла б експортувати питну воду? Відповідь обґрунтуйте.
- 23\*. Де випаровується та вода, що випадає потім дощами в Україні? Відповідь обґрунтуйте.
- 24\*. Представники яких біологічних видів слід поселити в ґрунт для відновлення чи підвищення його родючості? Відповідь обґрунтуйте.
- 25\*. Чому у разі відтворення штучного фотосинтезу його краще використовувати у тропічних, а не в полярних широтах? Відповідь обґрунтуйте.

# РАДІАЦІЙНИЙ ФОН І ЗАБРУДНЕННЯ

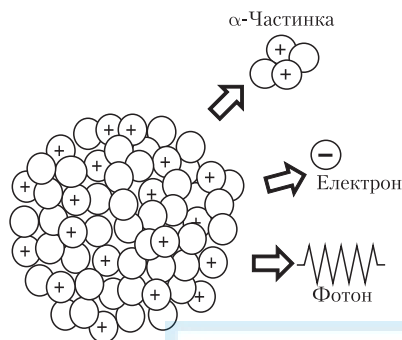
## 9.1. РАДІОНУКЛІДИ ТА ІОНІЗУЮЧЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ

Розділи 9 і 10 адресовані тим, хто прагне поглиблено ознайомитися з дією іонізуючого випромінювання на людський організм, проаналізувати ядерну катастрофу 1986 р. на Чорнобильській АЕС і сформулювати власне неупереджене бачення пов'язаних з цим подій в Україні. Розпочнемо з висвітлення основ радіаційної фізики і біології. Термін “радіонуклід” порівняно молодий. Він замінив для фахівців і широкого загалу терміни типу “радіоактивне ядро” чи “радіоактивний ізотоп” і означає “ядро (лат. *nucleus*), що здатне до випромінювання” (лат. *radius* – промінь). Отже, *нуклід* – це стійке ядро, *радіонуклід* – нестійке, здатне до самовільної трансформації, яка супроводжується викиданням назовні утворених чи вилучених з його складу частинок (або “проміння”).

Хоча великі нестійкі ядра можуть виділяти із себе “багато чого” (див. рис. 8), природні радіонукліди найчастіше виділяють  $\gamma$ - і  $\beta$ -випромінювання, значно рідше –  $\alpha$ -частинки. Такий самий комплект випромінюють і радіонукліди, які забруднюють територію України після катастрофи в Чорнобилі (рис. 38). Значно рідше найважчі з природних ядер (наприклад, уран-235) діляться на дві великі частини з одночасним звільненням кількох нейтронів.

Важливо мати правильне уявлення про природу і особливості найпоширеніших видів випромінювання ( $\alpha$ ,  $\gamma$  і  $\beta$ ).

*$\gamma$ -Промені* ( $\gamma$ -кванти,  $\gamma$ -фотони) є маленькими цугами електромагнітних хвиль дуже високої частоти і відповідно малої довжини хвилі. Лише цими характеристиками вони відрізняються від фотонів (цугів хвиль) видимого світла, які мають набагато більші розміри і, відтак, меншу енергію. Як і світло,  $\gamma$ -промені не мають електричного заряду й існують тільки в русі, а народжуються під час перебудови взаємного розташування заряджених частинок у ядрах.



Радіонуклід

**Рис. 38. Іонізуючі частинки –  
продукти розпаду  
чорнобильських викидів**

швидкості. Це явище називають *іонізацією* молекул чи атомів, бо після відриву електрона молекула перетворюється на позитивно заряджений іон.

Відірваний електрон забирає від  $\gamma$ -кванта частину його енергії. Вона цілком достатня для того, щоб цей електрон сам став іонізатором, зриваючи з місця інші електрони чи розбиваючи молекули на частини з утворенням іонів обох знаків, доки не втратить швидкість.

Отже, випромінені радіонуклідами  $\gamma$ -кванти іонізують молекули живої речовини, утворюючи з них іони обох знаків, звільняючи електрони, збуджуючи молекули. Саме цими процесами спричиняється радіаційне ураження живих істот.

Лише втративши більшу частину енергії,  $\gamma$ -кванти поглинаються і зникають.

**$\beta$ -Випромінювання** є потоком викинутих радіонуклідами швидких електронів з негативними зарядами. Спершу їхня швидкість лише трохи менша за швидкість світла у порожнечі, що становить майже 300 тис. км/с. Рухаючись у речовині, вони також іонізують її, утворюючи іони, нові електрони і збуджуючи вцілілі молекули. Втрачаючи енергію,  $\beta$ -частинки гальмуються і приєднуються до якоїсь з молекул. Надалі вони вже нешкідливі. Маючи заряд,  $\beta$ -частинки сильніше за  $\gamma$ -кванти взаємодіють з речовиною, швидше втрачають енергію.

**$\alpha$ -Частинки** найважчі й, хоч їх швидкість у десять разів менша за швидкість  $\beta$ -частинок, енергія їх більша. Кожна така  $\alpha$ -частинка є дуже міцним агрегатом з двох нейтронів (без електричного заря-

Відомо, що світло може відбиватися від полірованих металів чи білих тіл і поглинатися темними, нагріваючи їх. Світло проходить лише крізь прозорі тіла, які не поглинають і не відбивають фотонів. Внаслідок надто високої частоти своїх хвиль  $\gamma$ -кванти не відбиваються, тому для них усі речовини певною мірою проникні. Коли їх енергія велика, то, потрапивши у речовину, вони спершу навіть не поглинаються, а зіштовхують електрони з орбіт, відриваючи їх від молекул і надаючи їм чималой

ду) і двох позитивно заряджених протонів. Маючи великий заряд,  $\alpha$ -частинки здатні утворювати іони буквально “на кожному кроці”, лишаючи позаду густий ланцюг пошкоджених, розірваних на частини, збуджених молекул. Втративши швидкість,  $\alpha$ -частинки приєднують два електрони й стають нешкідливими і хімічно інертними атомами гелію. Шкодять  $\alpha$ -частинки живому також тільки під час швидкого руху.

## 9.2. ПРИРОДНІ ТА ШТУЧНІ РАДІОНУКЛІДИ

Радіонукліди бувають як природного (їх порівняно мало), так і штучного походження. Останніх (для всіх елементів таблиці Менделєєва) фізики отримали вже понад 2000. Десятки видів подібних активних ядер утворюються під час роботи ядерних дослідних чи енергетичних реакторів.

Головними характеристиками радіонуклідів є:

- кількість  $Z$ -протонів (заряд ядра), що визначає, ізотопом якого хімічного елемента є цей радіонуклід. На підставі хімічних даних і знаючи  $Z$ , можна докладно охарактеризувати хімічні властивості атомів з радіоактивними ядрами;
- кількість нейтронів  $N$  і атомне число  $A$  (загальна кількість частинок у радіоактивному ядрі). Ядра з однаковими  $Z$  і різними  $N$  (*ізотопи*) мають різну стійкість;
- види їх випромінювання та енергії частинок;
- час напіврозпаду  $T_{1/2}$  — кількість років (діб чи й годин), за які половина початкової кількості радіонуклідів розпадається з виділенням іонізуючого випромінювання.

Стойкість ядер тим вища, чим більший час напіврозпаду, який для різних нестійких ядер може дуже різнитись: для одних бути значно меншим за секунду, для інших (як для урану чи торію) перевищувати мільярд років. У табл. 30 наведено деякі радіонукліди, які мають певне екологічне значення, вказано періоди напіврозпаду і типи їх випромінювання. У цій таблиці значком (+) позначено випромінювання з малою енергією. Частинка з такою енергією до зупинення іонізує 500–1500 молекул живої речовини. Знак (++) відповідає більшій енергії й утворенню до 6 тис. пар іонів кожною частинкою з такою енергією. А от для енергії (+++) кількість іонізованих молекул сягає 10 тис. і більше. Найбільшу енергію (++++) мають  $\alpha$ -частинки, які до зупинення можуть створити аж 100 тис. пар іонів.

## Характеристики екологічно важливих радіонуклідів

Радіонуклід	Період напіврозпаду	Типи випромінювання		
		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
1. Тритій ( $^3\text{H}_1$ )	12,4 р.		+	
2. Вуглець-14 (C)	5569 р.		+	
3. Натрій-24 (Na)	15 год.		+++	+++
4. Фосфор-32 (P)	14,5 діб		+++	
5. Сірка-35 (S)	87,1 діб		+	
6. Аргон-41 (Ar)	2 год		++	
7. Калій-40 (K)	1,3 млрд р.		++	++
8. Калій-42 (K)	12,4 год.		+++	++
9. Кальцій-45 (Ca)	160 діб		++	
10. Марганець-54 (Mn)	300 діб		++	++
11. Залізо-59 (Fe)	45 діб		++	+++
12. Криптон-85 (Kr)	10 р.		+	
13. Стронцій-90 (Sr)	27,7 р.		++	
14. Ітрій-91 (Yt)	61 діб		+++	++
15. Рутеній-106 (Ru)	1 р.		+	
16. Йод-131 (J)	8 діб		++	++
17. Ксенон-133 (Xe)	5 діб		+++	
18. Цезій-137 (Cs)	32 р.		++	+
19. Церій-144 (Ce)	285 діб		++	+
20. Радон-222 (Rn)	3,8 діб	++++		
21. Радій-226 (Ra)	1 600 р.	++++		
22. Уран-238 (U)	4,5 млрд р.	++++		
23. Плутоній-239 (Pu)	24 000 р.	++++		++
24. Торій-232 (Th)	13,9 млрд р.	++++		

Якщо кількість іонізованих молекул безпосередньо свідчить про рівень шкідливості для живого даного випромінювання, то цього не можна сказати про його “довжину пробігу” (відстань гальмування). Для  $\alpha$ -частинок у м'яких тканинах людини вона найменша (приблизно 30  $\mu\text{m}$  = 0,03 мм), кількість пошкоджених молекул найбільша. Середня відстань пробігу  $\beta$ -частинок становить 2–3 мм,  $\gamma$ -променів – 30–50 см.

Якщо джерело іонізуючого випромінювання розташоване всередині нас, найбільшою буде шкода саме від  $\alpha$ -частинок, у 10–12 разів

меншою — від  $\beta$ -частинок, і ще трішки меншою (бо вони частково вилетять з нас, не поглинувшись) — від  $\gamma$ -променів.

Ситуація стає протилежною, якщо джерело випромінювання поза нами і віддалене на відстань кількох десятків сантиметрів чи 1–2 м. Такий шар повітря майже не поглинає  $\gamma$ -промені, вони стають найнебезпечнішими. Значно активніше поглинаються  $\beta$ -частинки, інтенсивність потоку зменшується (помірна небезпека). Повітря не пропустить до нас  $\alpha$ -частинки, виключаючи небезпеку з їхнього боку.

Якщо джерело випромінювання розташоване на шкірі чи близько від неї, то мертві клітини верхнього шару (чи одяг) поглинають всі  $\alpha$ -частинки (ті виявляються нешкідливими). Тіло поглинає майже всі  $\beta$ -частинки (найшкідливіші у цій ситуації) й суттєву частину  $\gamma$ -квантів (дещо менша шкідливість, ніж у  $\beta$ ).

Доведено, що багато радіонуклідів Земля успадкувала від решток наднових зірок. Вибух однієї з них міг бути поштовхом до початку утворення Сонячної системи з хмари космічного пилу. З того віддаленого на мільярди років часу збереглися і не розпалися лише поодинокі види ретрорадіонуклідів: калій-40, уран-238, уран-235 і торій-232. Вони та продукти розпаду важких ядер становлять більшість природних радіонуклідів, формують природне поле радіації.

Друга (менша) частина природних радіонуклідів з невеликою масою ядер безперервно народжується (переважно у верхній атмосфері) як продукти зіткнення потоку космічних частинок з ядрами атомів атмосфери і ґрунту (вуглець-14, тритій та ін.). Їх внесок у природний радіаційний фон незначний, та нехтувати ним, звичайно, не можна. Їх мало, але вони належать до тих елементів, які входять до складу живої речовини. Тому вони легше, ніж важкі елементи, “вбудовуються” в молекули білків, ДНК і шкодять, наче диверсанти.

З усіх природних і штучних радіонуклідів до *групи екологічно суттєвих* (див. табл. 30) увійшли:

- ті, що є ізотопами “елементів життя”, члени групи елементів з малими і середніми масами ядер, з яких побудована жива речовина (в тому числі й тіло людини): 1–5, 7–11;
- продукти штучного поділу найважчих і нестійких ядер на дві частини близьких мас у процесі роботи всіх ядерних реакторів і під час випробування ядерної зброї: 13–15, 18, 19, 23. Вони потрапляють у довкілля під час ядерних вибухів у повітрі чи воді та внаслідок значних аварій на ядерних реакторах всіх

видів і конструкцій (приклад — вибух реактора на Чорнобильській АЕС у 1986 р.);

- група радіоактивних інертних газів, які виділяють у повітря всі ядерні реактори у процесі їх нормальної роботи: 6, 7, 12. Не беруть участі у хімічних реакціях, не можуть увійти до складу живої речовини, але опромінюють наші тканини, коли потрапляють у легені разом з повітрям;
- група важких ретрорадіонуклідів (22, 24) та продуктів їх розпаду (20, 21), яким належить невелика частка природного фону радіації.

### 9.3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЖЕРЕЛ ВИПРОМІНЮВАННЯ

*Джерелом іонізуючого випромінювання* загалом вважається будь-яке тіло чи об'єкт, які містять радіонукліди. Оскільки останні входять до складу і неживої, і живої речовини, то “джерелом” їх є і тіло людини, і граніт, і повітря.

Тому надалі вважатимемо “джерелом” той об'єкт, для якого вміст і випромінювання радіонуклідів перевищують природні (загалом, дуже малі) значення. Тоді у природі з більш-менш концентрованих джерел лишається лише руди урану і торію, з малоконцентрованих — граніти та інші породи з дещо підвищеним вмістом цих елементів і продуктів їх розпаду (радію, радону та інших). А от штучних джерел іонізуючого випромінювання існує дуже багато. Це безліч приладів, що містять радіонукліди, всі типи й види ядерних реакторів, рентгенівські апарати тощо.

Найголовнішою характеристикою джерела іонізуючого проміння є його *активність*  $A$ , що визначається відношенням кількості розпадів  $dN$ , до часу  $dt$ :

$$A = dN / dt \text{ (1/с)}. \quad (9.1)$$

*Одиницею активності* у міжнародній системі одиниць (SI) є беккерель (Бк), названий ім'ям першовідкривача радіоактивності француза А. Беккереля (1852–1908). У джерелі з активністю 1 Бк відбувається один розпад щосекунди, 1 кБк — тисячу, 1 МБк — мільйон і т. д.

Не вийшла з ужитку й застаріла одиниця активності, що введена на початку ХХ ст. і названа “кюрі” (Ки) на честь подружжя Кюрі, піонерів вивчення природних радіонуклідів. Активність 1 Ки має грам



радію, в якому щосекунди відбувається 37 млрд розпадів ядер з виділенням чималої енергії.

Отже,  $1 \text{ Ки} = 37 \text{ млрд Бк}$ .

Часто використовують також похідні активності:

- об'ємна активність  $A_v$  – активність одиниці об'єму (Бк/л чи Бк/м<sup>3</sup>, а також Ки/л чи Ки/м<sup>3</sup>);
- питома активність  $A_m$  – активність одиниці маси (Бк/кг),
- поверхнева активність  $A_s$  – активність одиниці поверхні тіла (вимірюється в Бк/м<sup>2</sup> чи Ки/км<sup>2</sup>) та ін.

Спричинену людиною появу “надлишкової” активності ґрунту, води, повітря, нарешті, живої речовини прийнято називати “радіонуклідним (чи радіаційним) забрудненням”. Активність забруднених об'єктів вимірюється вказаними вище одиницями.

Зокрема, для характеристики забруднення ґрунтів “чорнобильськими” радіонуклідами часто вживають Ки/км<sup>2</sup> (зверніть увагу на те, що у бекерелях числове значення видаватиметься дуже великим і значно “страшнішим”).

Крім активності, важливими характеристиками джерел іонізуючого випромінювання є його склад, енергія окремих частинок чи квантів, повна потужність джерела, просторовий розподіл потоків випромінювання, розміри і форма джерела тощо.

Наприклад, значного поширення набули введені на початку вивчення іонізуючого випромінювання такі характеристики його дії та інтенсивності потоку, як *рентген* (Р) і *рентген за годину* (Р/год). Назва походить від імені німецького фізика В. Рентгена, відкривача першого виду іонізуючого проміння (рентгенівських променів), здатних проходити крізь речовину.

Вони є варіантом  $\gamma$ -променів, але мають трохи меншу енергію й утворюються найчастіше під час зіткнення попередньо прискорених електронів з твердим тілом. Типовим (але дуже слабким) випромінювачем таких променів є екран великого телевізора з вакуумною трубкою. Небезпека для глядачів ліквідована введенням значної кількості свинцю у скло трубок, який повністю поглинає рентгенівські  $\gamma$ -кванти. Екологічно безпечнішими й значно меншими за масою є плоскі рідкокристалічні екрани, що постійно вдосконалюються і використовуються дедалі частіше.

Про співвідношення рентгена та рентгена за годину із сучасними дозиметричними одиницями йтиметься нижче.

## 9.4. БІОЛОГІЧНА ДІЯ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Природа дії іонізуючого випромінювання на живу речовину досить складна і багатопланова. Проаналізуємо послідовно всі стадії цієї дії.

**Перша стадія** практично миттєва. З наведеного порівняно легко уявити, що відбувається у нашому тілі після розпаду одного з радіонуклідів. Найчастіше викинутий з великою швидкістю агент ( $\alpha$ ,  $\gamma$  чи  $\beta$ ) мчить, лишаючи позаду рідкий ( $\gamma$  і  $\beta$ ) чи густий ( $\alpha$ ) ланцюг з іонів, пошкоджених молекул, збуджених фрагментів останніх тощо. Більшість цих ефемерних утворень на короткий час мають аномальну здатність до невластивих для нормальних молекул реакцій. Їх наукова назва — *радикали*. Це первинний продукт опромінення, утворений на першій (“миттєвій”) стадії розвитку біологічного пошкодження.

**Друга стадія** теж не потребує тривалого часу, бо утворені активні фрагменти негайно вступають у реакції (переважно окислювальні), утворюючи вторинні продукти, що становлять собою змінені чи деформовані білки та інші важливі біомолекули. Насичення киснем живої тканини на цій стадії посилює її пошкодження радіацією, його відсутність підвищує опірність тканини й організму до дії іонізуючого випромінювання.

Серед *радіопротекторів* (речовин, які “захищають” від радіації будь-яким способом) є субстанції, приймання яких всередину знижує вміст кисню у тканинах людини. Їх потрібно вводити до опромінення, а не після нього. Вторинні продукти є своєрідною отрутою. Хоч їх маса невелика, але вони істотно порушують ніжний і точно настроєний механізм молекулярних реакцій всередині наших клітин. Останні особливо вразливі до дії вторинних продуктів у критичний (заключний) момент підготовки до поділу й утворення нової клітини. Зовнішнє втручання у цей вирішальний для продовження життя момент особливо небажане.

**Третя стадія** розвитку шкідливої дії іонізуючого випромінювання — боротьба клітин з вторинними продуктами. У межах можливо-го (ресурсів і наявного часу до моменту поділу) клітина одночасно намагається нейтралізувати шкідливі речовини і “відремонтувати” (здійснити репарацію) пошкодження.

Хоч “біоремонт” є складнішим від заміни втраченої гайки від колеса велосипеда, та мільярди років еволюції поступово створили кілька способів такого ремонту. Один з них може здійснити навіть репарацію такої великої й унікально важливої молекули, як ДНК, вже за 15 хвилин ліквідуючи половину іонізаційних пошкоджень.

Третя стадія триває від секунд до тижнів (залежно від темпу репарації та поділу клітин). На ній найбільше страждають ті клітини, що швидко й часто поділяються: клітини ембріонів, червоного кісткового мозку, лімфатичних тканин, статевих залоз тощо. Саме вони найчутливіші й першими пошкоджуються у тілі людини. Найбільшу опірність дії радіації виявляють ті клітини, які взагалі не поділяються або роблять це надзвичайно рідко: великі нервові клітини, кістки, хрящі тощо.

Якщо іонізуюче випромінювання діє безперервно з малою інтенсивністю (типу природного фону), то “ремонтні служби” клітин встигають ліквідувати всі (або майже всі) пошкодження. Це відповідає нормальному процесу життя, стабільному стану здоров'я.

Наслідки одноразового інтенсивнішого опромінення можуть бути нейтралізовані самими клітинами без помітної шкоди для всього організму. Якщо ж рівень іонізаційного пошкодження істотно перевищує “ремонтну потужність” клітин, уникнути розвитку біологічного ураження на наступному етапі вже неможливо.

**Четверта (остання) стадія** біологічного ушкодження не має чітко виявленого закінчення. Для конкретної особини вона завершується у момент її прискореної чи “нормальної” смерті, а для її біологічного виду триває і далі, бо уражена особина могла передати ушкоджені гени потомству. Четверта стадія радіаційного опромінення теж характеризується боротьбою за виживання, тільки цього разу весь організм намагається знищити пошкоджені радіацією клітини (а вони можуть навіть започаткувати ракову пухлину), замінивши їх здоровими. Цим займається, як відомо, імунна система організму. Що дужчий радіаційний удар, то менше у неї шансів на перемогу і ліквідацію його наслідків.

Розглянемо співвідношення між кількістю поглинутої променевої енергії й наслідками променевого ураження.

## 9.5. ОСНОВИ ДОЗИМЕТРІЇ

Кінцевий результат поглинання організмом іонізуючого проміння залежить від багатьох чинників, у першу чергу — від кількості енергії, яка виділилася в ньому.

Тому первинним дозиметричним поняттям є “поглинута доза” ( $D$ ) (часто його скорочують до одного слова “доза”). Вона визначається як відношення всієї поглинутої енергії  $E$  до маси речовини  $m$ , у якій вона спричинила іонізацію й радіоліз (радіаційний розклад) молекул:

$$D = E/m \text{ (Дж/кг = Гр)}. \quad (9.2)$$

Одиницею дози є *грей*, названий на честь англійського фізика С. Грея, одного із засновників радіаційної дозиметрії.

Якщо людина отримує дозу 1 Гр, то в кожному кілограмі її тіла іонізуючі агенти виділять енергію 1 Дж. Стільки ж виділяє книжка масою 1 кг, впавши з висоти 10 см. Тому може видатися, що це мала енергія, шкідливі наслідки малоімовірні, адже тіло нагріється ледь на 0,00024 °С. На жаль, це не так, і така доза негативно позначиться на здоров'ї. Причиною є особлива токсичність вторинних продуктів дії радіації, своєрідне біологічне підсилення фізичної дії іонізуючого випромінювання.

З огляду на особливості всіх видів випромінювання можна очікувати різної шкідливості однакових доз кожного з них. Експерименти підтверджують це припущення: поглинутий нами джоуль енергії  $\alpha$ -частинок принаймні у 10 разів шкідливіший від аналогічної енергії  $\beta$ -частинок чи  $\gamma$ -променів. Тому вважають, що *коєфіцієнт якості* (фактично шкідливості)  $\alpha$ -частинок  $k_\alpha = 10$ , а у решті випромінювання — одиниця ( $k_\gamma = 1, k_\beta = 1$ ).

Якщо врахувати цю неоднакову “ефективність” різних іонізуючих агентів, то можна ввести “ближчу до суворой прози життя” так звану *еквівалентну дозу*. Її прийнято позначати  $H$  і вимірювати у *зівертах* (Зв), названих так на честь шведського вченого Р. Зіверта.

Для допитливих вкажемо формулу обчислення еквівалентної дози повного опромінення кількома видами променів через поглинуті дози  $D_\alpha, D_\gamma$  і  $D_\beta$  кожного з них:

$$H = k_\alpha D_\alpha + k_\beta D_\beta + k_\gamma D_\gamma \text{ (Зв)}. \quad (9.3)$$

Тут використано припущення, що біодії окремих агентів лише додаються, а не перемножуються з додатковим посиленням їх спільної

дії. Експерименти свідчать, що існують суттєві відхилення від формули (9.3), а тому припущення про підсумовування відповідає дійсності досить рідко. Причиною відхилень може бути аномальний стан особи, приймання нею наркотиків, інтенсивне куріння тютюну та інші негативні впливи індивідуального характеру.

Зіверт на даний момент не став загальнозживаною і поширеною одиницею. Традиційно досі використовується бер (біологічний еквівалент *рада*). Не розглядатимемо деталі його появи і причини такої назви, обмежившись вказівкою, що зіверт рівно у сто разів більший за бер, отже  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$ .

Окрім еквівалентної дози існує ще “детальніша” *ефективна еквівалентна доза*, яка теж вимірюється у зівертах, але додатково враховує під час повного опромінення тіла велику вразливість статевих органів і червоного кісткового мозку та значно меншу решти тіла. Існують також інші додаткові одиниці, але використовуватимемо надалі лише дози зіверт і бер.

Хоч зв'язку з дозою у берах (Зв) та рівнем пошкодження людини радіацією не встановлено так добре, як для лабораторних тварин, та все ж за роки ближчого ознайомлення (як правило, небажаного, під час аварій) з іонізуючим випромінюванням вчені поступово нагромадили достатньо інформації для створення табл. 31.

Таблиця 31

**Наслідки одноразового опромінення всього тіла людини**

Еквівалентна доза		Наслідки радіаційного удару
зіверт	бер	
1	2	3
1000	100000	Смерть за хвилини після опромінення
100	10000	Смерть за години після опромінення
10	1 000	Смерть за дні після опромінення
7	700	90 % смертності за кілька наступних тижнів
4	400	Напівлетальна доза (50 % смертності за наступні місяці)
2	200	10 % смертності у наступні місяці та роки
1	100	Легка променева хвороба з лікуванням. Зростання ймовірності смерті від раку. Стерилізація чоловіків на 2–3 роки, жінок – назавжди
0,1	10	Рівень подвоєння природної кількості генних мутацій. Помітна тимчасова зміна характеристик крові

1	2	3
0,05	5	Максимальна допустима річна доза для осіб, які працюють з іонізуючим випромінюванням
0,002	0,2	Поширене для поверхні Землі значення річної дози від наявних природних джерел випромінювання

Людина належить до найчутливіших до радіації видів істот. При переході від теплокровних до холоднокровних, а потім простих і найпростіших істот стійкість до дії іонізуючого випромінювання щоразу зростає, сягаючи максимуму в бактерій. Відомі випадки, коли вони “розкошували” в активній зоні ядерних реакторів зі сприятливою для них температурою води.

Відомо, що людина не має органів чуттів з такою ж чутливістю до  $\gamma$ -променів, яка притаманна очам до фотонів видимого світла. Ми не реагуємо на іонізуюче випромінювання. Лише тоді, коли його інтенсивність значно перевищує смертельний поріг, ніс вловлює озон, створений радіацією з кисню повітря. Вчені вважають, що така “неозброєність” живих істот є наслідком непотрібності подібних органів. Мабуть, у минулому в історії Землі жодного разу не виникали наддовго умови з небезпечним для всіх (чи для більшості) видів рівнем радіаційного поля.

Знання дозиметрії давалися людям дуже дорого. Понад сто лікарів, які першими постійно використовували рентгенівські апарати для медичної діагностики, один за одним загинули від променевої хвороби. Лише створення систем захисту (свинцеві екрани) і чутливих до іонізуючого випромінювання приладів (лічильників, датчиків, дозиметрів) дало змогу порівняно безпечно застосовувати корисні ефекти радіації.

Першою одиницею “старої” дозиметрії був згаданий вище рентген, що означав таку дозу поглинутої сухим повітрям променевої енергії, яка була достатня для створення у кожному його кубічному сантиметрі 2,08 млрд пар однозарядних іонів. Відтак, інтенсивність 1 Р/год означає, що за годину набігає доза 1 Р, за добу — 24 Р.

Якщо знехтувати незначними деталями, то рентген виявляється трішки меншим від бера:

$$1 \text{ Р} = 0,877 \text{ бер.} \quad (9.4)$$

В описах аварії на ЧАЕС та в інших публікаціях постійно вказується інтенсивність поля радіації у частках Р/год. Наприклад, якщо вона дорівнювала 200 мР/год (0,2 Р/год), то за робочу зміну людина в такому полі отримувала  $8 \cdot 0,2 \cdot 0,877 \text{ бер} = 1,4 \text{ бер}$ .

Вкажемо на завершення, що до квітня 1986 р. інтенсивність природного радіаційного поля у різних місцях України була у межах 10–40 мкР/год (0,00001–0,00004 Р/год). Нині поле подекуди сильніше.

## 9.6. БІОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ МАЛИХ ДОЗ

Проблема точного визначення наслідків впливу на людину малих доз була і залишається актуальною і не розв'язана до кінця. На жаль, крім наукового значення і змісту вона із самого початку мала політичні та ідеологічні аспекти.

Наприклад, кілька десятиліть з політичних міркувань у Радянському Союзі висвітлення питань біологічної дії іонізуючих випромінювань було і неповним, і одностороннім. Аж до його розпаду нічого не повідомлялося про аварії і катастрофи, рівні забруднення і ризику для населення. Мотивація була досить “оригінальною”, бо мовчання виправдовувалося гострою потребою захистити людей від *радіофобії*, небезпечної панічної поведінки, неврозів, розладів психіки тощо.

Водночас у пресі й науково-популярній літературі настійно наголошувалося, що навіть одинична швидка і заряджена частинка може спричинити непоправне пошкодження молекули ДНК і народження нащадка з невиліковними генетичними дефектами. Ці пояснення обов'язково закінчувалися “науково обґрунтованою” критикою мілітаристів-американців за ядерне бомбардування Японії у 1945 р., за випробування ядерної зброї тощо. Проте замовчувалися власні надвипробування і забруднення.

У шкільному курсі фізики кілька уроків відводилося на виклад питань ядерної фізики, критику США, але не давалося жодних знань з основ дозиметрії, не формувалося правильного уявлення про дію іонізуючого випромінювання на людину. Утримування практично всього населення у мороці незнання стало у пригоді керівництву СРСР під час катастрофи на ЧАЕС, коли сотні тисяч людей було свідомо піддано комплексному “обстрілу” усіма можливими видами випромінювання. Досить було пообіцяти подвійну чи потрійну зарплату, щоб позбавлені найменшого уявлення про справжній рівень небезпеки робітники, шофери, навіть інженери погоджувалися на несподівані “заробітки”.

За кордоном рівень знань населення був не набагато вищий, ніж в СРСР, там більшість взагалі не вивчала ядерної фізики в школі чи ліцеї. Проте головною їхньою перевагою було те, що ті, хто бажали, могли легко знайти правдиву інформацію і про ядерні випробування, і про можливий вплив на довкілля ядерних електростанцій та інших пристроїв з радіонуклідами. Втім і там не все було так добре. За роки глобального змагання з СРСР і його “табором” у США та інших країнах сформувався численний загін осіб, які були економічно зацікавлені у виробництві ядерної зброї та розширенні ядерної енергетики. Хоч порівняно демократичний устрій цих країн давав голос і критикам такого підходу, та не вони вирішували глобальні політичні питання.

Ще далі від важелів управління було населення західних країн, думка якого аж до останніх років у таких питаннях, як доцільність певного типу реакторів чи ядерної зброї, вважалася, як мінімум, “некомпетентною”, як максимум — “дитячою” і не вартою уваги “справжніх фахівців”. Оскільки швидко змінити усталені уявлення сотень мільйонів людей неможливо, то ця ситуація з невеликими змінами існує й нині. Ці зміни внесла катастрофа на ЧАЕС, про яку ітиметься нижче.

Звернімося до проблеми малих доз і визначення межі, або порога, реальної небезпеки для здоров'я як однієї особи, так і всього людства з боку іонізуючого випромінювання довільного походження.

“Малими” дозами умовно називають такі, що у 2–3–4 (5?) разів перевищують отримані населенням різних ділянок поверхні Землі внаслідок зовнішнього і внутрішнього опромінення, спричиненого наявними у довкіллі природними радіонуклідами.

Уже на цій стадії виникають перші ускладнення. Практично немає авторитетної критики даних, наведених у табл. 32, для джерел природного іонізуючого випромінювання та їх відносного значення, а також середньої дози за рік для майже всіх людей на Землі. Немає суттєвих заперечень і того, що лише третину (приблизно 0,065 бер) повної дози створюють зовнішні джерела, а 2/3 — ті радіонукліди, що розпадаються всередині нашого тіла: калій-40 у м'яких тканинах, радій — у кістках, радон — у легенях.

Непогане уявлення про місце і кількість щосекундних розпадів радіонуклідів у нашому тілі та про зовнішнє опромінення за цей короткий час дає рис. 39.



