

МІЖРЕГІОНАЛЬНА  
АКАДЕМІЯ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ



**К. В. Корсак, О. В. Плахотнік**  
**ОСНОВИ СУЧАСНОЇ**  
**ЕКОЛОГІЇ**

*Навчальний посібник*

4-те видання, перероблене і доповнене

*Рекомендовано*  
*Міністерством освіти України*

Київ 2004

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 25.05.04)*

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

**Корсак К. В., Плахотнік О. В.**

К69      Основи сучасної екології: Навч. посіб. — 4-те вид., перероб. і допов. — К.: МАУП, 2004. — 340 с.: іл. — Бібліогр.: с. 332–336.

ISBN 966-608-482-1

У пропонованому посібнику стисло, послідовно і нестандартно розглянуто особливості сучасної стадії еволюції людства, доведено необхідність переходу до нових засад життєзабезпечення людства, викладено основи сучасних уявлень про цілі та методи екології, її найголовніші теоретичні положення і закони, локальні та глобальні проблеми, які вона покликана вирішити з метою забезпечення виживання людства та його стійкого розвитку. Розглянуто причини екологічних негараздів в Україні та можливості їх подолання.

Для студентів коледжів, технікумів та вищих навчальних закладів, а також для всіх, хто цікавиться сучасними уявленнями про шляхи підвищення безпеки і якості життя.

**ББК 20.1я7**

© К. В. Корсак, О. В. Плахотнік, 2002

© К. В. Корсак, О. В. Плахотнік, 2004,  
перероб. і допов.

© Міжрегіональна Академія управління персоналом (МАУП), 2004

ISBN 966-608-482-1

# Переднє слово

---

---

Традиційно у побудові і змісті підручника з тієї чи іншої наукової дисципліни спираються на припущення, що його читачі або взагалі не мають уявлення про те, чим цікавиться і чого досягла відповідна наука, або знайомі лише з окремими її проявами, а відтак мають мозаїчні знання. Тому навчальні посібники, як правило, розпочинаються з часів Адама і Єви, неоліту чи античності. Надалі текст розгортається у плині тисячоліть повільно й логічно, а на детальний аналіз останніх десятиріч або років у авторів вже не лишається сили. Ми могли б навести чимало прикладів того, як такий підхід робить близькими один до одного змісти програм і тексти підручників з досить відмінних дисциплін — історії, культурології чи культурознавства, основ природознавства, врешті, основ екології.

Ми ж переконані, що наші читачі не лише знають практично все про цивілізацію долини Нілу, Месопотамії і Середземномор'я, а й обізнані з багатьма екологічно орієнтованими матеріалами в засобах масової інформації і вивчали в школі окремих курс “Основи екологічних знань” або розділи географії, біології, фізики і хімії, в яких розглядалися ті чи інші екологічні питання і проблеми.

Орієнтуючись на таких екологічно обізнаних читачів, ми намагалися не повторювати вже відомого, а насичувати виклад найновішою інформацією і прикладами, обмежувати використання принципу історизму й повторення того, що входить до програм шкільних предметів.

Пам'ятаючи про величезні переваги так званої емоційної пам'яті над усіма іншими різновидами сприймання і засвоєння інформації людиною, ми прагнули зробити виклад емоційно активним, максимально цікавим, насиченим яскравими прикладами і фактами. Лише в цьому разі можна сподіватися, що книжка буде прочитана до кінця і нею користуватимуться ще багато років.

З огляду на зазначене, автори в новому виданні книжки намагалися розвинути насамперед ті її аспекти, які вже дістали визнання у читачів. Сподіваючись на те, що в майбутньому буде нагода модернізувати і цей варіант тексту, ми будемо вдячні всім, хто знайде можливість підказати нам, що саме потрібно зробити для подальшого поліпшення пропонованого видання “Основи сучасної екології”.

*Автори*

# Вступ

---

---

Злам тисячоліть став приводом для преси звернутися до багатьох відомих людей з одним запитанням: “Як воно буде далі?”

Тому останні роки минулого тисячоліття засоби масової інформації були перенасичені різноманітними передбаченнями і прогнозами, серед яких зустрічалися доволі похмурі і навіть катастрофічні. Чимало з них ґрунтувалося на аналогії з тими змінами, що відбувалися на зламі XIX і XX століть, коли й справді серія локальних колоніальних воєн переросла у перший загальносвітовий конфлікт, який забрав десятки мільйонів людських життів.

І хоч наші часи набагато оптимістичніші, але й вони небезпроблемні. Втім, не можна не погодитися з тим, що й у минулому було багато періодів таких самих швидких і глобальних змін умов життя і характеру діяльності людства, збільшення його чисельності й можливостей, як це спостерігалось у XX столітті. Серед багатьох означень останнього є й такі — період попереджень, вік помилок, епоха соціально-доктринальних епідемій, передостаннє століття існування людства на Землі.

Та, мабуть, *найсуттєвішою ознакою XX століття стало створення людством низки смертельних загроз своєму розвитку та існуванню як наслідку нагромадження ним помилок у ставленні до довкілля, ігнорування навіть очевидних сигналів природи про шкідливість і непередбачуваність недалекоглядних дій.*

Шкільні роки авторів минули за часів проголошення і практичного втілення заклик: “Ми не можемо чекати милостей від Природи. Взяти їх у неї — наше завдання!” І так діяли не лише керівники Радянського Союзу — вся історія поступу людей (а надто останні століття — період промислової і науково-технічної революції) свідчить про те, що вони не просто “брали” необхідне, а відбувалося без-

думне руйнування докiлля. Розорюючи степи i звiльненi вiд спалених лiсiв землi, забруднюючи струмки i рiки, людина безповоротно порушувала рiвновагу природних екосистем. Археологи знайшли сотнi мертвих мiст. Колись зеленi гори поблизу них стали кам'яними, родючi поля — мертвими пустелями.

Наймасштабнiше знищення природи вiдбувалося саме у ХХ столiттi, упродовж якого завдано бiльше шкоди, нiж за тисячi попереднiх. Отруєно “великою хiмiєю” повітря, води i ґрунти, майже не залишилося мiсць, де можна дихати на повнi груди. Небезпечно забруднено навіть акваторії Світового океану. Повiривши у нею ж створений мiф про те, що вона є справжнім “царем природи”, вершиною розуму i бiологiчної досконалостi, людина за останнi роки майже впритул наблизилася до межi цiлковитого самознищення, безперервно нарощуючи кiлькiсть глобальних загроз своєму iснуванню: ядерна вiйна, “озонові дiри”, теплове, хiмiчне й радiацiйне забруднення докiлля, стрiмке збiднення рослинного i тваринного свiту, СНiД i десяткi iнших майже таких небезпечних хвороб тощо.

Якщо до цього додати швидко i неконтрольоване наростання перенаселення в окремих рiгонах Землi, помiтне збiльшення загрози воєнних конфлiктiв з приводу подiлу мiж сусiднiми краiнами водних та iнших природних ресурсiв, блискавичне i майже загальне погiршення стану докiлля, то можна впасти у розпач й припинити боротьбу за виживання i побудову ноосфери — сфери панування розуму i комфортного спiвiснування людства зi свiтом рослин i тварин. Справдi, людина “не може чекати милостей вiд Природи” пiсля всього того, що вона з нею вчинила!

Втiм, людство не втратило шансу для порятунку. Вiдбуваються локальнi змiни на краще у тих розвинених краiнах, уряди i населення яких першими усвiдомили безпеку i спрямували чимало коштiв на охорону й “лiкування” докiлля. Розпочалося загальноземне об'єднання зусиль природоохоронцiв, створення мiжнародних структур для координацiї вiдповiдних дiй учених, полiтикiв, промисловцiв. Стрiмко формуються новi всеземнi правила й норми дiяльностi, якi мають назавжди покласти край нехтуванню загальнолюдських прiоритетiв i врахуванню лише нацiональних, важливих для однiєї держави чи народу iнтересiв. Керiвництво навіть найбільших країн свiту не може iгнорувати думку свiтової громадськостi, порушувати чи лишатися осторонь дотримання життєво важливих для всього людства угод щодо охорони повітря, води i ґрунтiв.

Саме з цим ми й пов'язуємо наші сподівання на безпечне для життя майбутнє. В “оптимістичній” частині нашої книги маємо на меті проаналізувати ці позитивні ознаки й оцінити їх значення для забезпечення умов стійкого і безпечного співіснування людини і земного довкілля. *Серед них чи не найважливішим є динамічний розвиток екології*, що передбачає:

- перетворення її рекомендацій у державні закони й міжнародні угоди;
- вплив і спонукання до поступових позитивних змін у загальних методах і формах діяльності людства (від глобальної політики до домашнього господарства);
- перші кроки до трансформації конгломерату племен, народів, держав у справжнє “людство”, свідоме свого стану та меж зростання;
- паростки усвідомлення людиною своїх реальних можливостей, справедливої (і критичної) самооцінки.

Автори вважатимуть, що досягли зазначеної мети, якщо ця книжка виявиться бодай малою, але ефективною і цілеспрямованою частинкою того великого потоку інформації, метою якого є не просто передача основ необхідних знань новим поколінням, а виховання в них шанобливого ставлення до неблаганних законів Природи і формування усвідомленого комплексу раціональних потреб “людини відповідальної”, людини XXI століття. Через обмеженість обсягу книги ми не маємо змоги охопити всі можливі питання і проблеми взаємовідносин людини і довкілля, а розглянемо лише найважливіші з них. Для розширення знань, ознайомлення з іншими прикладами, фактами й аргументами радимо читачам користуватися додатковими джерелами, наведеними у переліку в кінці книги.

## Розділ 1

# Quo vadis?

---

---

### 1.1. Особливості сьогодення і картини минулого

З огляду на зазначене на початку книги розпочнемо розмову з читачами на тему екології як науки не з моменту відокремлення первісних людей від нерозумно-тваринного світу, а з 2004 року.

Однак спочатку наведемо парадоксальне, але фундаментально-евристичне твердження, що стане мало не провідним в усій нашій книзі.

Лише малесенька групка невеликих держав справді живе у 2004 році, а решта розтягнулися довжелезною вервечкою уздовж усього шляху історичної еволюції. Одні держави відстають від 2004 року за показниками своєї суспільної організації, культури і засадами життєдіяльності громадян на два-три десятиліття, інші — вже на століття, а окремі — ще більше.

Тому для високої ефективності нашої фахової і громадянської діяльності потрібно мати широкий кругозір і досить точне уявлення, в якому році насправді перебуває на цей момент певна країна чи якісь верстви її населення (погодьтеся, є й в Україні невеликі національні групи, які живуть за власним календарем і особливими правилами).

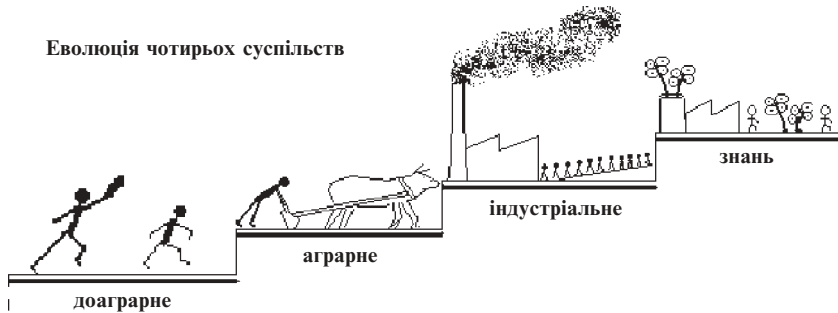
Обираючи засоби якомога ширшого і водночас емоційного і точного висвітлення того, *що ми вважаємо найістотнішою рисою всепланетного сьогодення*, ми зупинилися на дещо іронічному рис. 1.

На рисунку зображено стан еволюції людства у 2004 році, коли людство може похвалитися тим, що різні його частини належить аж до чотирьох видів суспільств.

А якихось сто років тому на Землі їх було лише три:

- доаграрне, поширене на території тропіків;
- аграрне, яке охоплювало переважну більшість країн і колоній світу;
- індустріальне, якого досягли невелика група держав-лідерів — Великобританія, Франція, Німеччина, США та кілька менших і слабших держав.





*Рис. 1. Визначальні риси суспільної і культурної еволюції людства*

Однак культурно-цивілізаційний рівень цих лідерів був недостатнім для того, щоб утриматися від концентрації зусиль промисловості на виробництві зброї і скерування мільйонів підвладних на фронті двох світових і десятків малих війн.

Та події на Землі щораз менше залежали від впливу великих і малих диктаторів, а наприкінці ХХ століття настав час надзвичайного прискорення руху сотень держав і тисяч народів шаблями еволюції суспільств, зазначених на рис. 1.

Основна причина такого прискорення — новий етап у розвитку наук і технологій, а відтак, створення ментальних і матеріальних основ для початку побудови фантастично цікавого, суперечливого і привабливого суспільства.

Так само швидко змінювалася і назва цього суспільства. На початку, в роки створення перших поколінь електронно-обчислювальних машин (ЕОМ), його називали “постіндустріальним”. Пізніше, коли виникли мережі ЕОМ і розпочали свій триумфальний шлях персональні комп’ютери (ПК), суспільство майбутнього нарекли “інформаційним”. Лише з поширенням так званих високих технологій, Інтернету і з переходом до уніфікованого електронно-цифрового передання будь-яких видів інформації стало очевидно, що на найвищий рівень виходять роль і можливості точних наук, цілковито змінюється і характер, і цілі людської діяльності, а кожен мешканець планети невдовзі дістане доступ (можливо — вільний і безкоштовний) до всієї нагромадженої людством інформації.

Та це лише частина, точніше — лише видимий, надводний шматочок айсберга. Найголовніше те, що в новому суспільстві цілковито

змінюються засади і цілі життєдіяльності всіх громадян, розширюється їх автономія і надзвичайно посилюється потреба високої культури, порядності, толерантності й особистісної відповідальності, чого раніше в таких масштабах не спостерігалось.

У доаграрному суспільстві людство існувало у вигляді невеликих згуртованих і кровноспоріднених груп — племені, роду тощо.

І хоч як важко накопичувати матеріальні свідчення існування на планеті наших дуже віддалених попередників, але кількість таких артефактів зусиллями сотень і тисяч археологів з різних країн світу збільшується щороку. Одні знаходять фрагменти кістяків, інші — залишки різноманітних знарядь і вогнищ, треті ж помічають, що хребти з мушель є результатом життєдіяльності сотень поколінь людей. Вони добували молюски з великих озер, з'їдали придатну частину, а тверду викидали назад через плече. Так і утворилися за тисячі років вражаючі пагорби, висота яких набагато перевищувала людський зріст, а довжина сягала сотень метрів.

Добрий апетит у людських попередників був і мільйони років тому, і в пізніші часи, коли вони відділилися від тваринного світу й почали формувати подібні до сучасних соціальні відносини.

Частина науковців переконана — саме первісні люди з'їли не лише мамонтів, а й багато інших видів тварин, про які ми не маємо жодного уявлення.

Можливо, з'їли й частину видів розумних істот, оскільки в доаграрний період люди дуже заповзятливо полювали на подібних до себе, намагаючись розширити територію племені, збільшити ресурси живлення й відігнати конкурентів якомога далі. В нетрях Амазонії чи Нової Гвінеї дотепер збереглися невеликі племена, чоловіча частина яких для підвищення свого соціального статусу й отримання права мати дружину і нащадків повинна вполювати представника сусіднього племені і підтвердити свою перемогу перед рідними якоюсь частиною тіла вбитого.

Полювання на подібних до себе було колись таким запеклим, що первісним людям довелося розбігатися урізноміч і вони доволі швидко заповнили 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 шість мільярдів мешканців сучасної Землі є прямими нащадками одного невеликого племені чисельністю не більше 2000 осіб, що мешкало трохи на південь від екватора на

тій території Африки, де активізувалися і тривають у наш час геофізичні процеси поділу континенту на частини й формування ще одного острова, значно більшого від Мадагаскару. Цілком можливо, що активний вулканізм, вилив на поверхню дуже збагачених радіоактивними елементами порід, швидкі зміни середовища проживання й стали тими чинниками, що гранично прискорили видоутворення й за короткий час відділили людей від мавпоподібних істот, які були примітивнішими і менш здатними до полювання і створення знарядь.

Отож приблизно 70–140 тисяч років тому згадана невелика група почала розмножуватися, розповсюджуватися від базової території і розділятися на нові гілки під впливом притаманних їм факторів середовища. Для тих, то заглибився в ліси, відбір відбувався у напрямі зменшення розмірів тіла (як у африканських пігмеїв), а, скажімо, для представників інших гілок вплив умов відкритих просторів міг зумовити появу значно більшого зросту.

Вважають, що поширюватися на всю планету почала не вихідна первісна група, а перша відділена гілка. Внаслідок постійного збільшення своєї чисельності вона поступово окупувала більшу частину території Африки, прилеглі частини євразійського континенту, а в останню чергу — Америку (через Аляску).

У період мисливства чисельність первісних людей істотно змінювалася, але підвищення якості знарядь праці стабілізувало базу ресурсів живлення і ліквідувало небезпеку повного зникнення людей. Винахід і застосування відтворювального землеробства стало основною причиною першого великого “демографічного вибуху”, внаслідок якого значно збільшився розмір людських поселень і який врешті спричинився до появи справжніх міст і низки поділів занять та відповідного зростання професіоналізму.

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

Однією з основних стала зміна характеру воєнних дій, які, на жаль, у минулому точилися майже безперервно. В суспільстві мисливців війна велася з метою знищення дорослої частини ворожого племені та привласнення його території і жінок з маленькими дітьми. Захоплювати у полон дорослих чоловіків було недоцільно, оскільки їх не можна було без ризику для господаря використати під час полювання чи в інших тогочасних видах діяльності. Виняток — використання полонених як частини харчового ресурсу племені, але це був лише один з варіантів фізичного знищення супротивника.

Мета воєн глибоко змінилася в аграрному суспільстві, майже всі представники якого змушені були інтенсивно працювати фізично. Місце праці було дуже обмежене територіально, тому захоплених у полон можна було порівняно легко контролювати і погрозами чи покараннями примушувати працювати на полі або в помешканнях. Через те війни стали значно гуманнішими і мало коли велися до цілковитого знищення ворога. Набагато вигідніше було захопити у полон якомога більшу частину переможеного племені і перетворити полонених на рабів.

Чоловіча фізична сила й агресивність були провідними у суспільстві мисливців, не втратили вони свого значення і в аграрному 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 жіночого розуму й інших можливостей в усіх тих випадках, коли виживання племені чи роду залежало насамперед від сили і витривалості чоловіків.

І навпаки, у разі більш урівноваженого розподілу праці між обома статями і відносної важливості діяльності жінок їхній суспільний статус був порівняно високим. На наш погляд, саме так було і в Україні — народні пісні і звичаї підтверджують повагу до жінок і близький до чоловічого статусу у соціумі.

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

В окремих аграрних суспільствах виникли винятково сприятливі умови для винахідництва і творчості, коли нерідко високоефективно реалізовувала себе частина суто чоловічих програм діяльності мозку та інших систем нашого організму.

Наприклад, десятки тисяч років одним з елементів харчового раціону первісних людей було споживання зерен злаків. Урожаї були незначними, тому первинну обробку (механічне подрібнення) виконували жінки, розтираючи зерна чимось подібним до качалки на трохи увігнутих каменях або ударами товкача з твердого дерева у

ступі (другий спосіб і досі побутує в Африці). Чоловіки в той період не замислювалися над тим, як полегшити жінкам цю роботу — їхньою спеціальністю було полювання, для якого вони й винаходили то бумеранг, то потужний лук або ж допоміжні засоби для метання дротиків.

Чоловіки змушені були долучатися до по-справжньому важкої щоденної праці вже на самому початку рільництва. Зерна стало багато, а тому вже й чоловікам довелося зранку до ночі розтирати його качалками. До цього додалася трудомістка робота з обробки ріллі й збирання врожаю.

Там, де жінки витривало працювали тисячоліттями, чоловіки здалися дуже швидко. Отож вони звернулися до винахідництва. Обстеживши всі території, вони полонили рогату худобу, відібрали найтупішу й найпокірливішу (маса мозку одомашнених тварин приблизно на третину менша, як в аналогічних за розмірами неодомашнених). Утім, знайдено незаперечні докази того, що мисливці минулого будували довгі стіни, які примушували тварин рухатися до звуку, яке 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 перспективну та слухняну”. Винядження рала дало змогу використати полонених тварин на найважливіших польових роботах.

Інший великий напрям винахідництва стосується механізації перетворення зерна на борошно. Саме природна непристосованість чоловіків до одноманітної і важкої ручної праці стала основним стимулятором винайдення ними спершу ручного млина, пізніше — безлічі його різновидів, які приводилися в рух тваринами, потоком води або вітром.

Та найвищим досягненням чоловічої творчості були все ж таки науки, писемність і різні види мистецтва. Щоправда, їх розквіт наставав лише у великих аграрних соціумах.

Сучасні досягнення наук про людину засвідчили, що продуктивність і здібності її мозку достатні для одноособового керування кількома сотнями людей свого роду. У цьому разі не обов'язково винаходити письмо і мати спеціалізований на управлінні прошарок населення.

А от у багатотисячних аграрних об'єднаннях забезпечення стійкості й великої тривалості їх існування стає можливим лише за умови виникнення культури, науки й освіти.

Історія людства засвідчила, що науково-освітній комплекс *обов'язково* виникав і розвивався в усіх куточках Землі, де товарне аграрне виробництво утверджувалося і процвітало впродовж кількох поколінь. Блискуче писав про це у своїх працях француз Фернан Бродель — один з перших науковців, хто розпочав дослідження минулого з позиції розвитку технологій та інструментів (матеріальної культури), а не розгортання воєн, убивств і перманентної підступної боротьби “видатних лідерів” за право зайняти вершину 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, неодноразове спорудження різних варіантів пірамід символізувало в очах тих, хто примушував підвладних споруджувати ці геометричні тіла з каменю і ґрунту, найбільш промовисте для оточення свідчення їх найвищого становища в суспільстві. Мабуть, можна навіть довести, що висота пірамід була пропорційна лише абсолютній кількості членів того соціуму, який приступав до їх спорудження.

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

Водночас велися й експерименти з різними варіантами суспільного устрою. Це, як відомо, було характерно для регіону Середземномор'я. У результаті було створено основи правового і демократичного суспільства. Щоправда, як, скажімо, в Афінах періоду їх розквіту — 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 монументальнішій і більшій споруді стала головною причиною того, що аграрні цивілізації всього світу залишили по собі такі міцні й величні залишки, що їх не змогли стерти на порох ні тисячоліття впливу злив і буревіїв, ні численні війни, в яких застосовувалася щораз досконаліша зброя. 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 такі методи і в Україні. Їх варто було б продовжити — тисячоліттями наші пращури зводили села і більші центри не лише навколо Трипілья, а мало не від Сану до Дону. Маємо що вивчати і чим пишатися.

За тих давніх часів у згаданих центрах цивілізації була певна кількість осіб похилого віку, чий мозок після останньої в життєвому циклі людини перебудови максимально наближався до того стану, який ми звикли характеризувати словом “мудрість”. Письмові та усні їх заповіді і поради вирізнялися справді високим гуманізмом і сподіваннями, що люди менше ненавидітимуть один одного, відмовляться від бажання будь-що знищити “не наших”. Цікаво, що частина з них навіть рекомендувала толерантніше ставитися до природного середовища. Однак лише там, де його пошкодження аграрним виробництвом і використанням дерева для забезпечення комфорту щоденного життя було цілковито очевидним — на узбережжях Середземного та інших морів, у густонаселених оазах Азії і Африки тощо. На більшості ж поверхні Землі особливих екологічних проблем тоді ще не існувало.

Автори підручників та інших книжок з екології часто звинувачують рільників і скотарів у знищенні мало не всієї рослинності теплої частини Північної півкулі — в утворенні Сахари, пустель Аравії, Центральної Азії та ін.

Та, якщо поглянути з космічної відстані на Землю і дослідити циркуляцію повітря під впливом нерівномірного нагрівання суходолу на різних широтах, то виявиться, що людей аж ніяк не можна вважати єдиними і головними винуватцями появи згаданого поясу пустель. Ці пустелі виникли там, де вниз 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 напрямі обох полюсів і врешті опускалися вниз у двох смугах пустель (у Південній півкулі також є пустелі, хоч їх загальна площа значно менша від розмірів однієї Сахари).

А от хто насправді винен багато в чому саме антиекологічному — то це індустріальне суспільство з його шістьма визначальними і найголовнішими принципами 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 фінансових ресурсів окремих осіб чи сімей у корпорації або державні фонди забезпечила можливість побудувати грандіозні фабрики і заводи, що потребували значних стартових капіталовкладень.

До майже цілковитого безглуздя дійшло щоденне життя переважної більшості громадян індустріальних країн. Бажання вищого державного керівництва зробити все “як належить” завдяки транспорту і засобам інформації (спочатку через щоденні газети, пізніше — через радіо) втілювалося в цілковиту стандартизацію життя. Все було синхронізовано з точністю до хвилин — багатомільйонні маси активного населення у визначений час прокидалися, щось похапцем з’їдали, штурмували громадський транспорт заради того, щоб у точно визначений кимось іншим момент увімкнути верстат на фабриці чи вмонтуватися за парту в “навчально-виховному закладі”. Все це безглуздя відбувалося у зворотному порядку надвечір і повторювалося мало не щодня упродовж усього життя.

Майже повну можливість втілитися матеріально дістало прадавнє бажання людей спорудити щось таке грандіозне, аби кожному було здалеку видно, які “ми багаті, розвинені і розумні”. Прагнення максималізації не зникло й сьогодні, хоч логіка і численні грандіозні катастрофи переконують — не варто споруджувати плавучих міст з тонкої сталі й мчати в 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 на терористичний акт або ж на пожежу.

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

А от менталітет американців і частини керівників країн Азії (Малайзії, Гонконгу, Тайваню тощо) все ще має ознаки початкової стадії



індустріального періоду — їм страшенно кортить будь-що побудувати най-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 і самозакоханості (Гонконг і Тайвань). Лишається сподіватися на те, що це згубне і безглузде суперництво врешті припиниться, що ніхто і ніколи не будуватиме “будинки” заввишки кілометр і більше.

Саме середня стадія індустріального суспільства стала основним винуватцем створення тієї групи екологічних проблем, шляхи подолання яких ми розглядатимемо 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 покірно виконувати волю гітлерів і сталінів на трудових і воєнних фронтах.

Одне лише дивно, що й досі є прихильники повернення до диктатур і відновлення “залізного порядку”.

Цьому дикому й алогічному потягу до покори і рабства етологія й науки про мозок дають певне пояснення — наш мозок працює за певними алгоритмами і правилами упорядкування всіх типів вражень та інформації. Та ця “рабська тенденція” не є нездоланим абсолютом. Ми дуже сподіваємося на те, що нові покоління зусиллями систем освіти та інших засобів формування особистості позбавляться бажання комусь обов’язково підкорятися й стануть відповідальними-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 запанує на всій планеті і дасть змогу запобігти як екологічним, так і іншим загрозам людству?

На наш погляд — так. Бо той еволюційний поступ, який ми відтворили на рис. 1, супроводжується десятками явищ і процесів, переважна більшість яких має позитивне спрямування.

Спробуємо це довести нашим читачам.

## 1.2. Основні світові процеси і тенденції розвитку

Якщо проаналізувати публікації футурологів, в яких вони в останній третині ХХ ст. намагалися передбачити події на зламі сторіч і у більш віддаленому майбутньому, то виявиться, що загалом ці передбачення справдилися лише в окремих своїх аспектах. Можна навіть стверджувати, що в наш час зниження точності передбачень є однією з багатьох всепланетних тенденцій.

Та це аж ніяк не означає, що потрібно відмовитися від них і почати використовувати павловський тип суто імпульсивних рефлекторних реакцій на збудники і впливи нашого оточення.

Передбачення як екстраполяція певного явища в майбутнє (руху оточуючих тіл, перебігу найбільш поширених природних явищ та ін.) притаманне всім розвиненим біологічними видам, про що свідчать як дослідження етологів, так і наш власний досвід спостереження за “братами нашими меншими”. 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.

Протилежне спостерігається 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 між якими відомі лише приблизно). І все ж науковці сподіваються вирішити й ці проблеми, безперервно нарощуючи потужність електронно-обчислювальних машин, точність і якість моніторингу явищ, а також евристичні можливості математично-аналітичного апарату (приклад — помітний прогрес в ефективності прогнозу погоди на термін кілька днів).

Дуже складною і суперечливою залишається ситуація із соціально-політичними прогнозами, що вкотре 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), про причини і спрямованість процесів і явищ, його змін та розвитку. Низьку результативність цього типу прогнозів можна пояснити двома причинами:

- наш мозок не є ідеальною аналітичною машиною, яка працює у вільному режимі за оптимальними в усіх випадках алгоритма-

ми. Існують певні закони його діяльності (нейромолекулярна біологія та інші молоді сучасні науки здійснюють дедалі більше відкриттів у цій сфері), тому й результати не є випадковими і довільними, а визначаються алгоритмічним впливом цих законів у поєднанні з нагромадженою людиною упродовж свого життя інформацією. Прості проблеми можна розв'язати за допомогою короткотермінового навчання (нагромадження інформації), складні — дуже тривалого. Але існує багато проблем, вирішити які можна лише на основі такого тривалого нагромадження інформації, методів і засобів аналізу, для якого замало людського життя;

- друга причина — 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 хоттабізації*” — спроби пошуку відповідей у змінених умовах щодо трансформованих соціумів на основі безнадійно застарілих і надто звужених даних, алгоритмів і канонів. Те, на що спираються аналітики (соціологи, психологи, політики та ін.), аналізуючи явища, які стосуються сучасних людей та їхніх об'єднань, здебільшого надто застаріле й було правильним кілька десятків (або й більше) років тому.

Винятково яскравим проявом “ефекту хоттабізації” є створена наприкінці 1980-х років у Франції “Книга про майбутнє століття” (2100: recits du prochain siecle. — Paris: ed. Payal, 1990. — 600 p.). Її автори були твердо переконані — СРСР під керівництвом М. Горбачова і його наступників подолає свої проблеми, а тому всі важливі події ХХІ ст. визначатимуться продовженням змагань двох світових лідерів — СРСР і США й керованих ними країн-сателітів. На сотнях сторінок і в багатьох розділах детально проаналізовано найімовірніші сценарії розвитку економік обох блоків, перегонів у космосі і в фундаментальних дослідженнях, модернізації зброї, засобів зв'язку і транспорту, освіти і спорту, змін якості життя і рівня соціального захисту громадян тощо. Десятки фахівців у цьому випадку не змогли зробити правильного прогнозу навіть на два — три роки, хоча все це було опубліковано якраз напередодні розпаду СРСР і Варшавського блоку!

Ми переконані: кількість помилкових висновків, пропозицій і рішень значно зменшиться, якщо ми усвідомимо, що після 1990 року

нагромаджено понад 96 % 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 нагромаджених за тисячоліття історичної еволюції людства висловів, тверджень, “мудрих думок” стрімко втрачає свою евристичну цінність і може цитуватися й використовуватися в системах освіти лише за умови врахування сутнісних і контекстуальних меж своєї правильності та раціональності.

З огляду на зазначене перспективне стратегічне планування нині, як ніколи в минулому, має спиратися на об’єктивне бачення України в контексті всієї планети, на виважене врахування як “домашніх” проблем (химерне поєднання кількох революцій і глибоких катаклізмів, розвиток національної самосвідомості, відродження рідної мови, культури, 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 локальні, виклики на взірць активізації різних форм тероризму, а й серйозніші — 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 питання: ***“Куди йдемо?”***

Звернення до праць істориків, філософів або політиків засвідчує надзвичайну різноманітність думок про рушійні сили суспільної еволюції й історичного процесу. Традиційно, повторюючи вислови багатьох науковців XIX–XX ст., наші сучасники продовжують стверджувати, що все визначають видатні особи і лідери, завершуючи свої аналізи твердженнями на кшталт того, що щастя України залежить від нашої спроможності знайти “культурного і високоосвіченого монарха”.

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

У період між двома світовими війнами серед прихильників демократії і поступу європейського континенту точилася активна дискусія щодо шляхів його об'єднання з метою запобігання розбрату і виникненню небезпеки нового конфлікту. Найкращим варіантом, який дістав практично цілковиту підтримку, було визнано появу в Європі виняткової особистості, яка змогла б відіграти роль “демократичного і цивілізованого” монарха, спроможного повести усіх шляхом інтеграції і прогресу. Ця особистість мала б 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 і засади міждержавного об'єднання. Не чекаючи Божого благословення у формі скерування в Європу “ідеального монарха”, народи і керівники багатьох західноєвропейських країн швидко й ефективно перейшли від стадії розбрату до глибокої економічно-політичної інтеграції, відкритих кордонів і спільної валюти. Ідея обрати якомось “Вищою 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.

Та 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 зараз вбачають у боротьбі суспільних класів і верств, а також властивих для них поглядів чи ідеологій глибоку причину всього прогресу й руху в майбутнє. Проте уявлення і висновки марксистів майже повністю незастосовні для економіки знань та інформаційного суспільства, де кількість працівників виробничого сектору економіки становитиме не більше 10–12 відсотків усього активного населення.

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

Серед частини науковців популярна так звана цивілізаційна точка зору, яка акцентує проблему глобально-земного суперництва євроатлантичної та азійсько-борейської цивілізацій. До євроатлантичної цивілізації вони зараховують 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 (включаючи арабські).

Євроатлантична цивілізація (не слід її ототожнювати зі США — вони не є її моральним лідером чи вершиною) виникла внаслідок поєднання розвитку найбільш прогресивних форм виробництва з дуже гуманними варіантами християнської релігії (насамперед — протестантизмом). Вона набагато більше від усіх інших цивілізацій відзначається орієнтацією на людину як найвищу цінність буття. На повазі до особистості 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, якою мірою їхні конституції і цивільні кодекси відповідають положенням названих конвенцій.

Зовсім інші пріоритети домінують не теренах, де панує азійсько-борейська цивілізація. Найвищим серед них і нині залишається централізована держава. Саме вона має визначальний вплив на всі суспільно-економічні процеси, зокрема й на 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 суспільних “пірамід” стоїть одна особа (або 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 на вплив поділу світу не по меридіану (Захід — Схід) на основі зазначених двох полярних цивілізацій, а широтного — на багату Північ і бідний Південь. Цей поділ виявився, наприклад, під час обговорення глобальних екологічних

проблем на світових екологічних конференціях в Ріо-де-Жанейро (1992 р.) та Йоханнесбурзі (2002 р.), а також під час вирішення питань повернення боргів Всесвітньому валютному фонду та ін.

Та чи не найбільш поширеним рефреном останніх років є явище “глобалізації”, яке найчастіше розглядається виключно в аспектах всепланетного домінування головних міжнародних промислових монополій і формування єдиних правил торгівлі, значно рідше — взаємозближення націй, скорочення відстаней, невпинного поглиблення контактів, зв’язків та обмінів, посилення залежності перебігу явищ в одній точці Землі від того, що відбувається на протилежному кінці.

Для одних аналітиків “глобалізація” є свідченням негативної ролі наднаціональних компаній, які дістали можливість використовувати природні ресурси і робочу силу на всіх континентах далеко за межами країн свого походження, для інших — позитивним явищем включення у світовий ринок країн третього світу завдяки інвестиційній і кадровій політиці тих же наднаціональних компаній. А що вже казати про екстремістів, які атакують всі міжнародні зібрання промисловців та бізнесменів під гаслом “Геть глобалізацію!”.

Всі ці точки зору мають право на існування, але відзначаються обмеженими евристичними можливостями, пояснюючи лише частину світових подій (насамперед — регіональних). Навіть явище глобалізації, попри свій всепланетний обсяг, не є первинним. *Воно почало розвиватися внаслідок поєднання впливовіших чинників.*

Ми схилиємося до того, що культурно-релігійні впливи, конфлікти регіональних цивілізацій, позитивні і негативні аспекти глобалізації потрібно розглядати як чинники другого плану, віддавши першість глобальній тенденції руху всіх народів і країн шаблями поступової еволюції і зміни суспільств — аграрного, індустріального й постіндустріального (інформаційного). На різноманітні аспекти цієї еволюції першими звернули увагу відомі зарубіжні науковці — Д. Белл, Дж. Гелбрайт, А. Тоффлер, К. Боулдінг, Р. Арон, А. Турен та ін. Справді, хоч усі згадані причини у певні історичні моменти і на обмеженій території можуть виходити на перший план, їхній спільний вплив виявляється другорядним, якщо розглядати континенти загалом і епохи тисячоліть.

Саме такий широкий погляд і неупереджений аналіз дають підстави зробити наступний висновок — домінуючий спосіб виробництва був, є і завжди буде основним фактором впливу на суспільно-

політичне життя, комплекс канонів і норм індивідуальної і колективної діяльності, на культуру й освіту. Спираючись на критерій *способу виробництва*, ми можемо досить чітко пояснити причини й особливості розвитку *доаграрного, аграрного, індустріального та інформаційного суспільств, передбачити глобальні події наступних десятиріч*.

Порівняння цих чотирьох видів суспільств наведено в табл. 1 у спрощеному варіанті з урахуванням основних ознак і характеристик.

Таблиця 1

**Порівняння чотирьох видів суспільств за основними характеристиками**

Характеристика	Суспільство			
	Доаграрне	Аграрне	Індустріальне	Інформаційне
1	2	3	4	5
1. Період домінування	Доісторичний	з (-6000 р.) до + 1660 р.	1660–1960 рр.	Виникає після 1960 р.
2. Відсоток земель, які живуть у них на сучасному етапі	< 1 %	> 50 %	40 %	< 10 %
3. Розподіл дорослих за секторами зайнятості (1:2:3)*	98 : 1 : 1	60 : 30 : 10	20 : 60 : 20	5 : 25 : 70
4. Основні джерела енергії	м'язи людини, вогонь	вогонь, тварини, вода і вітер	вугілля, нафта, газ, поділ ядер	синтез ядер, світло Сонця
5. Виробництво (домінуючий тип)	вкрай примітивне	ручне, для негайного споживання	масове і стандартизоване	гнучке та індивідуалізоване
6. Технології	природні	механічні	електромеханічні	мікро-, нано- і біотехнології
7. Об'єкти індивідуального нагромадження	влада	земля і влада	влада, гроші і речі	продуктивна компетентність
8. Екологічний вплив виробництва	мінімальний	помітний і шкідливий	дуже великий і шкідливий	значний і позитивний
9. Суспільна роль жінок	природна і мала	дуже мала	незначна	вирішальна



1	2	3	4	5
10. Основа культури навчання	приклад	слово і приклад	друкований текст і слово	числова форма інформації
11. Загальна характеристика освіти • Обов'язкова освіта • Первинна** освіта	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
12. Стандарти освіти	відсутні	квазівідсутні	національні	міжнародні
13. Роль освіти і науки у виробничих силах країни	практично відсутня	ледь помітна	помірна	вирішальна
14. Основні методи	природні	емпіризм	наукові (поділ та аналіз)	холізм (комплексність)
15. Лідери серед наук***	матеріалознавство	механіка, математика	фізика і хімія	нанонауки

*Примітка:*

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

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

\*\*\* Слово “науки” тут вжито у міжнародному значенні “Sciences” (несуб'єктизовані знання, варті довіри й отримані в результаті дослідів і вимірювань). Термін “нанонауки” позначає групу точних наук, які вивчають закони контрольованої побудови й ефективного використання штучних об'єктів, які складаються зі структур, що мають розміри, близькі до 1 нм ( $10^{-9}$  м).