Джерела і дози природного опромінення людини

Джерело опромінення	Доза, бер/рік	Частка цього джерела у річній дозі, %
Радон	0,09– 0,11	45–55
Калій-40	0,024–0,036	12–18
Космічні промені	0,028	14
Уран + радій	0,026	13
Торій + радій	0,016	8
<b>Разом</b>	<b>0,20</b>	<b>100</b>

Проблемою є рівні перевищення наведеної середньої дози в багатьох місцях Землі. Вона у 2–3 рази більша у багатьох гірських зонах (виходи збагачених ураном порід і посилення потоку від позаземних джерел). На меншій площі спостерігається ще вища середня річна доза для постійного населення з десятків тисяч осіб. Добре відома “торієва смуга” у штаті Керала (Індія), де подекуди дози сягають 0,8–1,2 бер. У Бразилії (зона міста Гуанапара) ще більше: від 1,5 до 2 бер. Під час інтенсивних пошуків родовищ урану і торію геологи знайшли місця локального перевищення середнього природного фону мало не в кожній країні (відомі такі зони й на території України).

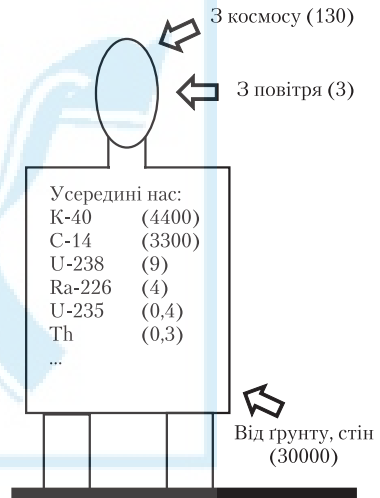


Рис. 39. Кількість і види розпадів щосекунди (природний фон)

Уважне дослідження стану здоров'я населення цих “опромінюваних” місцевостей і порівняння зі здоров'ям сусідів, які живуть у тих самих кліматичних умовах, але в слабшому радіаційному полі, не виявило помітного негативного впливу підвищеного в кілька разів природного фону іонізуючої радіації. Саме ця обставина й ускладнює визначення “малих” доз, встановлення тієї порогової дози, розпочинаючи з якої чітко виявляється негативний вплив радіації природного типу на здоров'я людей.

Однозначної і загально визнаної відповіді на ці питання немає і дотепер. Є навіть підстави вважати, що її можуть і не знайти до того (вже близького) моменту, коли людство змушене буде вибирати шляхи — йти далі “разом з радіацією”, потроху нарощуючи рівень радіаційного поля, чи відмовитися від виробництва і використання всіх штучних радіонуклідів.

Складність вибору ще й у тому, що наші знання з радіобіології дотепер неповні. Висновки з малої кількості фактичних даних явно неоднозначні й суперечливі через брак і неповноту інформації.

Логіка й послідовність міркувань, звичайно ж, є певною силою, але люди вже не раз “обпікалися” і за опори на “здоровий глузд”, і за час використання науки. Втім чимало людей не поспішають сприймати “логіку”, керуючись власними почуттями, інтуїцією, емоціями. Записувати їх у “дилетанти” й ігнорувати їхню думку, на наш погляд, аж ніяк не можна.

Звичайно, ідеальним був би варіант надати кожному громадянину нові якнайповнішу інформацію про найтонші особливості дії слабого іонізуючого випромінювання. Це допомогло б усім полегшити вибір, зробити його точним, свідомим і обґрунтованим. Спробуємо надати таку інформацію як базу для власних рішень.

Експерти сходяться на тому, що абсолютно екологічно безпечною є *повна відсутність* іонізуючого випромінювання. Та спроба досягти такого стану найближчого докільця людини є лише мрією без шансів здійснитися у майбутньому. Причина полягає у великому поширенні природних радіонуклідів, їх “розпорошеності” та, почасти, безперервному утворенні нових нестійких ядер під впливом космічного проміння.

В оцінюванні характеру впливу малих доз на людину фахівці поділяються на дві групи. *Перша група* вважає, що природний фон шкідливий для людини, а його посилення удвічі внаслідок радіонуклідних викидів з АЕС та інших установок збільшить цю шкоду, як мінімум, удвічі (можливо, у 3–4 рази). Аргументація цієї групи спирається не на прямі вимірювання чи експериментальні підтвердження такого посилення негативного впливу радіації на населення, а на логіку й сучасне уявлення про стадії біологічної дії іонізуючого проміння на живу речовину.

Отже, перша група категорично відкидає будь-яке порушення природного радіаційного поля, виступає проти як концентрованих, так і дифузних викидів навіть малих кількостей створених людьми

радіонуклідів. На практиці це означає закриття ядерних електростанцій, майже повне припинення використання ізотопів і всіх ядерних технологій.

*Друга група* менш однорідна і додатково може бути поділена на “оптимістів” та “поміrkованих”. Спільним для них є допущення можливості збереження ядерної енергетики й технологій за певних умов, а також припустимість модифікації природного радіаційного фону. Зазначені підгрупи розходяться насамперед у визначенні знака дії малих доз та рівня допустимості збільшення радіаційного фону середовища проживання людей.

“*Оптимісти*” вважають, що природна радіація — благо для біосфери загалом, а отже й для людства. Хоч їх аргументація досить широка, обмежимося найсуттєвішим:

1) медики не виявили ознак погіршення здоров'я аборигенного населення зон з 3–4-, навіть 8-разовим перевищенням середнього значення природного радіаційного фону. Відтак, такі умови не можна вважати несприятливими для людини;

2) наявність у живих істот репараційних структур, спеціалізованих на усуненні радіаційних пошкоджень, потребує, щоб вони, об'єктивно кажучи, “мали роботу” (система, яка не працює, ліквідується і знищується самим організмом). Відомо, що нормальна і збалансована робота всіх систем нашого тіла є обов'язковою умовою міцного здоров'я. Відключення, ослаблення чи повна ліквідація репараційних структур небезпечна сама по собі. Вона нерозумна й у віддаленій перспективі, бо існує, хай і дуже мала, ймовірність несподіваного посилення потоку космічних променів. На такий екстремальний випадок краще мати якнайпотужніші структури усунення радіаційних пошкоджень;

3) еволюція біосфери від “простого до складного” відбувалася через генні мутації, а останні, як відомо, зумовлені багатьма чинниками. Серед них чи не найбільше значення належить дії проміння природних радіонуклідів. Кожний вид має певну кількість особин з генними відхиленнями, у решти гени мають “помилки” меншого значення. Ця природна різноманітність особин багато важить для виживання виду, коли швидко й істотно змінюються умови довкілля.

Генетики вважають, що кожний вид платить своєрідний “податок” у вигляді невеликої кількості дефектних організмів, поява яких частково спричинена дією радіонуклідів, за потрібну різноманітність, готовність до змін, боротьби за виживання.

Отже, “оптимісти” переконані, що немає ризику значної шкоди здоров’ю людства в близькому чи далекому майбутньому від зростання природного радіаційного фону в кілька разів. Проте, і це важливо, таке зростання не повинно порушувати його рівномірності, призводити до появи нових видів променів, локального великого підвищення фону, концентрації радіонуклідів в окремих видах найпростіших, рослинах чи тваринах.

Підгрупа “поміrkованих” не наголошує на “обов’язковості та корисності” природного радіаційного фону і спирається насамперед на відсутність помітної шкідливості його дії на людей, залучаючи дані про застосування лікарями контрольованої кількості радіонуклідів (типу радонових вод тощо) у санаторіях і лікарнях.

Вони, як і “оптимісти”, вважають можливим техногенне підвищення радіаційного фону на поверхні Землі, але невелике, приблизно до рівня 0,5 бер на рік (за умови збереження однорідності та інших згаданих вище характеристик).

На думку “поміrkованих”, доза 35 бер за все життя людини не призводить до якихось помітних шкідливих наслідків. Якщо саме такою ціною можна буде розв’язати всі енергетичні проблеми цивілізації, уникнути “парникового ефекту”, врятуватися від голоду і колапсу, то суворо контрольована ядерна енергетика з гарантією від катастроф “чорнобильського типу” тимчасово допустима.

Сподіваємося, викладена інформація допоможе читачам виробити аргументовану власну позицію стосовно як ядерної енергетики, так і всіх ядерних технологій. Деякі “технічні” дані буде додано під час викладу причин і наслідків Чорнобильської катастрофи.

### **Для допитливих. Плутоній – надсекретний елемент**

Цей елемент такий рідкісний у природі (входить у майже непомітних кількостях до складу руд урану), що раніше його зараховували до штучних. І досі він лишається чи не найсекретнішим, бо із середини 40-х років ХХ ст. застосовується як *основна ядерна вибухівка*.

Це сріблястий і важкий (важчий від золота) метал з невисокою температурою плавлення (640 °С). *Дуже токсичний* у всіх варіантах і сполуках. Більшість його ізотопів випромінюють альфа-частинки високої енергії, що робить його одним з найнебезпечніших радіонуклідів. Ушкодження клітин концентроване і порівняно часто закінчується раком. Під час вивчення і створення виробництва плутонію (а він обов’язково утворюється з урану під час роботи всіх ядерних реакторів) у різних “ядерних” країнах

не раз траплялися нещастя, гинули люди від миттєвого опромінення чи раку.

*Критична маса* (достатня для початку ланцюгової реакції і вибуху) порівняно мала й легко утворюється в разі порушення технологій роботи з його розчинами в кислотах. Небезпека утворення критичної маси плутонію в залишках четвертого реактора ЧАЕС турбувала навесні 1986 р. багатьох фахівців.

Можливо, що плутонієвого вибуху не трапилося тому, що горіння графіту створило таке пекло, що більша частина плутонію перетворилася на пару. В холодному повітрі атоми плутонію конденсувалися, приєднуючись до будь-якого твердого субстрату (сажі, пилу тощо). Саме плутонієве забруднення ґрунту вважається найнебезпечнішим з усіх видів радіонуклідного забруднення після Чорнобильської катастрофи, а радіус зони відселення був обраний за попередніми даними про відстань поширення плутонію від залишків реактора.

Майже весь плутоній у нашому тілі концентрується у скелеті й печінці. Не додають оптимізму дані про дію інертного пилу з домішкою плутонію на легені. У вартих довіри джерелах зазначається, що активність 35 000 Бк пилового осаду на поверхні легенів підвищує імовірність виникнення раку до 5 % (тобто одна особа з кожних 20 обов'язково захворіє на рак легенів). Нескладні підрахунки свідчать, що для створення 35 000 Бк необхідно мати в легенях приблизно 250 крупинок чистого плутонію з радіусом 1 мкм кожна. Спільна маса цих порошинок становить всього 0,02 мг.

З реактора, за різними даними, могло випаруватися до 200 кг плутонію, розпорошившись довкола. Нині найбільша ймовірність його проникнення в організм людини пов'язана з вдиханням пилу із цим радіонуклідом. Саме тому фахівці рекомендують на землях українського Полісся обробляти лише мокрий ґрунт, щоб не утворювати пил, який може розносити плутоній щоразу далі від ЧАЕС. Хоч, як зазначалося вище, суттєву небезпеку створюють лише сотні плутонієвих порошинок, та краще мати чисті легені без жодної такої небезпечної частинки.

Нещодавно у Великобританії “надвисокотехнологічним” способом отруєнням полонієм (дуже подібний до плутонію за своїми “вбивчими” якостями радіонуклід) було знищено російського дисидента Л. Експерти з розвинених держав переконані, що йдеться про демонстративне покарання російськими державними спецслужбами “відступника”, адже сучасними вимірювальними приладами простежили весь шлях контейнера з полонієм від Москви аж до лондонського кафе.

## ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Яке з  $\alpha$ -,  $\gamma$ - і  $\beta$ -випромінювання найшкідливіше за зовнішнього опромінення?
2. Який з цих трьох видів випромінювання має найбільшу швидкість у порожнечі?
3. Рухом яких з цих видів випромінювання можна керувати магнітним чи електричним полем?
4. Які складові з  $\alpha$ -,  $\gamma$  і  $\beta$ -випромінювання зберігаються і відповідно як вони втрачуть всю енергію на іонізацію речовини?
5. Чи всі нестійкі ядра розпадуться, якщо пройде два періоди їх напіврозпаду?
6. Вкажіть речовину зі складу нашого тіла, молекули якої найчастіше пошкоджуються іонізуючим промінням. Відповідь обґрунтуйте.
7. Які частинки ( $\alpha$ ,  $\beta$  чи  $\gamma$ ) постійно наявні в тілі людини, бо є складовою його атомів?
8. Який з чотирьох етапів ушкодження іонізуючим випромінюванням нашого тіла найкоротший і чому саме?
9. Яка доза більша — 20 бер чи 0,2 Зв?
10. Чому природна радіоактивність різних точок поверхні Землі дуже різниться?
11. Яким чином на Землю потрапили важкі радіонукліди?
12. Чи могли деякі важкі радіонукліди утворитися на самій Землі?
- 13\*. Чим пояснюється менше значення радіаційного фону у старих будинках з дерева, ніж у кам'яницях такого ж віку?
- 14\*. Які елементи відносно стійкіші — з малими чи з дуже великими ядрами, що містять велику кількість протонів? Відповідь обґрунтуйте.
- 15\*. Відомо, що радон шкодить здоров'ю людини. А чи “вбудовується” він у тканини нашого тіла так, як цезій чи стронцій? Відповідь обґрунтуйте.
- 16\*. На яких стадіях впливу іонізуючого проміння на живу речовину спостерігається біологічне посилення первинних ефектів?
- 17\*. У які періоди свого життя людина особливо чутлива до дії іонізуючого випромінювання?
- 18\*. Чим пояснюється та обставина, що малопоширений у довікллі радон спричиняє більшу ефективну дозу опромінення тіла людини, ніж калій-40, який входить до його складу?
- 19\*. Який радіоактивний пил (за однакової концентрації) небезпечніший — з крупними чи дрібними частинками? Відповідь обґрунтуйте.
- 20\*. Збираються стерилізувати жуків, не вбиваючи їх усіх. Чи можна стверджувати, що чим більшу дозу випромінювання вжити для цього, тим кращим буде результат?

- 21\*. Чому максимально шкідливою виявляється та доза, яка поглинається нашим тілом миттєво або за дуже короткий час?
- 22\*. Які з наших органів і з якої причини особливо чутливі до дії всіх видів іонізуючого проміння?
- 23\*. Які негативні чинники доведеться врахувати під час планування пілотованих польотів на Марс? Чи варто планувати їх у період максимальної кількості темних плям на поверхні Сонця?
- 24\*. Як змінювалося з часом середнє значення природного радіоактивного фону на Землі з моменту її утворення і до наших днів? Відповідь обґрунтуйте.
- 25\*. Чи всі печери однаково небезпечні для людини щодо радіаційного опромінення? Відповідь обґрунтуйте.
- 26\*. Офіційні споруди часто оздоблюються гранітом. Де краще використати цей камінь — у робочих кабінетах чи в елементах фасаду? Відповідь обґрунтуйте.



## УРОКИ ЧОРНОБИЛЯ

## 10.1. РОЗВИТОК ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Словосполучення “ядерна енергія” викликає у сучасної грамотної людини складні й суперечливі почуття. Проте відкриття наприкінці 30-х років ХХ ст. способу контрольованого виділення ядерної енергії, концентрація якої в урані в мільйони разів вища від величини хімічної енергії у традиційних видах палива (вугіллі й нафті), назавжди лишилась великим досягненням науки.

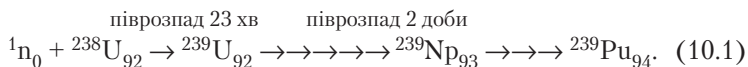
На жаль, як більшість попередніх досягнень учених, і це спершу було спрямовано на створення абсолютної зброї, про яку в усі часи мріяли дрібненькі, середні й великі завойовники. Ми можемо лише дякувати долі, яка не вклала ядерну зброю в руки А. Гітлера, який не забарився б застосувати її всюди і проти всіх. І хоч не здійснився передбачений футурологами ще на початку 40-х років минулого століття найгірший варіант розвитку подій, та не сталося й оптимального, бо після війни світ лишився розділеним на два величезні табори, які з усіх сил змагалися між собою, залучаючи до себе у спільники решту держав.

Сила, престиж і політична вага країн тимчасово почали вимірюватися насамперед масою наявної у них ядерної вибухівки — плутонію і збагаченого урану.

Нагадаємо, що природний уран складається з кількох ізотопів (різновидів ядер з різною кількістю нейтронів). Найбільше в ньому урану-238 (99,3 %). Значно менший вміст легшого і менш стійкого урану-235 ( $^{235}\text{U}_{92}$ ) — лише 0,7 %. Хоч легший ізотоп є чудовою ядерною вибухівкою, але його дуже важко відділити від стійкішого “родича”, якого спершу не вдалося безпосередньо використати в ядерній зброї. А от в ядерних реакторах можна одночасно і отримати ядерну енергію, і перетворити уран-238 на плутоній. Останній хімічними методами порівняно просто відокремити від решти речовин і використати “за призначенням”.



Наведемо ланцюжок перетворень, що призводить до появи ядра плутонію з урану-238:



У процесі нормальної роботи будь-якого ядерного реактора під час кожного поділу ядра урану-235 утворюється 2–4 нейтрони. Один з них необхідний для підтримання керованої реакції в реакторі, а решту можна використати для утворення плутонію за схемою (10.1). Поглинувши нейтрон, уран-238 втрачає стійкість і за кілька діб перетворюється на плутоній.

Ми навели цю реакцію на доказ того, що в ядерних реакторах одні елементи перетворюються на інші (можна, наприклад, здійснити мрію алхіміків і ртуть перетворити на золото). Якщо перші (уран-238 у наведеному прикладі) мають малу активність і належать до природних, то наступним (уран-239, нептуній-239 і плутоній-239) притаманна незрівнянно більша активність. Це типові антропогенні, штучні радіонукліди. Висока активність робить їх набагато шкідливішими у разі проникнення у довкілля (як під час аварії на ЧАЕС у 1986 р. та в інших випадках).

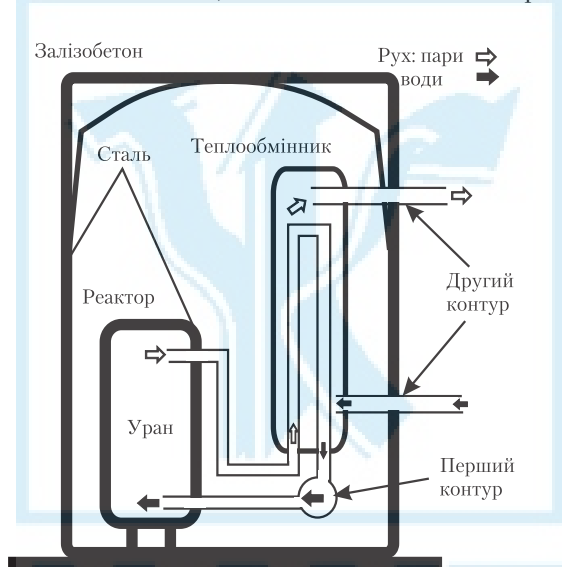
Понад десять років ядерні реактори будували лише для виробництва плутонію для ядерної зброї. Водночас вони виділяли багато тепла, але його не використовували. В СРСР воно нагрівало воду великих рік Сибіру, у США — рік Заходу. Коли таких “військових” реакторів спорудили достатньо (потім виявилося, що забагато), вчені дістали дозвіл політиків і генералів на створення корисніших реакторів, які б крім плутонію могли виробляти й електричну енергію.

Якщо у США та інших капіталістичних країнах “стихія ринку” примусила виробників у змаганні між собою шукати найкращий і найбезпечніший варіант енергетичного реактора, то в Радянському Союзі для випередження інших країн “мирний атом” розпочався з пристосування реактора для підводних човнів, до роботи на ядерних електростанціях (останні часто називають “атомними” або АЕС). Цей тип реактора називався в СРСР “каналним”, а за кордоном — “радянським”.

Як невдовзі довело життя, це був не найкращий варіант. На Заході це зрозуміли швидко і хоч теж експериментували з каналним типом енергетичного реактора, але на практиці використали інші. Вони були досить різноманітними за конструкцією, використани-

ми матеріалами, речовинами для відведення тепла з розпеченого “серця” реактора тощо. Найголовніші їх деталі: всі закордонні енергетичні ядерні реактори мали дві або три захисні лінії (оболонки), завданням яких було запобігти проникненню у довкілля щойно згаданих непуторію і плутонію у разі пошкодження, аварії чи катастрофи реактора.

Як правило, ці захисні споруди мали зовні вигляд величезного залізобетонного циліндра чи напівсфери. У розрізі всю конструкцію, в тому числі кількостоттонний ядерний реактор у формі величезного циліндра з товстими стінками, схематично показано на рис. 40.



**Рис. 40. Розріз стандартної конструкції сучасного реактора з кількома захистами**

Сталь самого реактора була першою і найміцнішою захисною лінією, сталь укриття — другою, залізобетон — третьою. Розміри і товщину останніх вибирали так, щоб вони з чималим запасом могли витримати тиск нагрітої пари води чи іншого реакторного теплоносія навіть у разі повного розпаду чи розплавлення реактора. Якби не це укриття, то у США аварія на АЕС Трімайл Айленд у 1979 р. майже так само забруднила б довкілля, як і вибух у 1986 р. на ЧАЕС.

У Радянському Союзі лише частина АЕС (“наймолодші”, побудовані наприкінці його існування) мали конструкцію, схожу на зображену на рис. 40. Більшість реакторів були “каналними”, а станції зовні нагадували великі промислові будинки без найменших ознак циліндрів чи сфер.

Схему такої АЕС наведено на рис. 41, де показано лише найсуттєвіше: активну зону реактора, утворену “лісом” труб з ураном у блоках графіту, товсті стіни з бетону для перехоплення потоку нейтронів і захисту персоналу від опромінення, благоденню покрівлю “проти атмосферних опадів”. Зовсім схематично зображено рух води і пари всередині реактора до сепараторів високого тиску (в каналах реактора лише частина води перетворювалася на пару, що примусило використати сепаратори для відділення пари). Немає на малюнку ні систем автоматичного захисту, ні пульта керування, ні безлічі інших потрібних для роботи реактора систем і устаткування.

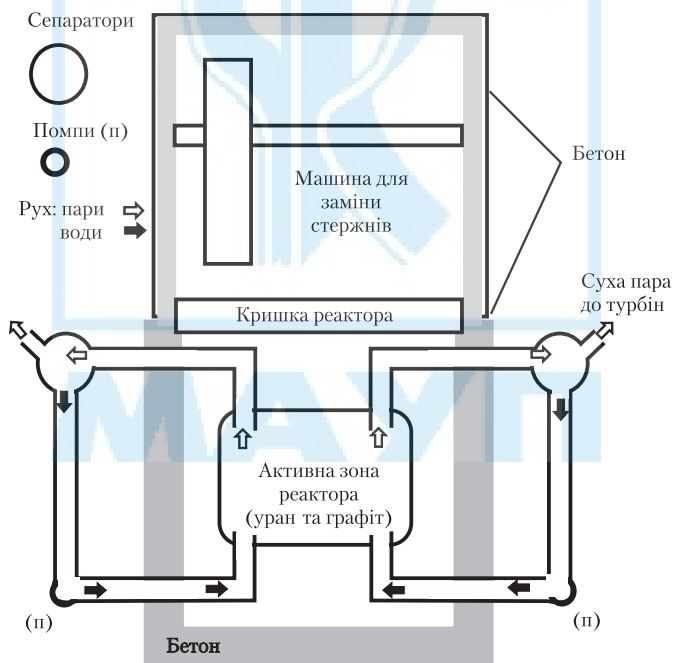


Рис. 41. Схema каналного реактора ЧАЕС

Цікаво, що за кордон СРСР продавав “канальні” реактори (у Фінляндію, Болгарію тощо) хоч і з не дуже міцним, але все ж з укриттям, а от на своїй території з міркувань здешевлення і прискорення будівництва АЕС обходився без них.

Так трапилося, що побудувавши першу у світі “мирну” АЕС, СРСР довго відставав від Англії і США за кількістю й потужністю енергетичних ядерних реакторів. Проте “партія і уряд” (насправді ж верхівка з генералів і вищих партійних керівників) вирішили “наздогнати і перегнати”. Наче гриби, почали зростати потворні незграбні бетонні споруди АЕС з величезними канальними реакторами. Особливо густо — на землі України.

А Чорнобильській станції запланували стати в недалекому майбутньому рекордною, найпотужнішою у світі: спершу 4, потім 6, далі 8, а як буде треба для рекорду, то й 12 млн кВт. Так би й було, якби не Чорнобиль-86, а незабаром і розвал Радянського Союзу.

У СРСР так і не змогли масово застосувати корпусні реактори. Причин цього кілька:

1) простим збільшенням кількості каналів “радянський” реактор можна легко довести до одного, двох, трьох і більше мільйонів кіловат, зробивши його найпотужнішим у світі. Для керівників СРСР це була на диво важлива обставина, набагато важливіша, ніж безпека чи міркування здорового глузду. Побудувати корпусний реактор на 3 млн кВт годі й мріяти. Ніхто у світі не може й не збирається цього робити;

2) змагаючись з цілим світом, керівники СРСР вимушені були економити, нехтуючи безпекою та екологією. Здатні до виробництва корпусних реакторів заводи були перевантажені виробництвом зброї. Спеціалізований завод (у м. Волгодонську, Росія) так і не ввели в дію на повну потужність.

## **10.2. ПРО ЧЕТВЕРТИЙ РЕАКТОР ЧАЕС ДО ЙОГО ВИБУХУ**

Нам не уникнути розповіді про деякі технічні характеристики реактора РВПК-1000 (реактор великої потужності, канальний, на 1 млн кВт). Наведемо найважливіші з них у табл. 33, зазначивши дані досконаліших корпусних реакторів ВВР-1000 і ВВР-440, що стоять на більшості українських АЕС.

## Енергетичні параметри реакторів АЕС в Україні

Характеристика реакторів, одиниця вимірювання	Типи реакторів		
	РВПК-1000	ВВР-1000	ВВР-440
Електрична потужність, млн кВт	1,00	1,00	0,44
Коефіцієнт корисної дії, %	31,3	33	32
Температура теплоносія, води, °С	284	322	300
Кількість урану в реакторі, т	192	66	44
Збагачення, вміст U-235, %	1,8	3,3	3,5
Споживання урану за рік, т	50	33	14
Розміри корпусу реактора			
повна висота, м	–	10,9	11,8
діаметр, м	–	4,57	4,27
маса, т	–	300	201
Розміри активної зони реактора			
висота, м	7,0	3,55	2,5
діаметр, м	11,8	3,1	2,88

Активна зона чорнобильських реакторів має циліндричну форму і заповнена блоками графіту (приблизно 1850 т), необхідного для сповільнення нейтронів і нормальної роботи установки. Товщу графіту пронизують 1884 циліндричні канали, більшість яких (1680) містить тепловидільні елементи (ТВЕЛі) у вигляді композицій з довгих трубочок з особливого сплаву (цирконій з ніобієм). В середині них складені у стовпчик чорні таблетки з окису урану. Виділене ними тепло виносить нагору потік води, що рухається між трубочками. Під час нормальної роботи реактора шість основних pomp (див. рис. 41) подавали в нього чималу кількість води: 11 кубометрів щосекунди. 1,5 т встигали за час перетину активної зони перетворитися на пару.

Ця зона реактора оточена особливим відбивачем нейтронів, що дає змогу підвищити його ефективність і виробляти не менше 3 кг плутонію з кожної використаної тонни слабозбагаченого (і дешевого) урану. Зверху вона перекрита круглою, великою, важкою (майже 2000 т) і дірчастою кришкою. Над нею по рейках у великому залі реактора рухається масивна і висока машина для автоматичної заміни ТВЕЛів без зупинки реактора. Це робило його *малочутливим до дрібних аварій*.

З досі не згаданих систем виокремимо засоби керування реактором і системи запобігання аваріям. Для пуску реактора з його активної зони поступово виводили вгору частину з 211 стержнів з

речовини, яка активно поглинає нейтрони (карбід бору). Для регуляції розподілу нейтронів в активній зоні служили ще 24 коротші стержні, які вводилися у нижню частину активної зони. Оскільки в нормальних умовах реактор змінював свої характеристики повільно, його конструктори вибрали невелику швидкість руху стержнів — 40 см/с.

Під час роботи автоматика, допоміжна електронно-обчислювальна машина (так в СРСР називали комп'ютери) і оператори постійно балансували, підтримуючи потрібну потужність, адже вилучення поглинаючих стержнів збільшує її, а введення — зменшує. Наче рух на возику із запряженим тигром: не поганятимеш — зупиниться і зачне, а поганятимеш невдало, то з'їсть.

Ми не випадково навели цю аналогію. І конструктори, і оператори добре знали одну з головних особливостей реакторів цього типу — “схильність до саморозгону”. Цієї “схильності”, як і підвищеної небезпеки, не було в перші місяці роботи реактора на “свіжому” урані. Підвищення в якійсь частині активної зони температури вище нормальної і поява в ній пари замість води призводили до природного гальмування ланцюгової реакції з ураном-235 і зменшення виділення тепла. Все саме собою поверталось до норми, вибух реактора був виключений законами фізики.

Все повністю змінювалося наприкінці стадії повного використання ТВЕЛів з ураном. Накопичення продуктів поділу і зменшення вмісту U-235 погіршувало властивості реактора так, що перетворення води в робочих каналах на пару вже посилювало ланцюгову реакцію. Без негайного втручання автоматики через невблаганність тих самих законів фізики вибух ставав неминучим.

Правила використання (регламент) виключали вибух, але... лише за умови їх дотримання операторами на пульті керування. Якщо знову використати аналогію, то можна сказати так: “свіжий” запас урану перетворював реактор на важкий віз з повільною і слухняною парою волів, частково вже використаний — на легку і вертку таратайку із запряженими тиграми.

Ускладнювалося не лише керування, сам реактор поступово накопичував щораз більше радіонуклідів, продуктів поділу урану чи плутонію, перетворюючись на дедалі потужнішу радіонуклідну бомбу. Четвертий реактор ЧАЕС робив це аж надто довго, мало не півтора року, нагромадивши у своєму бетонному череві мільярди кюрі активності.

У табл. 34 наведено узагальнені дані про нормальну активність радіонуклідів в активній зоні РВПК-1000, спричинену тими з них, що мають більший від години період піврозпаду (нагадаємо, що  $1 \text{ MKi} = 1\,000\,000 \text{ Ki}$ ). Перед вибухом четвертий реактор ЧАЕС містив, мабуть, ще більше ядер з великим періодом напіврозпаду.

Таблиця 34

**Активність радіонуклідів в активній зоні РВПК-1000  
під час роботи на нормальній потужності**

Час напіврозпаду радіонуклідів	Загальна активність, МКі
Менше доби	1284,30
Від доби до тижня	2673,80
Від тижня до місяця	468,03
Від місяця до року	1084,08
Від року до 33 років	48,86
Понад 33 роки	0,109
<b>Разом</b>	<b>5559,179</b>

Грандіозність числа 5559,179 МКі важко уявити. Якби весь вміст реактора вирвався назовні й рівномірно розподілився по полях, лісах, луках і містах України, то на кожний квадратний кілометр припало б приблизно 914 Кі. Щоправда, через рік від цього забруднення лишилася б приблизно  $1/10$ , а через 10 років – менше соті.

Отже, що довше працював реактор, то сильніше втрачав керуваність і стійкість, тим акуратніше й старанніше треба було ним керувати, “тримаючи палець на запобіжнику”.

Реактор мав аж три великі системи захисту і ще кілька менших підсистем, але всі вони не були розраховані на той випадок, коли персонал, навмисне чи випадково, “підє на підрив”. У наш час систему, що захищає устаткування під таких дій персоналу чи випадкових людей, образно названо “захистом від дурня”. Реактори ЧАЕС не мали ні такого захисту (бо невігласів передбачалося не допускати до керування ними), ні “вродженого” самозахисту у формі самозгасання реакції внаслідок підвищення температури активної зони (в другій половині часу використання робочих стержнів).

### 10.3. ЕКСПЕРИМЕНТАТОРИ І РЕАКТОР

Ніхто не збирався підривати реактор ЧАЕС наприкінці квітня 1986 р. Було лише надмірне бажання кількох осіб остаточно переконатися в тому, що запропоновані ними заходи з підвищення рівня безпеки реакторів такого типу реальні й можливі для використання.