Зауважимо, що показник “менше 10 %” в останній графі другого рядка означає кількість населення країн (США, Канади, Японії, Норвегії, Нідерландів та ін.), які дедалі більше наближаються до стадії інформаційного суспільства, але ще не побудували його,

оскільки в них збереглося надто багато виробничих і суспільних ознак періоду індустріального суспільства. Навіть більше, на нашу думку відстань, яка відділяє лідерів прогресу від індустріального суспільства, набагато менша від того шляху, який залишається до побудови більш-менш “розвиненого” інформаційного суспільства.

Значну “віддаленість” останнього ми продемонструємо одним прикладом.

Чи не основний рудимент минулого і гальмо на шляху прогресу — старе й екологічно вкрай шкідливе джерело енергії, яким є спалювання накопичених діяльності біосфери сполук вуглецю і водню (вугілля, нафти, метану та ін.).

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

- пряме перетворення сонячної енергії в електрику в неоднорідних напівпровідникових структурах;
- керований термоядерний синтез (перетворення дейтерію в гелій у високотемпературних пристроях надвисокої потужності).

Зазначені джерела енергії є екологічно чистими і їх можна використовувати 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. Ці джерела можна розпочати використовувати вже нині (особливо перше), але цьому заважають прихильники наявних систем енергозабезпечення і розподілу праці.

Справді, приблизно два мільярди землян і сотні надвпливових компаній мають зиск з видобутку, переробки, транспортування і продажу традиційних джерел енергії. Відтак, їхні представники роблять усе для гальмування нових досліджень (особливо у сфері керованих термоядерних реакцій та їх використання). Вони не мають жодного стимулу бажати появи нових надпотужних джерел енергії. Тож ми маємо 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 чи газі.

Водночас самі лише заклики “жити дружно, бути вихованими і толерантними, любити природу тощо” 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. *Аби врятуватися, людство має подорослішати й змінити всю систему індивідуальних і колективних пріоритетів діяльності.* Сподівання на це пов’язані з кількома тенденціями, прояви яких ми знайдемо і в табл. 1, і в дослідженнях інших явищ:

- глобальний розвиток ішов від примітивно-природної організації з тисяч чи десятків тисяч племен, члени яких знали про існування лише сусідів-конкурентів, до формування “людства” як реальної цілісності, свідомої глобальних загроз і здатної перемогти їх;
- постійно підвищувалася індивідуальна відповідальність і автономія членів поширених соціумів, зменшувався відсоток підпорядкованих і несамостійних осіб і збільшувався, змінюючись за сутністю, відсоток лідерів і незалежних індивідуумів;
- невпинно розширювалася 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 перемоги цінностей і пріоритетів нового (інформаційного) суспільства 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 та ін.). Справа не лише в 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 і правильні сигнали, оцінює їх і робить висновки за усталеними і сформованими стереотипами, відтак нав’язує упереджені, консервативні, а то й неправильні висновки.

Наведемо як приклад один з наших “дефектів”, який практично не зустрічається у статтях психологів, соціологів чи філософів. Йдеться про невпинне поглиблення розриву між успадкованими природними програмами індивідуальних і колективних дій і тими нормами і канонами, які передбачає демократична організація “відкритого” суспільства.

Успадкована нами програма у своїх загальних рисах відповідає тим соціально-організаційним умовам життєдіяльності, які мільйони років існували в минулому — “наших” мало (рідне плем’я має обмежену чисельність і всі знають усіх), а “чужих” — багато (інші племена і зграї конкурують з “нами” за мисливські угіддя, джерела, родовища кременю та ін.). Існування цієї програми не лише сприяло виживанню племені у ворожому оточенні, а й дуже полегшувало завдання старших поколінь у вихованні молодших, оскільки у примітивних формах суспільств не виникало серйозних проблем внаслідок узгодження програми “наші — чужі” з потребами племені чи мікрорізівства.

Принципово інша ситуація склалася в наш час — цю програму потрібно знищити належним навчанням і вихованням. Вона має поступитися гуманістично-демократичній з огляду на те, що на Землі є і будуть тільки “свої”.

І існування, і вплив успадкованої програми еволюції дитини до стадії дорослості заперечує класично-гуманітарна теорія формування особистості людини (Дж. Локк, Ж.-Ж. Руссо та ін.), яка, нагадаємо, ґрунтується на припущенні, що новонароджена дитина є “чистим аркушем” щодо свідомості і соціальної поведінки. Вся система навчання і виховання СРСР, спадок якої лишається майже недоторканим і нині, ґрунтувалася на гіпотезі, що соціальна поведінка людини є наслідком її власного соціального досвіду і не має жодних успадкованих коренів. Тому завдання педагогіки видавалося зрозумілим і реальним — закарбувати необхідну інформацію про етику, естетику, мораль, правила поведінки, систему цінностей, особисті реакції, програми й алгоритми вчинків та ін. (якщо звернутися до підручників з психології і педагогіки чи нещодавно створеної в Україні Концепції середньої освіти, то перелік виявиться майже нескінченним).

Проте якби ця псевдонаукова гіпотеза була правильною, то застосування у вихованні всіх дітей однакових слів, книг, засобів і методів завершувалося б формуванням однотипних дорослих (що було одвічною мрією всіх організаторів тоталітарних систем освіти).

Практика ж свідчить, що виховані таким “конвеєрним” способом дорослі, маючи певну подібність у знаннях та способі висловлювань, виявляються на диво різними в особистих реакціях, поведінці і навіть більш важливих для соціумізації (рівноправного входження у суспільство) аспектах.

Це свідчить про те, що реакції і поведінка людини, закони її фізіології і роботи мозку запрограмовані природою надзвичайно глибоко. Вона не має цілковитої “свободи волі” і дуже часто, думаючи, що мислить і вільно використовує мозок, насправді просто виконує успадковані генетичні програми, не усвідомлюючи ні їх походження, ні меж розумного використання у наш час переходу людства від боротьби всіх проти всіх до єдності через поглиблення взаємозалежності всіх націй і народів.

Кілька молодих наук, насамперед, етологія і нейромолекулярна біологія, досягли останніми десятиріччями значних успіхів у дослідженні зазначених феноменів, систематичний виклад яких та їх потенційна важливість для педагогіки будуть темою іншої праці. Зауважимо лише, що успішне вирішення проблем формування особистостей, здатних автоматично і правильно діяти в демократичних і “дорослих” суспільствах ХХІ ст., ставить системи освіти перед необхідністю відмовитися від частини фундаментальних гіпотез, змінити центральну парадигму своєї діяльності (стара адапційна має поступитися гуманістичній або критично-креативній), а також негайно відновити педологію на розширеній основі нових людинознавчих наук.

У поєднанні з вивченням у школах сучасної теорії “суспільних хвиль” (вище ми виклали лише її основну ідею) це дуже полегшить вирішення безлічі національних і глобальних проблем, у тому числі забезпечення виживання людства і його стійкий прогрес.

На завершення першого параграфу наведемо складений К. В. Корсаком розширений перелік головних всепланетних процесів, з яких ми згадали лише незначну частину. Він не претендує на абсолютну повноту і містить лише формулювання і короткі пояснення.

1. Серед політичних явищ передує прискорення демократизації соціального устрою і звуження поля застосовності традиційних класично-силових засобів збереження суспільної стабільності або вирішення будь-яких складних політичних та економічних проблем. На базовому рівні це означає перехід від менталітету індивідуальної підпорядкованості (“людина-гвинтик”) до усвідомлення кожним громадянином сучасної розвиненої демократичної держави власної

автономії, свободи і відповідальності. Саме це ми вважаємо глибинним рушієм актуалізації тенденції зміщення уваги систем освіти на формування “розвинених особистостей”, акцентування пріоритетів учнів і студентів.

2. Прогресує тенденція відходу від однопірамідального шаблону побудови будь-якої організації до реальної “багатопірамідальності”, що виявляється в багатоцентровій структурі систем та діяльності соціуму на основі розподілу повноважень й узгодження інтересів багатьох фрагментів. Йдеться про те, що спрощені й характерні для минулого варіанти структур та управління, які мало відрізнялися від генетичних програм життя вищих приматів і надпримітивних людських об’єднань, стають недоцільними і мають поступитися тим новим зразкам, які демонструє частина розвинених країн, що не лише найглибше залучилися в стадію інформаційного суспільства (або “суспільства знань”), а й характеризуються найвищими для планети значеннями “ефективного соціально-економічного часу”. Останній відрізняється від астрономічної дати тим, що враховує менталітет нації і рівень її соціально-культурного розвитку. На нашу думку, у 2004 р. перебуває дуже малий відсоток людства — найбільш свідомо й культурно частина населення Данії, Норвегії, Нідерландів, Швеції, Швейцарії та Фінляндії. Нижчі — на роки і десятиліття — показники для Австрії, Люксембургу, Бельгії, Сінгапуру, Австралії, Канади, Німеччини, можливо, Японії. Значно гірше становище з соціально-економічним часом у США, Великобританії і Франції (не кажучи про Росію), дії яких на світовій арені часто засвідчують, що менталітет не лише окремих політиків і вищих керівників, а й більшості громадян відповідає досить віддаленому часу формування і зміцнення колоніальних імперій.

3. В умовах зникнення доцільності “однопірамідальності” докорінно змінюється поняття “лідер”. За дуже короткий інтервал часу втратило сенс застосування *успадкованих програм* захоплення керівної позиції, які так широко виявлялися в доісторичний період і побутують у наш час в більшості країн світу. Проте існування і ратифікація Конвенції про права людини, а також реалії життя та явище демократизації зумовлюють перехід до отримання керівних (“лідерських”) повноважень (компетенцій) чи виконання інших суспільно важливих функцій не на основі успадкування чи індивідуальних рис (нахабства, наполегливості тощо), а *виключно на базі високої особистої професійної компетентності (реалізації вмінь і знань)*, яку

необхідно засвідчувати у відкритому і чесному змаганні з іншими суперниками і претендентами.

4. Цікавою і суперечливою, хоча загалом дуже позитивною, є світова тенденція звуження застосовності і можливості надання своїм дітям у спадок всього матеріального і нематеріального комплексу, який ми накопичуємо упродовж життя, збільшуючи успадковане від батьків та інших попередників. У “суспільстві знань” становище та інтегральний рейтинг кожної особи визначатиметься, як це спостерігається у вже згадуваних країнах-лідерах, лише *професійно-фаховою компетентністю, здобутою власними зусиллями з використанням можливостей громадсько-державних систем виховання і навчання*. Протекція, “блат”, спроби використання неправдивої інформації чи несправедливих засобів стануть невдовзі неможливими, оскільки зустрічатимуть загальний осуд і несприйняття. В умовах вільного поширення всієї інформації порушення цієї заборони стане надто небезпечним — жоден злочинець чи вкрай непорядна особа не зможуть розраховувати на те, що приховають правду про себе, ліквідувавши всю інформацію в усіх банках даних.

5. Загострюються й далі екологічні, демографічні, генетичні та інші глобальні загрози не тільки прогресу людства, а й його існуванню. І хоч експерти з економіки (зокрема Римський клуб) вже давно зробили точний прогноз майбутнього (Медоуз Д. Х. і др. *Пределы роста*. — М.: МГУ, 1991. — 207 с.), а засновник етології К. Лоренц своїм переліком восьми найбільших поведінково-ментальних “гріхів” людства глибоко переорав свідомість більшої частини інтелектуалів Заходу, усвідомлення цих явищ і створення програм виходу з кризи відбувається занадто повільно.

6. Екологічна обізнаність авторів дає підстави стверджувати: біосфера прискорено переходить у контрнаступ і якщо людство не усвідомить загроз, трансформується у стан “без людини”. Доказом цього є безліч явищ, зокрема активізація кількох десятків вірусних та інших хвороб, помітні ментальні і генетичні зміни самих людей.

7. Сутнісні зміни у пріоритетах діяльності людини мають бути значно ширшими і глибшими за той рівень, що його пропонують прихильники “екологізації” освіти. Умова виживання — свідоме самообмеження потреб і запитів, виключення будь-яких антиекологічних вчинків та ін. Системи освіти не готові сформувати осіб з такою свідомістю, а засоби масової інформації йдуть взагалі “не туди”. Час приймати світові конвенції щодо стандартів особистого спожи-

вання і забезпечення як наднаціональне законодавство. Потрібно залишити в минулому можливість нагромадження однією людиною матеріальних і фінансових ресурсів, які перевищують відповідні показники для цілих країн з чималим населенням.

8. У зазначених умовах постійно підвищується суспільне значення (а також абсолютна й відносна вартість) *первинної освіти* (Initial Education) як цілісного комплексу навчання і фахової підготовки всіх представників молодих поколінь до виходу на ринок праці і формування тих особистих якостей, які потребує суспільство знань. Первинна освіта має бути тривалою ще й тому, що в цьому разі уникнемо формування великих за чисельністю груп маргіналів. Кожен додатковий рік навчання знижує ймовірність алкоголізму, наркоманії та інших небезпечних відхилень від суспільно прийнятних норм.

9. Загрозово поглиблюється розрив між успадкованими (генетичними) програмами поведінки людини і вимогами життя у демократичних суспільствах. Цю проблему потрібно вирішувати насамперед удосконаленням змісту первинної освіти та збільшенням її тривалості. Зауважимо — успадковані нами програми придатні для життя у примітивних однопірамідальних суспільствах (племені, мікрокнязівстві чи імперії). Формування автономного і відповідального громадянина демократичного соціуму передбачає заміну успадкованої програми суспільно необхідною. Це можливо упродовж тривалої освіти (понад 18 років).

10. Та цей шлях неминуче активізує іншу суперечність — між моментом статевої зрілості і підвищеної сексуальності та початком повної соціальної дорослості, появою можливостей створити й утримувати сім'ю. Це зумовлює збільшення тривалості інтервалу зміни поколінь до 25–28 років для жінок і 30–34 — для чоловіків.

11. На планеті відбувається постійне збільшення тривалості життя і збільшення відсотка тих, кому “за 60”. У минулому таких осіб було обмаль і ними опікувалися родини. Нині в розвинених країнах з найвищою середньою тривалістю життя це стало важливим завданням усього суспільства. Більшість науковців (насамперед демографи та економісти) вважають явище “старіння” дуже негативним. Та це глибоко помилковий погляд, типовий прояв ефекту хоттабізації і невинуватого застосування “мудрих думок” часів панування аграрного суспільства там, де вони незастосовні. Насправді ж прискорення руху до інформаційного суспільства зумовлює появу великої кількості робочих місць для осіб з високим інтелектом і знаннями,



але обмеженими фізичними можливостями — як для інвалідів, так і для осіб третього і четвертого віку. Відтак, *знання і професійна компетентність “старої” частини населення стають дедалі важливішою і необхіднішою частиною загального людського капіталу нації.*

12. Хоч “демографічний вибух”, спричинений збереженням аграрного суспільства у значній частині країн третього світу, ще не подолано, дедалі помітнішою стає тенденція зменшення кількості дітей, яких народжує упродовж свого життя в середньому жінка. Це незаперечний вияв зникнення потреби “мати дітей”, аби забезпечити собі допомогу з настанням старості, приходом хвороб та фізичної немочі. Та й загалом загострюється суперечлива тенденція зменшення “важливості дітей”, ослаблення мотивів їх появи, ускладнення процесу їх виховання і значне подовження тривалості їх залежності від батьків та найближчого оточення.

13. Досить швидко модифікується поняття держави та уявлення про її найвищі цілі і призначення (найбільш показовий приклад — вплив Європейського Союзу на державний статус країн-членів). У цих умовах цілковито втрачають доцільність колишні (на жаль, надто часто в Росії та Україні вони вважаються “сучасними”) уявлення і про умови безпеки нації, і про показники “сили держави”. Останнє невдовзі стане синонімом не армії, а освіти.

14. Війни з участю більш як однієї країни вже стали корекційно-виховними. Ця трансформація відбулася на диво швидко, адже ХХ ст. розпочиналося жахливими за варварством окупаційними і колоніальними війнами. Обидва ці типи нині повністю втратили доцільність.

15. У переважній більшості країн власні армії стали основною загрозою економіці й безпеці життя населення. На жаль, аж надто переконливі й великі свідчення цього ми знаходимо на теренах України, Росії та інших екс-радянських країн. Розумно діють лише там, де скорочують силові структури до мінімуму, витрачаючи на освіту і науку набагато більше, як на армію.

16. Серед безнадійно застарілих норм освітньої політики — завдання виховання “націонал-патріотів”. Правильні дії — підготовка “економічних” патріотів, адже Україна біднітиме дедалі сильніше, доки більшість заробленого її громадяни витрачають на зарубіжні товари (автомобілі, комп’ютери, парфуми та ін.) і послуги (“фанерних співаків” і “синіх артистів” з Москви та більш віддалених теренів).

17. Економічні і політичні чинники вже майже сформували відкритий світовий ринок капіталу, товарів і висококваліфікованої робочої сили (явище *глобалізації*), де через недосконалість “правил гри” всі конкурують з усіма. І якщо частині країн це на користь, то багатьом — ні. До першої групи входять лише ті, хто вже перетворив освіту і науку в національний пріоритет номер один.

18. Цей ефект поєднання відкритості й глобалізації викликав і постійно посилює явище міграції виробництва з холодних і помірних широт у більш сприятливі (субтропічні і тропічні). Системи освіти багатьох країн змушені будуть врахувати цю тенденцію.

19. Відкритий світовий ринок інвестицій за слабого розвитку освіти і безладу в статистиці й законодавстві певної країни знижує її шанси на прогрес з участю вільних всепланетних фінансових ресурсів. До груп “невдах” входить Україна. Скажімо, у нас для випуску якоїсь продукції необхідно роздати у вищих інстанціях купу хабарів, а потім приховати від податківців більшість створеного і реалізованого. З позиції країн Західної Європи, якщо висловлюватися дипломатично, Україна поводить себе “нерозумно”. А все через те, що її керівники 1990-х міцно запам’ятали ті настанови, які ще тисячі років тому хтось закарбував у Месопотамії на глиняних табличках: “Друже! Якщо тобі доля дала можливість порядкувати в державній коморі — зроби граничний безлад у правилах і записах. Лише тоді ти зможеш вкрасти багато...”

20. Якщо у недавньому минулому явище міграції у пошуках місця праці було маргінальним і стосувалося окремих країн чи регіонів, то нині помітним стає формування всепланетних потоків мобільної робочої сили. Можна легко передбачити боротьбу двох полярних тенденцій — формування системи атракторів і дозволів для залучення “бажаної” частини потенційних мігрантів, а також появу щораз досконаліших засобів гальмування або заборони припливу надмірно великих мас мешканців перенаселених країн Азії, Африки і Південної Америки. У цьому зв’язку нагадаємо про маловідомий факт — в одній лише Індії внаслідок особливостей національної культури у сфері шлюбних стосунків утворилася багатомільйонна армія осіб чоловічої статі, які ніколи не зможуть знайти собі дружину в рідній країні, оскільки жінок у сучасній Індії набагато менше, як чоловіків.

21. Чимало традиційних релігій, передчуваючи занепад і втрату впливу, розширюють свої ареали. Через відсутність кодексу журналістської етики тимчасово виникли досить сприятливі умови для ак-

тивізації діяльності фанатиків, терористів та інших осіб з програмами індивідуальної діяльності. Засоби масової інформації повинні припинити висвітлювати події, які сприяють екстремістам і фанатикам.

22. Дуже позитивним загальносвітовим явищем є швидке підвищення суспільної ролі жіноцтва. Особливості менталітету жінок відзначаються підвищеною корисністю саме в тих соціально-економічних умовах, що виникають нині на планеті. В останні роки ХХ ст. сформувався навіть своєрідний індикатор рівня прогресивності і демократизму певної країни: *для цивілізованих держав представництво жінок у парламентах і на вищих щаблях державної адміністрації має досягати 40 %*. Скільки у нас? У нинішньому складі Верховної Ради — лише 4 %.

23. Поряд з цим прискорюється перетворення конвенцій про права людини і захист дітей в наднаціональне законодавство, основу текстів освітніх статей конституцій і центральних положень всього освітнього законодавства. Рівень гуманності соціального устрою довільної країни та її загального розвитку визначається насамперед тим, чи покінчено в ній з дитячою і підлітковою безпритульністю, чи стали об'єктом загального піклування люди з обмеженими фізичними можливостями, а також ті, хто потребує захисту і підтримки.

24. Негативним фактором ми вважаємо відсутність всесвітньої конвенції з журналістської етики як норми цивілізованого використання інформації. Через те засоби масової інформації часто керуються прикладом Герострата, а не клятвою Гіппократа.

25. Останнє небезпечне ще й тому, що зусиллями тих-таки наднаціональних ЗМІ старше покоління й уся система освіти швидко втрачають можливість контролювати ту інформацію, яка надходить до молоді і на основі якої формується її самосвідомість. Ніколи у минулому системи освіти не поставали перед ситуацією переваги у знаннях і вміннях молоді над вчителями, а саме це спостерігається в оводнінні інформаційними технологіями.

26. Інтенсивна “атака” мозку немовлят, дітей і підлітків рухомими зображеннями і звуками блокує необхідні для традиційного текстового навчання канали сприйняття й осмислення інформації — молодь вміє, але не любить читати, оскільки швидко втомлюється. З цим явищем зустрічається кожен вчитель і викладач, але його наукове вивчення не розгорнуто належним чином навіть у розвинених країнах, тому потрібно дбати про вирішення проблеми відновлення ефективності навчання в нових умовах.

27. Розпад СРСР і припинення “холодної війни” прискорили зміну лідерства у природничих науках, а надмірне залучення науковців до виготовлення зброї спричинило громадську антипатію, відторгнення навіть корисних досягнень, нічим не вмотивований потяг до припинення або скорочення викладання точних наук у школах. Фізика, хімія і матеріалознавство обсягом наукової продукції поступаються групі наук, що поглиблено вивчають живу речовину і людину на молекулярному рівні. Специфіка цих наук додатково загострює непрості етичні проблеми визначення науково і морально виправданих меж втручання людини в генофонд всього людства і в сукупність індивідуальних характеристик конкретної людини.

28. Дедалі помітнішою стає універсальна тенденція злиття роботи і навчання в єдине ціле, оскільки постійно збільшується присутність інтелектуальної складової в усіх видах діяльності, прискорюється старіння фахів і посилюється потреба постійно оновлювати свої знання, піклуватися про здобуття нового фаху або спеціалізації.

29. Відбувається постійна диференціація наук і з’являються щораз нові поля досліджень (їх вже понад 8 000). Спроби здійснити посправжньому серйозну інтеграцію знань (наприклад, про людину) закінчилися повним провалом. Наприклад, створений у Росії для інтеграції даних близько 70 точних і гуманітарних наук Інститут Людини спромігся поєднати за 10 останніх років інформацію аж... чотирьох гуманітарних наук — філософії, історії, культурології і теології. Потрібно виробити якісь нові засоби інтегрування знань з різних наук.

30. Практично вся надійна інформація про людину є цілком новою. Досягнення молодих точних наук про людину й досі ігноруються всією сферою навчання і виховання, що значно гальмує пошуки шляхів подолання багатьох недоліків, насамперед у формуванні нового менталітету і засад поведінки. Створені нашою Вищою атестаційною комісією правила майже виключають захист дисертацій з тем, де перехрещуються дві чи більше наук. Це дуже знижує потяг науковців до дослідження багатьох перспективних інтегральних проблем. Існують труднощі з публікацією інформації інтегративного плану, яка охоплює кілька сфер знань. Наприклад, поки що перший автор лише двічі дістав змогу більш-менш детально пояснити корисність використання досягнень етології, генетики, теорії інформації, нейромолекулярної біології та інших наук про людину в педагогіці (Корсак К. Homo Sapiens: сутність и мотивы поведения //

Персонал. — 1998. — № 6. — С. 82–86; Корсак К. В. Нові науки та освіта XXI століття // Світло. — № 2. — 2002. — С. 3–6).

31. Зміни стилю людського життя і засобів забезпечення як фундаментальних фізіологічних потреб, так і різноманітних індивідуальних прагнень свідчать, що відбувається тенденція до збільшення можливостей безпосереднього збудження септуму (*septum* — активізатор системи задоволення) і всієї системи задоволення, активізація якої є головною природною основою отримання людиною позитивних емоцій і відчуттів. Спостерігається дедалі більше поширення наркотиків, шокуючих порновідеоматеріалів та ін. Легко передбачити, що перелік хімічних і фізичних засобів впливу на людський мозок збільшуватиметься, а разом з цим — небезпека ментальної деградації, збільшення відсотка збочень та ін. Дуже негативним явищем ми вважаємо недооцінку цих загроз, неувагу до них всього комплексу сучасних наук, концентрацію висвітлення таких проблем у засобах масової інформації в руках людей, які не володіють сучасною інформацією і на кожному кроці засвідчують загострення ефекту хоттабізації.

32. Згадані негативні явища і тенденції можна подолати лише спільною взаємодією всіх трьох сучасних частин повної системи соціумізації нових поколінь:

- *формальної освіти* (система визнаних закладів різних форм власності, основою якої були і будуть школи);
- *неформального навчання* (вся сукупність позашкільних закладів та інших засобів додаткового навчання і надання різноманітних послуг);
- *інформальної освіти*: Інтернет, радіо- і телебачення, засоби інших форм надання і поширення інформації разом з іншими видами подразнень тощо.

Діяльність цієї розгалуженої системи має бути не лише скоординованою, а й підпорядковуватися угодженим правилам незастосування методів і непоширення інформації, яка могла б шкодити цивілізаційному формуванню нових поколінь, гальмувати розвиток уяви і менталітету суто комерційною чи іншою “шумовою” інформацією, нав’язувати хибні стереотипи, виховувати споживачів та безвідповідальних егоїстів.

33. В умовах поглиблення глобалізації й зникнення міждержавних бар’єрів актуалізуються загрози всьому національному, що перебуває під тиском всепланетних стандартів чи норм найбільш впливо-

вих країн. Відтак, збільшується важливість пошуків шляхів збереження національної унікальності та ідентичності, знаходження рівноваги у змісті і цілях навчання і виховання дітей і молоді.

34. Очевидно, що наближається момент відмови від пристосованого до потреб індустріальної епохи і суто національного ринку праці змісту первинної освіти і професійної підготовки. Діти і молодь мають отримувати цілковито нове бачення світу і більш правильні знання про природничі та соціальні закони. У загальній методології потрібно припинити акцентування суто механістичних і лінійних підходів й далекої від реалій життя примітивізованої причинності. Прогрес у науках і суспільному житті, правильні уявлення про природні й соціальні процеси і явища можливі лише на основі нелінійних теорій і синергетичних підходів. У сфері екології і середньострокових прогнозів старі (класичні) знання і науки взагалі незастосовні, тому розвиток освіти та економічно доцільних наукових досліджень має спиратися на нові розділи математики і нанонауки.

36. Останніми роками дуже прискорився перехід дедалі більшої кількості розвинених країн від старих “алхімічних” технологій до набагато досконаліших, які називають “високими”. Старі технології полягали у виділенні з руд природних речовин та їх подальшій трансформації за рахунок плавлення, додавання домішок, механічної та іншої обробки тощо. На кожній стадії використовується багато енергії, втрачаються корисні речовини і дуже пошкоджується природне середовище. “Високі” технології не мають зазначених недоліків і дають змогу нарощувати валовий національний продукт, водночас знижуючи споживання енергії і невідновних природних речовин.

Точкою росту сучасних знань про природу стали “нанонауки” — велика група точних наук, метою яких є передбачення властивостей і штучне створення речовин шляхом оволодіння процесами на відстанях одного або кількох нанометрів (1 нм — одна мільярдна частина метра). Ноносвіт є місцем дії квантових та інших законів, які дають змогу здійснити на практиці ті процеси і явища, які цілковито неможливі у макросвіті, де владарюють закони Ньютона, Кулона, Ома, Ленца й інших творців старої (класичної) фізики. Подолання екологічних та інших загроз стійкому розвитку людства можливе лише на основі нанонаук і створених ними технологій. Це вже усвідомлює частина науковців і окремі політики, невдовзі це зрозуміють усі.

37. У країнах-лідерах помітнішим стає явище, що дістало назву “атомізація” соціуму — переходу від жорстко регульованого форму-

вання людини у великому колективі з надмірно тривалим періодом підпорядкованості іншим до дуже раннього самоутвердження і перебрання на себе відповідальності за вибір певного шляху навчання і професійного розвитку з багатьох можливих. “Атомізація” є комплексним явищем з позитивними і негативними рисами, що виявляється в усіх “виховуючих” середовищах — родині, системі освіти, місцевій громаді та ін.

38. З “атомізацією” та іншими вже згадуваними процесами пов’язана тенденція зміни складу і суспільного призначення тих груп, які називають елітою. Якщо в минулому для входження в еліту високий освітній рівень не був обов’язковим, то в наш час і в майбутньому все буде інакше — лише тривале й успішне навчання разом з концентрованими зусиллями для накопичення якомога вищої професійної компетентності можуть створити передумови до суспільного визнання певної особи та включення її в одну з багатьох фахових еліт. А що навчатимуться всі, то не буде численної групи ненавчених і недонавчених осіб, які потребують у своєму житті та діяльності захисту і підтримки з боку представників еліти.

39. Високі технології і глибокі зміни засад життєзабезпечення створюють ефект “прозорості” людини. Зменшується можливість анонімності, безкарності і переконаності в нічим не обмеженій свободі індивідуальних дій. Нові технології у перспективі спроможні цілковито ліквідувати доцільність крадіжок і грабіжництва традиційного типу.

40. Зміни засад індивідуальної і 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 на усталені ще за часів становлення аграрного суспільства твердження потребуватиме від вчителя пояснень — що зі старого спадку придатне нині, а що може бути корисним і в майбутньому.

41. Посилюються негативні ефекти у психічній сфері все більшої кількості громадян позірно благополучних розвинених країн. Як передбачали ще в середині ХХ ст. етологи й екологи, зокрема нобелівський лауреат К. Лоренц, індустріальне суспільство необмеженого споживання створило всі умови для концентрації на людині негативного впливу деформованого нею ж оточення. Позитивним виходом із ситуації є цілковита відмова від старих засад життєдіяльності і використання досягнень нанонаук і молодих наук про людину.

42. Мали рацію ті науковці, які ще в добу загального технократичного захоплення “досягненнями” інженерів і конструкторів попереджали, що принципи ставлення людства до довкілля, його етика і мораль не витримують жодної критики. Вони пропонували замінити стару етику новою (біоетикою), сформувати нову систему індивідуальних і колективних цінностей і пріоритетів. І це потрібно здійснити якнайшвидше.

43. Тривалість життя масових професій стала такою малою, що система освіти не може більше орієнтуватися під час навчання молоді людини на її конкретне заняття в майбутньому, а змушена узагальнювати програми так, щоб пізніше можна було швидко перенавчитися і виконувати найрізноманітніші функції. Тривалість навчання щораз більше відстає від характерного часу виникнення істотних для всієї освітньої системи змін у суспільстві.

44. Посилення опору консерваторів нововведенням (приклад — припинення з волі нафтогазових монополій фінансування побудови прототипу термоядерної електростанції).

45. Конкурентний вплив на суперників з нахабно-військового поступово стає “нечесно-хитрим” (приклад — допомога з боку емісарів зі США розвинути в наших учнів високі здібності до “критичного мислення”, яке в цьому разі є відверто антинауковим).

46. Серйозна загроза “деперсоналізації” не лише вищих, а й нижчих рівнів освіти шляхом значного зменшення обсягу і значення особистісних контактів у парі “педагог — учень”.

47. Посилення “інформаційного шуму” і постійне ускладнення знаходження особливо корисної, систематизованої і нової інформації у морях псевдо- й антинаукової графоманської продукції. Інтернет ще надто недосконалий і не дає змоги швидко й успішно знаходити необхідне. Ще менше він надається до систематичної самоосвіти — його творці нині мають зовсім інші пріоритети.

48. Постійне підвищення мобільності великих мас населення й збільшення відсотка іммігрантів — представників віддалених країн і культур. Через це у щораз більшій кількості мононаціональних країн чи місцевостей освітні заклади постають перед серйозною проблемою внаслідок появи значної кількості дітей, які не знають мови навчання.

49. Продовжує існувати і навіть розвиватися тенденція посилення вразливості антропогенного середовища. Полегшується його пошкодження природними чинниками — бурями, ураганами, повеня-



ми та ін. Для вирішення цієї проблеми потрібно звернутися до нових наук і високих технологій, адже закони природи дають змогу точно передбачити момент землетрусу чи початок вулканічного виверження.

50. Серед наслідків спільного впливу глобалізації, інформатизації та демократизації — тенденція поступового формування наддержавних законодавчих і адміністративних структур (приклад — Європейський Союз та ін.). У більш віддаленій перспективі це має привести до появи “всепланетного уряду” і перетворення ООН на всепланетний парламент. Намагання США стати неконтрольованим “керівником світу” шкідливе насамперед для самих американців.

Сподіваємося, що наведений виклад світових процесів буде корисним матеріалом, на основі якого читачі зможуть дійти власних висновків щодо стратегії і тактики своїх дій у швидкозмінних умовах нашого сьогодення. Бажано — рухатися до вищої автономії, відповідальності і толерантності, утверджуватися й самореалізовуватися через розширення власної професійної компетентності, а не шляхом накопичення гори грошей, акцій чи шмаття “від Версачі” й автомобілів престижних марок.

Схожа система індивідуальних пріоритетів “зразка XXI століття” завершує своє формування в 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 безглузді марноти, а на підвищення власного інтелекту і професійної компетентності.

На наш погляд — гідний взірєць для запозичення.

Саме на це й потрібно орієнтувати діяльність сучасних освітніх систем.

### ***1. Для допитливих. 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”!

Однак ця така приємна тирада є звичайнісіньким самопроголошенням — інопланетяни не проводили тестування на рівень розумності серед усіх розвинених видів сучасної зоосфери Землі, а тому люди не отримували від когось “диплома розумності”.

Бо насправді люди не формують цілковито відокремленої частини життя на планеті й не мають комплексу принципів переваг і відмінно-

стей. Багато живих істот знаходять або виготовляють знаряддя, велика кількість ссавців 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 відповідною етикою, мораллю і законодавством тощо.

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

Пропонована праця — мікроскопічна частина саме таких засобів.

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

Попереджаємо — будьте обережні!

Завжди пам’ятайте про те, що та інформація, яку люди нагромадили в якийсь момент, не гарантує точності прогнозів на майбутнє — постійно відбуваються непередбачувані відкриття і винаходи, які докорінно змінюють наші уявлення.

Ця книга з екології — не перша. Наші попередники вже описували історію розвитку екології, детально розглядали досягнення її біологічного сектору (теорію екосистем та ін.), обсяги і характеристики порушення людьми природної рівноваги (знищення природних екосистем, забруднення ґрунтів, води і повітря). Особливо наголошувалося на переліку екологічних загроз існуванню всього людства.

Та у пропонованому навчальному посібнику ми намагатимемося не просто означувати негаразди і попереджати, а наголошувати на тому, що ці негаразди є наслідком старих знань, уявлень і технологій. Мінорний тон книг наших попередників був зумовлений тим, що на цій старій основі і справді не можна було знайти виходу, кращих варіантів, ніж закликати “Любіть природу!” і “Не забруднюйте довкілля!”.

Сподівання на краще ми пов’язуємо як з позитивними зрушеннями у менталітеті дедалі більшої кількості осіб з вищою освітою і достатнім культурним рівнем, так і з гарантованою появою принципово нових технологій, які ми називаємо “високими”.

Для пояснення наших міркувань наведемо такий приклад — поліпшення санітарного стану місць постійного перебування людей (насамперед житла), зокрема знищення у них хвороботворних мікроорганізмів.

Як це робити за “низькими” технологіями нам наочно демонструє телевізійна реклама. Потрібно купити патентовану ядучу рідину (“Доместос” чи щось інше) і вкрити нею кожен квадратний сантиметр поверхонь. Ефект буде швидкий — майже всі шкідливі найпростіші перестануть існувати. Віддамо належне авторам телевізійної реклами — вони не стверджують, що загинуть геть усі мікроби. Вони чесно зауважують — трішки залишаться, але забувають попередити, що ця децима негайно розпочне розмножуватися і невдовзі найпростіших буде стільки ж, як і напочатку.

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 більш ефективний у тому плані, що повітря таки очищається від шерсті домашніх тварин, стає комфортно вологим та ін. Але він значно дорожчий і за початковими, і за поточними витратами. До того ж ці засоби не досить ефективні у боротьбі саме з хвороботворними мікроорганізмами.

Про “високі” технології телевізор мовчить — творці передач на вітчизняних телевізійних каналах не знають стану сучасних наук і не цікавляться цим питанням. Тим часом “високі” технології вже частково створені і можуть використовуватися на практиці. Для знищення шкідливих мікроорганізмів і органічних речовин у житлових приміщеннях всі поверхні, на які може потрапити світло, пропонується вкрити мікроскопічною кількістю безпечного для людини і речей фотокаталізатора. Поглинувши фотон сонячного чи штучного світла, молекула каталізатора використовує його енергію на розщеплення органічної речовини — мікроорганізмів чи шкідливих органічних домішок до повітря. Як відомо, каталізатор під час цієї операції не пошкоджується і після поглинання чергового фотона він знову готовий до знищення будь-яких вірусів і мікроорганізмів.

Отже, “високі” технології дають нам змогу обернути собі на користь поширені природні процеси, досягаючи бажаного без постійних витрат енергії і допоміжних матеріалів. Найбільш перспективний варіант “високих” технологій — нанотехнології — спирається на квантово-механічні закони, відтак втілюватиме у життя процеси і явища, які видаються принципово неможливими для здійснення, якщо обмежуватися знаннями лише класичних теорій — від Галілея і Ньютона до Ейнштейна і Столетова.