Потрібно визнати, що самі по собі ці заходи були правильними і корисними, бо малося на меті запобігти шкідливим наслідкам миттєвого припинення живлення головних pomp, пульту і систем керування реактором. Годі пояснювати, наскільки важлива робота всього цього без перерви. Зазначимо, що навіть під час зупинок реактора всі вони працюють, оскільки радіонукліди розпадаються з виділенням тепла (потужність тисячі кіловат!), яке весь час треба виводити назовні.

Інженери всього світу працюють над вирішенням проблеми припинення живлення. Найчастіше, як і на ЧАЕС, встановлюють кілька резервних дизель-генераторів. Та розміри цих машин такі великі, що вони не можуть миттєво вийти на потрібну потужність. Розгін потребує від 10 до 25–30 секунд.

Ось на ЧАЕС і було запропоновано новий метод отримання електроживлення на ті секунди, доки дизель-генератори набирають обертів. Джерелом енергії мали стати масивні й довгі ротори двох парових турбін і електрогенераторів, які в нормальному режимі здійснюють 50 повних обертів щосекунди. Підрахунки свідчили, що їх енергії обертання достатньо для необхідного живлення pomp і щита управління протягом щонайменше півхвилини.

Створивши засоби перемикання, розпочали експерименти. Звичайно, їх довго і старанно готували. Радилися фахівці, складалися детальні описи (регламенти) порядку дій учасників — від електриків до операторів. Досліди зручно було виконувати лише в момент планової зупинки реакторів. Оскільки це на ЧАЕС відбувалося не так часто, то перший дослід було здійснено на третьому реакторі у 1982 р., другий — у 1984 р. Третій дослід готувався за попереднім сценарієм, але на іншому, четвертому блоці (реакторі). Старшим оператором планувалася та ж особа, яка вже проводила експеримент. Ніхто не сподівався на несподіванки чи утруднення, бо залишилося лише перевірити роботу поліпшеного устаткування (різних електроприладів, зокрема системи управління магнітним полем в електрогенераторі).

Події на четвертому реакторі ЧАЕС описано як у фаховій, так і в художній літературі, викладено у свідченнях очевидців та в аналітич-



них оглядах фахівців. Останні зазначають, що складність процесів була така велика, що навряд чи пощастить відновити їх в усіх деталях і в усій послідовності.

Ми, звичайно, можемо лише поверхово торкнутися перебігу дій причетних до експерименту осіб, у найзагальніших рисах описати процеси в реакторі. Тому звернемо увагу насамперед на “помилки”.

У звіті для МАГАТЕ (Міжнародне агентство з ядерної енергетики) фахівці Радянського Союзу назвали шість помилок персоналу, а пізніше різні автори налічували від 10 до 16 і більше. Не всі вони мають однакову “вагу”, бо разом з дрібними порушеннями регламенту були непоправні кроки. Якби учасники відмовилися зробити бодай один з них, катастрофи можна було б уникнути. Наведемо частину цих непоправних помилок:

1. Деякі фахівці з безпеки АЕС зверталися “по інстанції” з настійними пропозиціями змінити конструкцію керуючих стержнів, збільшити швидкість їх введення, посилити суворість регламенту для роботи з реакторами у час їх схильності до саморозгону. Останній період можна було ліквідувати повністю, застосувавши багатше на U-235 паливо або зменшивши інтервали між перезарядженням реакторів.

Жодної з цих пропозицій не було реалізовано “з міркувань економії”. Та й без витрати грошей запобігти аварії на ЧАЕС можна було кількома способами. Наведемо два: заблокувати частину керуючих стержнів, щоб виключити можливість саморозгону навіть наприкінці часу вигорання стержнів; категорично заборонити будь-які експерименти на реакторах у період втрати ними здатності до самозупинення. Шкода, що ці заходи були здійснені на всіх РВПК-1000 не до, а після катастрофи на ЧАЕС. Вони, очевидно, виключили б нещастя.

2. Відсутність біля реактора офіційного головного фізика станції. Хаотичні дії персоналу вивели реактор у невідомий для нього стан, а радянська ЕОМ (з найбільшими у світі мікросхемами) здійснювала обчислення надто повільно, щоб надавати інформацію щосекундно. Присутність фізика біля реактора тієї квітневої ночі виключила б аварію вже бодай тому, що влади експериментаторів було б замало, щоб примусити молодих операторів до кількох грубих порушень регламентів.

3. Спершу дослід було заплановано на денний час під керівництвом того оператора, який вже виконував його. Через потреби енергопостачання заводів (була п’ятниця) час зупинки реактора довелося

змістити на ніч на зміну молодих операторів, які не готувалися до досліду.

Ніч, втомлений і знервований багатогодинним очікуванням керівник, ненареновані, недосвідчені й підвладні керівнику оператори: склалися погані умови і зібралася не найкраща “команда” для експериментування на великій і складній установці.

4–9. Почасти самотужки, а більше під тиском керівника, оператори здійснили кілька непоправних порушень правил безпечного використання велетенського реактора. Для прикладу розглянемо перше з цієї групи.

За регламентом досліду необхідно було плавно вивести реактор на 20–25 % його нормальної потужності, а він увечері працював на рівні 50 %. Це могла легко зробити автоматична система управління. Та чи з бажання прискорити всю справу, чи для самоствердження оператор вимкнув автоматику і став маніпулювати стержнями вручну. Наслідком було надто грубе втручання в роботу активної зони, і виділення тепла в ній майже припинилося.

Основний регламент використання реактора категорично вимагав у такому разі негайно перейти до повної зупинки. Причиною цієї вимоги є так зване ксенонове отруєння при зниженні температури активної зони. Для відновлення нормальної чутливості до керівних команд треба чекати щонайменше добу, доки розпадеться частина ксенону.

Очевидно, зупинка зривала дослід, відкладаючи його на невизначену дату. Тому начальники-експериментатори (лайкою чи погрозами) примусили операторів “зробити щось і негайно” для збільшення потужності реактора. У тих не було інших можливостей, крім щоразу нових і нових порушень усіх правил керування реактором.

10. На момент закінчення досліду його учасники цілком усвідомлювали складність ситуації, тому керівник наказав ввести в дію всі запобіжні засоби, натиснувши аварійну кнопку “стоп”. Невдала конструкція поглинальних стержнів призвела на самому початку їх руху з крайнього верхнього положення вниз до *тимчасового посилення ланцюгової реакції у нижній частині активної зони*. Збільшення вмісту пари, як згадувалося вище, лише посилило реакцію, і стався вибух.

Якби оператори нічого не натискали, то реактор за кілька секунд зупинився б сам собою. Ще безпечніше і корисніше було ввести знизу 24 коротші керуючі стержні, які б знешкодили вогнище вибуху.

Вибух був дуже потужним, хоч і не миттєвим, як ядерний чи для традиційних вибухівок. За 2–4 секунди потужність однієї нижньої частини активної зони у сто разів перевищила нормальну потужність всього реактора. Тепловий удар перетворив на розпечений пил таблетки окислу урану, випарував воду і підвищив її тиск настільки, що 2000-тонна кришка обірвала всі труби і з'єднання, злетіла вгору, перевернулася і важко впала назад. Удар був такий сильний, що людям перед пультом керування він видався ще одним вибухом. Додаткові вибухи могли бути наслідком поєднання у зонах нижчої температури водню і кисню, на які перетворилася вода в розпеченій до тисяч градусів активній зоні реактора.

Третій експеримент закінчився жахливим фіаско: реактор і верхня частина будівлі були зруйновані, все довкола всипане уламками блоків графіту й урановим пилом. Зловісна радіоактивна хмара з легких радіонуклідів (інертні гази, йод, цезій та багато інших) посунула через Полісся на захід, густо всипаючи землю смертельним попелом. Загорілася покрівля, вкрита бітумом. Провалилося перекриття зали турбін і генераторів, всередині теж виникла пожежа. Нарешті, температура активної зони була така висока, що загорівся графіт, перетворивши шахту зруйнованого реактора на жерло незвичайного вулкану, з якого клубочився надрадіоактивний дим.

#### **10.4. РАДІОНУКЛІДИ І ПОЛІТИКИ**

Якщо фізики досить повно оприлюднили дані про перебіг процесів в активній зоні реактора, то інформація про масштаби вибуху і характер забруднення довкілля була (почасти й залишається) далеко неточною. Це пов'язано з бажанням всіх рівнів влади в СРСР будь-що приховати вже попередні дані про можливі наслідки радіонуклідного забруднення. Не треба також забувати, що в багатьох аспектах унікальність катастрофи, відсутність точних вимірювань стану залишків реактора і розподілу радіонуклідів призводили до грубих помилок у діях людей, яких важко запідозрити у зловмисних намірах.

Погляньмо на карту щільності забруднення цезієм-137 (див. рис. 36). Тепер очевидно, що у визначенні зони відселення застосування циркуля замість здійснення вимірювань на чималій території було помилкою. Наслідком стала непотрібна витрата коштів на відселення людей з порівняно чистих місць, тоді як інші втрачали здоров'я. Минули роки, доки життя примусило повторити відселення не за

“циркульними даними”, а на підставі точних вимірювань рівня забруднення і складу радіонуклідів.

Тепер ясно, що “бомбардування” залишків реактора було непотрібним і навіть шкідливим. Ті, хто віддавав наказ про такі дії, боялися, що в розплаві матеріалів активної зони метали розділяться за густиною. Тоді плутоній міг би утворити так звану критичну масу. Новий вибух передбачався такої сили, що розкришив би три відлілі реактори, перетворивши на непридатну для життя зону половину території Східної Європи.

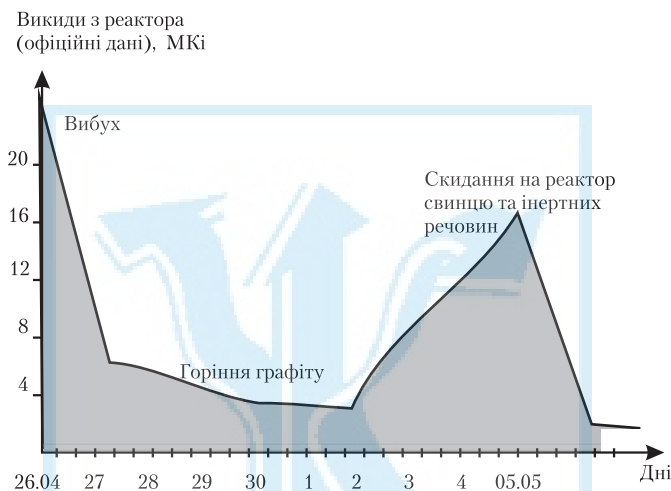
Для запобігання початку ланцюгової реакції скинули 40 т карбиду бору, для припинення горіння графіту — 800 т доломіту. Водночас насипали 1800 т піску і глини, сподіваючись заплombувати жерло реактора. Нарешті додали ще “на всяк випадок” 2400 т свинцю. Зависаючи над реактором у густому стовпі радіонуклідної пари і газів, пілоти дуже опромінювалися. Як відомо, дехто з них помер від променевої хвороби.

А тепер розглянемо графік (рис. 42) обсягу викиду радіонуклідів із залишків реактора (дані зі звіту СРСР для МАГАТЕ). Хоч вони й занижені, та зростання викидів у кілька разів після початку роботи вертольотів — незаперечний факт. Причин кілька: падіння мішків піднімало хмари радіоактивного пилу з відкритої підлоги реакторного залу; часткове звуження шляху виходу газів з реактора так сильно підвищило в ньому температуру, що почали випаровуватися навіть радіонукліди металів з дуже високою точкою плавлення; горіння графіту припинилося лише тоді, коли не стало чому горіти. Бомбардування інертними матеріалами й не могло його припинити. Жодних позитивних наслідків воно не дало.

Найбільшої шкоди здоров'ю людей завдала майже цілковита бездіяльність керівників, службові обов'язки яких полягали в захисті населення в екстремальних умовах. Без дозволу Москви, на зв'язок з якою було витрачено багато годин, “батьки” ЧАЕС і ядерного міста Прип'ять побоялися попередити людей про небезпеку та розпочати евакуацію негайно.

Як перший викид, так і наступні відбувалися в західному напрямку, частково посипаючи Прип'ять і околиці. Як свідчать дані табл. 34, найсильніше опромінення спричиняють радіонукліди з малим періодом піврозпаду, леткі, що легко проникають у легені чи крізь шкіру. Відомо, що вберегти населення від впливу радіоїоду можна було швидко й ефективно, використавши таблетки з препа-

ратом нерадіоактивного ізоотопу. Заповнивши щитовидну залозу, нешкідливий йод блокував би накопичення у ній радіонуклідів. Керівники міста Прип'яті, як і Києва, свою бездіяльність згодом пояснювали небажанням “поширювати паніку”. Йодний захист був застосований лише за межами України та СРСР: у Польщі, Швеції, Німеччині та в інших країнах.



**Рис. 42. Офіційні (занижені) дані про еволюцію та обсяг викидів радіонуклідів з пошкодженого реактора ЧАЕС**

Свідки розповідають, що підлітки цілу суботу 26 квітня намагалися наблизитися до місця події. Більшість, не здогадуючись про небезпеку, обирали віадук з дуже високим забрудненням, бо на нього лягла радіонуклідна смуга першого викиду. За лічені хвилини вони набирали дози в кілька бер. Значні опіки ніг від  $\beta$ -опромінення отримали ті мешканці Прип'яті, хто провів день на приміськихгородах.

Ми переконані, що нормальне і чітке попередження населення про екологічну ситуацію у зв'язку з нещастям на ЧАЕС не спровокувало б ні бунтів, ні паніки. Воно вберегло б тисячі людей від десятків зайвих бер, сотні тисяч — від дози в кілька бер.

Вся інформація про рівні забруднення була суворо засекречена, а чесних фахівців, які наслідувалися висловлювати її частину для захисту населення, звільняли з роботи. Фахівців карали також за

спроби допомогти знайомим виготовити прилади для вимірювання потужності радіаційного фону.

Всі статті та повідомлення повинні були спершу “рецензуватися” московськими представниками ядерного відомства СРСР. Наслідком цієї цензури було зникнення всіх фактичних даних про ізотопний склад забруднення, активність води та їжі. Допустимі рівні негайно були “збільшені” до такого надвисокого значення (для деяких радіонуклідів не в десятки — в сотні разів), що наявні вода і молоко майже всюди стали “придатними для використання”.

Офіційні джерела інформації Радянського Союзу у 1986 р. багато писали лише про “героїчну” роботу урядових комісій та побудову укриття над залишками зруйнованого реактора. Рекомендації для населення зводилися до заспокійливих тверджень і банальних загальногігієнічних порад. Керівники СРСР зробили все можливе для дезінформації населення. Не пропускаючи жодної нагоди похвалитися досягненнями в космосі, вони так і не дозволили налагодити випуск і продаж приладів для вимірювання радіаційного фону.

Кілька років тривала боротьба прихильників правди з тими, хто волів зберегти в таємниці все, що було виміряно і визначено. Останні відступали “з боями”, неохоче розлучаючись лише з частиною інформації. Наприклад, оприлюднені карти забруднень порівняно детальні лише для такого “помірного” за шкідливістю радіонукліду, як цезій-137. Значно менше доступних для всіх громадян даних про небезпечніші — стронцій-90 та ізопопи плутонію. Майже нічого не було сказано про десяток радіонуклідів з періодами піврозпаду кілька тижнів і місяців, хоч саме вони певний час були найшкідливішими.

Ядерні відомства Радянського Союзу знайшли собі чимало друзів за кордоном. Йдеться, як правило, про осіб, безпосередньо пов’язаних з ядерною енергетикою чи з ядерною промисловістю. На нашу думку, не завжди порядною і чесною була позиція МАГАТЕ, яке жодного разу не висловило ані найменшого сумніву ні стосовно даних, що їх подавав СРСР, ні щодо правильності дій М. Горбачова і радянського уряду. Експерти МАГАТЕ покірно відвідували лише визначені для них наперед села, підтверджуючи, що там “чисто”, майже як на курортах. Керівники МАГАТЕ, не заперечуючи колосальних масштабів радіонуклідного забруднення, щоразу не забували наголосити на тому, що без ядерних електростанцій не подолати світової енергетичної кризи і проблеми перегрівання атмосфери.

До повного розвалу СРСР ядерні відомства встигли так-сяк присипати пісочком найзабрудненіші плями навколо ЧАЕС, дезактивувати приміщення станції, переселити її працівників на другий берег Дніпра у новозбудоване містечко Славутич. Та особливо вони пишалися тим, що з колосальними витратами й опроміненням десятків тисяч ліквідаторів (особи, які справді чималий час працювали у небезпечній зоні; не потрібно їх плутати з “ліквідаторами”, які на 2–3 години наближалися до залишків реактора на відстань 20–30 км) спорудили “саркофаг” — дірчасте укриття над залишками реактора.

Збоку воно справляє враження моці й непроникності, бо висота перевищує 60 м, а стіни здалеку видаються без щілин. Насправді виділення всередині руїн блоку енергії розпаду радіонуклідів (спершу — кілька тисяч кіловат) за відсутності якихось підготовлених систем охолодження змусило лишити в ньому чимало отворів для вентиляції (їх загальна площа перевищує тисячу квадратних метрів).

Отже, збудоване укриття є тимчасовим. Фахівці вважають, що нині виділення теплоти із залишків реактора зменшилося достатньо для початку будівництва герметичного “саркофагу-2”, що унеможливить виділення радіонуклідів з руїн. Як відомо, проведений у 1992–1993 рр. міжнародний конкурс проектів дав змогу обрати вдалий варіант, але кошти і час його здійснення лишаються невизначеними. Й досі нового укриття над зруйнованим блоком немає, хоч ЧАЕС, на вимогу потенційних зарубіжних інвесторів, цілковито зупинена.

## 10.5. РАДІОНУКЛІДНЕ ЗАБРУДНЕННЯ

Радіонуклідне забруднення торкнулося десятків мільйонів людей у Східній і Центральній Європі, частині Азії (стверджують, що турецький чай часто має в собі надмірну концентрацію ізотопів з ЧАЕС) і навіть на інших материках.

Звичайно, найгустіше посипані радіоізотопами землі лежать навколо ЧАЕС, але й за сотні кілометрів атмосферні потоки і дощі забруднили поля і ліси легкими радіонуклідами до небезпечного рівня (див. рис. 36). Елементами-рекордсменами за відстанню поширення стали інертні гази (на всю Північну півкулю), йод і цезій — на тисячі кілометрів. Гранично допустимі концентрації останніх перевищені не лише навколо ЧАЕС у Білорусі, Україні й Росії, а й у Швеції, Фінляндії, Німеччині, Польщі, на Балканах, у Туреччині.

Найповніша інформація стосується забруднення цезієм-137 з періодом напіврозпаду приблизно 30 років і цезієм-134 (2,06 року). У ланцюжку їх розпаду є  $\gamma$ -проміння, яке можна реєструвати з літаків чи вертольотів. На картах зазначаються забруднення з рівня понад 1 Кі на квадратний кілометр, бо для частини ґрунтів він призводить до надмірного забруднення молока, яке отримують від худоби, що споживає рослини з коротким корінням (траву, зернові). Такі “цезієві” зони трапляються в Україні в усьому Поліссі від Десни до східного краю Волинської обл. (смуга практично суцільна), навколо Канева, Узина, Таращі, на південь від Вінниці. Менші “цезієві плями” налічуються десятками від Прикарпаття до Криму і Сходу. Загальна площа забруднення цезієм в інтервалі 1–5 Кі/км<sup>2</sup> в Україні перевищує 10 000 км<sup>2</sup>.

Набагато менша територія забруднена сильніше. Наведемо офіційну таблицю забруднених площ за даними на літо 1987 р. (табл. 35).

Таблиця 35

**Площі забруднених територій**  
(станом на 1987 р.)

Країна	Площа забруднених територій, км <sup>2</sup> , за щільності забруднення цезієм, Кі/км <sup>2</sup>		
	5–15	15–40	понад 40
Білорусь	10 160	4 210	2 150
Росія	5 760	2 060	310
Україна	1 960	820	640
<b>Разом</b>	<b>17 880</b>	<b>7 090</b>	<b>3 100</b>

Цезій надзвичайно леткий (плавиться при 28,5 °С, а кипить при 672 °С), тому, мабуть, з реактора він вилетів практично повністю (як інертні гази чи йод). Його дія на людину дуже подібна до дії такого поширеного природного радіонукліда, як калій-40. Для уявлення про хімічні властивості обох досить згадати про мету застосування у сільському господарстві сотень тисяч тонн калійних мінеральних добрив, які містять калій-40. Рівномірно розподіляючись у м'яких тканинах тіла, цезій створює “розосереджене” опромінення, що стає небезпечним лише за значної кількості його в організмі. Таке накопичення можливе у разі великого (десятки кюрі на км<sup>2</sup>) забруднення території і харчування “брудною” їжею.



Стронцій-90 з періодом напіврозпаду до 29 років має на порядок вищу від цезію біологічну небезпечність. На щастя, він менш леткий, ніж цезій, його температура плавлення становить 768 °С, а кипіння — 1381 °С. Тому його і вилетіло менше, і конденсація та випадання спостерігалися на меншій відстані від реактора. Поза 30-кілометровою відстанню від реактора Sr-90 трапляється у небезпечних кількостях лише на півночі Київської обл. Хімічні властивості стронцію збігаються з кальцієм. Тому не дивно, що в тілі людини він накопичується у кістках і атакує такий вразливий орган, як червоний кістковий мозок. Добре хоч те, що він випромінює лише  $\beta$ -частинки, які, як вже згадувалося вище, створюють переривчастий ланцюжок з кількох тисяч пар іонів. Основну частину стронцію ми отримуємо з питною водою з Дніпра.

Найменше даних про плутоній, температури плавлення і кипіння якого мало відрізняються від зазначених для стронцію. За різними даними, в реакторі зібралось від 150 до 450 кг цього надсекретного і дуже небезпечного радіонукліда. Враховуючи високу температуру вогнища з графіту, вважають, що з реактора випарувалося не 5 % плутонію (саме цю цифру подав СРСР, і з нею погодилися у 1986 р. в МАГАТЕ), а не менш як 40–50 %. Зона його поширення приблизно така сама, як і стронцію (більша частина плутонію впала на територію України, переважно у 30-кілометровій зоні).

Загальна кількість викинутих з реактора радіонуклідів і досі лишається невідомою. Для МАГАТЕ СРСР подав викид лише 1/30 вмісту реактора від вибуху і повного вигорання графіту (перші два тижні). Якщо виключити малонебезпечний ксенон-133 з п'ятиденним періодом напіврозпаду, то це означає, що обсяг небезпечних радіонуклідів становить 39 млн Кі.

Тоді ніхто не знав, що активна зона реактора зовсім порожня. Цю обставину було відкрито аж у 1988 р. Пошуки з того часу уранового пального виявили, що в залишках реактора і під укриттям його не більше 80–90 т (половина того, що було в реакторі на момент вибуху).

Отже, ми вважаємо, що викид з реактора за весь час його “вибухової та вулканічної” активності був щонайменше 1000 млн Кі (можливо, удвічі більше). Більша частина була зумовлена ізотопами з малим періодом напіврозпаду, тому за десять років активність викиду зменшиться у сто разів. Небезпека створюється ізотопами плутонію, цезію і стронцію. На жаль, вона зберігатиметься і в наступних століттях.

## 10.6. ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ КАТАСТРОФИ НА ЧАЕС

Як вважають чимало фахівців, ця катастрофа за обсягом і різноманітністю наслідків була найстрашнішою в історії людства. Вона утворила в центрі Східної Європи чималі плями забрудненої радіонуклідами території, проживання на якій небезпечно для здоров'я. Та це зовсім не мертва зона! Про її шкідливість нічого “не знають” ні рослини, ні тварини. Зона катастрофи, як магніт, притягує вчених, що бажають глибше вивчити вплив радіонуклідів та іонізуючого випромінювання на фауну і флору. Інші вчені на “великій землі” стежать за станом здоров'я десятків тисяч евакуйованих та ліквідаторів.

Написано чимало наукових праць, кілька книг. Як можна було передбачити, безсумнівні дані стосуються найвищих і найбільш помітних за наслідками доз. Порівняно детально вивчено ліси навколо Прип'яті, де подекуди від опромінення хвойні дерева загинули ще у 1986 р. “Гарячі частинки” випалювали під собою ямки, заглиблюючись у листки чи голочки хвойних. Дослідників особливо цікавлять численні випадки генетичних змін рослин, що виявляється у багаторазовому видовженні голок ялин, викривленні пагонів, зміні форми й кольору квітів багатьох рослин тощо.

Сильнішим було ураження тварин. Покинуті людьми кішки і собаки збивалися у зграї, знищуючи слабших особин. Вчені не раз спостерігали у тварин лисі лапи й низ живота, спричинені впливом  $\alpha$ - і  $\beta$ -частинок. У лісі, всипаному викидом, було знищено більшість комах, які жили у верхньому сантиметрі ґрунту. На значних відстанях від ЧАЕС життя рослин і тварин візуально відбувається нормально. Та детальні вимірювання свідчать, що більшість організмів містить підвищені концентрації радіонуклідів. Виявилося, що у шкаралупі яєць чи черепашок молюсків накопичується стронцій. Вчені використовують їх для швидкого визначення забруднення стронцієм ґрунту і водойм у конкретній місцевості [55].

Несподівано значним виявилось забруднення тіл водних птахів. Харчуючись у мулі, вони потім розносять радіонукліди далеко поза межі 30-кілометрової зони. Нашим та закордонним мисливцям бажано спершу запитувати птахів, чи були вони біля ЧАЕС, а вже потім стріляти (або не забувати вимірювати активність впольованого).

Вітрове перенесення радіонуклідів практично відсутнє. Значно інтенсивніше од вітру це робить вода, але рівнинна поверхня Поліс-

ся й відсутність голого ґрунту набагато зменшують вимивання всіх радіонуклідів.

Найскладнішою проблемою лишається точне передбачення впливу чорнобильських радіонуклідів на людей. Причин тому чимало, але найголовнішими є дві:

1) практично неможливо за словами людини (де вона була і що робила) навіть приблизно визначити повну дозу від зовнішнього і внутрішнього опромінення;

2) ніхто не може точно передбачити ефекти біодії навіть тоді, коли доза відома. Це спричинено “комплексністю” опромінення, адже крім добре відомих радіонуклідів (йод-131, цезій-137, стронцій-90) чимало таких, що раніше не виявлялися у цих формах і кількостях. Майже цілковитою загадкою лишається дія “гарячих частинок”, як великих (від розпилення паливних таблеток), так і субмікронних, утворених конденсацією випаруваних елементів (цезію, стронцію та ін.).

Безсумнівним є факт применшення наслідків катастрофи в офіційних документах Радянського Союзу, де йдеться про смерть менше 30 осіб. Насправді більше, але точна кількість невідома. Водночас всіх, хто помер 1986 р., не можна вважати жертвами катастрофи на ЧАЕС, навіть якщо йдеться про мешканця міста Прип'ять чи ліквідатора. Час від часу у пресі повідомляють, що вже померло понад 5 тис. ліквідаторів. Оскільки йдеться про 5 тис. з 500 тис., які “пройшли ЧАЕС”, то смертність видається “нормальною” (за 50–80 років помруть навіть цілком здорові, тобто по 6–10 тис. щороку).

Радіобіологія має надто мало даних для точного прогнозу впливу опромінення, якого ми зазнаємо. Варті довіри оцінки фахівців свідчать, що понад 5 тис. осіб отримали опромінення внутрішніх органів більше 200 бер. Понад 50 тис. осіб мають ефективну дозу від 50 до 200 бер, решта ліквідаторів – 20–50 бер. Населення зон відселення отримало менші дози.

За короткий час існування йоду-131 опромінення ним щитовидної залози понад допустимі норми отримали не менше 40 тис. дітей і 150 тис. дорослих (дані для України). Нині на забруднених територіях постійно опромінюються невеликими (але вищими від допустимих для населення рівнів) дозами понад 1 млн осіб (з них не менше 200 тис. – діти).

Радіобіологи наголошують, що наслідком опромінення буде помітне збільшення кількості захворювань щитовидної залози, очей, випадків лейкемії, анемії, алергій тощо. Це означає: якщо за нормаль-

них умов певна хвороба трапляється в одній особі з 10 тис, то серед опромінених дозами в кільканадцять бер кількість випадків цього захворювання збільшиться до 5–10 (можливо, й більше). Саме це й намагаються встановити лікарі, завданням яких є стежити за станом здоров'я сотень тисяч осіб. Повідомлення у пресі свідчать, що на момент створення другого видання цієї книги припав початок помітного збільшення кількості щойно зазначених видів захворювань осіб, які зазнали опромінення понад десять років тому. Третє ж видання (2002 р.) з'явилося тоді, коли розвиток зазначеної тенденції досяг майже свого піку — частота випадків патології щитовидної залози зросла в кілька разів порівняно з початком 80-х років. Цей посібник виходить у значно сприятливіший період зменшення радіаційного фону від стронцію і цезію. Проте, як зазначено у Національній доповіді 2005 р. про стан техногенної та природної безпеки, українців зі статусом “постраждалих” налічувалося майже 2,6 млн, а чисельність I групи уражених, які потребують соціального захисту, не лише велика (106,8 тис. осіб), а й продовжує щорічно зростати на 1,5–2,0 тис. осіб [56, с. 211].

Фахівці інтенсивно працюють над зменшенням негативних наслідків опромінення. Певні сподівання покладаються на радіопротекторні речовини, завданням яких є блокування негативного впливу проміння, зв'язування радикалів тощо. Дуже багато можуть дати “чиста” їжа, повноцінні вітаміни, заняття спортом, своєчасні й повні медичні аналізи тощо.

Можна лише пошкодувати, що наявні економічні умови унеможливають суттєву частину цих факторів для більшості населення України.

### **Для допитливих. Секретна ядерна катастрофа**

Вона трапилася 29 вересня 1957 р. на Південному Уралі в неозначеному на жодній радянській карті таємному місті “Челябінськ-40”, де за кількома рядами колючого дроту радіохімічний завод виділяв з уранових стержнів ядерну вибухівку — плутоній. Для його відділення стержні розчиняли у кислотах, а наприкінці процесу лишалась дуже радіоактивна рідина з чималим вмістом вибухонебезпечних солей натрію. Цю небезпечну суміш зливали в заглиблені в землю особливі цистерни з нержавіючої сталі із системою охолодження і метрової товщини важкими бетонними кришками. Іонізуюче випромінювання, розкладаючи воду, утворювало над рідиною вибухонебезпечну суміш повітря з воднем. Тому автоматика

постійно контролювала склад газів. Під впливом того ж таки випромінювання непристосовані до незвичайних умов роботи стандартні прилади й кабелі вийшли з ладу.

Факт згаданого вибуху, його причини і наслідки уряд СРСР та радянські вчені – учасники численних міжнародних конференцій заперечували аж 33 роки! В оприлюднених заявах (1989–1990 рр.) чимало суперечностей, тому фахівці вважають, що більшість деталей вибуху, його причини і потужність лишаються майже невідомими.

Незаперечно те, що 150-тонну бетонну кришку вибух відкинув на десятки метрів, шибки повилітали в радіусі кількох кілометрів, радіоактивний вміст цистерни частково злетів на висоту 1 км, а рештки були розсипані навколо. Чи підірвалися сусідні цистерни (всього їх було кілька десятків) – досі невідомо. Вважають, що початком був слабкий вибух водню в повітрі, кінцем – вторинний вибух сотень тонн солей натрію в цистерні (цистернах). Десятки (чи сотні) мільйонів кюрі складної суміші ізотопів (за винятком кількох, вона схожа на “чорнобильську”) почали посипати ліси, поля і села. Просто дивом майже прямолінійна смуга “сліду” не перетнула жодного міста й трохи не дотяглася до Тюмені. Густим було забруднення території площею 1000 км<sup>2</sup>, слабшим – понад 20 тис. км<sup>2</sup>.

Кількість загиблих невідома, відселено було понад 1000 осіб. Втрати на заводі й вартість усунення аварії невідомі. Звіт про катастрофу, методи ліквідації наслідків, результати дослідження впливу радіації на рослини і тварини були засекречені аж до кінця 80-х років. А могли б дуже придатися багатьом фахівцям. Вони були б просто незамінні для всіх тих, хто в 1986 р. і пізніше мав справу зі значно масштабнішою катастрофою на ЧАЕС.

За кордоном вважають, що вибух “у Киштимі” (найближче до місця подій “відкрите” місто) до 1986 р. був найбільшою у світі катастрофою в ядерній промисловості. Вони зазначають, що відмова від засекречування нещастя у ній унеможливила б і катастрофу на ЧАЕС. “Киштимський урок” вивчили небагато осіб на одному заводі. Він не торкнувся десятків тисяч “учнів” на інших заводах і ядерних електростанціях, вони лишилися сміливими і самовпевненими невігласами.