Існування і стрімкий розвиток нанонаук і високих технологій дає підстави авторам цієї книги бути оптимістами — те, що видавалося неможливим чи непереборним у ХХ ст., буде реалізовано у ХХІ ст.

Люди відвернуть насамперед глобальні екологічні загрози і вилікують усі пошкоджені ними ділянки земної поверхні.

Як це буде зроблено — ми розглядатимемо у наступних розділах.

## **ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ\* ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

1. Чи є аналогія між потоком громадян з країн Азії й Африки до Європи з процесом розселення людей на суходолі в доісторичні часи? Відповідь обґрунтуйте.

---

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

2. У якому віці в дітей особливо помітна так звана пошукова програма — бажання полишити домівку і самотужки чи з найближчими друзями детально вивчати околиці?
3. Назвіть якомога більшу кількість причин того, що люди не залишилися у своїй колісці (Африці), а розселилися на всьому суходолі.
4. Чи бували у процесі розселення відступи? Відповідь обґрунтуйте історичними прикладами.
5. Чому видатні винаходи первісних людей не завжди зберігалися надовго і не кожен з них дійшов аж до нашого часу?
6. Якою може бути історична основа відомого біблійного міфу про будівництво Вавилонської вежі? Відповідь обґрунтуйте.
7. Зазначте подібність і відмінності між Великою китайською стіною і системою оборонних споруд наших предків (так званих Змійових валів).
8. Порівняйте (наближено) той відсоток суспільних знань, який могла нагромадити у старості людина в кам'яному віці, з показником, який доступний нашим сучасникам. Які висновки ви можете зробити?
9. Чому в суспільстві знань у промисловості буде зайнята така мала частина активного населення — лише 10–12 відсотків?
10. Наведіть докази того, що США не можуть вважатися моральним лідером планети і за певними показниками не набагато віддалилися від періоду своїх війн з Мексикою.
11. Жителі Сахари мають проблеми з пошуком 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\*. Виконайте прогноз найбільш імовірних змін потоку іммігрантів, які намагаються перетнути територію України зі Сходу на Захід. Відповідь обґрунтуйте.
- 15\*. Чому в наш час незастосовні засади виховання лідерів, які сформувався за часів хрестоносців і рицарських поєдинків? Відповідь обґрунтуйте.
- 16\*. Які аспекти козацького виховання мають перспективу і в нашій школі, а які — ні? Відповідь обґрунтуйте.
- 17\*. Чому сучасні армії є загрозою для того населення, яке їх утримує (зокрема в Росії та Україні)? Відповідь обґрунтуйте.
- 18\*. Чому у змаганні за вільні капітали, які можна використати для розвитку промисловості, Україна не є світовим лідером? Відповідь обґрунтуйте.
- 19\*. Яких переваг набуде Верховна Рада України, якщо в її складі з'явиться 40–45 % жінок з науковими ступенями докторів і кандидатів наук? Відповідь обґрунтуйте.

- 20\*. Чому інтегрувати знання і досягнення багатьох наук так складно? Відповідь обґрунтуйте.
- 21\*. Доведіть, що поглиблення демократизації суспільства неминуче веде до підвищення автономії кожного його члена і занепаду колективізму “старого зразка”.
- 22\*. Які технології — “алхімічні” чи сучасні — домінують у промисловості України? Відповідь обґрунтуйте.
- 23\*. Як ви ставитеся до скасування традиційних грошей і цілковитого переходу на “електронні”? Відповідь обґрунтуйте.
- 24\*. Чи зможе релігія відігравати позитивну роль упродовж всього ХХІ століття? Відповідь обґрунтуйте.
- 25\*. Чи можна вважати апологетику одностатевих статевоїх відносин ознакою ментального збочення, яке прискорено розвивається в сучасних суспільствах? Відповідь обґрунтуйте.

## Розділ 2

# Екологія на зламі тисячоліть

---

---

### 2.1. Наука чи гасло?

Відповіді на це просте запитання стає дедалі важче — екологія має всі шанси повторити шлях кібернетики і перетворитися з досить чітко окресленої сфери наукових досліджень на аморфне інтегральне поняття, яке буде “покрівлею” для багатьох секторів, які входять до складу природничих наук — геології, географії, біології, інженерії та ін.

Та спочатку екологія була-таки наукою (логосом).

Термін “екологія” запропонував відомий німецький природодослідник Е. Геккель 1866 року для позначення необхідної, на його думку, науки (*logos*) про взаємодію і взаємовплив живих істот та їхнього оточення (від грецьк. *oikos* — дім, помешкання, місце проживання). Серед багатьох запропонованих ним понять саме це стало найвідомішим. Отже, **екологія — наука про взаємовідносини живих організмів та їхніх угруповань між собою та з довкіллям.**

Хоча сам Е. Геккель пізніше надавав перевагу терміну “біоекономія” (чи “економія природи”), коротше і точніше слово “екологія” поширювалося дедалі більше. У другій половині ХХ ст. воно стало універсальним гаслом і замінило всі інші поняття. Існує багато визначень екології, а також суперечностей у ставленні до цього терміна в різних країнах.

Частина науковців у своїх визначеннях наголошують на походженні екології з біології і підкреслюють вивчення нею відносин живих істот з довкіллям (до цього класу належить наведений нами скорочений і дещо узагальнений варіант). У розвинених країнах Заходу слово “ecology” позначає саме біоекологію, до кола інтересів якої належить вивчення насамперед живих істот, а не питань економіки, виробництва і суспільства, а також умов забезпечення їх стійкого і безпечного розвитку та ін.

Однак розвиток екології такий стрімкий, що невдовзі правильніше буде визначати її як синтез науки про довільні природні сукупності об’єктів та явищ і нових принципів та уявлень про призначення

людини й інших організмів і мети їх життєдіяльності. Прикметник “екологічний” вже став синонімом слів “розумний”, “доцільний”, “правильний”, “раціональний”, “такий, як треба” та ін. “Екологізація” розумової та практичної діяльності людей помітніша в розвинених країнах, але вона охоплює порівняно швидко всю Землю, що дає людству певні сподівання не лише на фізичне виживання, а й на прогрес і стійкий розвиток.

Розширення поля діяльності екології поза суто біологічні межі примусило науковців Заходу запропонувати додатковий термін — *Environmental Science* (точна наука про суспільство). Саме цей великий розділ сучасної екології досяг значних успіхів у вивченні надскладної системи з мільярдів людей, незліченної кількості інших живих істот і неживого природного середовища, дав змогу робити обґрунтовані передбачення всепланетного обсягу і стати помічником в усіх будівельних та інших проектах.

Отже, на наших теренах термін “екологія” вдало поєднує в собі два іноземних і може застосовуватися і до біологічних досліджень, і до інженерно-технологічних чи соціально-економічних. Ми переконані в тому, що немає сенсу засмічувати рідну мову чимось на кшталт “енвіронменталістика” для позначення небіологічних аспектів екологічних досліджень.

## 2.2. Примхи розвитку екології

Бурхливий розвиток екології останніми десятиліттями сприяв надзвичайно глибокому оновленню цієї дуже давньої царини знань. Дехто взагалі вважає, що вона невдовзі займе становище *лідера сучасних наук* (хоча, на наш погляд, ними вже стали *нанонауки*).

Не буде перебільшенням стверджувати, що екологія “існувала завжди”. Первісна людина померла б від голоду без необхідних знань про особливості поведінки дичини, якби не мала отриманого від предків і набутого самостійно досвіду “взаємовідносин з довкіллям”. У наукових працях учених усіх давніх цивілізацій зустрічаємо чимало цікавих даних про вплив на рослини і тварини кліматичних змін, про особливості відомих їм живих істот, ознаки пристосування до умов середовища проживання тощо. Пропонуючи свою “екологію”, Е. Геккель мав на увазі не лише поглиблення таких досліджень, а й перехід до пошуків і формулювання основних законів взаємодії живого з довкіллям, а відтак, до використання їх на практиці.

Екологія довго розвивалася як частина біології — загального вчення про світ живого. Не виокремлюючись істотно з неї, за сотню років вона тричі змінила *парадигму* (вихідний принцип, основу міркувань і досліджень).

На *першому етапі* (до 30-х років ХХ ст.) екологія спиралася на визначні праці Ч. Дарвіна, О. Гумбольдта, К. Рульє, Е. Геккеля, І. Сент-Іллера та багатьох інших великих вчених і концентрувалася 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 *ауто-екології*, або *аутекології* (екології особини), що тоді було перевагою, а не вадою. *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. Громадськість мало цікавилася їхніми спостереженнями, дослідями і науковими працями. Вперше на екологів звернули увагу у зв’язку з їх спробами “зберегти природу”, створити захищені зони і національні парки для порятунку рослин і тварин, яким загрожувало зникнення. Завдяки підтримці журналістів і частини політиків їм таки дещо вдалося, адже з’явилися не лише перші заповідники, а й закони і 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. Прикладом є проблема взаємовпливу хижаків та їхньої здобичі, видів-продуцентів (зелених сухоцільних рослин, водоростей тощо) і видів-споживачів (комах, тварин, риб тощо). Лідером серед усіх царин екології стала *популяційна екологія* (або *демекологія*). Великою заслугою цього етапу розвитку екології є залучення такого могутнього інструменту, як вища математика (насамперед диференціальних рівнянь). Вперше екологи дістали змогу теоретично моделювати розвиток подій у живому довкіллі, робити передбачення (на жаль, надто спрощені й не досить точні).

*Третій етап* розпочався після Другої світової війни, коли домінуючим стало уявлення (сучасна парадигма) про “*пов’язаність усього з усім*”. Було, хоч і з запізненням, усвідомлено необхідність



одночасного і якнайточнішого врахування як взаємодії між собою та з речовинним довкіллям усіх видів і варіантів живого довкілля, так і змін природного середовища внаслідок розвитку сфер Землі і впливу на нього людської діяльності.

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

Не можна не згадати й англійця А. Тенслі, який у 1935 р. запровадив у вжиток поняття “екосистема”, узагальнивши розпочаті ще до нього поглиблені дослідження характеристик екосистем (ланцюгів живлення і пірамід мас та енергій, ролі продуцентів, консументів і редуцентів тощо).

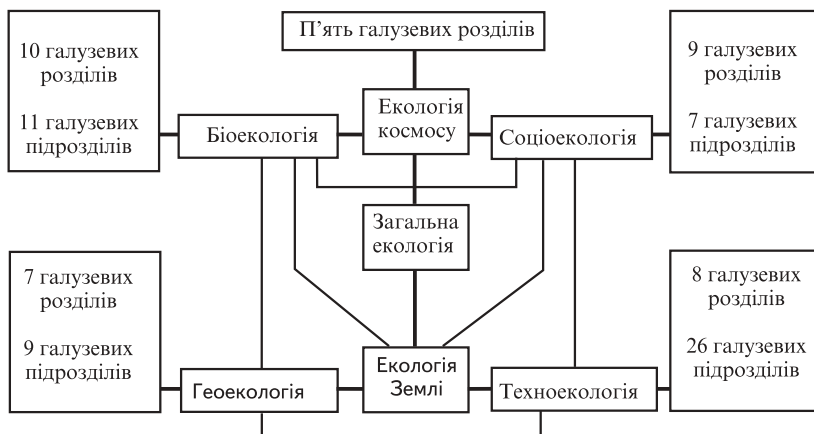
*Сінекологія* — вчення про взаємодію популяцій між собою і найближчим довкіллям — швидко поступилася першістю *глобальній екології*, об’єктом вивчення якої є вся біосфера (точніше — система з людства, інших живих істот і навколишнього середовища). Водночас виникли й почали стрімко розвиватися десятки(!) галузей, розділів, підрозділів сучасної екології. Не лише становлення, а й поділ та найменування цих вужчих чи вузьких напрямків екології тривають безперервно. Одні фахівці стверджують, що їх налічується близько 50, інші обґрунтовано доводять, що набагато більше. Проте для нас важливішою є та обставина, що серія грандіозних техногенних екологічних катастроф післявоєнного періоду підготувала ґрунт для належного сприйняття книг американця Ю. Одума (найвідоміша — двотомна “Екологія”) і перетворення екології на важливу для практики науку й гасло, заклик до 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 в часі й просторі) на складний конгломерат багатьох царин знань значною мірою зумовлене складністю та різноманітністю об'єктів її зацікавлення, великою кількістю взаємозв'язків між ними і незліченністю їхніх 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. 2 спрощеною структурною схемою екології, де зазначено приблизну кількість її вужчих підрозділів. Кожен з них цікавий сам по собі, але важливіша комплексність, поєднання зусиль учених з багатьох наук і царин досліджень, так



**Рис. 2. Спрощений варіант структури сучасної екології з відображенням мінімальної кількості внутрішніх зв'язків та взаємодій**

само, як і застосування засобів, методів та досягнень інших наук про природу — фізики, хімії, біології, кібернетики, математики та ін.

Екологія нині отримує більше моральну, ніж фінансову підтримку. На неї не зважали в колишньому СРСР, проте й на Заході було чимало тих, хто зараховував екологів мало не до “запеклих ворогів” технічного й технологічного прогресу. Лише кілька великих катастроф танкерів з дуже серйозними шкідливими екологічними наслідками 50-х і початку 60-х років минулого століття обурили громадськість розвинених країн такою мірою, що уряди вперше створили екологічні комітети або міністерства, змусили спрямувати частину бюджету на “природоохоронні заходи”. На ці роки припадає створення перших впливових міжнародних екологічних організацій, прийняття різноманітних угод і конвенцій.

Нині екологія переживає дуже складний і суперечливий період свого розвитку. Не викликає сумнівів необхідність “повороту” до проблем довкілля всіх природничих і гуманітарних наук. Проте не можна перетворювати екологію на метод або ж тему для балачок. Буде помилкою “розчинення” її в безлічі спеціалізованих наукових напрямків. Пора відмовитися від фінансування теоретичних і практичних екологічних досліджень у межах “старих” наук.

Важливо, але вочевидь недостатньо писати тільки статті чи книги-“страшилки” про негаразди, сміття, хвороби, загрози. Це корисно для формування вираженіших дій і поведінки людей, для глобалізації і застосування ними такого простого і важливого положення, як “чисто не там, де безперервно підмітають, а там, де ніхто й ніколи не розкидає сміття”. Однак цього надто мало для відвернення загрози втрати озону, забруднення питної води, зниження родючості ґрунтів, винищення лісів. Тут потрібні гроші, і чималі.

Згадані тут та інші загрози неможливо відвернути без розвитку експериментальної екології, без створення глобальної системи моніторингу довкілля — систематичних точних вимірювань стану повітря, води і ґрунту майже всієї поверхні Землі. Однак такі дані будуть мертвою інформацією у разі відсутності теорій, методів та засобів передбачення і коригування стану і змін довкілля. Людство гарантовано загине, якщо й надалі спрямовуватиме щороку понад 1200 млрд доларів США на військові цілі (не кажучи про інші непотрібні витрати).

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

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

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

Як показано на рис. 2, об’єднуючим центром екології є глобальна 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 розташовані навколо центрального і взаємодіють як з ним, так і між собою, мають вужчі завдання, вивчаючи різні об’єкти (що відображено в назвах).

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

Варті окремої розмови досягнення кожного з цих розділів і підрозділів. Наприклад, експериментальна біоекологія розпочинала з вивчення найпростіших моделей біосфери об’ємом заледве 2–3 літри, а нині у США (штат Аризона) черговий “екіпаж” з кількох “біонатів” працює у величезній скляній “Біосфері-2”. До неї входять тропічний ліс, пустеля, савана, болото і навіть мале солоне море завглибшки 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 з огляду на отриманий досвід триває.

Чималий набуток має і геоекологія з її основними розділами — екологією ландшафтів, атмосфери, гідросфери, літосфери та підрозділами — екологією рік, озер, боліт, морів, океанів, штучних водойм, ґрунтів, гірничої справи тощо.

Велике інтегруюче значення має блок екології Землі, серед завдань якого — як поєднання досягнень інших напрямків (наприклад, економіки раціонального природокористування, охорони 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, сільського господарства тощо — має кілька підрозділів.

Так, екологія енергетики вивчає екологію атомних, теплових і гідроелектростанцій, а також нових нетрадиційних джерел енергії.

Соціоекологія об'єднує щораз більше здобутків соціальних та гуманітарних наук, використовуючи методи й засоби точних наук. Особливо важливими стали на сучасному етапі психоекологія, екологія міст, екологія народонаселення, природоохоронне законодавство та ін. Відбувається подібнення великих напрямів на вузкі підрозділи, які глибоко вивчають нагальні проблеми взаємодії суспільства і довкілля.

Важливі завдання вирішуватиме у майбутньому молода космічна екологія, адже в “околицях Землі” рівень забруднення подекуди перевищив усі допустимі межі!

Наприкінці 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 ми не схвалюємо, скажімо, словосполучення “екологія електротранспорту”, адже, прямуючи цим шляхом, легко дійти до “екології кухонного начиння”...

## *2.4. Об'єкти дослідження й основні поняття екології*

Екологія народилася як природнича наука, адже об'єкти її дослідження — організми, тіла і речовини — матеріальні, а процеси з їх участю підпорядковуються 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. 3).

Включаючи біоструктури, вони йдуть від субелементарних частинок типу кварків аж до Всесвіту загалом. Ця схема корисна тим, що дає змогу порівняно чітко означити рівні, які охоплюються всіма сучасними природничими науками.

Наприклад, біологія охоплює рівні 4–14, хімія — насамперед рівні 2–4, але її застосування поширюється 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 нами раніше нанонауки мають позірно вузьку — рівні 3 і 4 — сферу діяльності. Та це аж ніяк не заважає їм втілювати у життя не тільки мрії науковців, а й навіть те, що для них ще невідоме.

Нині екологія охоплює насамперед рівні 10–15, але в майбутньому, кооперуючись з іншими науками, може поширити свою увагу як

на вищі (16, 17), так і на нижчі рівні (6–9). З наведеного рисунка випливає, що найпростішим об'єктом в екології є окремий цілісний **організм**. Це може бути і одноклітинна водорість, і величезний тридцятиметровий кит.

Екологія досліджує вплив на окремі організми всіх чинників довкілля, а також зв'язки між живими об'єктами, утворення і поведінку їх дедалі складніших систем аж до рівня всієї біосфери. Суттєвим для подальшого є те, що взаємозв'язки або взаємовпливи є або безпосередньою дією одного об'єкта на інший (наприклад, зливання смердючих вод зі свиноферми у чисту річку), або матеріальною чи інформаційною взаємодією, яка здійснюється через обмін матеріальними посередниками. Як приклад останньої можна навести стерилізацію шкідливих комах іонізуючим промінням чи інтенсивним пучком прискорених електронів, а також модифікацію видів за допомогою керованих штучних мутацій (генна інженерія).

Більшість термінів екології запозичені з інших наук і характеризуються префіксом “еко-” чи прикметником “екологічний”. В екології використовується також велика 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 наводитимуться під час першого використання, а в кінці посібника подано ще й словник з додатковими тлумаченнями.

Найчастіше у книзі зустрічатиметься термін “**екосистема**”. Поділяючись на природні та штучні (антропогенні), *екосистеми завжди є цілісною системою компонентів (об'єктів) живих (організми) та*

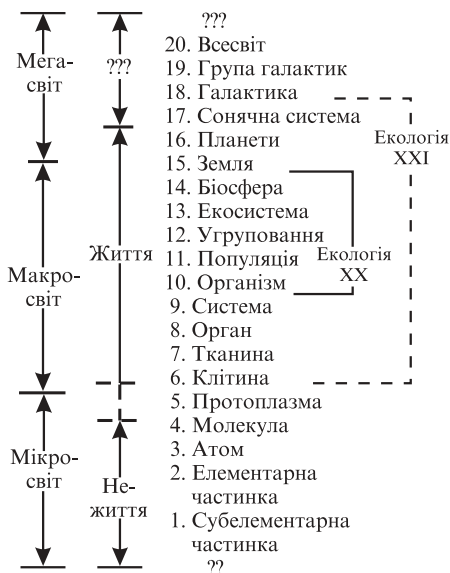


Рис. 3. Рівні організації матерії та царина діяльності сучасної екології

*неживих (середовище, тіла, речовини)*. Найбільшою екосистемою є біосфера — зона поширення живих організмів на Землі, але бувають екосистеми зовсім малі — лісок, лужок чи навіть невелика баюра. Екологів особливо цікавлять стійкі і довготривалі екосистеми, адже основне своє завдання вони вбачають у забезпеченні стійкості всієї біосфери, максимальної ефективності й безпечності штучних екосистем (ланів, ставків, водосховищ тощо). Та на шляху до досягнення цієї мети ще багато перешкод і труднощів.

## 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, ми й досі однаково “науковими” вважаємо фізику й біологію, літературознавство і політологію.

У розвинених країнах термін “наука” (*science*) застосовують лише для позначення “точних” сфер знань, де інформація одержується через вимірювання, багатократно перевіряється і вільна від суб’єктивізму. На Заході “неточні” науки позначають термінами “*arts*” і “*humanities*”.

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

З огляду на зазначене для нас особливо важлива та обставина, що всі види наук — як природничо-математичні, так і гуманітарні — намагаються підвищити своє реноме і можливості знаходженням, формуванням і використанням “законів”.

Та існує ще одна сфера, де законів — тисячі і навіть десятки тисяч. Йдеться про правничу сферу — про законодавство. Адже кожна сучасна країна обов’язково має свою систему “законів”. Ця “гучна” і приваблива назва приховує той факт, що вони є лише домовленос-

тями 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 й відмінити (чи змінити) жодного із законів фізики чи хімії голосуванням у парламенті чи на загальних зборах Академії наук. Отже, лише головні здобутки природничих (точних) наук мають повне право називатися **законами**.

### **Закони екології також належать до природничих і їх так само не можна змінити чи відмінити.**

**Задля виживання людство повинно їх знати і беззастережно виконувати.**

У науково-популярних книгах з екології можна зустріти 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 практичного 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 обмежують обговоренням правил Коммонера і наведенням кількох їх проявів.

Наша мета — викласти закони екології, які були б і точними, і ефективними під час різноманітних практичних застосувань.

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

Авторам не відомі підручники з екології, де б усі ці закони і принципи були викладені без скорочень, адже, за підрахунками деяких фахівців, їх налічується аж 99 (!). Вони поділяють їх на п'ять основних груп: структурних — 16, функціональних — 38, еволюційних —



16, міжсистемних — 13. Дещо окремо стоять два інтегральні закони і 14 емпіричних наслідків (правил).

З огляду на щойно сказане ми змушені визнати, що не зможемо викласти у цій книзі всіх відомих науці законів. 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, віддаючи перевагу тим законам, які або мають найбільшу сферу дії, або стосуються найважливіших процесів взаємодії та змін малих і великих екосистем. У центрі нашої уваги залишатиметься людина з її щоденними турботами і працею, а також людство з усіма загрозами його існуванню.

## 2.6. Найзагальніші закони сучасної екології

Базовими для екології і всіх сучасних природничих наук є **закони збереження та перетворення енергії і маси**.

**ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ МАСИ.** Нагадаємо, що у макросвіті (точніше, розпочинаючи з четвертого рівня, що відповідає, як зазначено на рис. 3, молекулам) закон збереження маси 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 відкрито наприкінці XIX ст. французьким фізиком А. Беккерелем у формі радіоактивного розпаду ядер важких елементів.

Перетворення одного хімічного елемента на інший є суто фізичним явищем і відповідає другому і третьому рівням матерії, бо спостерігається, як відомо, під час радіоактивного розпаду ядер або внаслідок ядерних реакцій (викликаються обстрілом ядер нейтронами або прискореними зарядженими частинками).

На рис. 4 показано, які саме продукти можуть виділяти нестійкі ядра атомів (*радіонуклідів*). Ті з них, які були викинуті на територію України під час катастрофи, що сталася 26 квітня 1986 р. на Чорнобильській АЕС, випромінюють фотони великих енергій ( $\gamma$ -кванти), швидкі електрони ( $\beta$ -промені) і ядра гелію ( $\alpha$ -частинки).

Під час викидання зарядженої частинки ядро одного елемента перетворюється на ядро іншого. Якщо врахувати масу *всіх* продуктів розпаду ядра (включаючи фотони), то й у цьому разі виконуватиметься закон збереження маси.

Отже, природна або 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, розклад тощо) живого підпорядковуються *закону збереження речовини (атомів) і маси*.

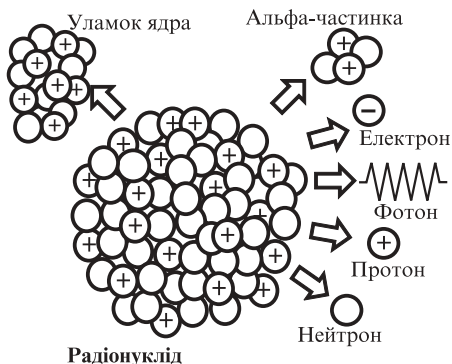
Це твердження широко застосовується як для обчислення потоків руху (циклів) окремих елементів (С, О, N, P, ...) у великих чи малих екосистемах, так і в усіх видах діяльності людини. Відомо, як важливо стежити за кількістю поживних речовин у ґрунті, розраховувати масу органічних та мінеральних добрив, яку треба внести для забезпечення максимальної родючості поля. Нагадаємо, що міжнародною одиницею вимірювання маси є *кілограм*.

**ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГІЇ.** Енергія (одиниця вимірювання — *джоуль*) є найуніверсальнішою характеристикою інтенсивності руху (кінетична енергія  $E_k$ ) і взаємодії (потенціальна енергія  $E_p$ ) всіх форм матерії.

Різні види руху і взаємодії матерії характеризуються різними видами енергії: механічною, хімічною, електричною, ядерною, променевою 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 залишається сталою.**

Потрібно наголосити, що це формулювання беззастережно виконується лише для *замкнених систем*, до яких не належать ні живі організми, ні Земля. Тому радимо ознайомитися з наведеним далі додатковим матеріалом.



**Рис. 4. Продукти розпаду важких і нестабільних ядер**

### III. Для допитливих. Закон перетворення енергії

Живі істоти і цілі екосистеми не можуть існувати без обміну енергією і речовиною з довкіллям. Вони є так званими відкритими системами. Для їх опису застосовують закон перетворення енергії, який містить у своєму формулюванні важливі для практичного використання поняття “нагрівання” (зміни внутрішньої енергії тіла  $U$ ) і “роботи” ( $A$ ). Цей закон формулюється так:

**Якщо довільний об’єкт чи система отримає ззовні чи виділить у собі 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 стисліше у формі відомого математичного рівняння:

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

Всі величини, що входять у рівняння (2.1), вимірюються, очевидно, у джоулях.

Та історично склалося так, що у теплових явищах спершу запровадили і широко використовували як одиницю вимірювання 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 різних видів теплових двигунів. У результаті спалювання в них дерева, нафтопродуктів, вугілля, газу та інших джерел хімічної енергії, що виділяється у процесі реакції окислення вуглецю і водню, виділяється певна кількість теплоти  $Q$ , яку отримує робоча речовина двигуна (водяна пара, повітря тощо). Це нагрівання не тільки дуже підвищує її температуру, а й тиск. Розширюючись, ця 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 вищий коефіцієнтом корисної дії двигунів. Якщо у паровиків усіх видів він так і не перевищив кількох процентів, то у паровій турбіні досяг 30 %. Дещо 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 спричинюють 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 поєднаних з колесами електродвигунів, автомобілів на “паливних елементах”, що безпосередньо перетворюють хімічну енергію пального в електрику та ін. Окремі міста у розвинених країнах встановлюють зони, в які є доступ лише електромобілям, а Данія з 2010 р. збирається обходитися без транспорту, в якому використовуються традиційні види палива. Можна передбачити, що поступове вичерпання нафти і газу обов’язково спричинить перехід всього транспорту з бензину і солярки на інші види палива.

Вся біосфера Землі — грандіозний споживач енергії. Живі організми для росту, розмноження, руху використовують енергію. Це означає, що закон, записаний рівнянням (2.1), однаково застосовується як для бактерії чи водорості, так і для людини. М’язи є тим основним пристроєм, що був “винайдений” еволюцією для якнайефективнішого перетворення спожитої хімічної енергії  $E$  на механічну роботу  $A$  в тілі тварин. Кожному 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, результируючий ККД рук, які 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 %, то слід визнати, що енергобіомеханіка нашого тіла видається непоганою на тлі створених людиною теплових машин.

Із сказаного впливає, 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 в останні десятиріччя.
5. Біологія чи геологія вивчають більшу кількість рівнів матерії (рис. 3)?
6. Чому закони екології стосуються усіх землян, а державні закони — лише однієї країни?
7. Назвіть переваги і вади екологічних “законів” Б. Коммонера.
8. Як змінюється розташування радіонукліда у таблиці елементів, якщо він викидає з 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\*. Коли саме екологія вийшла за межі біології? Відповідь обґрунтуйте.
- 13\*. Чим і чому відрізняються визначення “екології” у нас і в розвинених країнах Заходу? Відповідь обґрунтуйте.
- 14\*. Чому визначення екології змінювалося у процесі її історичної еволюції?
- 15\*. Чи завершений нині перехід людства від антропоцентричного (виробничо-технологічного) до еконцентричного підходу у його відносинах з природою? Відповідь обґрунтуйте.
- 16\*. Які розділи екології розвиватимуться у найближчі 10 років найшвидше? Відповідь обґрунтуйте.
- 17\*. Чи потрапили в американську “Біосферу-2” біовиди, які не враховано в оприлюдненому її творцями переліку? Відповідь обґрунтуйте.
- 18\*. Чи має екологія якусь користь з того, що інші науки вивчають нижчі (рис. 3) рівні організації матерії? Відповідь обґрунтуйте.
- 19\*. Чи є живі організми обов'язковим компонентом екосистем? Відповідь обґрунтуйте.
- 20\*. Що повинен викинути радіонуклід для зміщення у бік елементів з вищим порядковим номером?
- 21\*. Чи може розпад ядра викликати збільшення: а) його заряду; б) маси; в) обох цих характеристик одночасно?

- 22\*. Чому калорійність їжі людини повинна відповідати її енергетичним витратам? Відповідь обґрунтуйте.
- 23\*. З якими небіологічними науками пов'язаний розвиток сучасної екології? Відповідь обґрунтуйте.
- 24\*. Як потрібно пояснювати поняття “системність екологічного дослідження” і чому саме цей вид досліджень став особливо актуальним у сучасних умовах?
- 25\*. Доведіть, що масове використання вітряків доцільне лише в окремих районах і не може вирішити екологічних проблем і водночас задовольнити енергетичні потреби всього людства.

## Розділ 3

# Основні закони ауто- і демекології

---

---

### 3.1. Вступ до аутоєкології (єкології особини)

Екологія розвивалася нерівномірно і розпочиналася з найпростішого.

З-поміж усіх інших її частин першою виникла аутоєкологія (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 щупак чи не впливає рибалка.

У біосфері вирізняють чотири основні 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 чинників середовища (в разі відсутності яких настає смерть) та інших чин-

ників, які так чи інакше 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 і 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** і **біотичні**.

Абіотичні включають все, що впливає на нас з боку неживої природи, біотичні — з боку живої. Серед біотичних чинників часто виділяють 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.

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 викликає 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.



## 3.2. Основні закони аутоєкології

До основних законів аутоєкології належать такі:

- I. Закон біологічної стійкості (нелінійної реакції особини на екочинник).
- II. Закон лімітуючого чинника (Ю. Лібіха).
- III. Закон рівнозначності чинників середовища.
- IV. Закон сукупної дії чинників середовища.
- V. Закон оптимальності.

I. Сутність закону біологічної стійкості можна проілюструвати у вигляді графіка (рис. 5). Якщо на ньому по вертикалі відкласти фізіологічну активність особини (швидкість росту, розмноження тощо), а по горизонталі — значення довільного з важливих чинників (температуру, вологість чи інші), то легко виявити зону *оптимуму* — інтервал сприятливих (оптимальних) значень цього чинника.

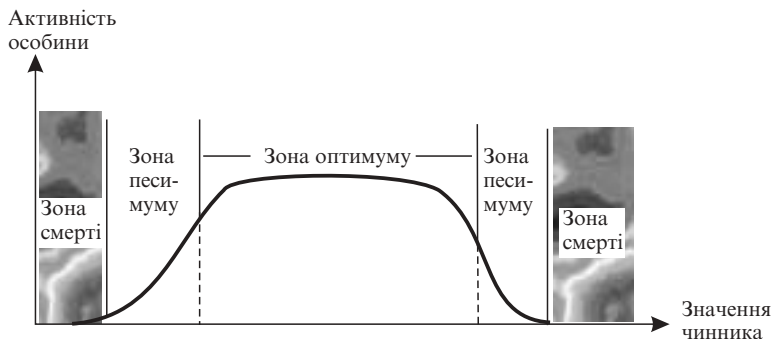


Рис. 5. Графічне зображення закону біологічної стійкості (нелінійна реакція особини на вплив різних значень екологічних чинників довкілля)

Поза зоною нормальної життєдіяльності лежить зона *песимуму*, де активність більшою або меншою мірою пригнічується (припиняється розмноження, гальмується ріст тощо). Часто зону пригнічення називають зоною екстремальних умов. Рухомі істоти намагаються покинути 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 цій зоні закінчується загибеллю особини.

Для деяких чинників крива стійкості може бути лише частиною лінії, зображеної на рис. 5. 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. 5.

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).

На один з висновків радимо звернути найпильнішу увагу: **реакція нашого тіла не пропорційна зміні того чи іншого чинника впливу**. Як свідчить крива на рис. 5, спочатку зміна чинника компенсується захисними можливостями особини. Проте рано чи пізно збільшення відхилення чинника від оптимуму викликає непропорційно швидке ослаблення опору організму (нелінійна реакція). Порівняно малі зміни впливу створюють надто великі відхилення від оптимуму. Потрібно уникати умов, які можуть перевищити компенсаційні можливості організму людини.

**II. 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 результируючу витривалість особини визначає найслабша ланка її потреб, тобто той чинник, значення якого потрапляє у зону пригнічення або й 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 більші чи менші зміни у часі різноманітних чинників середовища, тому слід враховувати можливість їх взаємного впливу (тобто рахуватися з існуванням четвертого закону і висновками з нього).

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

**III. Закон рівнозначності чинників середовища** стверджує, що всі життєво необхідні екочинники однаково важливі, не можна обминати чи ігнорувати жодного 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 кількарразове щорічне “прасування” поля ущільнювало ґрунт, порушувало умови руху води, а отже, живлення рослин. Тепер для усунення цього шкідливого явища машини обладнують великою кількістю широких коліс, щоб зменшити їх тиск на ґрунт до прийнятного значення.

**IV. Закон сукупної (спільної) дії чинників середовища** є певним розширенням і уточненням закону мінімуму (Ю. Лібиха). Згідно з цим законом, фізіологічна активність особини (наприклад, результуючий врожай на полі) залежить не лише від одного (навіть і лімітуючого 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, кількості шкідливих сполук тощо).

Виявилася помилковою думка про те, 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. 6, які для поширених у нас кліматичних умов показують залежність середнього врожаю пшениці і вівса від рівня забезпеченості

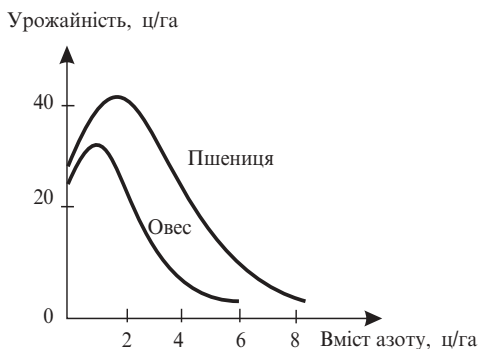


Рис. 6. Вплив маси добрив на врожайність

рослин азотом. Застосування цього закону аутоєкології має величезне практичне значення.

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). А от для одночасної дії двох отрут небезпечні концентрації відомі для кількох десятків випадків, 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 частини 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 і смерть здорових юнаків і дівчат після кількох годин енергійних танців.

**V. 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 створити величезні плантації, поля чи лісові насадження лише з однієї культури. Такі системи-гіганти вкрай нестійкі. То водночас буря “викошує” величезні площі штучного лісу (подібне нещастя трапилося в 1991 р. у Франції, а один з авторів був свідком такого випадку в невеликих масштабах на Волині), то шкідники встигають з’їсти майже все, що висаджено на полі, до того, як людина помітить небезпеку (як ви думаєте, чому шкідники нападають спочатку на центр поля, а не на його край?).

Звичайно, фахівці поступово вчать на помилках попередників, тому великі збої у штучних екосистемах трапляються дедалі рідше.

У розвинених країнах чимало позитивних прикладів того, як територія вмiло дiлиться на невеликi фрагменти, де висаджують такi рослини, якi в цих умовах забезпечать максимум бiопродукцiї.

Безперечно, *ефективне використання основного природного ресурсу України — її родючих i рiзноманiтних ґрунтiв — є надскладним завданням, яке потребує оптимального вирiшення*. Благородною i вдячною буде спроба найздiбнiших присвятити своє життя кращому використанню землi. Повiрте, для успiху в цiй царинi потрiбнi не менший таланти i не менша працьовитiсть, аниж для наукової працi у математицi чи у фiзицi космосу.

Тим, хто обере генну iнженерiю, доведеться враховувати цей закон також для того, щоб сконструйованi рослини чи тварини були збалансованими i ефективними, а не вразливими потворами-iнвалiдами, яких одразу доведеться “рятувати” вiд усiх зовнiшнiх впливiв, створюючи надкомфортнi умови.

Потрiбно наголосити, що окрiм викладеної iнформацiї i розглянутих законiв в аутоекологiї iснує багато iнших, а також чимало висновкiв у формi правил, тверджень i закономірностей.

Наприклад, закон оптимальностi породжує **правило Бергмана**: у межах бiовиду, поширеного вiд тропiкiв до Полярного кола, маса i розмiри особин збiльшуються при переходi вiд дуже теплих зон життя до дуже холодних. Наочними прикладами є пiнгвiни, крачки та iншi птахи, ведмедi, дельфiни тощо.

Ще одним висновком з цього закону є **правило Аллена**: придатки до тiла тварини (вуха, хвост, лапи) порiвняно тим меншi, чим нижча навколишня температура. Вуха у фенека (лисичка пустель) набагато бiльшi, нiж у звичайної лисицi. Зовсiм короткi вуха i хвiст мають песцi, якi змушенi переносити заметiлi i страшеннi морози сибiрської i канадської тундри.