## **ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

1. Які типи реакторів використовуються на АЕС України?
2. Застосування якого типу реакторів слід припинити? Відповідь обґрунтуйте.
3. Яку користь має економіка України від роботи АЕС? Відповідь обґрунтуйте.

4. Чи розпадеться за добу елемент, період напіврозпаду якого 2 години?
5. Чому радіаційний фон збільшується при переході від рівня моря до висот 20–30 км?
6. Де на Землі природний радіаційний фон вищий — на суші чи в океанах?
7. Чому від підвищення концентрації урану-235 чи плутонію в робочих стержнях реакторів зменшується та мінімальна кількість ядерного “палива”, яка необхідна для їхньої нормальної роботи?
8. Чи всі шахти однаково небезпечні за впливом радону на людей, які в них працюють? Відповідь обґрунтуйте.
9. Досліди свідчать, що шкода від радону тим більша, чим на менші краплі розплиється вода у душі. Як це пояснити?
10. Чому коефіцієнт корисної дії усіх ядерних електростанцій не досягає навіть 50 %? Чи є можливості його підвищити?
11. Чи є сподівання створити таку електростанцію з використанням важких ядер, яка б не мала радіоактивних викидів у довкілля? Відповідь обґрунтуйте.
12. Чому не всі багаті держави після чорнобильської катастрофи і значної дискредитації ядерної енергетики припинили побудову нових АЕС? Відповідь обґрунтуйте.
- 13\*. Порівняйте, використовуючи дані ЗМІ, швидкість вичерпання родовищ урану і нафти. Відповідь обґрунтуйте.
- 14\*. Які елементи — з малими чи з високими температурами плавлення і кипіння — в більшій кількості виділялися із залишків четвертого реактора ЧАЕС? Відповідь обґрунтуйте.
- 15\*. Чи сталася б аварія на ЧАЕС, якби її реактори мали систему “миттєвого” (за частки секунди) введення стержнів, що поглинають нейтрони, в активну зону?
- 16\*. Чому підвищення температури води-теплоносія підвищує повний коефіцієнт корисної дії реактора? Чому не можна зробити її як завгодно високою?
- 18\*. Чи можна з вертольотів чи літаків скласти детальну карту радіонуклідних забруднень полів і присадибних ділянок? Відповідь обґрунтуйте.
- 19\*. Чому вимірювання рівня забруднення ґрунту радіонуклідами у полі чи на лузі значно точніше, аніж у населених пунктах?
- 20\*. Чому за однакової концентрації й активності водорозчинні радіонукліди виявляються небезпечнішими для людей, ніж ті, що погано розчиняються у воді?
- 21\*. За яких умов річне опромінення людини виявляється меншим: у будинку з бетону; у будинку з дерева?
- 22\*. З якою метою зразок їжі чи іншого продукту, активність якого потрібно виміряти, під час вимірювання розташовують у товстостінній свинцевій камері?

- 23\*. Що має вищу активність на одиницю маси — деревина берези чи отриманий після її спалювання попіл? Відповідь обґрунтуйте.
- 24\*. Відомо, що опромінення насіння помірними дозами іонізуючих чинників супроводжується підвищенням схожості й врожайності. Чи можна на підставі цього стверджувати, що радіоактивне випромінювання корисне і для людей? Відповідь обґрунтуйте.
- 25\*. Чому вироби з використанням ізотопів і ядерних продуктів входять у групу “надвисокотехнологічних” (це не 5-й — high tech, а 6-й технологічний уклад)? Відповідь обґрунтуйте.



# ЕКОЛОГІЯ І СЦЕНАРІЇ МАЙБУТНЬОГО

---

---

## 11.1. ЕВОЛЮЦІЯ НАУКОВИХ ПРОГНОЗІВ

Люди завжди мріяли і продовжують мріяти про віднайдення можливості точного передбачення майбутнього як засобу гарантування безпеки і подолання більшості проблем. “Чарівне дзеркальце” чи інші шляхи “повідомлень з майбутнього” трапляються в певних варіаціях у казках всіх народів світу. На шляху від мрій до дійсності передбачення і прогнози перетворилися на одне з найемоційніших людських занять, стали дуже багатою темою для мистецтва.

Незважаючи на сучасний культурний і науковий прогрес, не зменшується кількість “чесних” (і не зовсім) “надчутливих”, “незвичайних”, “обдарованих” тощо віщунів і “екстрасенсів”, які самотужки (а дуже часто – у складі згуртованої групи доволі здібних акторів) за пристойну оплату надають усім охочим розлучитися з власними грошима послуги – передбачають майбутнє, радять і пропонують. До створення і збільшення натовпу “охочих і довірливих” дуже активно і свідомо прилучилися телебачення та інші засоби масової інформації. Свій внесок (сподіваємося, несвідомий) у цей сумнівної суспільної корисності масовий рух зробили українські політичні й освітні керівники, коли після відновлення незалежності перестали цікавитися розвитком природничих наук і технологій, обравши зовсім інші пріоритети (прикладом є кампанії з гуманізації освіти і гуманітаризації навчально-виховного процесу).

Якщо ж звернутися до головних аспектів історії людства, то виявиться, що з плином часу “відстань і обсяг” передбачень невинно збільшувалися. Ми не маємо змоги простежити еволюцію передбачень, зробити аналіз кількатисячолітньої боротьби між науковими прогнозами і шаманським залякуванням (наприклад, вже сотні разів відомі “прогнозисти” передбачали точні дати “кінця світу”).



Тема нашого посібника спонукає звернути головну увагу на ту обставину, що раніше переважна більшість прогнозів стосувалася невеликої групи людей, племені чи народу, певних подій, які виявлялися важливими лише для цих зацікавлених осіб. На наш погляд, домінування короткотермінових і платних індивідуальних передбачень зберігатиметься і в майбутньому.

Серйозних прогнозів, які стосувалися б більшості чи всього населення Землі, дуже мало. Цим, як правило, на схилі віку займалися найвідоміші мислителі, яким було що порадити нащадкам. В історію філософії і соціальних наук увійшли погляди вчених Сходу і Заходу (зокрема, Платона і Аристотеля) на доцільні методи організації людського суспільства, мету і межі його розвитку й експансії.

Було багато й порівняно точних наукових теорій, серед яких свого часу великого поширення набула теорія Т. Мальтуса. Вчений правильно передбачив наростання суперечностей між природним потягом людства до розмноження і постійного збільшення своєї чисельності та довкіллям, обмеженими ресурсними можливостями невеликої Землі, більша частина поверхні якої вкрита солоною водою.

Його не раз критикували (найзапекліше — у Радянському Союзі), бо не справдилися передбачувані ним межі припинення збільшення кількості людей і початку глобального голоду. Причиною став розвиток технологій та освоєння нових джерел енергії у ХХ ст. Якби не відбулося зливи відкриттів, а промисловість і сільське господарство лишилися на рівні середини ХІХ ст., то похмурі передбачення Мальтуса давно стали б дійсністю.

І все ж не варто відкидати основну тезу Мальтуса: обмеженість ресурсів Землі рано чи пізно припинить збільшення чисельності людей через голод, війни, боротьбу всіх проти всіх. Тих, хто прагнув прислухатися до найпередбачливіших думок Мальтуса та його послідовників, було надто мало ще донедавна.

Як згадувалося у другому розділі, вчені так глибоко були захоплені своїми успіхами і зайняті виконанням “негайних замовлень” власних урядів та генералів, що їм ніколи було думати про майбутнє. Упродовж навчання молодь практично не стикалася з поміркованими і складними для сприймання думками тогочасних Платонів (розумні люди були і в той час), легко сприймаючи писання романтиків технічного прогресу.

Футуристична і фантастична література є дзеркалом свого часу. Десятки тисяч творів цього жанру у ХХ ст. славили завойовників планет і зірок, близькі успіхи людей абсолютно у всьому. Винятком були розумні та помірковані передбачення майбутнього, точні, а не романтизовані до абсурду оцінювання сутності людини, її мети і можливостей. Передбачуване більшістю фантастів майбутнє так і не стало. Воно й не могло здійснитися.

## **11.2. ЗАСТОСОВНІСТЬ ДО ЛЮДСТВА ЗАКОНІВ ПРИРОДИ**

За тисячоліття свого розвитку природничі науки досягли незапам'ятованих успіхів у царині прогнозів і передбачень. Науковці вже давно навчилися передбачати чимало циклічних природних явищ, наприклад затемнення Сонця чи Місяця, появу деяких “періодичних” комет тощо. Точність прогнозів забезпечується застосуванням законів, що були відкриті та перевірені великими науковцями — Й. Кеплером, Г. Галілеєм, І. Ньютоном і багатьма іншими. Найуспішнішими є астрономічні обчислення та польоти космічних апаратів до околиць Сонячної системи дуже складними траєкторіями.

Набагато менш результативними були і лишаються прогнози розвитку суспільства та соціальних змін, передбачення еволюції психології та поведінки людей. Можливо, це частково зумовлено тим, що людина дуже погано знає себе, ще гірше — подібних до себе. У своїй самооцінці люди надзвичайно несамокритичні, на кожному кроці плутають мрію з реальністю.

Як відомо, за біологічною класифікацією ми належимо не просто до виду “розумних людських істот” (*Homo sapiens*), а підвиду найрозумніших (повне визначення — *Homo sapiens sapiens*). Таким привабливим титулом “подвійної розумності” можна було б і пишатися, якби назавжди забути про те, що люди нікого не запитували і ні з ким не радилися, запроваджуючи й поширюючи у підручниках для молоді такі нічим не обґрунтовані твердження.

Для того щоб уникнути помилок і розчарувань, ліпше було б формувати більш критичне мислення і самооцінку, більш тверезий погляд і розуміння того, що основою діяльності кожної особи є складне поєднання неусвідомлених генетично-видових програм поведінки і реакцій на внутрішні й зовнішні чинники, а також запозичених від інших осіб та систем освіти й інформації взірців, прикладів і алгоритмів. При-

родничі науки, які глибоко й ґрунтовно вивчають закони формування людської особистості й більш-менш об'єктивно окреслюють рівень її “розумності” в певний період життя — педологія, генетика, етологія, нейромолекулярна біологія та ін., — лишаються у затінку поважних і старих сфер знань — філософії, психології, педагогіки, класичної біології тощо. Та момент звернення людства до доробку етології, генетики й інших молодих наук швидко наближається, оскільки він може дуже прислужитися під час виховання нових поколінь, здатних усвідомити і вирішити екологічні й інші глобальні проблеми.

Ці науки значно підвищують не лише ефективність діяльності систем виховання і навчання, вони можуть допомогти і під час створення точніших соціально-економічних прогнозів, формування і втілення у життя планів забезпечення стійкого співіснування людини й біосфери.

Проте до такої ідилії у використанні досягнень усіх сучасних наук ще дуже далеко. Для надто великої кількості земель вони не просто невідомі, а навіть неприйнятні. Й досі гостро дискусійними лишаються практично всі аспекти застосовності законів природничих наук до великих груп людей і людства загалом.

Для прикладу розглянемо глибше лише одне питання: *чи притаманна виду Homo sapiens властивість саморегулювання його чисельності?*

Хоч відповідь на нього шукають багато вчених, але до більш-менш однозначних висновків ще далеко. Звичайно, біологи, етологи і екологи зібрали чимало даних про долю видів, чисельність популяції яких зазнає “демографічного вибуху”, але як їх застосувати до людства?

Виявляється, що для передбачення наслідків взаємодії виду з довкіллям можна використати відоме твердження класичної механіки: “сила протидії завжди протилежна і дорівнює силі дії”. Отже, вплив виду, чисельність якого швидко зростає, на довкілля обов'язково зумовлює його відповідь. Оскільки біосфера незрівнянно сильніша від будь-якого виду, вона щоразу знаходить можливість скоротити його чисельність до прийнятного рівня, примусити перейти до рівноважних відносин з довкіллям.

Засоби, які природа використовує для цього, можна поділити на дві групи: ультимативні та сигнальні.

*Ультимативні* (або первинні) засоби: їжа, конкуренти, паразити, збудники хвороб і епідемій, хижаки, зміна хімічних і навіть фізичних характеристик середовища тощо. Очевидно, що жоден вид живого (нагадаємо, що це відкрита система з потоком енергії та обміном ре-

човинами) принципово не може ізолюватися і врятуватися від впливу цих чинників. Ультимативні чинники діють безпосередньо, ефективно, нещадно і невідворотно. Вони діють грубо і невблаганно.

Населення Землі перебуває лише у підготовчо-попереджувальній стадії впливу на нього перелічених ультимативних чинників. Не кінофільм, а жахаюча дійсність очікує на нас попереду.

Наведемо лише один приклад. Серед найефективніших ультимативних методів — поява в надто забрудненому великою популяцією “агресора” доквілли нових видів патогенних мікроорганізмів. Надзвичайно висока швидкість видоутворення і розмноження найпростіших зумовлює неможливість паралельного і такого ж швидкого пристосування розвиненого багатоклітинного виду до збудників хвороб. Тимчасово вид-агресор виявляється повністю незахищеним. Виникає страшна епідемія, яка часто зменшує популяцію в сотні (і навіть тисячі, як у кролів чи деяких мишей) разів. Вид змушений розпочинати практично з нуля, поступово пристосовуючись до збудників хвороб і розвиваючи свій імунітет.

Півстоліття тому пролунали перші попередження екологів про те, що надмірна чисельність людства і забруднення довкілля разом є сприятливими передумовами для мутації збудників смертельних хвороб. Вони передбачали, що початок епідемій — лише справа часу.

Для цих фахівців поява вірусу набутого імунodefіциту (СНІДу) стала сумним підтвердженням того, що і “цар біосфери” є живим створінням, яке аж ніяк не може опинитися поза сферою дії законів екології. Додамо, що вірус СНІДу досить ефективний і швидкозмінний, аби скоротити чисельність людей у багато разів.

Це він доводить і невдовзі остаточно доведе у кількох країнах Чорного континенту.

Важливо, що лікарі останніми роками зазначають появу мутантних форм збудників “традиційних” хвороб, а також зовсім несподіваних захворювань, які ніколи не спостерігалися раніше. За даними вчених, на території суходолу вже існують понад 30 нових чи “оновлених” хвороб, частина з яких вірулентністю мало чим поступається СНІДу. Масований наступ цієї “армії” на людство — справа найближчих десятиріч.

Деяким видам щастить уникнути покарання ультимативними чинниками, якщо з певних причин вони виробили в себе здатність сприймати і використовувати *сигнальні (вторинні)* фактори, “безкровні” (чи принаймні “малокровні”, без надмірних стресів і колап-

сів) засоби завчасного зменшення швидкості збільшення чисельності виду до доцільних меж. Назвемо частину сигнальних методів, які трапляються у біосфері, наголосивши, що всі вони діють, розпочинаючи з рівня популяції, бо спрямовані на обмеження її надмірної чисельності.

Найм'якішим серед сигнальних чинників є територіальність. Вона полягає в тому, що вся територія, зайнята популяцією, розподіляється між її представниками (найчастіше самцями, які й захищають її з усіх сил). Тільки пари з кормовими ділянками заводять потомство, всі інші самці чи самки не беруть участі в розмноженні незалежно від їх чисельності. Очевидно, що у виду з таким механізмом обмеження швидкості розмноження явище “демографічного вибуху” та експоненціальне збільшення чисельності неможливе.

Значно жорсткішим є метод зміни стандартів взаємовідносин між особинами певного виду за сигналом “щось нас забагато і хтось тут зайвий, бо відбирає мої ресурси”. Відомо безліч прикладів того, як різко зменшується приязність чи нейтральність у реакції на живу істоту свого ж виду, коли густина популяції перевищить критичну межу. Скасовуються табу, все стає дозволим, істотно збільшується кількість малих і великих конфліктів, детонатором яких стає будь-яка незначна причина. Досить часто особини скупчуються у групи з аномальною поведінкою, спілкування в яких не має на меті відтворення, спільного захисту тощо.

У цих умовах щастя виду полягає у виключенні знищення однією особиною іншої, в обмеженні регулівного впливу “лише” відмовою більшої частини особин від розмноження. Досить появи одного-двох поколінь малої чисельності, й популяція повертається до рівноваги з довкіллям. Про жорсткіші варіанти згадувалося вище.

Чи належить людина до захищених природою від нещастя колапсів видів, чисельність яких автоматично утримується в точній пропорційності до біологічної місткості середовища (до справжньої кількості ресурсів)? Прикро, але ми не можемо дати на це питання ствердної відповіді.

Людина має незначні ознаки невеликої схильності до окремих проявів врахування згаданих вище сигнальних факторів у разі перенаселеності й порушення рівноваги з довкіллям. Якщо вважати це позитивним аспектом прояву успадкованих програм, то його вага набагато менша порівняно з негативними проявами “подвійної сутності” людини.

Вся історія людства є свідченням того, як гостро реагує людина на зазіхання “близького, але не свого” на те, що вона вважає своєю власністю чи продуктом своєї праці (прояв фактора територіальності, яку слід розуміти в широкому контексті як суму всіх ресурсів). Племена воювали за кордони і ресурси дичини, землероби — за межі своїх полів і воду, цивілізовані “гуманісти” наших часів траплялося й убивали дітей, які за велінням “нишпорської пошукової програми” зазіхали на “чужі” черешні, груші чи редьку, що росли в садах чи на городах “гуманістів”.

Жорсткість та емоційність людини в умовах зазіхань на “своє”, коли конкурент не приходить здалеку і виявляється “поганим”, хоч раніше проживав поруч і був бажаним чи нейтральним сусідом, взагалі не знає меж. Поведінка під час війни з “віддаленими” сусідами практично ніколи не давала прикладів такої “нелюдськості”, як громадянські війни, сутички між тими, хто до “переоцінювання” належав до “своїх”. Близькими щодо запеклості й кривавості є конфлікти між двома народами чи племенами, яких доля примусила ділити одну й ту саму територію. Полум’я тліє, підтримуючись тими істориками і “гуманітаріями” які у своїх творах перелічують усі кривди, які заподіяли родичам сусіди, не згадуючи акцій протилежного спрямування.

Цей нестійкий стан може вибухнути різнею чи війною, ймовірність яких дуже підвищується в умовах перенаселеності та виникнення суттєвих труднощів з доступом до необхідних ресурсів. Остання така страхітлива різанина з цієї причини відбулася в Руанді та Бурунді, де на родючих зелених горбах скупчилися два народи в кількості, яка, мабуть, вже втричі перевищила екологічну межу.

Не такою похмурою видається характер реакції людей на ефект скупчення. Йдеться насамперед про процес неконтрольованого збільшення не просто міст, а міст-монстрів з населенням 10, 15, 20 і навіть більше мільйонів жителів. Завжди і всюди це зменшує народжуваність, що відповідає звичній для біосфери дії ефектів від надмірного скупчення особин одного виду на малій території.

Якщо обмеження “демографічного вибуху” в межах великих міст можна вважати позитивним ефектом, то різке підвищення в них рівня антисоціальної поведінки, наркоманії, злочинності, тероризму, аномалій статевої поведінки тощо аж ніяк не можна зараховувати до “успіхів” міст у вирішенні демографічних й екологічних проблем людства.

У багатьох країнах відбуваються ще не до кінця усвідомлювані зміни у поведінці людей. Прикладом є утворення одностатевих “сімей”, швидкий розвиток і розширення екстремістських організацій

зі збоченськими цілями, поглиблення небезпеки від тоталітарних релігій чи сект на кшталт “сатаністів” або “Білого братства”, сумновідомого в Україні перших років незалежності.

Підсумовуючи наше дослідження програми самостабілізації чисельності, зауважимо, що люди, хоч і проголосили себе “подвійно розумними”, успадкували лише окремі елементи природного регулювання своєї чисельності. Кількість, ефективність і толерантність цих механізмів недостатня для плавного регулювання чисельності людства, уникнення глобальної катастрофи.

Лишається сподіватися на розум, вплив соціальних і гуманістичних здобутків, навчання і виховання, організацію, об’єднання і самообмеження.

### **11.3. ПРОГНОЗИ МАЙБУТНЬОГО НА ЗЛАМІ СТОРІЧ**

Поява потужних електронно-обчислювальних машин та розділів кібернетики, що стосуються системного аналізу, створили надійні передумови принципово нового вирішення проблеми наукових прогнозів майбутнього.

Наприкінці 60-х років минулого століття група європейських та американських учених і підприємців організувала неформальну організацію з назвою “Римський клуб”. Успадковуючи кращі традиції Академії дослідників середньовічної Італії (в її приміщенні відбулося перше засідання засновників клубу), кілька десятків платонів нашого часу вирішили зробити все від них залежне для вивчення стану і перспектив розвитку системи “людство + довкілля”, створення прогнозів, поширення нового розуміння ситуації серед тих осіб, які приймали рішення і могли втілити їх у життя.

Після перших зустрічей члени клубу вирішили здійснити проект з назвою “Складний стан людства”. Керівником роботи став професор Массачусетського технологічного інституту (одного з кращих вищих навчальних закладів США) Джей Форрестер, групу виконавців очолив молодий фахівець Денніс Медоуз. Прогноз згодом назвали “версією Форрестера – Медоуза”, а його появи передувало два роки напруженої роботи.

Через складність взаємодій людства і довкілля довелося скласти безліч математичних рівнянь, врахувати сотні прямих дій і багато зворотних реакцій. Та ввести в рівняння все розмаїття біосфери було неможливо, тому автори змушені були у своїй “моделі світу” врахува-

ти лише найсуттєвіше. Проте навіть найзапекліші критики висновків кібернетиків з групи Медоуза визнають, що зроблений ними прогноз майбутнього є найкращим з усіх створених раніше: модель незвичайно точна і повна, хоча, звісно, не враховує частини менш суттєвих чинників і зв'язків.

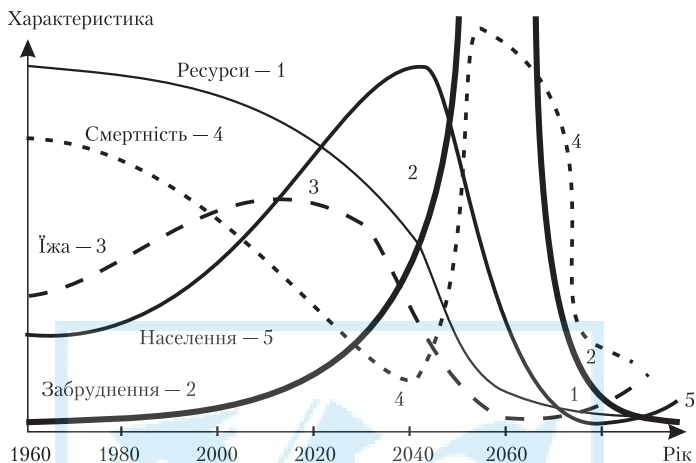
Прогноз майбутнього був оприлюднений у 1972 р. у формі книги “Межі зростання” (The Limits to Growth) [57]. Відтоді мільйонними тиражами її використовують як підручник у школах і вищих навчальних закладах багатьох країн. Радимо звернутися до неї й ознайомитися з інформацією “з перших рук”, бо ми маємо можливість навести лише незначну частину усіх висновків прогнозистів.

Група Форрестера – Медоуза виконала 12 основних і кілька допоміжних варіантів прогнозу, які відрізнялися врахуванням різних видів демографічної політики, темпу розширення аграрного і промислового виробництва, змін нормативів забезпечення людей засобами харчування і промисловими товарами, масового застосування ядерної енергії, розвитку технологій (зокрема – повторного використання матеріалів і виробів), масштабів геологічних відкриттів й багато іншого. Для кожного основного прогнозу в книзі “Межі зростання” наведено чіткі та зрозумілі графіки розвитку подій до межі 2100 р. Нижче розглянемо лише два – найбільш імовірний і найбільш оптимістичний.

Прогноз подій у межах “стандартної” моделі, який ґрунтується на припущенні, що в майбутньому принципово не зміняться ні поведінка людей, ні визначальні для світової системи природні, економічні й політичні чинники (егоїзм, розбрат, націоналізм, ігнорування екологічних проблем тощо), наведено на рис. 43. Цей прогноз передбачає помірний технічний прогрес і використання існуючих джерел енергії.

Радимо якнайуважніше придивитися до промовистих і моторошних за змістом кривих, які прогнозують нещастя і катаклізми. У критичній стадії періоду загострення лих (середина XXI ст.) у багато разів зменшаться доступні ресурси (крива 1), скоротиться до неприпустимо низького рівня виробництво їжі на одну особу (крива 3). Водночас загостряться проблеми екології – крива 2 передбачає багаторазове підвищення забруднення довкілля, перетворення його на ворога і вбивцю людей. Наслідком сумарної дії чинників довкілля стане підвищення смертності (крива 4) і зменшення населення планети (крива 5, мінімальне значення якої у XXI ст. залишається темою дискусій).





**Рис. 43.** Передбачення Римського клубу щодо розвитку людства у разі збереження його сучасних дій і поведінки

Звернімо увагу на те, що цей похмурий прогноз зроблено понад 30 років тому. Минуло вже досить часу, щоб оцінити його точність.

Все сталося точнісінько так, як окреслили у 1972 р. “лінії майбутнього” (рис. 43).

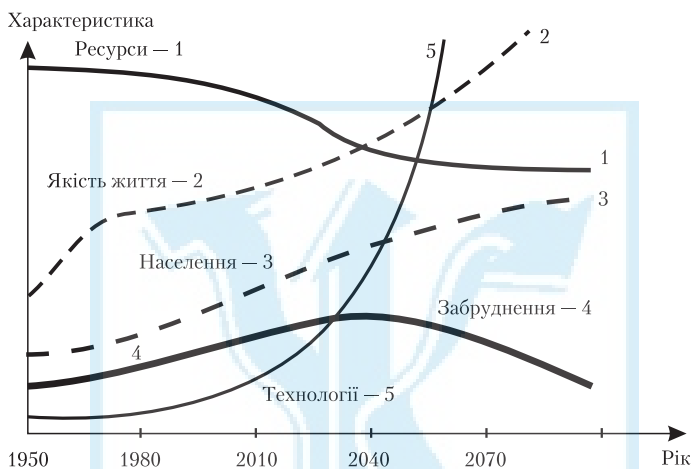
У книзі “Межі зростання” наведено кілька пропозицій і зроблено важливий висновок: позитивні зміни слід вносити негайно, адже в іншому випадку людство “перейде межу”, і надалі відвернути кризу виявиться неможливим.

Чи врахували в інтервалі 1972–1990 рр. рекомендації проекту “Межі зростання” провідні держави світу? На жаль, ні. Загострення економічного і політичного суперництва двох гігантських блоків під керівництвом СРСР і США стало причиною того, що наявні ресурси були скеровані на виробництво зброї і підтримку нездарних сателітів, а не на вирішення екологічних та інших проблем людства. Не випадково група Медоуза здійснила огляд ситуації і склала нові прогнози, вмістивши їх у книгу “За межами зростання” [58].

Тон цієї книги песимістичний, адже на момент її створення не існувало значних позитивних зрушень і свідчень появи засобів цілковитого відвернення загрози повного колапсу. Не лише її автори, а й організатори екологічного форуму 1992 р. у Бразилії, науковці та керівники держав категорично і переконливо стверджували: якщо

люди залишаться зі старою ментальністю і людство не перетвориться на спільноту, свідому небезпеки глобальних екологічних і соціальних проблем, то попереду усіх чекає життя на смітнику і велике підвищення смертності (голод і війни).

Проте у книгах про “межі зростання” можна відшукати й оптимістичніші передбачення (рис. 44).



**Рис. 44. Варіант розвитку людства у разі використання обмежень та об'єднання зусиль для подолання екологічних проблем**

Д. Медоуз і його колеги навели цей варіант як приклад ідеально сприятливого розвитку подій, коли має відбутися одразу дві радикально важливих зміни:

1) люди розпочнуть свідоме планування кількості дітей для стабілізації чи дуже повільного зростання населення планети (крива 3 на рис. 44). У разі відсутності будь-яких обмежень на кількість дітей і безперервного експоненціального зростання населення колапс, як передбачав Мальтус, відвернути не пощастить, адже Земля надто мала для розміщення мільйонів мільярдів людей;

2) прогрес у технологіях повинен дуже прискоритися (крива 5) і привести до фантастично ефективних і безпечних для довкілля засобів життєзабезпечення, адже крива забруднення (лінія 4 на рис. 44) повинна колись розпочати рухатися вниз, а не вгору.

## 11.4. ПЕРСПЕКТИВИ СПІЛЬНОГО ПОРЯТУНКУ

### 11.4.1. Традиційне бачення

Своєрідним індикатором оцінювання ймовірності об'єднання всіх земель для подолання екологічних та інших проблем і втілення оптимістичного сценарію розвитку (рис. 44) стала проведена 3–14 червня 1992 р. у Ріо-де-Жанейро (Бразилія) конференція ООН з питань охорони довкілля. Розглянемо її детальніше.

Цю конференцію неодноразово називали “історичною”, хоч для цього скептики не знайшли достатніх підстав, вважаючи, що розвиток подальших подій дасть точнішу оцінку першому в історії форуму 100 керівників незалежних держав світу і представників ще 70.

Основним документом, підтриманим усіма учасниками, стала “Декларація Ріо з довкілля і розвитку”, яка проголошує 27 визначальних принципів дій, спрямованих на збереження планети й біосфери. Ці принципи спираються на демократію, рівність прав усіх націй, визнання пріоритетності найголовніших екологічних проблем. Шлях до їх вирішення накреслено у додатковому (кількасот сторінок) документі під назвою “Порядок денний – XXI”, що детально (хоч і дипломатичною мовою) зазначає реальні заходи і завдання як урядів, так і окремих осіб.

Значна його частина присвячена необхідності радикальної зміни концепцій сучасного економічного розвитку і всього стилю життя земель. Подальше наростання розриву якості життя розвинених і бідних країн (який лише за півстоліття збільшився мало не в 10 разів) загрожує неможливістю спільних дій всіх земель, тероризмом, у майбутньому – війнами за ресурси. На практиці це означає добровільну відмову жителів розвинених країн з ринковою економікою від надмірного розтринькування ресурсів, а також їх ефективну допомогу населенню бідних країн у формі технологій і фінансів. Як постійно наголошують науковці-прогнозисти, запізнення з цими діями призведе до того, що потім усе обійдеться дорожче.

Допомога має стосуватися й подолання демографічних проблем (спеціалізована конференція ООН з цього питання була запланована на 1994 р.), що повинно відбуватися водночас з розвитком медицини, зокрема спільною боротьбою зі СНІДом.

Важливим (і новим для міжнародних документів) є положення про необхідність докорінної перебудови процесу прийняття рішень в усіх країнах і врахування в них одночасно екологічних, економічних

і соціальних факторів. Недостатньо поширене у світі й надто повільно осучаснюється природоохоронне законодавство. Необхідно застосувати конкретніші дії, для того щоб за екологічну шкоду завжди платив “винний”.

Це не так легко здійснити у країнах з ринковою економікою, де виробник завжди орієнтований на максимальний зиск. Та є вже чимало прикладів того, як високоорганізовані країни з ринковою економікою успішно перемагають “дикий капіталізм”. У них довкілля перестало бути “безкоштовним і невичерпним”, більшість громадян знають його ціну.

Чимало місця у “Порядку денному – XXI” посідають рекомендації з охорони атмосфери, ґрунту, лісів, океану і морів, припинення наступу пустель, забезпечення всього населення планети якісною й безпечною питною водою. Особливу увагу приділено припиненню подальшого забруднення довкілля токсичними й радіоактивними речовинами, технологічному оновленню промисловості, розширенню повторного використання якомога більшого спектру матеріалів.

Стратегія подолання екологічної кризи передбачає розвиток науки, створення глобальної системи моніторингу, своєчасне складання прогнозів, обмін екологічно досконалими технологіями між усіма країнами, надання таких технологій країнам, що розвиваються.

Не останнє місце за значенням, як наголошує “Порядок денний – XXI”, належить *освіті*. Всі плани і програми залишаться міражами і прожектами, якщо нові покоління спиратимуться на стару систему поглядів на довкілля та сусідів, готуватимуться не до спільного порятунку, а до війни і загарбань. Екологізація освіти і всього виховання – пріоритетна проблема.

На жаль, форум у Ріо не був демонстрацією повного єднання землян перед загрозою втрати рівноваги біосфери. Документи фактично є лише універсальними рекомендаціями, а не обов’язковими до виконання скоординованими угодами чи “всесвітніми законами”.

Чимало прикладів і проявів неузгодженостей. Перетворено на порожні слова спробу сформулювати вимогу до розвинених країн зменшити забруднення атмосфери “парниковими” газами. Тут на боці США виступили ті країни, добробут яких базується виключно на торгівлі нафтою і газом. Деякі з них ще не стали багатими, але приєдналися до “багатих”, лякаючись перспективи скорочення світового ринку нафти, газу і вугілля.