Тут не розглядалися деякi науковi поняття типу *екологiчної валентностi* як дiапазону адаптованостi (приспособованостi) особини i виду до цього екологiчного чинника. Ще важливiше поняття *екологiчного спектра виду* як сукупностi *ековалентностей*. Саме вiн є своерiдною “вiзитною карткою” виду, точною характеристикою його преференцiї i можливостей, визначаючи його мiсце, або *екологiчну нишу*, в бiосферi та перспективи змiн у майбутньому.

Що ж до впливу на особину бiотичних чинникiв, то основний iх аналіз ми вирiшили поєднати з викладом мiжвидових взаємодiї у складних екосистемах.

### 3.3. Популяція та її основні характеристики

**Популяція** — одне з основних понять екології — 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. Перелічимо найголовніші з них:

- 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 те саме 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 вчені збирають не для розваги. Ці дані допомагають передбачити майбутнє популяції. А 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. 7 показано такий розподіл для французької колонії на острові Реюньйон (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. 21.

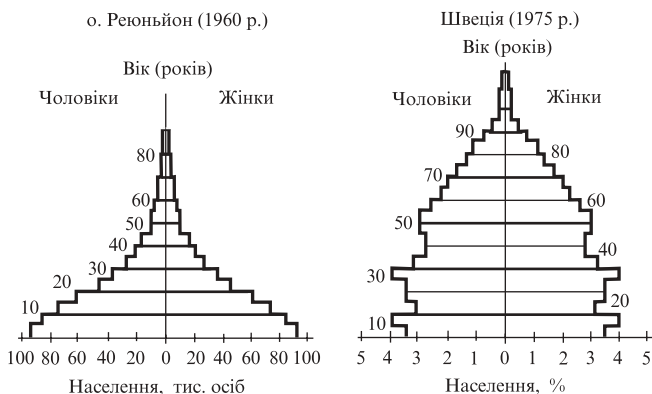


Рис. 7. Демографічні піраміди о. Реюньйон і Швеції

Окрім 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 8 і більше.

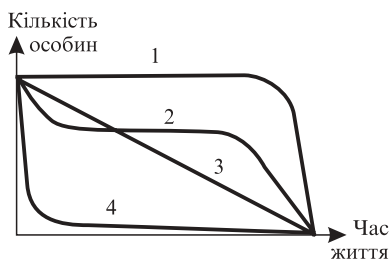
Менш суттєвими, хоч і цікавими самі собою, є середня тривалість життя кожної особини певної популяції, а також крива її виживання. У кожного виду вона індивідуальна, а найтиповіші варіанти показано на рис. 8.

Крива 1 відповідає “життю” дроздів (нагадаємо, що 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 піклуються 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 поїдають 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 загибелі 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.



**Рис. 8. Види виживання:**  
1, 2 — тип I, 3 — тип II,  
4 — тип III



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.

### 3.4. Основи теорії динаміки популяцій

У сприятливих умовах популяція цілком успішно “виконує” найголовніше завдання живого: розмножуючись, більш-менш швидко нарощує свою чисельність.

Та це за сприятливих умов. Насправді 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 популяція стрімко, як спалах пороку, збільшується. Тому популяції більшої поширеності поширених видів комах, риб, дрібних птахів і ссавців мають дуже змінну чисельність.

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

Та це не лише підрахунки, а й експерименти.

Якщо взяти одну парамецію (один з видів 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 кількість парамецій  $N$  у певний момент  $t$  з часу поміщення їх у колбу можна обчислити за формулою

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

де  $T$  — інтервал 6 год,  $t \gg T$ .

Продовжуючи розмножуватися в такому самому темпі, парамеції спочатку заповнили б і розірвали колбу, а потім досить швидко відкрили 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 залишатиметься сталою і 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 кроликами, 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”, окрім 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 (“суху-шу”) частину Австралії.

Теорія динаміки популяцій оперує більш-менш складними диференціальними рівняннями. У найпростішому варіанті, коли нехтують 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 самий час загине кількість особин  $dN_2 = -\beta N dt$ .

Результуюча зміна дорівнює алгебраїчній сумі 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:

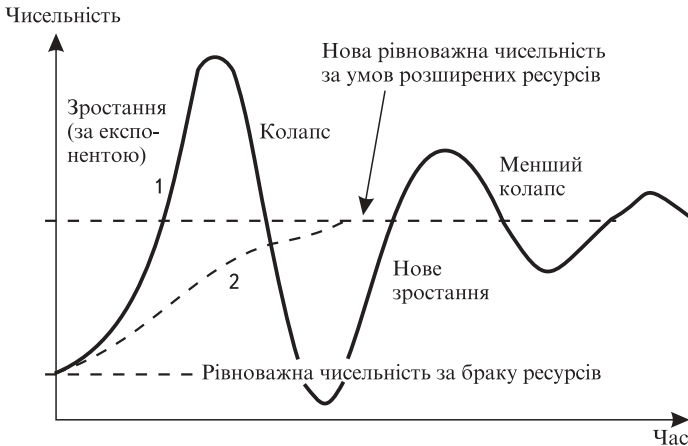
$$dN / dt = \alpha N - \beta N. \quad (3.2)$$

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 для випадку збільшення популяції відповідають ділянки зростання популяції (рис. 9). Вона правильно описує

розростання популяції за сприятливих умов. Проте, як було зазначено, 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 моллюсків у Чорному морі, а й усього людства.



*Рис. 9. Типи динаміки змін чисельності популяцій після збільшення ресурсів живлення:*

- 1 — поширений, з колапсом і ризиком цілковитої загибелі;
- 2 — “захищений”, з плавним виходом на нову рівноважну чисельність без колапсу

### **3.5. Основний закон розвитку популяції: зростання $\Rightarrow$ колапс $\Rightarrow$ стабілізація**

Припустимо, що біологічний вид існував тривалий час за умови рівності коефіцієнтів народжуваності і смертності ( $\alpha = \beta$ ), а також 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. 9, вона наблизиться до чисельності  $N = Z N_0$ , яка відповідає рівновазі популяції з новими, збільшеними у  $Z$  разів ресурсними можливостями середовища проживання. Отут популяції варто було б зупинити приріст, бо подальше його продовження руйнуватиме довкілля і завдасть шкоди самій популяції. Невелика частина видів (наприклад, звичні для нас соловейки та інші птахи завдяки певним захисним механізмам постійно перебувають у рівновазі з ресурсними можливостями, тому в цьому разі вони повільно збільшуватимуть свою чисельність до нового рівноважного значення  $Z N_0$ .

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 і далі стрімко збільшуватиметься.

Максимальна чисельність популяції  $N_{\max}$ , як правило, набагато перевищує рівноважну ( $N_z = Z N_0$ ), яку може забезпечити середовище проживання. У момент досягнення чисельності  $N_{\max}$  виявляється, що їжі немає, довкілля зруйноване так, що тимчасово не може забезпечити навіть рівня  $Z N_0$ . 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. 9, яка теж описується функцією (3.3), але в умовах нерівності  $\alpha < \beta$ .

У точці мінімуму чисельності популяція “залишає у спокої” середовище проживання, яке дістає 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 залишаються стабільними, після певної кількості коливань між максимумами і мінімумами чисельності популяція “заспокоюється” на новій позначці  $ZN_0$ , яка більш-менш точно відповідає (згідно із законами збереження енергії і маси) ресурсним можливостям середовища проживання.

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 зараз і відбуватимуться у майбутньому щоразу, коли популяція (це ж 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”, вона не повинна допустити колапсу, який відбуватиметься боляче (або й криво), зі зменшенням чисельності людства у десятки разів.

#### *IV. Для допитливих. Про демографічну стратегію*

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

- 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 компромісні. Нині вони є важливим об’єктом вивчення, і насамперед — витрати видів на відтворення і розмноження, а також *варіанти демографічних стратегій*.

Два протилежні і досить поширені у біосфері варіанти демографічних стратегій дістали назву *r*- і *K*-стратегій. Тут *r* — коефіцієнт швидкості зростання популяції; *K* — максимальна чисельність виду (межі зростання) в конкретних умовах його існування, яка відповідає горизонтальній лінії на рис. 9.

Порівняння згаданих стратегій наведено у табл. 2.

Наслідки обох стратегій для динаміки чисельності популяцій відрізняються дуже істотно. Читачі легко наведуть приклади популяцій тварин (чи рослин), розмноження яких підпорядковується тій чи іншій стратегії. Ми лише звернемо увагу на те, що демографія людського роду підпорядковується *K*-стратегії, польових або тундрових мишей — *r*-стратегії (популяції лемінгів з періодом 4–6 років змінюються до 100 разів, викликаючи під час піку чисельності вражаючу масову самовбивчу міграцію).

Таблиця 2

Умови і наслідки *r*- і *K*-стратегій у демографії

Чинник чи характеристика	Умови і наслідки <i>r</i> -стратегії	Умови і наслідки <i>K</i> -стратегії
1. Клімат	Дуже змінний, складний для передбачення	Приблизно постійний або легкопередбачуваний
2. Смертність	Часто катастрофічна, некерована	Керована, залежить від густоти популяції
3. Чисельність популяції	Нерівноважна, дуже змінна у часі	Порівняно постійна і близька до <i>K</i>
4. Напрямок відбору і характеристики окремих особин	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Швидкий ріст кожної особини</li> <li>• Велика швидкість зростання популяції</li> <li>• Рання зрілість</li> <li>• Малі розміри</li> <li>• Велика кількість народжень при великому приплоді</li> <li>• Наздатність до конкуренції в межах виду</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Повільний ріст кожної особини</li> <li>• Мала швидкість зростання популяції</li> <li>• Пізня зрілість</li> <li>• Великі розміри</li> <li>• Народження рідші, з малою кількістю особин у приплоді</li> <li>• Пристосованість до конкуренції всередині виду</li> </ul>
5. Тривалість життя	Мала, часто менша одного року	Велика, як правило, більша року

З викладеним тісно пов'язані важливі проблеми боротьби людини зі шкідниками полів, лісів чи помешкань. За 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, що *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 потребує ширших знань і незрівнянно вищого інтелекту, ніж примітивне “зрошення” ланів чи садів надшкідливими отрутами (усякими “*цидами*” з групи *пестцидів*, префікс у назві

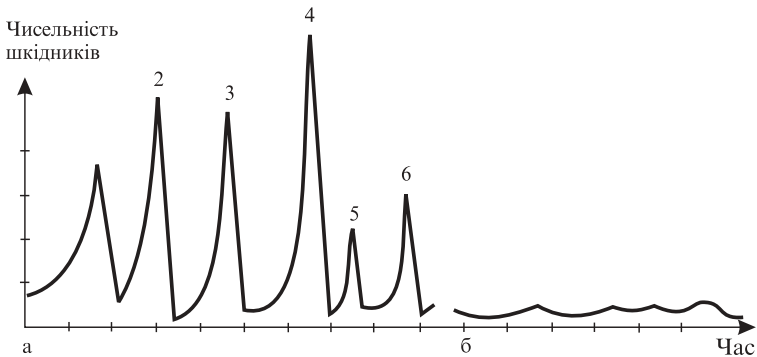


Рис. 10. Варіації шкідників у парниках для хімічного (а) і біологічного (б) способів захисту рослин

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 на користь цього методу, але обмежимося лише двома графіками на рис. 10.

Ці графіки настільки переконливі і так добре промовляють про переваги біометодів, що якісь додаткові пояснення видаються зайвими.

### 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 постійного чи тимчасового перебування в ньому, швидкого пересування тощо?
3. Яка відносна вологість повітря — висока чи низька — сприятливіша для тих, хто змушений інтенсивно фізично працювати? Відповідь обґрунтуйте.
4. Які чинники ви вважаєте лімітуючими для умов життя людей в екстремальних зонах розселення (поясніть на прикладі ескімосів Гренландії й аборигенів пустель Намібії)?
5. Проаналізуйте склад найпомітніших видів живих істот, які “без дозволу” мешкають у наших домівках.
6. Які з наведених п’яти законів аутоєкології найтісніше пов’язані один з одним?
7. Де і чому легше досліджувати популяції вовків — у гірських лісах чи у напівтундрі?
8. Чому бактеріям потрібно найменше часу, щоб “заселити біосферу” (досягти максимальної 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 теплокровних наземних істот — великих чи малих — добове споживання їжі (енергії) на одиницю маси тіла більше? Чому?
- 12\*. Чи придатна відповідь попередньої задачі 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 і спостерігаються частіше? Відповідь обґрунтуйте.
- 14\*. Чи завжди ареал (зона поширення біовиду) збігається з тією територією, де спостерігаються оптимальні для виду умови середовища? Відповідь обґрунтуйте.
- 15\*. Для деяких видів риб характерна крива виживання типу I, а не типу III. Чим пояснюється така аномалія?
- 16\*. У якому віці ймовірність загибелі чи смерті представників населення сучасних розвинених країн найнижча? Відповідь обґрунтуйте.
- 17\*. Чи можна відповідь до попередньої задачі застосувати до населення України?
- 18\*. Чи можна стверджувати, що точка мінімуму колапсу лежить тим нижче, чим вищим був максимум чисельності над її оптимальним (рівноважним) значенням? Відповідь обґрунтуйте.
- 19\*. Поясніть причини низької 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 потомство?
- 24\*. Згідно з правилом Глогера, 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 знижений вміст води у клітинах трав на полонинах Карпат та інших гір?



## Розділ 4

# 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 викликає 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 доквілля).

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

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

не переривався ні на мить, так і тим, що біосфера безперервно удосконалювалася і регулювала використання речовин, “навчившись” застосовувати їх багатократно.

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

- **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.
- **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 широким спектром живлення, бо споживає і рослини, і м'ясо.
- Завершальним компонентом біосфери є **редуценти** (відновлювачі, до яких належать насамперед бактерії і гриби), чия життєдіяльність 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. 11 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 веде до утворення нової органічної речовини на основі поглинання сонячного проміння, є *фотосинтез*. Як зазначалося, існує і *хемосинтез*. Він є вельми 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.

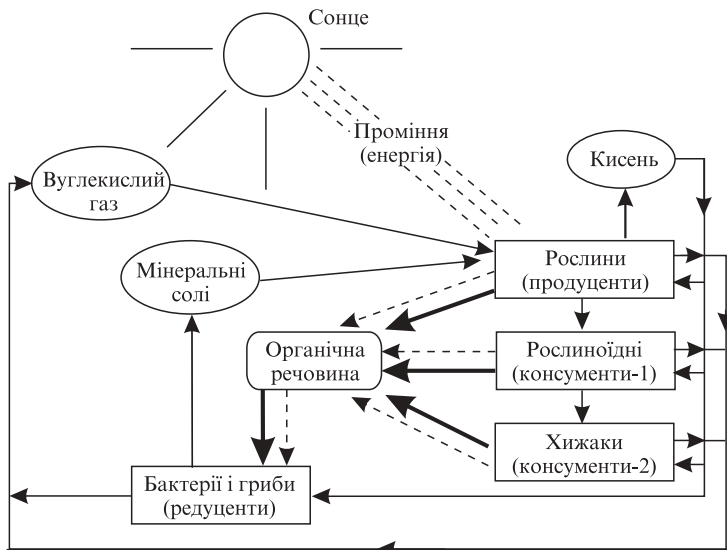
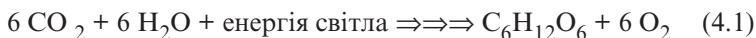


Рис. 11. Основні компоненти біосфери та обмін енергією, органічними і мінеральними речовинами

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 є два, які трохи різняться характеристиками поглинання світла (втім, обидва поглинають червоні і блакитні фотони, добре відбиваючи зелені). Центральне місце у досить великих молекулах хлорофілу займає атом магнію. За будовою вони навіть схожі на гемоглобін, але центральним у ньому, як відомо, є атом заліза.

Поглинута енергія фотонів у складному й багатоступінчастому процесі витрачається на розщеплення молекул води  $\text{H}_2\text{O}$  і вуглекислого газу  $\text{CO}_2$  і на подальшу побудову з їхніх 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  $6,23 \cdot 10^{23}$  молекул) глюкози масою 180 г необхідно 264 г вуглекислого газу, 108 г води і 674 ккал енергії фотонів (21 % добової енергетичної потреби середнього землянина чоловічої статі).

Оскільки у кожний певний момент рослини на території, яка дещо перевищує половину площі поверхні Землі, мають змогу здійснювати фотосинтез, то за рік його “продукція” (у сухій масі) досягає не менш як 50 млрд т (верхня межа оцінок досягає навіть 250 млрд т). З атмосфери вилучається на 40 % більша маса вуглекислого газу, а маса виділеного кисню майже дорівнює синтезованій рослинами органічній речовині.

Можна захоплюватися грандіозністю всеземних 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 загального випромінювання Сонця, але і його потужність перевищує 200 000 млрд кВт ( $N_0$ ). Розподіл потоку енергії Сонця зображено на рис. 12 (вертикальною стрілкою показано **справжні** здобутки фотосинтезу!).

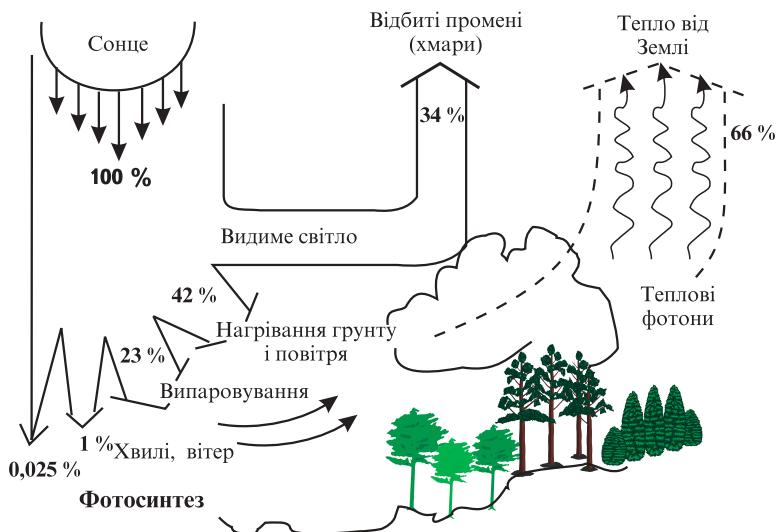


Рис. 12. Розподіл потоку енергії Сонця

Звичайно, можна дискутувати, що не 0,02 % всього потоку енергії з неба накопичують рослини, а **0,04 %** (оцінювання, як вже зазначалося, не абсолютно точне, можливі помилки у 2–3 рази), але це не змінює основного: **всі рослини суходолу та водорості океанів використовують для фотосинтезу менше 0,1 % всього потоку сонячної енергії, який досягає атмосфери Землі.**

Яка ж величина ККД самого процесу фотосинтезу? Теоретично — 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 зумовлюється багатьма причинами. Зокрема, до внутрішніх належить необхідність негайно витратити трохи менше чверті вловленої енергії фотонів на дихання, мало не втричі більше — на роботу тих “помп”, які проганяють крізь його судини і клітини дуже велику кількість води з мінеральними речовинами.

Такою високою є плата за те, що рослини “завоювали” сушу!

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. Рационально 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. Це може бути капуста, яка 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 у місця найвищої у світі біопромисловості, продукцією якої буде їжа та інші необхідні людям органічні речовини.

Вчені вже подолали більшу частину цього нелегкого шляху, але лишилося ще чимало нерозгаданого щодо заключних стадій фотосинтезу.