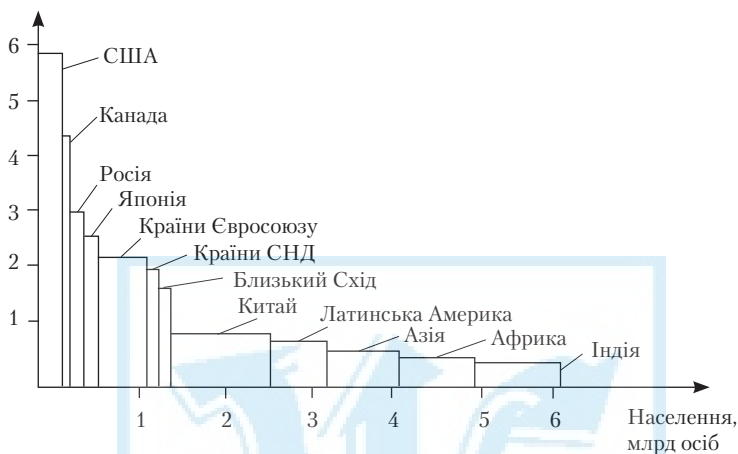
Під час конференції було оприлюднено заяву (“Гейдельберзька”) 264 відомих науковців (серед них 52 — лауреати премії А. Нобеля), які застерігали від небезпеки *екологізму*, відкидання науки як важливого засобу розв’язання проблем і забезпечення стійкого й рівномірного розвитку. Частина формулювань цієї заяви викликала критику з боку інших науковців (не тільки екологів), які брали участь у конференції з довілля і розвитку в Ріо-де-Жанейро. Ці вчені створили контрзаяву. Такий розбрат між науковцями не віщує нічого доброго.

Цей розбрат тим небезпечніший, що важливу роль у порятунку мають відіграти сучасні науки, зокрема екологія. Вона все ще перебуває на початковій стадії розвитку і не вичерпала й половини своїх можливостей. Значним її досягненням останніх десятиріч є розвиток кількісно-інструментальних методів, відхід від класично-біологічних підходів до ширших і перспективніших. Прикладом може бути “*кіотський протокол*”, який варто проаналізувати детальніше.

На форумі Ріо-92 було прийнято Міжнародну рамкову конвенцію ООН про безпеку зміни клімату Землі внаслідок неконтрольованого викиду в атмосферу “парникових” газів. Щорічні конференції країн-учасниць цієї Конвенції дали змогу глибоко дослідити це питання, і у грудні 1997 р. в японському місті Кіото було підписано особливий протокол, який встановлює квоти (кількісні зобов’язання) щодо скорочення виробництва  $\text{CO}_2$  усіма промислово розвиненими країнами. Для них встановлено етапи виконання Протоколу, зокрема темпи скорочення викидів “вуглецю”. У тексті Протоколу термін “вуглець” (С) означає насправді вуглекислий газ, але під час його використання слід пам’ятати, що квота “12 тонн вуглецю” означає дозвіл на викид в атмосферу 44 т  $\text{CO}_2$ . Світовий розподіл викидів вуглекислого газу наведено на рис. 45. По вертикалі відкладено питомі викиди у тоннах вуглецю на одну особу на рік, а по горизонталі — населення груп країн (як Європейський Союз) чи окремих країн (США, Канада, Росія та ін.).

Базовим роком для розрахунків було взято 1990 р., а для країн-учасниць запроваджено правило торгівлі квотами — ті, хто перевищував плани скорочення викидів, міг продати утворені надлишки іншим учасникам Протоколу (ціна — приблизно 10 дол. США за кожен тону вуглецю). Україна — одна з тих країн, яка вже виконала всі зобов’язання (щоправда, внаслідок економічної кризи, а не шляхом реструктуризації виробництва, масового використання відновлюваних джерел енергії та ін.), а тому зацікавлена у широкому розпродажу квот.

Питомі викиди CO<sub>2</sub>  
(т С на особу)



**Рис. 45. Розподіл по найбільших країнах і групах країн (в розрахунку на душу населення) питомого викиду вуглекислого газу у перерахунку на вуглець**

Ситуація з виконанням Кіотського протоколу яскраво засвідчує труднощі руху до узгоджених дій усіх країн світу у сфері вирішення глобальних екологічних проблем. Наприклад, під час засідання 2000 р. у Гаазі, на якому представник України став одним з віце-президентів, учасники так і не дійшли бодай подоби консенсусу через цілковито протилежні позиції цілих груп держав світу. Нічого дивного в цьому немає – середні викиди CO<sub>2</sub> у групі розвинених держав у десять разів вищі, ніж у країнах третього світу. Тому останні запропонували США, Канаді й Австралії – рекордсменам світу за викидами – спершу продемонструвати усім, як слід виконувати Кіотський протокол, а лише потім вимагати якихось самообмежень від найбідніших, але найнаселеніших країн світу.

У свою чергу, розвинені країни акцентують, що третій світ стрімко нарощує викиди (так, один лише Китай щороку видобуває і спалює понад 1 млрд т вугілля, що нещодавно дало йому змогу випередити США за сумарним викидом парникових газів), а тому без його свідомої участі у програмі Кіотського протоколу годі сподіватися на успішне відвернення проблеми перегрівання атмосфери Землі.

Події у сфері регулювання викидів  $\text{CO}_2$  розвиваються швидко і непередбачувано. Якщо Європейський Союз зобов'язав усіх своїх членів негайно ратифікувати Протокол і виконувати його, то США займають нечітку позицію, хоч саме ця країна створює аж 25 % всіх світових вуглецевих забруднень. Лишається сподіватися на те, що внаслідок частих (нагадуємо — щорічних) зустрічей представників усіх держав світу буде вибрано найкращий варіант виконання Кіотського протоколу й переходу до раціонального керування змінами середньої температури приземного повітря, а відтак — кліматом поверхні Землі.

Зазначене удвічі цікаве ще й тому, що часу на формування узгодженості людей між собою не надто багато — втручання людства у природні процеси і справді перевищили всі допустимі межі й неминує спричинити негативні наслідки.

Для пояснення сказаного використаємо рис. 46, на якому відображено два розподіли споживання первинної органічної продукції, створеної у процесах фото- і хемосинтезу. Відносну інтенсивність споживання відкладено по вертикальній осі, розміри консументів і деструкторів — по горизонтальній. Враховуючи їх значну — в сотні тисяч разів — відмінність у розмірах, доцільно використати логарифмічну шкалу відтворення.



Рис. 46. Діаграма розподілу споживання первинної продукції біосфери консументами і редуцентами різного розміру

У незбуреній біосфері розподіл споживання позначено суцільною лінією. Одні науковці вважають, що такою біосфера була тисяч сто років тому, інші ж переконані, що суттєві прикросці для біосфери люди створили лише у XX ст., а у XIX ст. природна рівновага ще не була порушена. У будь-якому випадку в нормі збільшення розмірів консументів відбувається водночас зі зменшенням частки їжі, яка їм дістається. Майже все (до 90 %) асимілюють і розкладають найпростіші, частка великих організмів розміром понад дециметр дуже мала — приблизно 1 %. Відтак, у прадавні часи популяції людей-збирачів і невинних мисливців діставалася частка цього відсотка — до 0,05 %.

Знищення третини площі лісів і перетворення на луки й поля майже всього придатного для сільськогосподарського виробництва суходолу, багаторазове збільшення вилову риби й інших організмів у морях і океанах набагато підвищили частину продукції біосфери, яку вилучає сучасне людство. Через неточність в обчисленнях повного обсягу первинної біопродукції планети неможливо позбутися похибок і у визначенні всіх деталей сучасного розподілу споживання біомаси серед споживачів різних розмірів. Наведена на рис. 46 штрихова лінія — усереднений висновок, який враховує багато варіантів і відповідає найбільш імовірним обчисленням.

Ядром усіх вихідних даних у прогнозуванні майбутнього є твердження про те, що людство порушило природну рівновагу дуже грубо — в десятки разів. Плани і заходи (хоч би як екологи-ортодокси закликали до “відновлення рівноваги” земної біосфери) мають ґрунтуватися на визнанні того факту, що грандіозні “апетити” людства збережуться і надалі, а повернути біосферу до характеристик початку нашої ери, на жаль, цілковито неможливо. Справді, абсолютна відмова від технологічних здобутків людства і повернення “в печери і курені” потребуватиме скорочення чисельності людства приблизно до 500 млн у разі “скромного” (мінімального) забезпечення і до 50–100 млн, якщо збережуться стандарти життя громадян високорозвинутих країн.

Відтак, стратегія і тактика дій людства мають бути виваженими й орієнтуватися на поєднання збереження високої якості життя частини землян та підвищення її для решти (громадян країн третього світу) з гарантуванням більш-менш стійкого співіснування людства і біосфери.

Наша розповідь про формування на Заході об’єктивніших уявлень про справжній стан людства і біосфери та поступове поши-



рення критичного ставлення до індустріального способу життєзабезпечення буде неповною, якщо не згадати про так званий заповіт Нобелівського лауреата, етолога Конрада Лоренца, оприлюднений ним практично одночасно з відомими прогнозами майбутнього, виконаними Римським клубом [59]. “Заповіт” (чи “Вісім смертельних гріхів цивілізованого людства”) мав дуже значний вплив на більшість науковців і багатьох керівників Заходу, стимулюючи певні зміни в політиці економічного розвитку, поширення енергозберігаючих технологій, а також перетворення екологічної освіти на дуже важливий аспект діяльності середньої і вищої школи.

Лейтмотив звернення К. Лоренца до людства — СХАМЕНІТЬСЯ! Тон його викладу виважений і позбавлений емоційних надмірностей, оскільки спирається на досягнення точних наук і велику кількість переконливих експериментів. Він доводить помилковість і безперспективність сучасного менталітету й визначальних засад людської діяльності, називаючи їх окремі аспекти “гріхами цивілізованої людини”. Головними з них є:

- цілковита нездатність сформувати і виконати наукову програму регулювання народонаселення;
- неусвідомлення необхідності толерантності та поваги у відносинах з іншими націями чи національними меншинами;
- генетична деградація;
- надмірна схильність до ідеологічної індоктринації;
- небажання назавжди розлучитися з уродженими програмами дій і відмовитися від безглузлого нагромадження матеріального достатку;
- небезпечний і атавістичний потяг до виграшу змагання з іншими, потяг до першості, пошуку переваг над рештою людства.

К. Лоренц слушно зазначає, що спустошення довкілля, формування молоді в умовах жажливого скупчення у стандартизованих і бридких помешканнях (характеризуючи їх, він вживає досить міцне слово — “стійло”) загрожує закріпленням неповаги і байдужості до всього прекрасного неантропогенного довкілля.

Та найбільше враження на читачів справив аналіз явища невідповідності успадкованих людьми програм дій і поведінки тим зразкам, яких потребує сучасний стан людства і біосфери. На прикладі діяльності системи рекомпенсації (“приємного і неприємного”) у мозку людини К. Лоренц наводить дуже переконливе етологічне обґрунтування того, що правильні у минулому норми індивідуальної

і колективної поведінки стали згубними нині й призведуть до загибелі людства навіть за умови збереження його сучасної чисельності.

Бажано якнайширше оприлюднити серед населення і політичних керівників інформацію про досягнення екології й групи молодих наук про людину, можливості, справжні підстави для реакцій, поведінки і дій. Завдяки комплексному використанню цих наук і класичного доробку педагогіки й психології можна прискорити удосконалення систем навчання і виховання, забезпечити появу відповідальних і науково-технологічно підготовлених землян нового тисячоліття з розвиненою екологічно-гуманістичною свідомістю.

На нашу думку, так звана екологічна освіта є надто слабким засобом формування нових засад поведінки людини. В умовах необмеженого негативного впливу засобів масової інформації, культу насилля і примітивно-матеріального споживання шкільна “Екологія” й модернізація частини змісту інших предметів не зможуть переконати всіх представників нових поколінь у необхідності самообмеження, толерантності, високої моралі й любові до інших. Тому доцільніше прийняти міжнародну Конвенцію “Про обов’язки Людини”, яка є інструментом регулювання поведінки всіх землян, юридичною основою безлічі інших законів, угод і протоколів, які зможуть створити нову атмосферу життя і діяльності людей, забезпечити поєднання стійкого розвитку і підвищення якості життя всіх націй.

Зробити це буде нелегко, оскільки шлях людства у майбутнє не встелений килимовими доріжками. На ньому легко передбачити і труднощі, і перешкоди. Та їх потрібно долати разом. Люди врятуються тільки спільно, інакше не виживе ніхто.

#### ***11.4.2. Дискусійні пропозиції***

Цей заключний параграф ми побудували на зіставленні позицій абсолютної більшості екологічно-прогностичних публікацій з нашими уявленнями й так званими “фактами для аргументів”.

Перша точка зору в її різноманітних варіантах з усіх можливих боків викладається і пропагується в усіх монографіях і підручниках та в абсолютній більшості статей з екологічної тематики. Частина назв подібних праць ми вже наводили вище, можемо додати й новодруки [75–80], але хочемо підкреслити — їх насправді багато тисяч (якщо враховувати і статті).

Для скорочення викладу використаємо вдале узагальнення подібних “загальнонепесимістичних” уявлень про стан і перспективи

подальшої долі людства, яке нещодавно на основі багатьох джерел здійснили науковці з Інституту світової економіки і міжнародних відносин НАН України С. Біляцький і Н. Ярова [8]. Вони наводять довгий перелік пропозицій та уявлень кращих футурологів Заходу (у тому числі А. Кларка і Д. Медоуза, а також багатьох молодших і менш відомих) в аспектах подальшого демографічного, економічного і соціального розвитку всіх держав світу. Ось як виглядає це зовсім нове за часом публікації “передбачення майбутнього”:

1. *Загальне і велике ускладнення соціумів.* Станеться через подальше зростання населення планети і залучення до роботи соціальних інституцій нових мільярдів осіб.

2. *Уряди та установи.* Сучасні органи управління засвідчили свою безперспективність, тому управління швидкозмінними глобальними системами здійснюватимуть більш гнучкі корпоративні структури.

3. *Провідна роль науки і техніки.* Більшість футурологів вважає, що саме техніка стане одним із наймогутніших, якщо не основним, двигуном прийдешніх змін. Передбачається, що новітні технології спричинять докорінні перетворення у деяких галузях.

4. *Перехід до інших джерел енергії.* Усі експерти переконані у вичерпанні нафти через 20–50 років і надто повільній реакції людства на втрату традиційних джерел енергії. Конструктивних пропозицій, враховуючи негативне ставлення експертів до ядерної енергії, немає.

5. *Уповільнення економічного зростання.* В цьому однакові всі експерти, а деякі передбачають можливість економічного колапсу. Для запобігання катаклізмам у деяких державах повинні бути прийняті обмежувальні заходи зі зростання чисельності населення та виробництва.

6. *Поступовість змін.* Футурологи переконані у наростанні проблем, але сподіваються на “дорослішання” людства і на їх подолання без сильних потрясінь і повного розпаду суспільних підвалин.

7. *Можливість ядерної війни.* Це одне з найважливіших питань на початку ХХІ ст. Ядерна війна — головна загроза існуванню світової спільноти. Однак повномасштабна ядерна катастрофа не видається невідворотною. Набагато більшу занепокоєність викликає доступ до ядерної зброї малих держав.

8. *Глобальна взаємозалежність.* Здобуття державами більш повної економічної та політичної незалежності криє в собі загрозу появи націоналістичних тенденцій. Учасники опитування сумніваються у здатності США діяти у глобальних інтересах і сподіва-

ються на конструктивну роль багатонаціональних корпорацій, які спроможні відчутно впливати на інші країни, незважаючи на державні кордони.

9. *Занепад США*. Практично всі футурологи передбачають економічний і, можливо, військовий занепад Сполучених Штатів. Існує і така думка: США посядуть своє місце “серед рівних”.

10. *Виробництво зерна*. Упродовж 1950–1984 рр. збільшення світового врожаю зерна приблизно відповідало зростанню населення. Але пізніше валовий збір зерна почав падати, і, за даними Міністерства сільського господарства США, кількість зерна, що припадає на душу населення, вже зменшилась на 7 % (темп зниження – 0,5 % на рік). Сприятливих перспектив немає.

11. *Орні землі*. Із середини ХХ ст. територія обробки зернових культур, якими загалом і зайняті всі орні землі, скоротилася на 19 %, тоді як кількість жителів Землі зросла на 132 %. Оскільки площа орних земель на душу населення скорочується (подекуди до 300 м<sup>2</sup> на одну особу), все більше країн опиняється перед загрозою неможливості самозабезпечення продуктами.

12. *Питна вода*. Збільшення нестачі запасів питної води може виявитися найсуттєвішою проблемою сучасності. Населення зростає, а кількість води на людину зменшується.

13. *Океанічне рибальство*. Починаючи з 1950 р., відбулося п’ятиразове зростання світових виловів, що спричинило майже цілковите виснаження рибних запасів Світового океану. Якщо ж світ вдасться до інтенсивного використання дарів аквакультури, то риба разом із домашньою худобою та птицею опиниться у стані конкурентної боротьби за корми.

14. *Виробництво м’яса*. Коли в традиційно бідних країнах починають зростати доходи, люди в першу чергу намагаються урізноманітнити своє харчування за рахунок споживання великої кількості м’ясних продуктів (*авт. примітка*: це одна з реальних причин зростання цін в Україні на всі якісні харчові продукти). Позитивних пропозицій немає.

15. *Природовідновлювані зони*. Швидке зростання населення планети та міграція вже призвели до заселення парків, лісових масивів та заповідників або до їх господарського використання. Позитивних передбачень немає.

16. *Ліси*. Протягом майже всієї історії людства зростання населення супроводжувався глобальним скороченням лісних районів. Однак

приблизно 75 % усіх винищених лісів припадає на ХХ ст. Позитивних передбачень немає.

17. *Енергія*. Збільшення обсягів енергії, яку ми отримуємо, повинне удвічі перевищувати зростання населення. Тимчасом виробництво нафти досягло максимуму в 1980 р. і надалі скоротилося на 23 %. Виходу з цього протиріччя експерти не вказали.

18. *Урбанізація*. Людей на Землі стає більше, міське населення кожного тижня зростає на 1 млн осіб і вже перевищило сільське. Питання експертів: чи зможуть майже 150 країн різко скоротити народжуваність? Якщо цього не зробити, “пастка бідності” ліквідує для них навіть мінімальні перспективи.

Подібних узагальнених чи дуже деталізованих аналізів сучасності існує дуже багато. Їх автори все частіше до “головних загроз найближчого часу” відносять і нанотехнології на підставі того, що клонування та інші генно-інженерні маніпуляції разом із забрудненнями у процесі отримання фулеренів і нанотрубок формують нову, додаткову і погано вивчену, відтак потенційно небезпечну сферу діяльності сучасної людини.

Ми категорично не згодні з тим, що проникнення людей у сферу квантових явищ і створення ними нано-, піко- і фемтотехнологій неминуче призведе до цілковито негативних наслідків, подібних, наприклад, кампанії створення і застосування хімічних засобів “захисту рослин” з метою збереження врожаю чи його підвищення.

Розглянемо схематично, що ж саме у найближчий час можуть запропонувати людям нано-, піко- і фемтотехнології. Розпочнемо з найважливішого.

### **Позитивні тенденції найвищого рангу:**

- ліквідація загрози голоду і шкоди від генетично модифікованих продуктів (ГМП) використанням штучного фотосинтезу;
- великомасштабне перетворення сонячного світла на електрику;
- керований термоядерний синтез (піко- і фемтотехнології).

*Штучний фотосинтез* ми поставили на перше місце з простої причини — загроза голоду і шкоди від ГМП стає все гострішою, а от брак традиційних енергоресурсів настане ще не скоро. Як вказано вище (рис. 46 та ін.), людство змушене використовувати все більший відсоток первинної продукції біосфери, що вже у найближчий час спричинить зменшення обсягу цієї продукції внаслідок порушення природного розподілу призначення продуцентів і консументів різних рангів.

Єдиний вихід для людини — перетворитися на “первинний продуцент” і звільнити біосферу від своїх мало чим обмежених апетитів. Як зазначалося вище, останнім часом у публікаціях науковців ([26] та ін.) засвідчено докази того, що лише з початком нового сторіччя вони вийшли на реальний шлях відтворення процесу фотосинтезу на штучних полях, оскільки виявили помилку у міркуваннях своїх попередників — від К. Тімірязєва (1843–1920) і далі. Раніше вважали, що для отримання водню клітини рослин розкладають воду, а виявилося — перекис водню.

Можливо, що це відкриття спонукатиме фантазію науковців до пошуку ще ефективніших шляхів перетворення енергії сонячного світла на первинні харчові продукти з використанням подібних до хлорофілу синтезованих макромолекул. Закони фізики, хімії та біології не містять жодних заборон, які б виключали надію на те, що люди можуть навчитися отримувати глюкозу та інші продукти для свого фізіологічного виживання на штучних полях з високою ефективністю перетворення енергії сонячних фотонів на хімічну енергію цих продуктів. Є підстави сподіватися на те, що гектар штучного поля замінить сотні гектарів зернових і десятки — цукрової тростини. На практиці це означатиме пропорційне “збільшення суходолу”, адже 13 % площі Сахари (1 млн км<sup>2</sup>) стануть еквівалентом приблизно 0,5 млрд км<sup>2</sup> полів — площі всієї поверхні земної кулі.

Позитивним є той факт, що перехід на штучний фотосинтез зробиць зайвим створення, вирощування і масове споживання генетично модифікованих рослин і тварин, які у даний момент вважаються найбільш необхідним і перспективним засобом підвищення врожайності та відвернення голоду. Шлях генетичних модифікацій неминуче призведе до дедалі більших і, очевидно, небажаних змін глибинних характеристик спершу найпростіших, мікрофауни і мікрофлори, а згодом — решти рослин і тварин. Біосфера у цьому разі стане “іншою” і, можливо, нескінченно ворожою до людини.

*Великомасштабна фотоелектрична енергія* — найбільш узгоджений з екологічними законами спосіб забезпечення потреб людства, адже він не порушує енергетичного балансу Землі й не супроводжується (хоч це не станеться одразу) викидами шкідливих для біосфери речовин. У тропіках і субтропіках на кожен квадратний метр припадає приблизно 1000 Вт променистої енергії від Сонця. Сучасні фотоелементи — дорогі й складні у виготовленні — мають потужність від 50–70 Вт на 1 м<sup>2</sup> робочої поверхні. Науковці, експе-

риментуючи з різноманітними структурами нанодіапазону, неодноразово досягали набагато кращих показників — до 370–400 Вт (коєфіцієнти перетворення 37–40 %). Найближчі завдання полягають у трансформації цих “локальних” успіхів в необмежені виробничі продукти — особливі плівкові чи інші фотоелементи помірної вартості та високої ефективності. Прочитуємо одну з подібних обіцянок (зауважимо — вона може й не справдитися на всі 100 %): “З допомогою наночастинок іншого типу можна зробити сонячну енергетику більш конкурентоспроможною у плані вартості. Поблизу Сан-Франциско компанія Nanosolar будує завод, який вироблятиме 200 млн фотоелементів на рік. На довгі рулони ультратонкої плівки наноситиметься наноскопічний шар мідь — індій — галій — диселенід, частки якого самоорганізуюватимуться у світлопоглинальну структуру. Виконавчий директор Nanosolar сподівається, що компанії вдасться знизити вартість виробленої енергії до \$ 0,5/Вт” [13, с. 83].

Подібні повідомлення з’являються все частіше, адже збільшується кількість незалежних наукових груп, які випробовують найрізноманітніші варіанти макро- і наноструктури сонячних фотоелементів. Хоч частина їх є саморекламою — для привернення уваги потенційних інвесторів, але немає жодних сумнівів у тому, що вже найближчими роками вартість однієї кіловат-години від сонячних фотоелементів виявиться меншою від того, що доводиться платити за енергію теплових та інших сучасних електростанцій. Не слід дивуватися тому, що в Кенії та інших південних державах застосування сонячних батарей зросте, і тоді кожна вкрита листям пальм “фазенда” матиме ще й власне джерело електроенергії.

Доля застосування *керованого термоядерного синтезу* більш суперечлива, адже це джерело в разі надмірного використання може замінити “парниковий ефект” і спричинити перегрівання всієї нижньої атмосфери. Нагадаємо — ще на початку 90-х років група дослідників з Великої Британії повідомила, що для дейтерієво-тритієвої суміші ускладнення тороїдального реактора додатковими приладами (нагрівачами) дало змогу досягти бажаної температури для початку успішного перебігу реакцій злиття. Цим було доведено принципову можливість практичного виділення енергії синтезу у значно більших промислових установках.

Чим відповіли нафтові й газові компанії? Аж ніяк не радісними фуршетамі і наданням коштів фізикам, а замовленням “критичних матеріалів”. Майже одразу ж у США та в інших місцях з’явилися і

набули широкого розголосу кілька праць науковців, як вишукували слабкі місця у зробленому колегами з теми “управління плазмою” і доводили, що саме токамак є найменш перспективним шляхом до отримання енергії синтезу. Фактом є те, що на підставі цих статей фінансування розвитку токамаків різко зменшили, що загальмувало весь проект не на місяці, а на роки.

Аж 12 років нафтові монополісти безкарно “накручували” ціну на свій товар, що виявлялося у вигляді підвищення витрат не лише на бензин, а й на всі інші вироби, у тому числі одяг та їжу. Терпець урядів провідних держав Європи й Азії урвався у 2004 р., коли вартість бареля нафти перевищила 50 дол. США. Кілька країн розпочали перемовини про об’єднання зусиль для побудови першого термоядерного реактора. Вище зазначалося, що наприкінці червня 2005 р. конгломерат країн (Європейський Союз, Японія, США, Росія, Китай, Південна Корея) підписав угоду про виділення майже 15 млрд дол. США на цей реактор, який започаткує нову епоху в житті людства — епоху “достатності” енергії та всіх інших засобів життєзабезпечення. Надалі події розвивалися повільно і песимістично, що було легко передбачити майже одразу [38], а тому реального розгортання цього важливого проекту немає й досі.

Лишається сподіватися на краще, хоч є невелика ймовірність того, що саме термоядерний проект може бути відхилений назавжди. Це станеться, очевидно, у тому разі, коли отримання водню через фотохімічні процеси чи великомасштабна фотоелектроенергетика виявляться набагато зручнішими шляхами забезпечення людства паливом для транспортних засобів та електричною енергією.

### **Похідні позитивні явища середнього рангу:**

- використання пластичних та інших матеріалів, що не порушують біосферних явищ;
- біологічні та інші методи видобутку металів і створення нових матеріалів;
- управління атомно-молекулярними процесами у тілі людини та інших живих організмів;
- створення квантових комп’ютерів та інших “екзотичних” виробів і продуктів.

У спеціальній літературі вже кілька років все частіше повідомляється про успіхи у створенні “*біополімерів*” — пластиків, які розкладаються дією грибів і бактерій і не створюють “сміттевої” загрози



для людей і біосфери. У науково-популярних часописах легко відшукати оглядові матеріали. Приклад — стаття “Волокна і плівки з мікробних полімерів” [57]. Її автор не лише аналізує еволюцію наукових досліджень у сфері трансформації рослинних речовин, а й наводить приклади того, яким чином з використанням бактерій майже будь-які стебла рослин перетворюються на поліактиди — біополімери, що мають практично такі самі фізико-хімічні властивості, як плівкові пластики з газу чи нафти. Прочитуємо цю статтю (дані на початок 2007 р.): “Перше промислове виробництво поліактидних волокон і плівок розпочалося у США в обсязі 140 тис. т. на рік і з перспективою збільшення до 500 тис. т. Деякі фірми з Німеччини, Південної Кореї та інших країн також створили великі експериментально-виробничі установки з наміром розпочати багатотоннажне виробництво” [57, с. 21].

Немає жодних сумнівів у тому, що підвищення ціни на нафту і нафтопродукти разом з вичерпанням терміну служби традиційних реакторів для виробництва пластиків значно прискорять рух до використання лише рослинних відходів і масового виробництва мікробних полімерів різних типів.

Будемо сподіватися на те, що спільний вплив екологічних і економічних вимог призведуть до того, що в гірничорудній сфері людство перейде від варварсько-механічних засобів і процесів до контрольованого використання таких технологій, що не спричиняють значних деформацій і порушень ландшафту, але забезпечать отримання металів та інших необхідних людям природних речовин. Наприклад, хімічна активність найпростіших у глибинах океану в точках виходу дуже високомінералізованих вод з мантиї Землі дає змогу здійснювати “хемосинтез” — отримувати енергію для біохімічної життєдіяльності за рахунок розкладу сполук з цих вод. У цьому разі сірка та інші елементи виявляються “зайвими” і накопичуються в клітинах первинних продуцентів. Дослідження найпростіших з подібними властивостями, у принципі, дає сподівання на видобування необхідних для людей речовин нешкідливим для біосфери способом.

*Управління атомно-молекулярними процесами у тілі людини та інших живих організмів — майже безмежне поле застосування нано-та інших перспективних технологій. Жива речовина, у тому числі й наші клітини, перебуває в безперервному обміні з довкіллям і визначається складними внутрішніми процесами (серед них — спроможність відновлювати пошкоджені частини тіла). Нещодавно виявле-*

но, що кілька відсотків довжини ДНК людини містять “інструкції” щодо вироблення (реплікації) необхідних для нашого тіла “будівельних речовин” (насамперед — білків). Решта — майже 95 % довжини ДНК — відповідальна за управління процесами створення з цих первинних будівельних речовин найрізноманітніших клітин, тканин і органів нашого тіла ([46] та ін.). Існують також програми репарації, а тому вивчення і використання цих програм створює величезне поле цілком нових методів і засобів лікування людей, в якому так звані “стовбурові” клітини — цікавий, але далеко не найкращий з усіх теоретично можливих шляхів. Зауважимо — у цій сфері особливо багато різноманітних відкриттів, детальний аналіз яких, на жаль, виходить за межі нашого посібника.

Науковці цілком переконані в тому, що обов’язково колись створять квантові комп’ютери і багато так званих “екзотичних” виробів і продуктів. Рух до квантових засобів накопичення і перетворення інформації відбувається уже понад десятиріччя. Невпинно висловлюються все нові ідеї і пропозиції, а експерименти дають змогу обрати серед них лише кращі та перспективні для здійснення. Наприклад, спершу вважали, що подібний комп’ютер зможе працювати лише у рідкому гелії, а минулого року запропонували прийнятніший варіант, який не вимагає надмірно низьких температур, — використати “спінтроніку” на штучних алмазоподібних матеріалах [86].

До “екзотичних” продуктів належать такі матеріали, про які у даний момент можна лише мріяти. Характерний приклад — металевий азот. Якщо передбачення науковців, що спираються на закони фізики, виявляться правильними, то шляхом надпотужного стискання азоту має виникнути новий метал з дуже привабливими якостями: невелика густина, відсутність окислення і в 500–1000 разів вища від сталі механічна міцність. З одного боку, — ідеальний матеріал для кузовів автомобілів і безлічі інших виробів, з іншого — гарантія спорудження “ліфту в космос” і формування доволі реального й енергетично вигідного шляху колонізації Місяця і Марса.

Наведених прикладів цілком достатньо для доведення спроможностей нано-, піко- і фемтотехнологій ліквідувати одразу всі екологічні загрози подальшому існуванню людства. Вони можуть забезпечити якісне і безпечне життя значно більшого населення Землі.

Лише цей шлях у поєднанні з формуванням механізму регулювання народжуваності ми вважаємо цілком реальним майбутнім людства у XXI ст. й пізніше.

## Для допитливих. Катастрофи і екологія

### Класифікація катастроф, аварій і надзвичайних подій

Усі ці поняття викликають тривогу і відчуття небезпеки. Термін “катастрофа” асоціюється з великим несподіваним нещастям довільної природи, що зачепило багато осіб чи велику територію. “Аварія” — вузке поняття, застосовне переважно для нещасть з технічними пристроями та устаткуванням. “Надзвичайна подія” — фаховий термін у людей, завданням яких є запобігання виникненню неочікуваних і шкідливих подій, повної чи часткової ліквідації їхніх наслідків та захисту людей.

Згідно з найповнішою класифікацією, нещастя поділяються за розмірами на малі (до 25 потерпілих), середні (до 1000) і великі (понад 1000 осіб). За природою надзвичайні події бувають:

- *виробничі*, під час яких виходять з-під контролю енергія (хімічна, теплова, механічна, електрична, різних видів випромінювання) або шкідливі речовини;
- *транспортні*;
- *соціальні* (війни, тероризм, бунти, повстання тощо);
- *стихійні* (поділяються на три групи): 1) *метеорологічні* — морози, спека, зливи, град, бурани, бурі, смерчі, урагани; 2) *топологічні* — повені, цунамі, зсуви снігу чи ґрунту, грязьові потоки; 3) *тектонічні* — землетруси, вулканічні виверження різних типів;
- *специфічні*: епідемії всіх видів (у людей, тварин чи рослин), екологічні катастрофи (небажані зміни екосистем, пошкодження шару озону, глобального клімату тощо), падіння астероїдів чи ядер комет та інші екстраординарні події.

Вирізняють нещастя *антропогенні* та *стихійні*. Особливу увагу останнім часом привертають зумовлені людиною (антропогенні) нещастя, які особливо глибоко шкодять довкіллю. Саме для них широко використовується термін “*антропогенна екологічна катастрофа*”. Вживання цього терміна досить специфічне, бо його не використовують для позначення постійного і масового забруднення повітря автомобілями чи океанів кораблями. Якщо ж танкер врізається у скелю і витікають тисячі тонн нафти, то йдеться саме про “екологічну катастрофу”.

Це пояснюється не так масою шкідливої речовини, як її концентрованою дією і глибоким пошкодженням бодай невеликої частини біосфери Землі. Знання про екологічні катастрофи та їх класифікація не такі повні, як про виробничі чи транспортні. І тут немає нічого дивного, адже історія машин у багато разів довша, ніж такої молоді науки, як екологія.

### Роль катастроф в еволюції біосфери

Хоч життя людини досить коротке, та багато хто стає свідком одного чи кількох катастрофічних (з погляду людини) явищ. Хроніки минулого є частково переліком різноманітних нещасть: посух, нашествия сарани, ви-

падання великого граду тощо. Рідше і не в усіх частинах суходолу трапляються руйнівні землетруси, вулканічні виверження, катастрофічні повені.

Вчення про рушійні сили змін у світі живого розпочиналося з “катастрофізму”, засновником якого вважають французького палеонтолога Ж. Кюв'є. Основною їх причиною він вважав грандіозні неперіодичні катастрофи. Наступною була еволюційна теорія Ч. Дарвіна з ґрунтовною доказовою базою та логікою міркувань. Її створення і утвердження надовго виключили із фундаментальних праць згадку про роль катастроф у переході від одних видів до інших у ланцюгу змін у біосфері. Повільне нагромадження ознак розглядається як єдиний варіант зміни видів.

Проте на цьому поступ у уявленнях вчених про механізми змін у біосфері не припинився, і нині наука має значно більше знань про живу й неживу природу. Сучасні уявлення є певним синтезом теорій минулих століть.

Узагальнюючи, доходимо висновку, що вся історія біосфери позначена складним поєднанням спокійних, “малоеволюційних”, досить тривалих періодів з коротшими, але бурхливими стадіями вимушеної, почасті чи й повністю катастрофічної перебудови складу всієї живої оболонки Землі.

Існують різні обчислення кількості глобальних екологічних катастроф. Першою з них вважають момент вичерпання первинної, успадкованої Землею органіки, загибель більшості видів-редуцентів першого покоління й появу організмів-продуцентів, здатних утворювати нову органічну речовину в умовах відсутності вільного кисню.

Друга така катастрофа полягала в самоотруєнні киснем першого покоління продуцентів і появі організмів з удесятеро ефективнішим живленням на основі використання кисню.

Подальші великі катастрофи одні вчені вважають періодичними, пояснюючи їх впливом космічних чинників, інші дослідники схиляються до того, що вони спричинені випадковими подіями (падінням астероїдів тощо). Очевидно, мають рацію і ті, й інші, бо, наприклад, у зникненні динозаврів “винен” астероїд, що полишив кратер діаметром кількисот кілометрів біля східного узбережжя Мексики, а падіння небесного каміння та льоду, ймовірно, періодично посилювалося до катастрофічних масштабів.

### *Природні катастрофи і Україна*

**1. Тектонічні катастрофи (вулканізм, землетруси).** На території України немає діючих вулканів класичних типів, хоч у Карпатах і Криму наявні сліди колишнього вулканізму. На Керченському півострові є чимало невеликих грязьових вулканчиків, але через невисоку активність дуже обмежених масштабів їх не можна вважати небезпечними. Шкоди від землетрусів зазнають лише Південний берег Криму, зона Карпат і при-

леглі до Румунії території. Більшість населення України перебуває поза дією руйнівних землетрусів.

Цікаво, що й у Києві час від часу проявляються відголоски землетрусів. У 1927 р. під час кримського землетрусу сила коливань у столиці була значною. Відголоски карпатського землетрусу відчувалися у 1940 і 1977 рр.

Для областей інтенсивних проявів землетрусів властива також активна вулканічна діяльність. До сейсмічних областей в Україні належать Карпати і Крим.

Від землетрусів за час історії людства загинуло понад 16 млн людей. Щороку цей сумний показник зростає, адже люди все ще не бажають вчитися самозахисту від цієї стихії.

**2. Топологічні катастрофи (цунамі, шторми, зсуви, повені).** Руйнівний вплив цунамі (аномальних хвиль, спричинених землетрусами) на Чорному морі виявляється раз на кілька тисяч років. Значно небезпечніші зсуви. Снігові лавини бувають у Карпатах і горах Криму, хоч вони і не сягають рівня небезпечності альпійських. Внаслідок надзвичайно сильних злив у Карпатах можуть утворюватися потоки води, що несуть пісок і каміння. Тому не бажано ставити намети в сухому річищі чи біля урізу води гірської річки. На жаль, з туристами вже не раз траплялися нещастя під час раптових злив у Карпатах (зрідка – у печерах і ущелинах Кримських гір). Найбільшої шкоди і збитків завдає зсувна діяльність (утворення потоків з води і ґрунту), якщо вона відбувається в районі культурних земель і поселень. Така катастрофа трапилася у Києві в 1961 р. зі значними людськими жертвами [76]. Інформація про неї лишається неповною і нині.

Звичними для деяких районів України стали повені. Періодично затоплюється майже все Полісся. Це відбувається або навесні внаслідок швидкого танення снігу, або у другій половині літа після сильних дощів, спричинених атлантичними циклонами. Особливо великої шкоди повені завдають сільському господарству. Небезпечними є повені в Карпатах і прилеглих до них регіонах, а також періодичні потопи під час штормів на узбережжі Азовського моря.

**3. Метеорологічні катастрофи (морози, спека, зливи, град, вітер тощо).** Хоч зими останнім часом досить помірні, та зрідка мороз на більшій частині України може досягати  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (і навіть нижче), вимерзають озимина й сади. Ожеледь час від часу пошкоджує гілки дерев і лінії зв'язку. Снігові хуртовини мають більшу інтенсивність у Криму, де вони не раз пошкоджували будівлі, аніж у північних районах України. Суттєвої шкоди полям кілька разів завдавали зимові пилові бурі. Наприклад, буря наприкінці зими 1961 р. частково знесла з полів родючий шар чорнозему. Сонце ледь просвічувало крізь пил навіть у Києві, за сотні кілометрів від степів. Катастрофічні посухи бувають зрідка, але практично щороку у деяких областях відбуваються втрати врожаїв через брак опадів. Інтенсивні

зливи, які розмивають схили і поглиблюють яри, є звичним явищем для більшої частини території України. Інколи вони спричиняють руйнування споруд і загибель людей. Град, хоч і рідко захоплює велику територію, щороку подекуди призводить до відчутних втрат врожаю, пошкоджує віконне скло і навіть черепицю чи шифер.

Україна розташована в зоні помірних вітрів. Але іноді швидкості 25–30 м/с (на півдні — до 40–45 м/с) вистачає для пошкодження дахів, лісів, садів, ліній зв'язку. Найсильніші вітри називаються штормовими, саме вони мають найбільшу руйнівну силу. Швидкість вітру у смерчах (досить рідкісних для України) не перевищує зазначеної для рекордних штормів і циклонів, але пошкодження захоплюють вузьку смугу, яка різко вирізняється на фоні довкілля, не зачепленого вихором.

**4. Антропогенні катастрофи, аварії, нещастя.** Катастрофу на Чорнобильській АЕС 1986 р. було розглянуто, а нижче коротко перелічимо особливі небезпеки для кожного з нас, спричинені техносферою. Саме вона є найбільшою загрозою для життя населення. Незадовільний стан доріг і транспортних засобів, вкрай низький рівень культури і дисципліни людей призводять до великих втрат на дорогах. Низька також якість газопроводів. З часом імовірність вибухів на них зростатиме через корозію, а отже потоншення стінок труб. У Донбасі вже давно вичерпано верхні пласти, доводиться працювати на більших глибинах з вугіллям, насиченим газом. Внаслідок зниження тиску метан раптово вивільнюється, утворюючи потужний потік вугільного пилу з газом. Вибух суміші повітря з метаном призводить інколи до загибелі десятків шахтарів.

Люди, найчастіше діти й підлітки, гинуть від вибухових пристроїв, що збереглися в землі з часів війни. Статистика європейських країн (дані щодо України нам невідомі, крім поодиноких фактів нещастя, про які згадувалося у пресі) незаперечно свідчить, що кількість викопаних бомб, мін і снарядів щороку майже однакова). Причиною є те, що інтенсивність розробки ґрунту під час всіх видів будівництва щороку підвищується. Тому потрібно спрямовувати зусилля на навчання школярів правил поведінки з невідомими металевими предметами.

Нарешті, щороку зростає небезпека через проживання у старих будинках. У пресі повідомлялося, що в школі на групу учнів упала стіна. Цієї небезпеки не можна ігнорувати, посилаючись на складні економічні умови і відсутність коштів на своєчасний капітальний ремонт старих або панельних будинків.

Справжньою катастрофою стало подекуди забруднення підземних горизонтів питних вод газом і нафтою з вини підприємств чи військових аеродромів. Через зниження рівня водного горизонту висихають колодязі, що спричинено будівництвом глибоких кар'єрів для видобутку залізної руди та іншої мінеральної сировини.

Узагальнимо: територія України належить до відносно безпечних зон. Нещастя найчастіше мають антропогенний характер або спричинені ігноруванням природних явищ. У разі поліпшення роботи системи освіти людські та матеріальні втрати легко зменшити.

### З українського досвіду

Кінець червня 2008 р. позначений кількома потужними грозовими фронтами над Західною Україною, знеструмленням сотень населених пунктів, захаращенням вулиць Львова і багатьох шосе вивернутими з корінням деревами (23.06), а також, на жаль, смертю кількох осіб з різних причин, пов'язаних з цими фронтами.

На наш погляд, головна причина цих смертей полягає у необізнаності населення в тому, чим же відрізняються грози у травні, червні та в інші місяці року. Школа не дає навіть найменших знань про те, звідки походить та енергія, яку мають пориви вітру, блискавки і град. Тимчасом підвищення приземної температури на десять градусів від 28–29 до майже 38–39° С подвоює кількість енергії у водяній парі й перетворює “веселу” травневу грозу на гранично небезпечну червневу, яку ні в якому разі не можна зустрічати на вулиці чи далеко поза міцним помешканням

### З російського досвіду

Наприкінці серпня 2007 р. грозової ночі поблизу селища Суха Балка Донецької обл. розбився переповнений дорослими і дітьми російський літак Ту-154. Й досі з Росії линуть звинувачення, що “українські диспетчери не попередили екіпаж”. Насправді ж командир екіпажу ще в Анапі підписав документ, де вказувалося про погодні умови на шляху до аеродрому в Пулково. Він знав про грозовий фронт, але сподівався пролетіти над ним і отримати підвищення зарплати за економію пального. Знехтував, однак, тим, що того дня температура унизу була цілком тропічною (до +40° С), а верхівки хмар на кілька кілометрів перевищували “стелю” для літака. Політ став цілковито самовбивчим і логічно закінчився катастрофою, адже під час руху на максимальній висоті навіть помірні вертикальні пориви вітру всередині верхівок хмар призводять до “штопору” і некерованого падіння

МАУП

**Абіогенез** (від *a...* та *біогенез*) — самозародження; теорія виникнення живих істот (біогенних організмів) з неорганічних речовин.

**Абіотичне середовище** — навколишнє неживе середовище проживання живих (біотичних) організмів, пов'язане з ними процесами енергетичного і речовинного взаємообміну (пор.: *Біотичне суспільство*). Сукупність біотичних об'єктів і абіотичного середовища становить екологічну систему (або екосистему).

**Абіотичні фактори** — неорганічні об'єкти і явища (фізичні, хімічні та ін.), які безпосередньо або опосередковано впливають на стан і розвиток живих організмів.

**Аборигени** (від лат. *aborigine* — від початку) — корінні жителі країни чи місцевості; організми, що живуть там, де вони виникли в процесі еволюції (інша назва — *автохтони*).

**Абсорбована доза** — кількість енергії або речовини, поглинутої одиницею маси тіла під дією іонізуючого випромінювання (одиниця випромінювання в міжнародній системі SI — грей (Gy), позасистемна — рад (rad)).

**Абсорбція** (від лат. *absorptio* — поглинання) — поглинання електромагнітного випромінювання, звуку або будь-якого іншого агента в об'ємі речовини.

**Автотрофи** (від грецьк. *авто...* — самі та *...трофи* — їжа) — організми, які синтезують необхідні для свого життя органічні речовини з неорганічної речовини абіотичного середовища, використовуючи енергію світла або хімічних сполук.

**Адаптація** (від лат. *adaptatio* — пристосування) — пристосування організмів до умов довкілля і його змін.

**Адсорбція** (від лат. *soorbeo* — поглинаю) — один з видів сорбції, що виявляється у поглинанні речовини з розчинів і газів поверхнею твердого тіла сорбенту (пор.: *Абсорбція*).

**Аероби** — організми, для життєдіяльності яких потрібен молекулярний кисень ( $O_2$ ).

**Анаероби** — організми, які не потребують молекулярного кисню для свого існування.



**Акселерація** (від лат. *acceleratio* — прискорення) — нерівномірне формування і розвиток якогось органа в період ембріонального стану організму; прискорений фізичний розвиток дітей і молоді.

**Активна зона реактора** — ділянка реактора, яка містить ядерне паливо і сповільнювач. У ній відбувається реакція розщеплення ядер.

**Активність радіаційного джерела** — відношення загальної кількості розпадів радіоактивних ядер атомів у джерелі до певного відрізка часу (одиниця випромінювання в міжнародній системі SI — берекерель (Bq), позасистемна — кюрі (Ci)).

**Актиноїди** — важкі радіоактивні елементи з атомним числом понад 89 (у Періодичній системі Менделєєва розміщені після актинію). Актиноїди з атомним числом 93 й вище отримано штучно. Частина актиноїдів утворюється під час роботи реактора.

**Альтернативні джерела енергії** — нешкідлива для довкілля енергетика: гідро-, геліо-, вітрові станції, біогазові установки; використання геотермальної енергії, енергії морських припливів.

**Альфа-радіоактивність** — викидання альфа-частинок під час розпаду нестійких ядер (радіонуклідів).

**Альфа-частинки** — ядра гелію, які становлять собою дуже стійке поєднання двох протонів і двох нейтронів.

**Амінокислоти** — органічні кислоти, з яких у клітинах живої речовини за участі молекул рибонуклеїнової кислоти (РНК) синтезуються білки, властиві тільки цьому виду організму.

**Анабіоз** — неактивний стан живих організмів, у якому вони перебувають за несприятливих умов.

**Аналіз** (від грецьк. *analysis* — розчленування) — метод дослідження, що полягає в уявному або практичному розкладанні цілого на складові (протилежне — *синтез*); хімічний або спектральний аналіз — визначення лабораторними методами і розрахунками якісного й кількісного елементного складу чи хімічної структури речовин.

**Аналог** (від грецьк. *analogia* — відповідність) — модель або об'єкт, які мають певні властивості, подібні до властивостей об'єкта вивчення, і є зручними для аналізу.

**Аномалія** (від грецьк. *anomalía* — відхилення, неузгодженість) — ненормальне відхилення від загальної закономірності.

**Антибіотики** — препарати (органічні речовини), які синтезуються мікроорганізмами і пригнічують ріст хвороботворних бактерій і вірусів.

**Антагонізм** — гостра суперечність між живими організмами, що виявляється у боротьбі за існування. Наприклад, явище пригнічення розвитку одного виду мікроорганізмів іншими; нездоланна (непримирена, ворожа) суперечність.

**Антропо...** (від грецьк. *anthropos* — людина) — у складних словах відповідає поняттю “людина”, наприклад антропоген (антропогеновий) — сучасний геологічний період історії Землі від появи на планеті людини.

**Антропогенні (антропічні) фактори** — різні види впливу діяльності людського суспільства, пов’язаної з істотною зміною первинного навколишнього середовища (його біотичних і абіотичних об’єктів).

**Антропосистема** — людство як функціонуюча сукупність (біологічний вид, виробничі відносини, технологічний і науковий потенціали).

**Антропосфера** — земна сфера активної діяльності людства.

**Ареал** (від лат. *area* — площа, простір) — зона поширення на земній поверхні будь-яких організмів, об’єктів чи явищ (видів рослин, тварин, корисних копалин, мов тощо).

**Архі...** — префікс, що означає головний, старший, найвищий ступінь, наприклад *архітектоніка* — основний принцип, взаємозумовленість елементів цілого.

**Асиміляція** (від лат. *assimilatio* — уподібнення) — 1) перетворення в організмі їжі під дією ферментів на енергомісткі сполуки, з яких будуються його клітини і нагромаджується енергія (переважно у структури АТФ). Інша назва — *анаболізм*. Протилежне — *дисиміляція*; 2) втрата народом своїх національних рис у разі поглинання іншим народом і прийняття його мови, культури, звичаїв.

**Асоціація** (від лат. *associatio* — сполучення) — 1) основна класифікаційна одиниця рослинного покриву, що становить сукупність угруповань (фітоценозів), однорідних за умовами існування, видовим складом тощо; 2) сполучення молекул, іонів, небесних тіл в певну систему; 3) добровільне об’єднання осіб або організацій для досягнення спільної мети.

**Атавізм** (від лат. *atavus* — віддалений предок) — наявність у сучасних організмах ознак, властивих їхнім далеким предкам. Наприклад, у коня — два додаткові пальці. Інша назва — *реверсія*.

**Атмосфера** (від грецьк. *atmos* — пара і сфера) — 1) газова оболонка планет, що утворилася в процесі їхньої еволюції; 2) одиниця фізичної величини тиску.

**Атомна енергія** — некоректна назва ядерної енергії (див. *Ядерна енергія*).

**АТФ (аденозинтрифосфат)** — хімічна сполука — універсальне джерело енергії в живій клітині організму, яка утворюється в реакціях дисиміляції (катаболізму) під час дихання чи бродіння. АТФ містить великий запас енергії, існує тільки в живих клітинах.

**Аутоекологія** — розділ екології, який вивчає взаємодію з довкіллям окремої особини.

**Безвідходна (маловідходна) технологія** — матеріало- і енергозберігаюча технологія, яка комплексно використовує вихідну сировину, енергію та відходи первинного виробництва (вторинні сировинні й енергетичні ресурси), що зумовлює мінімальне забруднення навколишнього середовища. Повністю безвідходних промислових технологій не існує.

**Бер (rem)** — біологічний еквівалент рада (до 1963 р. — рентген); позасистемна одиниця вимірювання еквівалентної дози будь-якого виду іонізуючого випромінювання. Біологічна дія дози в 1 бер (rem) така сама, як і дія поглинутої дози рентгенівського або гамма-випромінювання в 1 рад.

**Бета-радіоактивність** — інша назва *бета-розпад* (див.: *Радіоактивність*) — виділення з ядра електронів чи позитронів.

**Біо...** (від грецьк. *bios* — життя) — у складних словах відповідає поняттям “життя”, “життєві процеси”.

**Біогаз** — горючий газ (переважно метан), який утворюється в технологічному процесі бродіння. Найбільш економічно й екологічно ефективно анаеробне бродіння. Біогаз — перспективне додаткове енергетичне джерело в агропромисловому виробництві.

**Біогенез** — теорія виникнення життя на Землі, за якою зародки живих істот було занесено на Землю з інших космічних тіл (інша назва — теорія *панспермії*).

**Біогеосфера** — оболонка на планетах, де умови сприятливі для розвитку життя. На Землі — *біосфера*.

**Біогеоценоз** — сукупність рослин, тварин та мікроорганізмів на певній ділянці земної поверхні, які пов'язані між собою обміном речовин та енергії (див. *Екосистема*).

**Біогеохімія** — галузь геохімії, що вивчає хімічні процеси біосфери.

**Біоенергетика** — наука, що вивчає енергетичні процеси життєдіяльності організмів, тобто конверсію енергії хімічних зв'язків продуктів харчування в біоенергію організму.

**Біоінженерія** — наука про конструювання роботів, які виконують біологічні функції за умови, що в них нормальна життєдіяльність живих організмів неможлива.

**Біомаса** — 1) рослинна сировина (маса) в технології біоенергетики чи будь-якої іншої її переробки; 2) маса живих організмів у популяції чи екосистемі у перерахунку на суху речовину.

**Біоніка** — наука, яка вивчає будову живих організмів для використання виявлених закономірностей у біоінженерії.

**...біонти** — у складних словах означає “живі організми”, які у процесі еволюції пристосувались до проживання в певному середовищі, наприклад, галобіонти — організми, які населяють солоні озера.

**Біополімери** — високомолекулярні природні сполуки (речовини) — основа живих організмів, наприклад целюлоза, білки, полісахариди.

**Біосфера** — сукупність усіх екосистем на нашій планеті, що становить єдину глобальну екосистему Землі.

**Біота** — сукупність рослин і тварин, об'єднаних спільним ареалом.

**Біотехнологія** — технологія, яка базується на використанні як засобу виробництва мікроорганізмів, рослин і тварин.

**Біотичні фактори** — взаємовплив організмів у процесі їх розвитку.

**Біохімія** — наука, яка вивчає склад і хімічні процеси живих організмів.

**Біоценоз** — історично сформована сукупність рослин і тварин, що заселяють територію з близькими умовами існування. Інша назва — *ценоз, біотоп*.

**Вага тіла** (на поверхні Землі) — сила, з якою тіло діє на горизонтальну опору або на вертикальний підвіс внаслідок притягання до Землі. Вимірюється в ньютонах ( $N$ ).

**Валовий національний продукт (ВНП)** — загальна ринкова вартість усіх товарів і послуг, створених і наданих у країні впродовж року.

**Вегетативний** (від лат. *vegetativus* — рослинний) — 1) пов'язаний з ростом і живленням організмів; 2) вегетативне розмноження — нестатеве розмноження, коли новий організм утворюється з частини материнського.

**Величина** — див. *Фізична величина*.

**Випромінювання електромагнітне** — електромагнітні хвилі, що поширюються зі швидкістю світла.

**Випромінювання іонізуюче** — випромінювання, що призводить до іонізації середовища. До такого належать рентгенівське, корпускулярне та гамма-випромінювання.

**Випромінювання корпускулярне** — випромінювання, що становить собою потік частинок.

**Випромінювання космічне** — потік частинок високих енергій із Всесвіту.

**Відновлювані джерела енергії** — невичерпні, тобто такі, які можуть безперервно використовуватися. До них належать вітер, сонце, вода (див. *Альтернативні джерела енергії*).

**Віруси** (від лат. *virus* — отрута) — збудники інфекційних захворювань рослин, тварин і людини, які розвиваються лише в живих клітинах. Належать до найпростіших і найдрібніших неклітинних форм живої матерії, яка є проміжною між живим і неживим, у них не відбувається власного обміну речовин.

**Віталізм** (від лат. *vitalis* — життєвий) — учення, згідно з яким в організмах всі біологічні процеси спрямовує і регулює особлива “життєва сила”, “ентелехія”.

**Вітаміни** (від лат. *vita* — життя) — біологічно активні органічні сполуки, життєво необхідні (в малих дозах) організмові людини і тварин.

**Віце** (від лат. *vice* — замість) — у складних словах означає “заступник” або “помічник”.

**Вторинні ресурси** — сукупність будь-яких матеріальних і енергетичних відходів виробництва, які можуть бути використані повторно.

**Гамма-проміння** ( $\gamma$ -проміння) — короткохвильове електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі до  $10^{-10}$  м, що менше, ніж у рентгенівського проміння.

**Гелі** (від лат. *gelo* — застигаю) — дисперсні системи, які утворюються (в природі чи штучно) в колоїдних розчинах за поступової коагуляції.

**Геліо...** — у складних словах відповідає поняттям “сонце”, “сонячний”.

**Ген** — певна ділянка дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК), з якої точно копіюється структура комплементарно синтезованих молекул рибонуклеїнових кислот (РНК) — складових хромосом. Ген — елементарна одиниця спадковості.

**Генетична дія випромінювання** — вплив випромінювання, що починається на наступних поколіннях.

**Геном** (від англ. *genome* — рід, походження) — сукупність генів в одному наборі хромосом. Це послідовність мільярдів нуклеотидних фрагментів, які кодують структуру і життєдіяльність організму. У межах міжнародної програми “Геном людини” нещодавно завершено детальне дослідження нашого генома.

**Генотип** — сукупність усіх спадкових структур організму.

**Генофонд** — сукупність усіх генів популяції організмів.

**Генна інженерія** (генетична інженерія) — здійснення штучно спрямованої зміни генома з допомогою введення в клітину нових генів, вилучених з інших клітин чи створених штучно.

**Гео...** (від грецьк. *ge* — земля) — у складних словах відповідає поняттю “земля”, наприклад географія, геологія.

**Геосфери** — різні за хімічним складом, фізичними властивостями і походженням концентричні оболонки навколо ядра Землі: мантія, літосфера (земна кора), гідросфера, атмосфера, іоносфера.

**Гетеро...** — у складних словах — різнорідність, наприклад гетеросфера — атмосферні шари, вищі за 100 км, де склад повітря швидко змінюється під дією космічних чинників. Антонім — *го* (*гомо*).

**Гетеротрофні організми** — ті, що живляться органічними речовинами рослинного і тваринного походження (вищі паразитичні рослини, мікроорганізми, усі тварини й людина).

**Гідросфера** — сукупність усіх вод земної кулі (океани, моря, річки, озера, підземні води, льодовики) (пор.: *Літосфера, Атмосфера*).

**Гіпотеза Геї** (від назви грецької богині Землі) — учення, яке ґрунтується на ідеї, що організми Землі разом з фізичним середовищем утворюють складну систему регуляції умов, сприятливих для їх розвитку. Автори — Дж. Лавлок і Л. Моргуліс.

**Глобальний** (від фр. *global* — загальний, всесвітній, від лат. *globus* — куля) — узятий у цілому, усебічний; поширений на всю земну кулю.

**Глобальні забруднення** — забруднення, що охоплюють значну частину земної поверхні чи всю планету.

**Гомео...** (від грецьк. *omos* — подібний, однаковий) — у складних словах означає “подібний”, “однаковий”, наприклад, гомеостаз — відносна сталість складу крові, температури й інших характеристик організмів.

**Гормони** (від грецьк. *ormos* — збуджую) — специфічні біологічно активні речовини, що регулюють різні функції в організмі.

**Гранична доза** (ГД) — гігієнічний норматив для осіб, які не працюють з джерелами іонізуючого випромінювання безпосередньо, але

за умов проживання або розміщення робочих місць можуть уражатися ним.

**Грей (Гр)** — одиниця поглинутої дози випромінювання. Дорівнює абсорбції енергії в 1 Джоуль на 1 кг маси речовини. Названа на честь англійського вченого Л. Грея.

**Гуманізм** (від лат. *homo* — людяний) — ставлення до людини як до найвищої цінності, захист права особи на свободу, всебічний розвиток і прояв своїх здібностей.

**Гуманітарні науки** — суспільні науки, пов'язані з дослідженням проблем розвитку людського суспільства (філософія, історія, економіка, екологія та ін.).

**Гумус** (від лат. *humus* — ґрунт) — складний комплекс органічних речовин, який утворюється у ґрунті внаслідок біологічних і хімічних процесів розкладання біомаси відмерлих рослин і тварин мікрофлорою ґрунту, кільчастими черв'яками та іншими ґрунтовими тваринами.

**Дарвінізм** — учення про еволюційний розвиток живих організмів на Землі. В основу дарвінізму покладено три фактори: мінливість, спадковість та природний добір. Фундатор вчення — англійський природознавець Ч. Дарвін (1809–1882).

**Дегенерація** (від лат. *degenero* — вироджують) — виродження, погіршення з покоління в покоління певних рис або властивостей організму.

**Деградація** — див. *Дегенерація*.

**Деградація ґрунту** — процес, що призводить до часткової втрати ґрунтом накопичених раніше речовин, які споживаються рослинами (гумус, солі), та організмів, що сприяють їх розвитку (мікрофлора та ін.).

**Деградація середовища** — погіршення природного середовища людини; сукупне погіршення природних і соціальних умов життя людини.

**Дедукція** (від лат. *deduco* — виводжу) — метод дослідження, який полягає в переході від загального до окремого; одна з форм умовиводу, коли на підставі загального правила з одних положень, як істинних, виводиться нове істинне положення.

**Дез...** (від фр. *des...*) — префікс, що означає знищення, видалення, відсутність чи спотворення чогось, наприклад, дезінтеграція — розпад цілого на складові (антонім — *інтеграція*).

**Дезактивація** — 1) видалення радіоактивних речовин з поверхні місцевості, споруд, одягу тощо; 2) втрата атомами чи молекулами енергії, яка необхідна для їх участі в певній хімічній реакції.

**Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК)** — біологічна речовина, що міститься переважно у клітинному ядрі, зберігає і передає генетичну інформацію про індивідуальні ознаки і розвиток організму.

**Деїтерій** — важкий ізотоп атома водню, ядро якого містить крім одного протона один нейтрон. Застосовують у ядерній (атомній) енергетиці.

**Детермінанта** (від лат. *determinants* — той, що визначає, обмежує) — причина, що визначає виникнення явища.

**Де-факто** (від лат. *de facto* — насправді) — фактично, на ділі.

**Дефоліанти** (від *des...* і лат. *folium* — листок) — хімічні сполуки, які спричиняють опадання листя з рослини. Застосовуються для передзбирального видалення листя у технічних культур за механізованого збирання, наприклад бавовни.

**Де-юре** (від лат. *de jure* — за правом) — згідно із законом, формально.

**Дискретний** — роздільний, протиставляється неперервному.

**Дисоціація** (від лат. *dissociatio* — роз'єднує) — розкладання складних речовин на прості молекули або іони.

**Діаспора** (від грецьк. *diaspora* — розсіювання) — 1) частина рослини, що відокремлюється від неї природно і виконує функцію поширення та розмноження (наприклад, спора, насіння, плід); 2) розсіювання по світу представників якогось народу.

**Догматизм** — метафізичний спосіб мислення, сприймання й застосування знань, який базується на догмах як “вічних” істинах без урахування розвитку і конкретних умов життя.

**Догма, догмат** (від грецьк. *dogma* — думка, учення) — учення, що вважається істинним і яке за будь-яких умов треба сприймати без доказів.

**Доза** (від грецьк. *dosis* — порція) — кількість енергії або речовини, яка надійшла чи надходить в організм.

**Доза еквівалентна** — показник дії радіації з урахуванням коефіцієнта якості іонізуючого випромінювання. Дорівнює добутку абсорбованої дози та коефіцієнта якості іонізуючого випромінювання. Одиницею вимірювання в SI є зіверт (Sv).

**Дозиметр** — прилад для вимірювання дози іонізуючого, наприклад рентгенівського або радіоактивного, випромінювання.

**Домінанта** (від лат. *dominans* — панівний) — панівний принцип, ідея, ознака, найважливіша складова будь-якого вчення, побудови, явища.



**Допінг** — наркотичний засіб тимчасового підвищення активності організму. Застосовується у медицині. У спорті заборонений міжнародною угодою.

**Дощі кислотні** — опади (дощ, сніг), рН яких нижчий за 5 унаслідок розчинення в них промислових викидів  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{HCl}$  та ін. Вони небезпечні для рослинних і тваринних організмів. Коли рН стає нижчим за 5, живі організми у водоймах гинуть.

**Дуалізм** (від лат. *dualis* — двоїстий) — 1) двоїстість, роздвоєність явища чи поняття; 2) учення, яке базується на визнанні двох первоначал світу — духу і матерії.

**Еволюція** (від лат. *evolutio* — розгортаю) — 1) поступовий розвиток організму, явища чи об'єкта за збереження його якості у процесі кількісних змін (на відміну від революції); 2) процес зміни, розвитку, перетворення когось, чогось.

**Егоїзм** (від лат. *ego* — я) — моральний принцип, що полягає у нехтуванні інтересами суспільства та інших людей заради особистих інтересів.

**Еквівалент** (від англ. *equivalent* — рівноцінний) — рівноцінне, рівнозначне — таке, що відповідає чомусь іншому і за кількістю та якістю може його замінити.

**Екзо...** — префікс, що часто застосовується у словотворенні термінів для позначення напрямку “зсередини назовні”, “поза чимось”.

**Екогенез** — історичний процес зміни особливостей організмів, пов'язаний зі змінами умов життя (екологічних умов).

**Еліта** (від фр. *elite* — найліпше, добірне, від лат. *eliga* — вибираю) — найкращі рослини, відібрані для виведення нових сортів; сортове насіння; найкращі за продуктивністю тварини у стаді певної породи; у переносному значенні — вибрані, висококласні фахівці тощо.

**Емпіризм** — напрям пізнання, що ґрунтується виключно на даних вимірювань і применшує (або й зовсім нехтує) значення логічного аналізу і теоретичних узагальнень.

**Ера** (від лат. *era* — вихідне число) — 1) час, з якого запроваджується система літочислення; 2) один з найбільших відрізків часу в хронології геологічної історії Землі.

**Ергономіка, ергономія** — наука, що вивчає допустимі фізичні, нервові та психічні навантаження на людину в процесі праці, проблеми оптимального пристосування навколишніх умов виробництва для ефективної праці та ін.

**Ерозія** (від лат. *erosio* — роз'їдання) — 1) руйнування ґрунту природними чи штучними факторами (водою, механічною дією та ін.); 2) окислення металів під дією навколишнього середовища природного чи штучного походження.

**Етика** (від лат. *ethica* — звичка, звичай) — норми поведінки, сукупність моральних правил певної соціальної групи.

**Етіологія** — вчення про причини та умови виникнення хвороб.

**Етнографія** — галузь історичної науки, яка вивчає культуру і побут народів світу, їх етногенез (походження) і розселення.

**Етологія** (від грецьк. *ethos* — звичай, норма вчинків і ... логія) — наука, що вивчає причини і особливості поведінки організмів у всіх її проявах.

**Євгеніка** — напрям у генетиці людини, що ставить завдання поліпшити її біологічні властивості, селекцію тощо.

**Жири** (гліцериди) — хімічні сполуки — ефіри гліцерину й жирних кислот, які є енергетичним акумулятором енергії і входять до складу протоплазми клітин, запасних речовин.

**Життєвий цикл організмів** — унікальний, властивий тільки певному виду організмів цикл народження, розвитку й розмноження, зумовлений особливостями їх адаптації до навколишнього середовища.

**Збагачений уран** — уран, в якому штучно підвищено вміст нукліду-235 (понад 0,72 %).

**Зіверт** (Зв) — одиниця SI вимірювання еквівалентної дози іонізуючого випромінювання. Відповідає одному джоулю енергії, поглинутої одним кілограмом маси живої тканини.

**Зоо...** — у складних словах означає те, що стосується тваринного світу, наприклад, зообентос — сукупність тварин, що живуть на дні морських і прісних водойм; зоологія — наука про тваринний світ.

**Ідентифікація** (від лат. *identicus* — тотожний і ...фікація) — отожднення, прирівнювання, уподібнення. Застосовується як метод аналізу чи експертизи будь-чого.

**Із..., ізо...** — у складних словах означає рівність або подібність за формою чи призначенням, наприклад, ізоморфний — подібний за формою, ізогональний — рівнокутний.

**Ізоморфії** — однакові морфологічні ознаки у представників різних груп організмів, далеких з погляду систематики.

**Ізотопи** — атоми одного хімічного елемента з однаковою кількістю протонів (однаковим позитивним зарядом ядра), але з різною кількістю нейтронів, а отже і з різною відносною атомною масою.

**Ізотропія** — однаковість деяких показників фізичних властивостей речовини (теплопровідність, пружність тощо) в усіх напрямках (протилежне поняття — *анізотропія*).

**Імунітет** (від лат. *immunitos* — звільнення, свобода) — несприйнятливість організмів до збудників інфекційних хвороб та впливу деяких отрут.

**Ін...** (від лат. *in...*) — префікс, що означає заперечення, брак чогось або проникнення в щось, наприклад інактивація, інваріанти.

**Індивід, індивідуум** (від лат. *individuum* — неподільне) — 1) відособлений (окремий) організм тварини або рослини, який існує самотійно; 2) індивідуальний — властивий окремій особі; індивідуальність — сукупність притаманних конкретній особі рис характеру, здібностей тощо.

**Індикація** (від лат. *inductio* — вказую) — визначення, вимірювання, фіксація (у запису чи інакше) показників певних об'єктів або явищ; індикатор — прилад для вимірювання показників або речовина, за допомогою якої визначають певні характеристики стану системи (наприклад, лакмусовий папір).

**Індиферентний** (від лат. *indiferens* — байдужий) — неактивний (пасивний, інертний).

**Індукція** (від лат. *inductio* — наведення) — спосіб (форма) умовиводу, де на основі знання про окреме робиться висновок про загальне; один з методів пізнання (антонім — *дедукція*).

**Інтелект** (від лат. *intellectus* — міркування, пізнання) — здатність до мислення, розумова спроможність до вищих теоретичних узагальнень.

**Інтер...** (від лат. *inter...*) — префікс, що означає перебування поміж, періодичність дії, скасування, наприклад інтервал.

**Іонізація** — утворення електрично заряджених частинок (іонів) з електрично нейтральних частинок (атомів, молекул) середовища.

**Іоносфера** — верхні шари атмосфери Землі (від 80 до 500 км), де повітря значною мірою іонізоване.

**Канцерогени** (від лат. *cancer* — рак і ...генез) — речовини, які за певних умов можуть стати причиною утворення злоякісних пухлин в організмі. Представниками органічних канцерогенів є бензопірен та інші, переважно ароматичні структури.

**Категорія** (від грецьк. *kategoria* — ознака) — загальне поняття, яке відображає універсальні властивості та закономірності розвитку об'єкта або явища матеріального і духовного світу.

**Катаболізм** — сукупність процесів, які супроводжуються розпадом (дисиміляцією) складних органічних сполук у живих організмах.

**Катагенезис** — 1) еволюційний процес спрощення будови й функцій організму; 2) перетворення осадових гірських порід на метаморфічні.

**Квазі...** — у складних словах означає “ніби”, “несправжній”, “позірний”, наприклад, квазічастинка — ніби така сама, як квантова частинка.

**Клас** (від лат. *class* — розряд, група) — сукупність, розряд, група предметів або явищ, що мають спільні ознаки, якість; класифікація — утворення системи класів.

**Класика** (від лат. *classicus* — взірцевий) — сукупність наукових праць або художніх творів, що мають світове значення і протягом тривалого часу зберігають своє наукове або художнє значення.

**Клімат** (від грецьк. *klima* — нахил) — сталий багаторічний режим погоди у певній місцевості, що визначається географічними умовами.

**Ко..., ком..., кон...** — префікс, що означає об’єднання, спільність, сумісність, наприклад, коагуляція — злипання дрібних частинок (колоїдів) і випадання їх в осад, що застосовується для очищення води, повітря тощо.

**Коагуляція** (від лат. *coagulatio* — згущення, згортання) — явище зчеплення частинок дисперсної фази під час зіткнень внаслідок хаотичного (броунівського) руху чи з інших причин.

**Когезія** (від лат. *cohaesus* — зчеплений, зв’язаний) — прилипання частин внутрішнього складу речовини одна до одної, що зумовлює їхню міцність, наприклад, у клеях (див. *Адгезія*).

**Код** (від фр. *code*, від лат. *codex* — звід законів) — система символів для передавання, обробки й зберігання різної інформації, наприклад генний код та ін.

**Колективна доза** — сукупна доза опромінення певної кількості людей. Дорівнює добутку середньої дози опромінення людини та кількості опромінених осіб. Вимірюється у людино-зівертах. Показник ризику захворюваності населення внаслідок опромінення.

**Колонія** (від лат. *colonia* — поселення) — складне об’єднання організмів, наприклад бактерій, у живильному середовищі.

**Конвекція** (від лат. *conectio* — принесення) — перенесення тепла в рідинах або газах потоками речовини, які виникають унаслідок різниці температур, отже і густини, між їхніми верхніми й нижніми шарами (див. *Архімеда закон*).

**Конкуренція** (від лат. *concurrentio* — змагання, суперництво) — суперництво між приватними товаровиробниками за найвигідніші умови виробництва і збуту товарів. Форми й методи суперництва визначаються стратегією і тактикою маркетингу кожної зі сторін.

**Контр..., контра...** (від лат. *contra* — проти) — префікс, що означає “проти”, наприклад, контрагент — сторона в договорі; контракт — договір сторін.

**Концепція** (від лат. *conceptio* — сприйняття) — 1) система поглядів на певне явище; 2) спосіб розуміння, основна ідея будь-якої теорії; творчий задум твору.

**Кореляція** (від лат. *relatio* — відношення) — 1) певне співвідношення між будовою окремих частин організму та їхніми функціями; 2) співвідношення, взаємозв'язок понять, наприклад, у математиці — залежність між явищами або величинами, що не має чіткого функціонального характеру.

**Космо...** (від грецьк. *kosmos* — Всесвіт) — у складних словах відповідає поняттям “Всесвіт”, “всесвітній”, наприклад космологія — вчення про будову і розвиток Всесвіту.

**Креаціонізм** (від лат. *creatio* — створення) — 1) учення про виникнення життя на Землі, яке базується на біблійних догматах; 2) ідеалістичний напрям у біології, який визнає визначальну роль творця в розвитку всіх живих істот.

**Кріофіти** — рослини, пристосовані до життя в холодних районах альпійських луків, високогір'я, тундри.

**Ксерофіли** — рослини і тварини, що живуть у посушливих місцевостях.

**Культура** (від лат. *cultura* — розвиток, освіта) — 1) сукупність матеріальних і духовних цінностей цивілізацій; 2) культура сільськогосподарська — рослина, яку вирощують (культивують); 3) культура мікроорганізмів — колонія бактерій, вирощена з дослідною або промисловою метою.

**Кумуляція** (від лат. *cumulatio* — нагромадження) — 1) нагромадження в організмі людини і тварин різних речовин (ліків, отрут та ін.) внаслідок їх тривалого вживання; 2) концентрація енергії спрямованого вибуху.

**Кюрі** (Ci) — позасистемна одиниця радіоактивності, що дорівнює радіоактивності речовини, у якій щосекунди відбувається 37 млрд радіоактивних розпадів атомів (назву дано на честь подружжя фізиків — П. Кюрі і М. Складовської-Кюрі).

**Лабільність** (від лат. *labilis* — нестійкість, рухливість) — нестійкість організму щодо змін зовнішнього середовища.

**Ландшафт** (від нім. *Landschaft*) — 1) загальний вид місцевості; 2) ландшафт географічний — однорідна за походженням, територіально цілісна ділянка земної поверхні, якісно відмінна від інших ділянок.

**Літосфера** (земна кора) — верхня тверда оболонка земної кулі, яка складається з осадового, гранітного і базальтового шарів. Розрізняють два основні типи літосфери — континентальний (потужністю від 30 до 80 км) і океанічний (потужністю до 10 км). Нижче від літосфери залягає мантія.

**Макро...** (від грецьк. *makros* — великий, довгий) — у складних словах відповідає поняттям “великий”, “всеосяжний”, “загальний”.

**Макроклімат** — клімат великого географічного регіону, зони, континенту або навіть усієї Землі в його основних рисах.

**Макрофаги** — клітини організмів, здатні схоплювати і перетравлювати бактерії, рештки загинувших клітин та інші чужорідні або токсичні для організму речовини.

**Маса** (від лат. *massa* — шматок, брила) — фізична величина, яка характеризує міру інерції тіл та їх гравітаційну взаємодію. Одиницею маси в SI є кг (кг).

**Матерія** (від лат. *materia* — речовина) — усе, що існує у Всесвіті як конкретна реальність (речовина, електричне чи магнітне поле тощо); як пізнане, так і непізнане людиною є різними формами існування матерії.

**Мез., мезо...** — у складних словах відповідає поняттям “середній”, “помірний” або “проміжне положення між двома явищами в часі чи просторі”.

**Мезофіти** — рослини, що живуть в умовах середнього зволоження.

**Меліорація** (від лат. *melioratio* — поліпшення) — комплекс заходів для осушення або зрошення земель, регулювання поверхневого стоку вод, закріплення пісків і ярів тощо, поліпшення природних ґрунтів і підвищення їх родючості.

**Метабіоз** — форма взаємовідносин мікроорганізмів, коли одні з них готують умови, потрібні для життєдіяльності інших. Наприклад, одні мікроорганізми розщеплюють білок з утворенням аміаку, а нітрофіксуючі бактерії окислюють аміак до азотної кислоти.

**Метаболізм** — перетворення речовин, енергії, які становлять основу життєдіяльності організмів.

**Метаболіти** — речовини, що утворюються в організмі внаслідок обміну речовин.

**Металокераміка** — виготовлення виробів (деталей) з порошків металів з різними добавками методом формування (пресування) з подальшим спіканням порошку нагріванням.

**Метаморфізм** — перетворення гірських порід унаслідок дії внутрішніх процесів у земній корі (високі температури і тиск, дія хімічно активних речовин).

**Метеорологічний, метеорологічні елементи** — характеристики стану атмосферних процесів (атмосферний тиск, температура, вологість, швидкість вітру, опади, хмарність тощо). *Метеорологія* — наука, що вивчає атмосферу.

**Метод** — спосіб пізнання дійсності, що ґрунтується на відображенні природних законів світу.

**Методика** (від метод) — науковий спосіб праці, навчання, викладання тощо.

**Методологія** — 1) сукупність прийомів, які використовують для пізнання специфіки будь-якого предмета чи об'єкта; 2) учення про методи наукового пізнання світу.

**Мікроби** — загальна назва тваринних і рослинних організмів (крім мікроскопічних водоростей і найпростіших), які можна побачити лише під мікроскопом. Розміри мікробів становлять кілька мікрометрів (тисячні частки міліметра).

**Мікробіологія** — наука, що вивчає мікроби з метою керування їхньою життєдіяльністю в інтересах людини. На жаль, досягнення мікробіології часто використовувались для створення так званої біологічної зброї, що нині заборонена міжнародними угодами.

**Мікроорганізми** — тваринні й рослинні організми, розмір яких становить кілька мікрометрів.

**Мікрофлора** — сукупність рослинних мікроорганізмів у певному середовищі існування.

**Мікроелементи** — хімічні елементи, необхідні для життєдіяльності рослин і тварин, вміст яких у живих організмах становить менше 0,001 %. Найважливіші з них — залізо (Fe), марганець (Mn), мідь (Cu), цинк (Zn), кремній (Si), молібден (Mo), хлор (Cl), ванадій (V) і кобальт (Co).

**Мімікрія** — захисне пристосування тварин, яке проявляється в уподібнюванні їхніх органів чи кольору до предметів навколишнього

середовища, наприклад, тіло і забарвлення деяких метеликів з успіхом імітують сухе або пожовкле листя.

**Модернізувати** (від фр. *moderniser*) — змінювати відповідно до вимог сучасності, удосконалювати.

**Модус вивенді** (від лат. *modus vivendi* — спосіб життя) — умови, що дають змогу укласти угоду (договір) бодай тимчасового характеру, коли обставини унеможливають укладення довгострокового договору.

**Моніторинг** (від англ. той, що наглядає) — вивчення, оцінка і прогнозування змін стану довкілля під впливом антропогенних факторів.

**Мораль** (від лат. *mores* — звичаї) — система поглядів і уявлень, норм і оцінок, що регулюють поведінку людей, одна з форм суспільної свідомості; у переносному розумінні — повчальний висновок з якоїсь події.

**Морфологія** — наука про закономірності будови живих і неживих об'єктів.

**Мульти...** (від лат. *multum* — багато) — у складних словах вказує на багаторазове повторення, наприклад мультиплікація, мультиметр (універсальний багатофункціональний вимірювальний прилад).

**Мутагенез** (від лат. *muto* — змінюю) — процес виникнення мутацій.

**Мутагени** — фізичні, хімічні та інші фактори, які збільшують частоту мутацій.

**Мутація** (від лат. *mutatio* — зміна) — раптова спадкова зміна організму, окремих його частин, ознак і властивостей під дією мутагенів.

**Нанотехнології** (нано —  $10^{-9}$ ) — екологічно цілковито безпечні способи життєзабезпечення людей, які спираються на квантові закони. Їх розвиток — піко- і фемтотехнології.

**Наркотики** — речовини переважно рослинного походження, що збуджують або пригнічують центральну нервову систему людини і тварин.

**Націоналізм** (від лат. *natio* — народ) — ідеологія, яка базується на пріоритеті національних інтересів над класовими, соціальними та ін.

**Національність** — належність до певної нації, народності чи національної групи.



**Нація** (від лат. *natio* — народ, плем'я) — стійка історична спільнота людей, що визначається спільністю мови, побуту, традицій, звичаїв, території, своєї історичної формації і розвитку.

**Некро...** — у складних словах відповідає поняттю “мертвий”, наприклад некроз — омертвіння частини живого організму.

**Некробіоз** — процес повільного відмирання клітин або тканин у живому організмі.

**Нео...** (від грецьк. *neos* — новий, молодий) — у складних словах відповідає поняттям “новий”, “нове”, наприклад неоколоніалізм, неонацизм.

**Неоліт** — новий кам'яний вік в історії цивілізації суспільства, що заступив палеоліт та передував мідному віку. Датується IX–III тис. до н. е. За часів неоліту почався розвиток скотарства і землеробства.

**Неофобія** — патологічний страх перед усім новим, будь-якими змінами звичних умов існування.

**Нігілізм** (від лат. *nihil* — ніщо, нічого) — заперечення загальноприйнятих моральних цінностей, норм культури тощо.

**Нікотин** — сильна отрута — алкалоїд тютюну. Порушує діяльність нервової системи.

**Нітрифікація ґрунту** — процес окислення аміаку, що утворюється під час розпаду решток рослин і тварин у ґрунті до азотної кислоти під впливом нітратних бактерій. Це збагачує ґрунт азотними сполуками, доступними для живлення рослин.

**Новачія** (від лат. *novus* — оновлюю) — нововведення, заміна застарілих зобов'язань новими.

**Номенклатура** (від лат. *nomenclatura* — перелік, список) — перелік назв, уживаний у будь-якій галузі науки, техніки, мистецтва тощо, наприклад перелік за певною системою назв хімічних речовин; сукупність назв продукції, що виробляється; перелік посад, кадри яких затверджують керівні органи.

**Ноосфера** (від грецьк. *noos* — розум і сфера) — оболонка Землі, в якій виявляється вплив людини на структуру і хімічний склад біосфери.

**Норма** (від лат. *norma* — правило, взірць) — 1) загальновизнане, узаконене правило, наприклад норма поведінки; 2) середня кількість, розмір чогось, наприклад норма опадів.

**Норматив** (від лат. *normatio* — впорядкування) — екологічний, економічний, технологічний або інший показник норм, відповідно до яких оцінюються стан об'єкта чи будь-яка робота.

**Нуклеїнові кислоти** — полімерні природні органічні речовини.

**Нуклеопротеїди** — складні полімери, побудовані з простих білків і нуклеїнових кислот. Входять до складу ядер і цитоплазми всіх рослинних і тваринних клітин.

**Нюанс** (від фр. *nuance* — відтінок) — відтінок, ледь помітна відмінність.

**Об'єкт** (від лат. *objectus* — предмет) — матеріальний предмет пізнання і практичного впливу з боку людини; будь-який предмет думки, дослідження тощо.

**Об'єктивність** — науковий неупереджений підхід до дослідження явищ реальної дійсності, один з основних принципів пізнання світу.

**Озон** — проста речовина, за нормальних умов — газ, молекули якого складаються з трьох атомів кисню  $O_3$ .

**Олігархія фінансова** (від грецьк. — влада небагатых) — група банкірів і власників промислових монополій, яка фактично визначає ринкову політику держави, часто не в інтересах всього суспільства.

**Оліготрофи** — рослини, що ростуть на неродючих ґрунтах (наприклад, верес, сосна та ін.).

**Онтогенез, онтогенія** — індивідуальний розвиток будь-якого організму з моменту зародження до смерті.

**Опади радіоактивні** — забруднення поверхні землі радіоактивними речовинами, перенесеними атмосферними опадами. За масштабістю забруднення поділяються на місцеві та глобальні.

**Опромінення** — дія будь-якого випромінювання на речовину чи біологічний об'єкт.

**Оптимальний** — найліпший з можливих варіантів чогось, такий, що найбільше відповідає певному завданню, умовам.

**Орган** — 1) частина тваринного чи рослинного організму як складова системи, що виконує специфічну функцію (наприклад, мозок, шлунок, серце — у людини й тварин, листок, стебло, корінь — у рослин); 2) установа, організація; у переносному розумінні — знаряддя, пристрій, засіб для чогось.

**Орнітологія** — розділ зоології, що вивчає птахів.

**Осмос** (від грецьк. *osmos* — штовханина, тиснява) — проникнення розчинника крізь напівпроникну перетинку — мембрану, яка розділяє розчин і чистий розчинник або розчини різної концентрації, що спричиняє підвищення тиску. Осмос відіграє винятково важливу роль в обміні речовин клітин живого організму.

**Палео...** (від грецьк. *paleos* — старовинний, давній) — у складних словах означає “старовинний”, “давній”, наприклад, палеобіологія — наука про органічний світ минулих геологічних епох.

**Палеоекологія** — розділ науки, що вивчає викопні організми у зв'язку з умовами, в яких вони жили.

**Палеоліт** — давній кам'яний вік, найдавніший період людського суспільства. Характеризується застосуванням знарядь з каменю, пануванням мисливства та збиральництва. За палеоліту (понад 10 тис. років до н. е.) сформувався первіснообщинний лад.

**Паліатив** (від фр. *palliatif* — прикритий) — малодієвий захід, півзахід.

**Панацея** (від грецьк. *pana* — усецілюща) — міфічні ліки від усіх хвороб, вигадані алхіміками; у переносному розумінні — універсальний засіб на будь-яке лихо.

**Пандемія** — найвищий ступінь поширення інфекційного захворювання (наприклад, грипу), що охоплює більшість населення країни.

**Парабіоз** — тимчасова втрата живою тканиною здатності до власної її діяльності під впливом надмірних подразнень.

**Парадигма** (від грецьк. *paradeigma* — приклад, взірець) — вихідна концептуальна схема, сукупність попередніх наукових досягнень, які визнаються науковою громадськістю як основа для подальших наукових досліджень. Зміна парадигми завжди стає науковою революцією.

**Паразити** — організми, що живуть на тілі або в тілі інших організмів і живляться за їхній рахунок.

**Педологія** — 1) наука про ґрунти, ґрунтознавство; 2) комплекс знань з різних наук про розвиток людини і формування її особистості. Як наука про дитину була заборонена в СРСР.

**Пептиди** — речовини, до складу яких входять дві й більше амінокислот, з'єднаних між собою пептидними зв'язками (-CO-NH-). Проміжні продукти розпаду білків в організмах людини, тварин і рослин.

**Перманентний** — постійний, неперервний.

**Пестициди** (від лат. *pestis* — зараза, чума) — хімічні синтетичні сполуки — засоби боротьби зі шкідливими організмами: комахами (інсектициди), кліщами (акарициди), грибами (фунгіциди), бактеріями (бактерициди), гризунами (зооциди).

**Полі...** — у складних словах відповідає поняттям “численний”, “багато”, наприклад полімери (див. *Мономери*).

**Поняття** — логічно оформлена думка про предмет, загальна ідея чого-небудь (пор.: *Термін*).

**Популяція** (від лат. *populus* — народ) — сукупність особин певного виду організмів, які населяють конкретну територію чи екологічну систему і певною мірою є ізольованими від сусідніх популяцій.

**Пост...** (від лат. *post* — за, після, далі) — префікс, що означає наступність, наприклад постембріональний — післязародковий.

**Постулат** (від лат. *postulat* — вимога) — твердження, яке при побудові наукової теорії приймають без доведення як засадниче.

**Предмет** — 1) будь-яке матеріальне явище, річ; 2) те, на що спрямована думка, що становить її зміст; 3) окреме коло знань, що утворює навчальну дисципліну.

**Про...** (лат. *pro...*) — префікс, що означає “для”, “на боці”, “в інтересах”.

**Проблема** (від грецьк. *problema* — задача, утруднення) — 1) складне теоретичне або практичне питання, що потребує розв’язання, вивчення, дослідження; 2) поняття чи термін, які винятково складно пояснити чи визначити.

**Провітаміни** — речовини, з яких в організмі людини і тварин можуть утворюватись вітаміни.

**Прогноз** — науково аргументоване передбачення, що дає випереджаючу інформацію про розвиток певних явищ, процесів у майбутньому.

**Продуценти** (від лат. *producens* — той, що виробляє) — організми, що створюють органічні речовини з неорганічних. До продуцентів належать усі фотосинтезуючі рослини (див. *Фотосинтез*) і хемосинтезуючі найпростіші.

**Промотори** (від лат. *promoveo* — просуваю) — речовини, що підсилюють дію каталізатора і ферментів.

**Протеїни** — прості білки. Основна складова всіх живих організмів.

**Протисти** — загальна назва всіх одноклітинних організмів.

**Прото...** — у складних словах — першість, первинність, наприклад прототип (прообраз).

**Протоплазма** — найменша одиниця живої речовини; вміст клітини, у тому числі її ядро. У протоплазмі здійснюються всі живі процеси.

**Процес** (від лат. *processus* — просування вперед) — 1) послідовна зміна предметів і явищ, що відбуваються закономірним шляхом; 2) сукупність послідовних дій, спрямованих на досягнення певного результату.

**Рад** (скор. від англ. *rad — radiation absorbed dose*) — одиниця вимірювання дози поглинутого іонізуючого випромінювання. Рад дорівнює такій дозі, за якої 1 кг опромінюваної речовини поглинає 0,01 Дж енергії.

**Радикал** (від англ. *radical*, лат. *radix* — корінь) — група атомів, яка в хімічних реакціях переходить без змін з однієї сполуки в іншу.

**Радіо...** (від лат. *radio* — випромінюю) — частина складних слів, що вказує на зв'язок з поняттями “радіо” або “радіоактивність”, наприклад радіоастрономія.

**Радіоактивне забруднення** — потрапляння радіоактивних ізотопів у довкілля, що супроводжується перевищенням природного рівня радіоактивності.

**Радіобіологія** — наука про вплив іонізуючого радіовипромінювання на організм людини, тварин і рослин.

**Радіоекологія** — наука про взаємозв'язок радіоактивності середовища, організмів та їх угруповань.

**Радіоліз** — розклад хімічних сполук під дією іонізуючих випромінювань.

**Радіологія медична** — наука про застосування іонізуючого випромінювання в медицині.

**Радіомутації** — раптові спадкові зміни ознак або властивостей організму, які виникли від дії іонізуючого випромінювання.

**Радіопротектори** — речовини, введення яких в організм або в живильне середовище чи їжу перед опроміненням зменшує вплив іонізуючого випромінювання.

**Радіотоксемія** — отруєння організму радіоактивними речовинами.

**Ре...** (від лат. *re*) — префікс, що означає зворотну або повторну дію, наприклад, реанімація — оживлення організму, ревакцинація — повторне щеплення.

**Редукціонізм** (від лат. *reductio*) — методологічний принцип, згідно з яким складні явища можна пояснити на основі законів, що стосуються менш складних явищ (наприклад, пояснення біологічних явищ на основі фізичних і хімічних законів, а соціальних — з допомогою біологічних тощо).

**Релікт** (від лат. *relictum* — залишок) — рослинний або тваринний організм, який зберігся на певній території з минулих геологічних часів.

**Рентген** — позасистемна одиниця дози рентгенівського випромінювання або гамма-випромінювання; доза, яка спричиняє в 1 см<sup>3</sup> повітря (0,001293 г) за нормальних умов утворення іонів, сумарний електричний заряд одного знака яких становить одну електростатичну одиницю електрики (3–10<sup>9</sup> од. CGSE = 1 кулон).

**Рівень радіоактивності** — сумарна інтенсивність саморозпаду радіоактивних елементів у середовищі. Вимірюється в бекерелях або кюрі.

**Сапро...** — у складних словах відповідає поняттю “гнилий”.

**Сапрофаги** — тварини, які живляться органічними речовинами, що розкладаються (наприклад, жуки-гноювики).

**Сапрофіти** — рослини, що використовують для живлення органічні сполуки з решток рослин і тварин. Сапрофітів багато серед бактерій, грибів, деяких видів водоростей.

**Седиментація** (від лат. *sedimentum* — осідання) — сукупність процесів нагромадження відкладів у водному середовищі (озерах, річках).

**Сейсмо...** — у складних словах відповідає поняттям “землетрус”, наприклад, сейсмологія — наука, що вивчає землетруси.

**Селекція** (від лат. *selectio* — відбір) — виведення нових і поліпшення існуючих сортів сільськогосподарських рослин і тварин, у тому числі мікроорганізмів.

**Середня доза опромінення** — середня кількість енергії, що надійшла в організм внаслідок тривалої нерівномірної дії іонізуючого випромінювання.

**Симбіоз** (від грецьк. *symbiosis* — співжиття) — форма співжиття організмів різних видів, яка забезпечує їм взаємну вигоду (наприклад, співжиття раків-самітників з актиніями).

**Символ** — умовне позначення будь-якого предмета, поняття або явища.

**Синекологія** — розділ екології, що вивчає життя угруповань різних видів організмів. Синекологія — екологія суспільств, тоді як екологію індивідуальних організмів (осіб) вивчає *аутоекологія*.

**Синергізм** — явище посилення певної дії за участі двох компонентів, наприклад, двох каталізаторів або групи м'язів, що діють в одному напрямі.

**Синтез** — метод вивчення предмета в цілісності, єдності та взаємозв'язку його частин. У процесі пізнання пов'язаний з *аналізом*.

**Система** (від грецьк. *sustema* — разом) — 1) сукупність принципів, покладених в основу певного вчення (систематичні знання); 2) сукупність взаємозумовлених об'єктів чи явищ, що становить єдине ціле; 3) сукупність частин, пов'язаних спільною функцією (наприклад, серцево-судинна система).

**Смог** (від англ. *smog, smoke* — дим і *fog* — імла) — густий туман, імла, що утворюється при змішуванні диму (вихлопів автотранспорту, промислових газів) з повітрям. Смог є наслідком порушення екологічних норм у великих містах.

**Соматична дія випромінювання** — вплив іонізуючого випромінювання на біологічний об'єкт без наслідків для майбутніх поколінь (див. *Генетична дія випромінювання, тератогенна дія випромінювання*).

**Сорбція** (від лат. *sorbeo* — поглинаю) — поглинання твердими тілами або рідинами (сорбентами) газів, пари та розчинених речовин (див. *Адсорбція* і *Абсорбція*).

**Софізм** — навмисний хибний умовивід, який має видимість істинного.

**Соціальний** (від лат. *socialis* — громадський) — суспільний, громадський; той, що стосується суспільного ладу.

**Спекулятивний** (від лат. *specular* — споглядаю) — умоглядний, абстрактний висновок, що базується на апріорних припущеннях і не враховує досвіду практики.

**Спонтанний** (від лат. *spontanues* — довільний) — той, що виникає не під впливом зовнішніх дій і причин, а внаслідок внутрішніх причин, наприклад радіоактивний розпад атомів.

**Спори** — мікроскопічні одноклітинні, рідше багатоклітинні зачатки рослинних організмів, що служать для розмноження рослин. Спори довго зберігаються навіть за несприятливих умов.

**Стандарт** (від англ. *standard*) — норма, зразок, мірило; тип виробів, що відповідає певним вимогам за якістю, хімічним складом, фізичними властивостями, розмірами тощо.

**Стихія** — явище природи, що має характер нездоланної сили (землетрус, шторм, ураган тощо); у переносному розумінні — звичайне середовище для людини, звична обстановка.

**Стратегія** (від англ. *strategy*) — загальний план, методика керування.

**Стрес** (від англ. *stress* — напруження) — стан організму, що виникає у відповідь на дію несприятливих зовнішніх або внутрішніх факторів (стресорів).

**Суб...** (лат. *sub...*) — префікс, що означає розміщення під чимось, підпорядкованість, наприклад, субатомний — дрібніший за атом.

**Субстанція** (від лат. *substantia* — сутність) — незмінна основа чого, протилежна мінливому і випадковому.

**Субстрат** (від лат. *substratum* — підстилка) — 1) живильна речовина, на якій розвиваються мікроорганізми; 2) загальна, єдина пасивна основа різноманітних явищ; 3) речовина або предмет.

**Суб'єкт** (від лат. *subiectum*) — 1) носій певного роду діяльності; 2) джерело активності, спрямованої на *об'єкт*; 3) особа або організація, що має певні права й обов'язки; 4) частина судження, що є поняттям про предмет, на який спрямовано думку.

**Сукцесія** (від лат. *successia* — послідовність, зміна) — послідовне відновлення рослинного покриву після вирубки, пожеж, кар'єрних робіт. Діяльність, що сприяє збереженню навколишнього середовища.

**Супер...** (від лат. *super...*) — префікс, що означає вищість, найвищу якість, посилену дію, наприклад, супереліта — найбільш високоякісне насіння культури для засівання елітних площ.

**Теорія** (від грецьк. *teoria* — розгляд, дослідження) — 1) логічне узагальнення практичного досвіду; 2) система вірогідних наукових знань про якусь сукупність об'єктів, яка описує, пояснює й прогнозує явища певної предметної галузі. Теорія є найдосконалішою формою наукового відображення дійсності.

**Теплота згоряння** — фізична величина, що характеризує кількість енергії, яка виділяється під час згоряння певної маси чи об'єму речовини (палива).

**Тепловідільний елемент (ТВЕЛ)** — елемент конструкції ядерного реактора, що складається з каналів, через які забезпечується відведення енергії, що виділяється під час ядерних реакцій. Має форму циліндрів, пластин тощо, які монтуються у спеціальні блоки.

**Тератогенна дія випромінювання** — вплив випромінювання на ембріон, що може спричинити порушення зародкового розвитку організму (див. *Генетична дія випромінювання, соматична дія випромінювання*).

**Термо...** — у складних словах відповідає поняттям “температура”, “тепло”.

**Термін** (від лат. *terminus*) — слово або словосполучення, що виражає певне поняття з якоїсь сфери науки, техніки, мистецтва, суспільного життя тощо; у логіці — складова судження (суб'єкт і предикат) чи силогізму.

**Термодинаміка** — розділ фізики, що вивчає і адекватно відображає процеси, пов'язані зі взаємоперетворенням форм енергії (біологічної, механічної, теплової та ін.).



**Термофіли** — організми, які розвиваються за високої (іноді до 100 °С) температури. Протилежні термофілам — термофоби, для більшості яких верхня межа температури середовища становить +10 °С.

**Техно...** — у складних словах відповідає поняттю “технологічний” (наприклад, техноекономічний).

**Техногенне радіаційне забруднення** — забруднення довкілля, яке виникає внаслідок дії промислових підприємств.

**Тимчасово допустимі рівні** — допустимі рівні радіоактивного чи іншого забруднення на території, що постраждала від аварії.

**Транс...** (від лат. *trans*) — префікс, що означає: “крізь”, “через”, “за”, “пере”, “по той бік”, наприклад трансконтинентальний.

**Трансгресія** — наступ моря на суходіл (протилежне поняття — регресія).

**Транспірація** — фізіологічний процес випаровування води живими рослинами.

**Трансуранові елементи** — хімічні радіоактивні елементи, розміщені в періодичній сучасній системі елементів після урану, тобто з атомним номером, вищим від 92: нептуній, плутоній, кюрій, америцій та ін. (понад 20). Усі вони штучно синтезовані за допомогою ядерних реакцій і в природі не зустрічаються.

**Тривіальний** (від лат. *trivialis* — перехрестя шляхів) — звичайний, позбавлений оригінальності.

**Тропосфера** — нижня частина атмосфери: до 10 км у помірних широтах і до 18 км біля екватора.

**Турбуленція** (від лат. *turbulentia* — вирування, обертання навколо осі) — хаотичний рух рідини або газу; в атмосфері — випадкові різкі зміни напрямку й швидкості частинок повітря.

**Ультра...** (від лат. *ultra* — за, понад, по той бік) — префікс, що означає “над”, “крайній”, “за межами”, наприклад, ультрамікроби — найдрібніші мікроби, невидимі у звичайний оптичний мікроскоп.

**Ультрафіолетове проміння** — невидиме оком людини електромагнітне проміння. Займає проміжне місце між видимим і рентгенівським промінням. Інша назва — ультрафіолет.

**Умовне паливо** — в техніко-економічних розрахунках одиниця, що служить для порівняння теплової цінності різних видів органічного палива. Теплота згоряння 1 кг твердого умовного палива (або 1 м<sup>3</sup> газу) 29,3 МДж (7000 ккал).

**Уні...** (від лат. *unus* — один) — у складних словах означає “єдино”, “одно”, наприклад, уніваленти — поодинокі, неспарені хромосоми в першому поділі.

**Унітарний** (від лат. *unitas* — єдність) — єдиний; той, що становить єдине ціле.

**Урбанізація** (від лат. *urbanus* — міський) — процес зростання міст і підвищення їх ролі в економічному й культурному житті суспільства.

**Устрій технологічний** — якісний рівень виробництва, що встановлюється стандартами Світової організації торгівлі (СОТ) і періодично оновлюється. До 5-го устрою належить мікроелектроніка, 6-го — біотехнології, 7-го — нанотехнології.

**Утилізація** (від лат. *utilis* — корисний) — використання чогось для переробки; економічно й екологічно доцільне застосування відходів, залишків у господарстві.

**Фактор, чинник** (від англ. *factor*) — рушійна сила, причина будь-якого процесу, явища.

**Фауна** (від лат. *fauna*) — тваринний світ; сукупність тварин, що населяє нині чи населяла колись певну територію.

**Фен** — сухий, теплий вітер, що дме з гір у долини.

**Феномен** — 1) виняткове, незвичайне, рідкісне явище; 2) явище, яке дано нам у досвіді, сприйняте органами чуттів.

**Фенотип** — сукупність ознак і властивостей організму, що сформувалися у процесі його індивідуального розвитку. Визначається спадковою основою організму і умовами, в яких відбувається його розвиток.

**Ферменти** (від лат. *fermentum* — закваска) — специфічні органічні каталізатори — білкові речовини, які зумовлюють біохімічні перетворення в організмах у процесі обміну речовин. Інша назва — *ензими*.

**Фертильність** (від лат. *fertilis* — плідючий) — здатність зрілого організму давати потомство.

**Фіто...** — у складних словах вказує на зв'язок з поняттям “рослина”.

**Фітонциди** — бактерицидні речовини, що утворюються багатьма вищими рослинами (цибуля, часник, хрін, цитрусові тощо). Використовуються для лікування дизентерії, інфікованих ран і опіків тощо.

**Фітопланктон** — сукупність рослин, переважно водоростей, що вільно плавають у товщі прісних або морських водойм і є цінним кормом для багатьох дрібних організмів і риб.

**Флора** (від лат. *Flora* — богиня квітів) — 1) сукупність видів рослин, що населяють певну територію; 2) флора кишкова — сукупність бактеріальних видів, що населяють кишечник людини і тварин.

**Флотація** (від англ. *floatation* — плавання) — промисловий метод збагачення корисних копалин (руд, палива), що ґрунтується на відокремленні руди від пустої породи у спеціальних апаратах, де частинки руди спливають на поверхню води під дією спеціальних хімічних добавок, а частинки породи залишаються на дні.

**...фоб, ...фобія** — у складних словах відповідає поняттям “нетерпимість”, “боязнь”, наприклад, гідрофобія — страх води.

**Фон природний** — будь-яке випромінювання з космосу та від природних радіоактивних матеріалів.

**Фотоліз** — розклад хімічних сполук унаслідок дії на них світла.

**Фотон** (від грецьк. *fotos* — світло) — частинка світла, порція електромагнітного проміння будь-якої частоти. Фотон називають також квантом (квант світла, гамма-квант тощо).

**Фотосинтез** — процес утворення зеленими рослинами органічних речовин з вуглекислого газу (діоксиду вуглецю —  $\text{CO}_2$ ) і води з допомогою поглинання енергії сонячного світла хлорофілом. Фотосинтез — початок життєдайних процесів у біосфері Землі.

**Футурологія** (від лат. *fiturum* — майбутнє) — галузь науки, що досліджує розвиток і перспективи соціальних процесів, комплекс соціального прогнозування.

**Хемі..., хемо...** (від лат. *chemia* — хімія) — у складних словах відповідає поняттям “хімія” або “хімічний процес”. Хемосинтез — процес утворення органічних речовин живими істотами з діоксиду вуглецю та інших неорганічних речовин без участі енергії світла (пор.: *Фотосинтез*). Хемосинтез властивий певним видам бактерій.

**Хемосорбція** — різновид сорбції, коли між сорбентами і речовиною, що поглинається, утворюється міжатомний хімічний зв'язок.

**Хімічний елемент** (від лат. *elementum* — первісна речовина) — вид атомів, які характеризуються однаковим електричним зарядом ядра (однакова кількість протонів) та сукупністю однакових властивостей.

**Хлорофіл** — зелений пігмент, що міститься у хлорофілоносних клітинах рослин — філодермі. Хлорофіл є продуцентом вуглеводів у процесі фотосинтезу.

**Хромогени** — безбарвні речовини клітин організму людини, тварин і рослин, що набувають забарвлення при окисненні у процесі дихання.

...хтони — у складних словах означає “місцеві”, “корінні” — наприклад, автохтони — організми, що живуть там, де вони виникли у процесі еволюції.

**Целюлоза** (від лат. *cellula* — комірка) — високомолекулярний природний вуглевод, утворюваний фотосинтезом; основна складова оболонки рослинних клітин. Інша назва — *клітковина*. Широко використовується у виробництві хімічних волокон (віскоза), плівок (целюфан), пластмас (целюлоїд) і вибухових речовин (бездимний порох).

...ценоз — у складних словах відповідає поняттю “сукупність”, наприклад біогеоценоз.

**Цивілізація** (від лат. *civilis* — гідний, вихований) — 1) будь-яка форма існування живих істот, наділених розумом; 2) історичний тип культур, локалізованих у часі й просторі, наприклад давні цивілізації Єгипту, Месопотамії, Індії; 3) рівень суспільного розвитку і матеріальної культури (який визначається розвитком продуктивних сил), досягнутий певною суспільно-економічною формацією.

...цид (від лат. *caedo* — вбиваю) — у складних словах відповідає поняттю “знищення”, наприклад геноцид.

**Цикло...** — у складних словах відповідає поняттям “круг”, “коло”, наприклад, циклопарафіни — вуглеводневі сполуки ( $C_nH_{2n}$ ), ланцюжок вуглець-вуглецевих зв’язків яких має вигляд кола.

...цити — у складних словах відповідає поняттю “клітина”, наприклад лейкоцити.

**Цунамі** (яп.) — великі хвилі, що виникають на поверхні океану під час підводних землетрусів; спостерігаються переважно біля берегів Тихого океану.

**Чутливість приладу** — мінімальний рівень параметра, який можна виміряти цим приладом.

**Шельф** (від англ. *shelf* — уступ) — мілководна прибережна частина дна морів і океанів, яка в деяких країнах використовується для добування корисних копалин, особливо нафти (Англія, Норвегія).

**Штам** (від нім. *Stamm* — рід, плем’я) — чиста культура мікроорганізмів, виділена з якогось середовища.

**Юстиція** (від лат. *justitia* — справедливість) — сукупність судових установ, діяльність суду щодо здійснення правосуддя, а також судове відомство.

**Ядерна ланцюгова реакція** — реакція поділу атомних ядер важких хімічних елементів (наприклад, урану, плутонію) під дією ней-

тронів, кількість яких збільшується після кожного акту поділу ядер, що зумовлює ланцюгове прирощення кількості ядер, що діляться.

**Ядерна реакція** — перетворення атомних ядер у процесі їх взаємодії з елементарними частинками або іншими ядрами.

**Ядерний паливний цикл** — комплекс виробничих процесів, пов'язаних з виготовленням, експлуатацією, транспортуванням та утилізацією радіоактивних матеріалів.

**Ядерний реактор** — пристрій для здійснення керованої ланцюгової ядерної реакції поділу.

**Ядерні відходи** — речовини і матеріали, що стали радіоактивними внаслідок функціонування ядерного паливного циклу, не підлягають подальшому використанню і потребують довічної герметичної ізоляції.

**Ядерне паливо** — 1) природне ядерне паливо — ізотоп урану (уран-235); 2) вторинне ядерне паливо — штучно отримане у ядерному реакторі — ізотопи плутонію (плутоній-239) і урану (уран-233).

**Ядро атома** — позитивно заряджена центральна частина атома, де сконцентрована практично вся маса атома. Складається з протонів та нейтронів (нуклеонів). Кількість протонів визначає електричний заряд ядра атома і порядковий номер атома в Періодичній системі елементів.

МАУП

## Список використаної та рекомендованої літератури

---

---

1. *Авраменко С. Х., Гуляев В. М., Волошин М. Д.* Екологія міських систем та основних виробництв промисловості. — Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007. — 420 с.
2. *Акимова Т. А., Хаскин В. В.* Экология: Учеб. для вузов. — М.: ЮНИТИ, 1998. — 455 с.
3. *Анісімов О. Л.* Куренівський Апокаліпсис. Київська трагедія 13 березня 1961 року в фотографіях, документах, спогадах... — К.: Факт, 2000. — 90 с.
4. *Батлук В. А.* Основи екології: Підручник. — К.: Знання, 2007. — 519 с.
5. *Белл Д.* Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования: Пер. с англ. — М.: Academia, 1999. — 956 с.
6. *Бжезінський Зб.* Вибір: світове панування чи світове лідерство / Пер. з англ. А. Іщенко. — К.: Вид. дім “Києво-Могилянська академія”, 2006. — 203 с.
7. *Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С.* Основи екологічних знань: Пробн. мас. підр. — К.: Либідь, 2000. — 336 с.
8. *Біляцький С., Ярова Н.* Майбутні економічні та соціальні проблеми людства // Економіст. — 2007. — № 7. — С. 70–73.
9. *Бойчук Ю. Д., Солошенко Е. М., Бугай О. В.* Екологія і охорона навколишнього середовища: Навч. посіб. — 4-те вид., випр. і допов. — Суми: Універс. книга, 2007. — 316 с.
10. *Бродский А. К.* Краткий курс общей экологии: Учеб. пособие. — СПб.: ДЕАН. 1999. — 224 с.
11. *В. П. Семиноженко, П. М. Канило, В. Н. Остапчук, А. И. Ровенский.* Энергия. Экология. Будущее. — Х.: Прапор, 2003. — 464 с.
12. *Гантингтон Семюел П.* Протистояння цивілізацій та зміна світового порядку / Пер. з англ. Н. Климчук. — Львів: Кальварія, 2006. — 474 с.
13. *Гиббс У.* Энергетика будущего // В мире науки. — 2007. — № 1. — С. 76–85.

14. *Грабак Н. Л.* Сучасні екологічні проблеми та шляхи їх подолання: Навч. посіб.: У 2 т. — Миколаїв: МДГУ ім. П. Могили, 2007. — Т. 1 — 348 с.
15. *Гумилев Л. Н.* Этногенез и биосфера Земли. — М.: Айрис-пресс, 2004. — 560 с.
16. *Дерій С. І., Глюха В. О.* Екологія. — К.: Вид-во Фітосоціолог. центру, 1998. — 196 с.
17. *Дольник В. Р.* Непослушное дитя биосферы: Беседы о человеке в компании птиц и зверей. — М.: Педагогика-Пресс, 1994. — 208 с.
18. *Екологія* / Н. М. Чернова, А. М. Білова. — К.: Вища шк., 1986. — 231 с.
19. *Екологія в будівництві: Навч. посіб.* / За ред. Р. А. Кизими. — Х.: Бурун Книга, 2007. — 224 с.
20. *Задорський В.* Діоксини — опудало чи реальна загроза? // Укр. техн. газ. — 2008. — № 17. — Травень (а також “Сага про сміття”, УТГ, № 6, лютий 2008).
21. *Злобін Ю. А.* Основи екології. — К.: Лібра, 1998. — 248 с.
22. *Зубець О. П.* “Одной любви музыка уступает...” // Этическая мысль: Науч.-публицист. чтения / Редкол.: А. А. Гусейнов и др. — М.: Политиздат, 1990.— 480 с.
23. *Иванов В. Б., Мамонтов Н. Ф.* Цивилизация и экология (проблемы XX–XXI вв.). — Чернигов: Десн. правда, 2003. — 72 с.
24. *Кларк А.* Черты будущего. — М.: Мир, 1966. — 287 с.
25. *Козин Л. Ф., Волков С. В.* Современная энергетика и экология: проблемы и перспективы. — К.: Наук. думка, 2006. — 773 с.
26. *Комиссаров Г. Г.* Новое уравнение фотосинтеза // Химия и жизнь. — 2008. — № 2. — С. 20–23.
27. *Кон И. С.* Психология ранней юности: Кн. для учителя. — М.: Просвещение, 1989. — 255 с.
28. *Кон И. С.* Сексуальная культура XXI века // Педагогика. — № 4. — 2003. — С. 3–15.
29. *Кон И. С.* Сексуальность и нравственность // Этическая мысль: Науч.-публицист. чтения / Редкол.: А. А. Гусейнов и др. — М.: Политиздат, 1990.— 480 с.
30. *Корсак К.* Педагогіка нового століття // Рідна школа. — 2001. — № 10. — С. 13–16.
31. *Корсак К.* Приховані небезпеки статевої освіти // Освіта і управління. — 2003. — № 1. — С. 162–169.

32. *Корсак К.* Проблемы педагогики и перспективы их решения в новом тысячелетии // Нар. образование. — 2002. — № 2. — С. 44–54.
33. *Корсак К. В.* Де, коли і чому вибухне чергова “іммігрантська бомба”? // Наук. світ. — 2007. — № 7. — С. 2–4.
34. *Корсак К. В.* На шляху до розуміння природи емоції кохання // Наук. світ. — 2000. — № 6. — С. 36–38.
35. *Корсак К. В.* Нанооснови епохи альтруїзму // Політика і час. — 2005. — № 12. — С. 82–88.
36. *Корсак К. В.* Нова філософська парадигма педагогіки ХХІ століття та імператив виховання альтруїзму // Нова парадигма. — 2006. — Вип. 53. — С. 23–31.
37. *Корсак К. В.* Освіта, суспільство, людина в ХХІ столітті: інтегрально-філософський аналіз: Монографія. — К.; Н.: Вид-во НДПУ ім. М. Гоголя, 2004. — 224 с.
38. *Корсак К. В.* Про невиправдано довгий шлях до термоядерного реактора // Науковий світ. — 2006. — № 12. — С. 2–3
39. *Корсак К. В., Плахотник О. В.* Основи сучасної екології. — К.: МАУП, 2004. — 340 с.
40. *Кривилева С. П., Лопухина О. А.* Основы экологии. — Х.: НТУ ХПИ, 2006. — 110 с.
41. *Крисаченко В. С.* Людина і біосфера: основи екологічної антропології: Підручник. — К.: Заповіт, 1998. — 688 с.
42. *Лем С.* Сумма технологий. — М.: Мир, 1968 — 607 с.
43. *Лещук И.* Экология духа. — Черкассы: Смирна, 2006. — 376 с.
44. *Лоренц К.* Обратная сторона зеркала: Пер. с нем. — М.: Республика, 1998. — 393 с.
45. *Макаров Р. Н.* Человек и цивилизация в свете наук ХХІ столетия. — М.; Кировоград, 2006. — 1153 с.
46. *Маттик Д.* Тайны программирования сложных организмов // В мире науки. — 2005. — № 1. — С. 28–35.
47. *Медоуз Д. Х., Медоуз Д. Л., Рандерс И.* За пределами роста. — М.: Прогресс, Пангея, 1994. — 182 с.
48. *Медоуз М. Х., Медоуз Д. Л., Рэндерс И., Беренс В. В. III.* Пределы роста. Доклад по проекту Римского клуба “Сложное положение человечества”. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. — 207 с.
49. *Межжерин В.* Книга для разума: Вселенная. Экология. Культура. Ноосфера. — К.: Логос, 2004. — 283 с.
50. *Навколишнє природне середовище — 2007: актуальні проблеми екології та гідрометеорології; інтеграція освіти і науки: Тези*



- доп. II міжнар. н.-пр. конф., 28–28 вересня 2007 р. — Одеса: Одес. держ. екол. ун-т, 2007. — 324 с.
51. *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2000 році.* — К.: Вид-во Раєвського, 2001. — 184 с.
  52. *Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2005 році.* — К.: МУПНССЗННЧК, МОПС, НАН, 2006. — 241 с.
  53. *Некос А. Н., Багрова Л. О., Клименко М. О.* Екологія людини: Підручник. — Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2007. — 336 с.
  54. *Огудин В. Л.* Сакральная экология. Формы религиозно-экологического мировоззрения. — К.: Киев. екол.-культ. центр, 2003. — 152 с.
  55. *Ошалом Д., Хэнсон Р., Эпстейн Р.* Алмазы для спинтроники // В мире науки. — 2008. — № 1. — С. 54–61.
  56. *Палмер Дж., Палмер Л.* Эволюционная психология. Секреты поведения Homo sapiens. — СПб.: праймЕВРОЗНАК, 2003. — 384 с.
  57. *Перепелкин К. Е.* Волокна и пленки из микробных полимеров // Химия и жизнь. — 2007. — № 2. — С. 18–21.
  58. *Петренко Е., Захарова Т., Петренко К.* Финансовая экология современной российской школы // Нар. образование. — 2007. — № 10. — С. 169–174.
  59. *Підласий І.* Виклики життя і виховання молоді // Відкритий урок. — 2008. — № 1-2. — С. 19–21
  60. *Правоторов Г. В.* Зоопсихология для гуманитариев: Учеб. пособие. — Новосибирск: ЮКЭА, 2001. — 392 с.
  61. *Психологическая энциклопедия.* — 2-е изд. / Под ред. Р. Корсини, А. Ауэрбаха. — СПб.: Питер, 2003. — 1096 с.
  62. *Пшійнько О. М. та ін.* Екологія житла. Радіоактивність житла: Навч. посіб. / О. М. Пшійнько, Л. Ф. Долина, О. М. Пристинська. — Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. транспорту ім. В. Лазаряна, 2007. — 176 с.
  63. *Совгіра С. В.* Методика навчання екології. — К.: Наук, світ, 2007. — 450 с.
  64. *Статистичний щорічник України за 2006 рік* / За ред. О. Г. Осауленка. — К.: Державний комітет статистики України, 2007. — 551 с.
  65. *Тоффлер Е.* Третя хвиля / Пер. з англ. за ред. В. Шовкуна. — К.: Всесвіт, 2000. — 475 с.

66. *Троицкая Т. Я.* Экология древних и современных обществ: Учеб. пособие для ист. фак. — Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2000 — 139 с.
67. *Трофимов Е. А., Осминин К. А., Пятыхин Д. А.* Экология: Учеб. пособие. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2000. — 65 с.
68. *Український прорив* ([www.kraina.org.ua](http://www.kraina.org.ua)) 10.05.2008.
69. *Уэбстер Ф.* Теории информационного общества. — М.: Аспект Пресс, 2004. — 400 с.
70. *Францевич Л. И., Гайченко В. А., Крыжановский В. И.* Животные в радиоактивной зоне. — К.: Наук. думка, 1991. — 128 с.
71. *Фукуяма Ф.* Наше постчеловеческое будущее: Последствия биотехнологической революции / Пер. с англ. М. Б. Левина — М.: ЛЮКС, 2004. — 349.
72. *Хамитов Н.* Пределы мужского и женского: Введение в метаантропологию. — К.: Наук. думка, 1997. — 175 с.
73. *Хатуль Л.* Нано и само // Химия и жизнь. — 2006. — № 10. — С. 52–55.
74. *Ходанов М.* Сексуальная революция в российской школе. не пора ли остановиться? // Нар. образование. — 2007. — № 9. — С. 247–251
75. *Царенко О. М., Несветов О. О., Кадацький М. О.* Основи екології та економіка природокористування: Курс лекцій. Практикум: Навч. посіб. — 3-те вид., переробл. і допов. — Суми: Універс. кн., 2007. — 592 с.
76. *Шилов И. А.* Экология: Учеб. для биол. и мед. спец. вузов. — 3-е изд., стер. — М.: Высш. шк., 2001.—512 с.
77. *Шматько В. Г., Нікітін Ю. В.* Екологія і організація природоохоронної діяльності: Навч. посіб. — К.: КНТ, 2006. — 304 с.
78. *Экология: Хрестоматия для студентов пед. вузов / Сост. Д. Л. Теплый, Э. И. Бесчетнова.* — Астрахань: Изд-во Гос. пед. ун-та, 2000. — 256 с.
79. *Этциони А.* От империи к сообществу: новый подход к международным отношениям / Пер. с англ. под ред. В. Л. Иноземцева. — М.: Ладомир, 2004. — 384 с.
80. *Яницкий О. Н.* Экологическая культура. Очерки взаимодействия науки и практики: Монография / РАН; Ин-т социологии. — М.: Наука, 2007. — 271 с.
81. *Gaudin Th.* 2100 recit du prochain siecle. — Paris, Editions Payot, 1990. — 600 p.

82. *Nanotechnologie*. Un article de Wikipédia, l'encyclopédie libre: <http://fr.wikipedia.org/wiki/Nanotechnologie> (5.05–2008)
83. *Nanotechnology*. From Wikipedia, the free encyclopedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Nanotechnology> 5–05–2008
84. *Renaud J.* La chimie d'amour // Science et vie. — 1983, juin. — № 789. — P. 18–25, 170, 172.
85. *Rifkin J.* Europa przyszloscia swiata // Polityka. — 2005. — № 45, 12 listopada. — S. 60–64.



# Зміст

<b>Вступ</b> .....	3
<b>Розділ 1. Яким є сучасний світ і як він еволюціонує</b> .....	10
1.1. Сьогодення та його корені в минулому .....	10
1.2. Головні світові процеси і тенденції розвитку людства .....	21
1.3. Справжні та несправжні нанотехнології .....	37
1.4. Короткий аналіз 75 загальнопланетарних явищ і процесів.....	46
<b>Розділ 2. Екологія на зламі тисячоліть</b> .....	83
2.1. Наука чи гасло?.....	83
2.2. Примхи розвитку екології.....	85
2.3. Структура і проблеми сучасної екології.....	87
2.4. Об'єкти дослідження і основні поняття екології.....	91
2.5. Поняття “закон” у природничих і гуманітарних науках.....	92
2.6. Найзагальніші закони сучасної екології.....	94
<b>Розділ 3. Головні закони ауто- і демекології</b> .....	100
3.1. Вступ до аутоекології (екології особини) .....	100
3.2. Основні закони аутоекології .....	101
3.3. Популяція та її основні характеристики .....	106
3.4. Основи теорії динаміки популяцій.....	110
3.5. Головний закон розвитку популяції: зростання ⇒ колапс ⇒ стабілізація.....	112
<b>Розділ 4. Екологічні закони для великих систем</b> .....	119
4.1. Енергія у біосфері .....	119
4.2. Енергія у техносфері.....	125
4.3. Основи синекології.....	131
4.3.1. Взаємодія особин одного виду .....	131
4.3.2. Взаємодія особин різних видів .....	132
4.3.3. Синекологія про взаємодію видів .....	135
4.3.4. Головні закони синекології та Біосфера-1 (біосфера Землі) .....	137

<b>Розділ 5. Люди і потреби. Природні ресурси.....</b>	<b>151</b>
5.1. Характеристики “середніх” чоловіка і жінки .....	151
5.2. Про потреби людини.....	154
5.3. Світовий “демографічний вибух” .....	157
5.4. Людність світу: стан і прогнози .....	161
5.5. Демографічна катастрофа в Україні.....	168
5.6. Ресурси планети і потреби людства .....	170
5.6.1. Поняття “ресурси”.....	171
5.6.2. Природні ресурси .....	172
5.6.3. Генеза використання енергетичних ресурсів .....	173
5.6.4. Енергетичні ресурси Землі та України .....	177
5.6.5. Земельні та водні ресурси Землі.....	179
5.6.6. Мінеральні ресурси планети .....	185
5.6.7. Невідновлювані мінеральні ресурси України .....	188
<b>Розділ 6. “Вибух” забруднень і потенційний колапс</b>	
<b>людства.....</b>	<b>195</b>
6.1. Забруднення та їх класифікація .....	195
6.2. Концентрації та рівні забруднення.....	198
6.3. Забруднювачі та масштаби забруднення.....	202
6.4. Проблеми атмосфери.....	208
6.4.1. Чому сучасний варіант атмосфери є ідеальним .....	208
6.4.2. Екологічна оцінка природної атмосфери.....	213
6.4.3. “Озонова діра” – сигнал небезпеки .....	216
6.4.4. Проблема техногенного перегрівання атмосфери ...	219
6.4.5. Глобальне забруднення атмосфери.....	222
6.4.6. Проблема забруднення атмосфери жителів.....	227
6.4.7. Стан атмосфери в Україні.....	230
<b>Розділ 7. Людина і гідросфера Землі .....</b>	<b>237</b>
7.1. Ще раз про особливості води та їх значення.....	237
7.2. Яка вода потрібна живим організмам.....	240
7.3. Забруднювальні агенти у воді .....	242
7.4. Забруднювачі води.....	246
7.5. Якість води в Україні. Забруднення поверхневих і підземних вод .....	249
<b>Розділ 8. Ґрунти: деградація, забруднення, сміття.....</b>	<b>257</b>
8.1. Причини різної родючості ґрунтів.....	257
8.2. Деградація і поліпшення ґрунтів.....	260
8.3. Забруднювачі та забруднення ґрунтів.....	266

8.4. Пестициди — від pestis, що означає “чума”.....	268
8.5. Вплив пестицидів на екосистеми і людину.....	270
8.6. Проблема сміття.....	274
8.7. Сміття і тверді відходи в Україні.....	275
<b>Розділ 9. Радіаційний фон і забруднення.....</b>	<b>283</b>
9.1. Радіонукліди та іонізуюче випромінювання.....	283
9.2. Природні та штучні радіонукліди.....	285
9.3. Характеристики джерел випромінювання.....	288
9.4. Біологічна дія іонізуючого випромінювання.....	290
9.5. Основи дозиметрії.....	292
9.6. Біологічний вплив малих доз.....	295
<b>Розділ 10. Уроки Чорнобиля.....</b>	<b>304</b>
10.1. Розвиток ядерної енергетики.....	304
10.2. Про четвертий реактор ЧАЕС до його вибуху.....	308
10.3. Експериментатори і реактор.....	312
10.4. Радіонукліди і політики.....	315
10.5. Радіонуклідне забруднення.....	319
10.6. Екологічні наслідки катастрофи на ЧАЕС.....	322
<b>Розділ 11. Екологія і сценарії майбутнього.....</b>	<b>328</b>
11.1. Еволюція наукових прогнозів.....	328
11.2. Застосовність до людства законів природи.....	330
11.3. Прогнози майбутнього на зламі сторіч.....	335
11.4. Перспективи спільного порятунку.....	339
11.4.1. Традиційне бачення.....	339
11.4.2. Дискусійні пропозиції.....	346
<b>Словник найуживаніших термінів.....</b>	<b>360</b>
<b>Список використаної та рекомендованої літератури.....</b>	<b>390</b>

In a training manual at first in ecological literature of Ukraine offered and researched the real way of liquidation of threats to existence of humanity and providing of its constant development which refers to creation and clever use of nano-, piko- and femtotekhnologies, that substantially differ the manual from existed researches of scientists.

For the students of higher educational establishments, and also for all, who is interested in the problem of ecological safety of humanity in the future.

Навчальне видання

**Корсак Костянтин Віталійович**

**Плахотнік Ольга Василівна**

## **ОСНОВИ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЇ**

*Навчальний посібник*

6-те видання, доповнене

Educational edition

**Korsak, Kostyantyn V.**

**Plachotnik, Olga V.**

## **MODERN ECOLOGY PRINCIPLES**

*Educational manual*

6th edition supplemented

Відповідальний редактор *М. В. Дроздецька*

Редактор *Т. Д. Станішевська*

Коректор *Т. М. Федосенко*

Комп'ютерне верстання *Т. Г. Замура*

Оформлення обкладинки *Д. В. Кругленко*

Підп. до друку 10.07.08. Формат 60×84/16. Папір офсетний. Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. 23,72. Обл.-вид. арк. 25,4. Наклад 1200 пр.

Міжрегіональна Академія управління персоналом (МАУП)  
03039 Київ-39, вул. Фрометівська, 2, МАУП

ДП «Видавничий дім «Персонал»  
03039 Київ-39, просп. Червонозоряний, 119, літ. XX

*Свідоцтво про внесення до Державного реєстру  
суб'єктів видавничої справи ДК № 3262 від 26.08.08*