## 4.2. Енергія у техносфері

Історія прогресу людства пов'язана насамперед з освоєнням щораз досконаліших і потужніших джерел енергії та розширенням її використання у виробничій діяльності. Діаграма на рис. 13 демонструє, як розширилися витрати енергії на одного європейця від часів кроманьйонців до сьогодення.

**Мкал/день**



*Рис. 13. Денні енерговитрати жителя 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 спочатку вугілля, а потім нафти різко розширило можливості і прискорило прогрес тих країн, які ми зараз зараховуємо до розвинених.

Стрімке збільшення споживання невідновлюваних енергоресурсів Землі супроводжувалося пропорційним підвищенням життєвого

рівня населення. Це правило, хоч і з деякими невеликими застереженнями, залишається справедливим і нині.

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

Та не варто переоцінювати 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 репти країн Землі припадало у 12–14 разів менше енергії, ніж у невеликій групі розвинених країн*.

Звернімося до власних проблем. Промисловість України, яка свого часу була створена у розрахунку на дешеві джерела енергії, змушена й зараз використовувати надто великі її кількості. 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 “економічної 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 збільшення 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 випадають поверхню мільйонів квадратних кілометрів пустель. Нагадаємо, що на кожен їх квадратний метр вдень припадає майже один кіловат світлової потужності!

Наведемо прогнози розвитку енерговикористання у техносфері на межі 2020 року.

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. І 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 **дві ти-**



**сячі** квадратних метрів 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, без обробки 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 технісфері перевищило 10 млрд т умовного палива. Це відповідає щонайменше енергії, яку акумулює біосфера у 20 млрд т сухої біоречовини. Хоч це й менше, аніж вся біопродукція Землі (нагадаємо, що вона лежить в інтервалі 50–250 млрд т), але розрив не такий і великий.

Суттєвіше, однак, те, що енерговитрати людства давно вже значно більші, аніж невелике щорічне нагромадження (переважно у болах) 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 4 мільярди років біосфера.

**І розтринькує більш ніж успішно!**

#### ***V. 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. Спочатку окремі новатори почасти для експерименту, почасти для власної реклами споруджували унікальні вілли незвичних форм і з нових матеріалів (“будинки майбутнього”). Могут-

нім 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 підвищилася 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 всерйоз зайнялася проблемою 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 кризь них у 20 (!) разів підвищенням коефіцієнта їх теплового опору. Про етапи і досягнення цього прогресу свідчать дані табл. 3.

Таблиця 3

**Коефіцієнти теплового опору  $R$  різних вікон**

<b>Матеріали і конструкція вікна</b>	<b><math>R</math>, <math>K \cdot m^2 / Bt</math></b>
Звичайне вікно з одним листом скла	0,175
Звичайне вікно з двома листами скла і прошарком повітря	0,35
Нове вікно зі скла, яке 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

Вікна з великим теплоопором дістали поширення у США та інших розвинених країнах із суворого зимию. Там також створено нові системи вловлювання і повторного використання тепла, яке раніше викидалося назовні з відпрацьованим повітрям. Значну економію забезпечують

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

нові типи газорозрядних ламп, які перетворюють на світло до 25–30 % електроенергії (невдовзі вони будуть замінені ще економічнішими). Повна реконструкція систем опалення, вентиляції й 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 теплоопір 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 стане 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 отримувалася 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 електрорежі в кімнаті, додають ще 3–4 Дж, які “випомповуються” знадвору!

Трохи про нас. Нафта і газ в СРСР 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.

Автори впевнені, що нові ціни на газ, бензин, вугілля та інші енергоносії значно ефективніше, ніж нові закони, 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 незалежною Україною.

## 4.3. Основи синекології

### 4.3.1. Взаємодія особин одного й того самого виду

Живі істоти на поверхні Землі й у ґрунті розміщуються надзвичайно нерівномірно. Для більшості видів властиві скупчення чи спілки особин, та зустрічаються випадки самотнього існування з тимчасовими

контактами під час відтворення (наприклад, ведмеді). Спілки і скупчення бувають різні за кількістю членів (осіб): сім'я, зграя, стадо, рій, колоніальне поселення тощо. Інколи вони існують постійно, інколи утворюються тимчасово, але завжди це сприяє виживанню виду, переборенню 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 підвищення кількості й 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 відвернення загрози колапсу (загибелі виду) чи зменшення його глибини.

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

Взаємодія і взаємовідносини особин різних видів цікавіші і різноманітніші, ніж всередині одного й того самого виду.

Вони можуть бути **нейтральними, позитивними чи негативними**, відрізняючись ще й інтенсивністю. Класифікацію основних форм взаємодії особин різних видів подано 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 живуть на певній території. Фактично ж це слово використовується для тих випадків “співжиття”, коли дві чи більше особини різних видів мають істотний зиск 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 слову “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).

Таблиця 4

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	1-й вид має суттєву вигоду (+), для 2-го зв'язок нейтральний
Паразитизм і хижацтво	+ –	Особини 1-го виду (хижаки чи паразити) мають користь з контакту, особини 2-го (жертви чи хазяї) страждають від нього. Проте ця оцінка, як доведено недавно, може змінити знак, якщо розглянути ефект для <i>всього 2-го виду</i>
Нейтралізм	0 0	Обидва види існують незалежно, не впливаючи суттєво один на одного
Аменсалізм	0 –	1-й вид “безкорисливо” шкодить 2-му, не маючи з цього безпосередніх вигод і не відчуваючи суттєвої негативної реакції
Конкуренція	– –	Йдеться здебільшого про безкомпромісну боротьбу за ресурси, коли “сили” видів близькі і обидва несуть втрати

Поряд зі співпрацею і взаємодопомогою, які інколи доходять мало не 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, 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 взялися за розширення зернових ресурсів. Та не тільки в комуністичному Китаї, де використовувалися всі методи, крім наукових, а навіть в освіченій Європі допускалися 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 і теоретично, й експериментально значно краще, ніж багато інших варіантів взаємодії різних видів. Виявилось, що у замкнених системах (острів чи оаза) хижак може повністю винищити свої жертви доценту, 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, “розплачується” з ними, як правило, “дефектними” (хворими, пораненими, старими тощо) особинами. З погляду стратегічних інтересів виду-жертви це не надто висока ціна за “санітарні і 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, надавати втіху мисливцям і підтримувати в прекрасному 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 спричинює 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 та прикра обставина, що його тваринний світ тепер зовсім не такий, як у ті порівняно недалекі часи, коли браві рибалки “приводили в Одесу шаланди, заповнені кефаллю”.

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. Вони набули значного поширення у розвинених країнах.

Перспективним для майбутнього застосування видається і велика група складних хімічних сполук, які виділяють особини одних біовидів для знищення чи істотного пригнічення представників інших видів (усім 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.

### 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 біогеоценозу, якому віддавали перевагу в Радянському Союзі.

Екосистема — центральне для сучасної екології поняття. Розрізняють екосистеми великі (макросистема Світового океану) і зовсім маленькі (ставок, озерець чи трухлявий пеньок), природні і довготривалі (той-таки океан — колиска життя), а також тимчасові і 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 невизначеної кількості популяцій бактерій, рослин, тварин тощо.

Вже на цій стадії вивчення екосистеми доводиться здійснювати попередню селекцію видів, концентруючись на найсуттєвіших (так званих домінуючих) за масою, кількістю чи значенням. Наступним кроком синеколога, який визначив, що екосистема-об'єкт складається із  $Z$  видів, є встановлення 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 одночасно 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, скажімо в екосистемі моря, заповідника, поля чи лісу, теоретична кількість зв'язків видів *надто велика*. Поки що 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 вже згадувані 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 тим **рушієм**, паливом, джерелом, який 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 (включаючи малі й тимчасові) 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 довготривале 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 об’ємом 1 літр (їх назвали “екосферами”) угрупованням мікроорганізмів у воді, над якою було трохи збагачене киснем повітря. Завдяки використанню сонячного світла (саме воно було “потокм енергії”) “населення” цих мікробіосфер швидко адаптувалося до нових умов, встановлювалися цикли обігу речовин і система переходила у рівноважний стан. Перші зразки цих сфер перебувають у ньому понад 25 років. У поліпшеному дизайні колби Фолсома може купити кожен бажаючий, щоб у вільний час зайнятися порівнянням свого неспокоїного 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. Основні закони синекології і Біосфера–1 (біосфера Землі)

Немає і не може бути на нашій планеті об’єкта цікавішого і складнішого від біосфери, що є “продуктом” існування мільярди років життя. Ми дуже хочемо розповісти і про особливості її частин, і про рекорди тваринного й рослинного світу. *Однак щоб досягти головної мети книги, ми змушені віддати перевагу важчим для викладу і сприймання законам функціонування і розвитку всієї Біосфери–1.*

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 закон синекології. Його*

важливість і загальність безсумнівні й не потребують додаткового обґрунтування, бо енергообмін є умовою існування будь-якої живої істоти.

Розглянемо основні закони синекології.

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

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 досить у Бразилії чи Заїрі, нас якось не дуже втішає. Очевидно, що забруднення повітря теж рано чи пізно “вичерпає” можливості його природного самоочищення.

Обмежені також ресурси сонячного проміння. Не через те, 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 і Землі засвідчили, 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 навколоземних станцій додаткової електроенергії не зроблять енергетичні ресурси людства безмежними;
- загальноенергетичне обмеження абсолютно унеможливорює сподівання на те, що у “світлому майбутньому” людству пощастить поєднати збільшення власної чисельності з одночасним підвищенням якості життя бодай до вже існуючих “кращих 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 перебачити, 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”. Автори вважають її необхідним і логічним продовженням наявної конвенції “Про права людини”.

2. Важливим “енергетичним” законом, однаково застосовним як до природних, так і до штучних екосистем, є **закон односпрямованості і неповного використання енергії**.

З одного боку, йдеться про те, що енергія використовується лише один і тільки один раз (циклічний і замкнений рух енергії неможливий ні в живому, ні в неживому світі), а з другого — 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 прикрі.

Звернімося ще раз до рис. 11, де наведено найголовніші складові “енергетичної машини” біосфери. Продукентами на суші є наземні рослини (як зазначено вище, у біомасі вони “консервують” у середньому 1 %, а у виняткових випадках — до 3–5 % поглинутої енергії світла), а в морі — дрібненький фітопланктон і водорості (використання світла у них ще менш ефективно, 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*... Перші їдять травичку чи фітопланктон, другі споживають перших, треті — других і т. д. 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.

Прикро, але закон односпрямованості й неповного використання енергії незаперечно обмежує сподівання людини на збільшення частки енергії, яка може припасти на неї.

3. Щоб оцінити цю частку, звернімося до наступного закону синекології, який має назву “**піраміда енергій**”. Традиційно цей закон формулюють 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 слова “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 наведені на рис. 14. Вони наочно свідчать про мізерність тієї частини енергії, яка відповідно до закону піраміди енергій має припадати на ту людину, харчовий раціон якої складається переважно з ковбаси і додатку з пива та вітамінів.

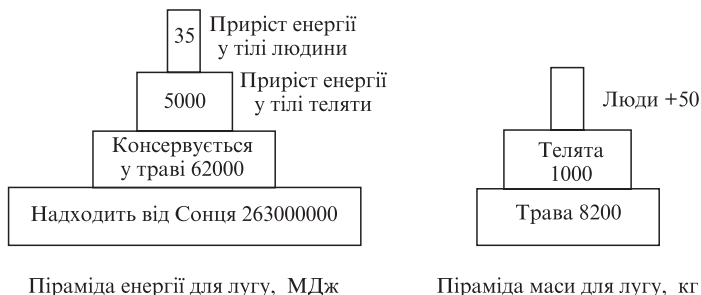


Рис. 14. Піраміди енергії та маси для простої екосистеми

“Правило 10 %” широко використовується для обчислення величини земельної площі, необхідної для повного забезпечення їжею наявного населення. Звичайно, 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 енергії та піраміди енергії і речовин, але їхні висновки ми винесли в останній розділ книги. Тут лише наголосимо, що прогнози і досить обнадійливі, і прикрі. Вони незаперечно свідчать про порушення людством законів синекології, перевищення ним “дозволеної” квоти споживання в 6–9 (і навіть більше) разів!

*Чому таке грубе порушення норм не покаране природою?*

*А 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 спалені майже всі дерева й чагарники, а гілки давно стали товаром підвищеного попиту на сільських базарах. Те ж 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 раніше, рятується безперервним вкладанням у сільське господарство та в 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.

Ця категоричність виправдана за виконання таких умов: 1) люди не збираються “розумнішати” і продовжують будувати “суспільство необмеженого індивідуального споживання”; 2) припиняється розвиток точних наук (як це фактично сталося в 1990-х роках в Україні) і вся економіка продовжує розвиватися на старих (суто 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 — нанотехнологіям, що спроможні рятувати все людство від глобальних загроз його існуванню. Будемо сподіватися на розвиток саме позитивних процесів і на те, що Україна не залишиться осторонь цих процесів.

4, 5. Наступними розглянемо одразу два споріднених закони:

- **Закон максималізації енергії** екосистем, згідно з яким у конкуренції екосистем, можливих у певному життєвому середовищі, перемагає найефективніша за використанням як енергії, так і інформації.
- **Закон оптимальності**, який у застосуванні до екосистем та їх частин означає, що склад і розмір останніх не можуть бути довільними, а повинні забезпечувати оптимальне функціонування всієї екосистеми у певних умовах середовища.

Прояви цих законів у біосфері сформульовано в літературі з цієї теми у вигляді кількох вторинних правил і тверджень, з яких ми виокремимо *правило появи тих чи інших основних біосферних угруповань (від тундри до вологого тропічного лісу) залежно від значень найвпливовіших фізичних чинників (середньої температури та опадів)* (рис. 15).

Отже, в конкретних умовах середовища найвищу ефективність мають зазначені на рис. 15 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).

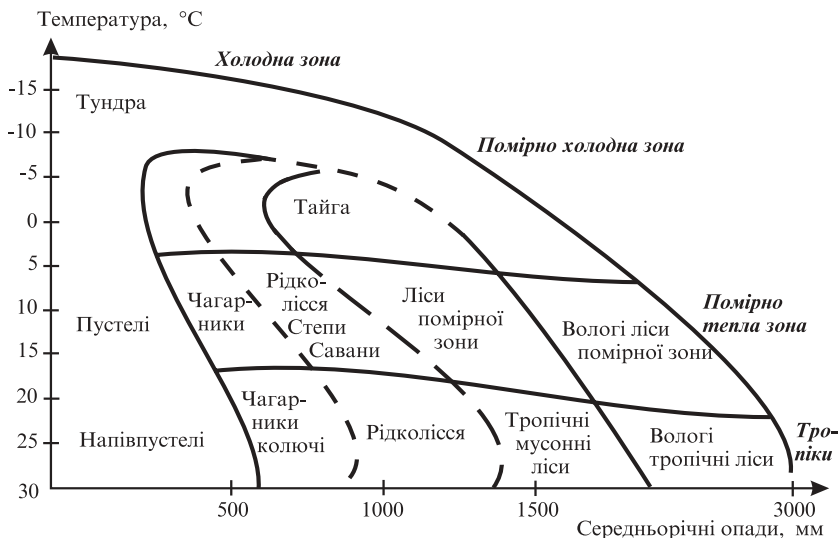


Рис. 15. Розподіл рослинно-тваринних спільнот (біомів) та умови клімату (поєднання опадів і середньорічної температури)

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

6. Широко проявляється на поверхні Землі також **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 регулюючого 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).

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 слугували їжею *першому* населенню біосфери, а й, поглинаючи теплове випромінювання поверхні молодій Землі, спричинювали 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 “підкувалася” про сприятливий для себе вміст вуглекислого газу.

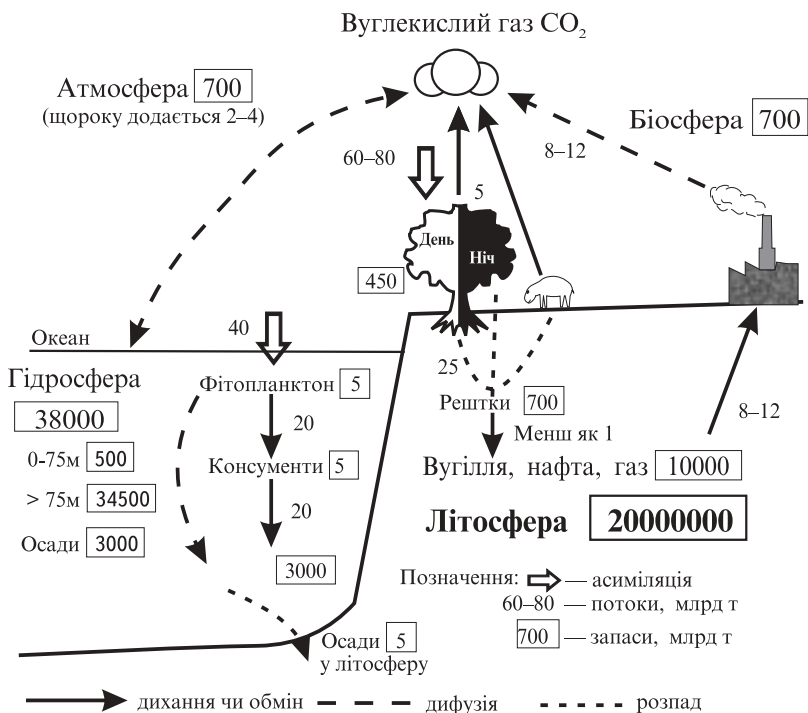
Щоб переконатися у складності цього процесу — досить поглянути на фотографії діючих вулканів, з кратерів яких стовп диму і газів інколи досягає стратосфери. Якби не біосфера, кількість вуглекислого газу в атмосфері Землі внаслідок діяльності вулканів дорівнювала б приблизно його вмісту в газовій оболонці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

Щоб краще зрозуміти, чому цього не сталося, погляньмо на рис. 16, 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.

Аналогічні процеси відбувалися і в далекому минулому, навіть тоді, коли життя існувало лише в океані. Як переконують досліді й обчислення, підвищення концентрації вуглекислого газу щоразу викликало 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 ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{NaCO}_3$ ), вугіллі і нафті.

Вплив живих істот на ланцюг вуглецю протриває не лише у наш час (концентрація вуглецевих сполук в океані змінюється в кілька разів на шляху від поверхні до дна), а й у найвіддаленішому



**Рис. 16. Основні ланки циклу вуглецю у поверхневих шарах Землі (з позначенням нагромаджених мас та руху або переходів за рік)**

минулому. Це досліджується 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 **чотири мільярди років!**

За цей час біосфера зазнала численних нещасть, але успішно пережила їх, хоч інколи (про це йтиметься далі) за порівняно малий інтервал 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. 16, люди не знають кількісних характеристик обміну вуглекислим газом між океаном та повітрям (біля штрихової лінії *немає цифр*). Через це неможливо надійно спрогнозувати подальшу долю надлишку  $\text{CO}_2$  у повітрі. Проте навіть наявних знань достатньо для того, щоб стверджувати: підвищення 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 (дай Боже, якнайпізніше) 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 хто й мріє про появу тропічного лісу на донецьких териконах, 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. А те, що уникнути лиха без істотної зміни методів і масштабів господарської діяльності людству не вдасться, стверджує наступний закон синекології:

**Потоки речовин, енергії, інформації та сукупність якостей окремих природних систем в їх чітко побудованій ієрархії в біосфері взаємопов'язані так тісно, що неможливо істотно змінити бодай один елемент без переведення їх сукупності в новий стан.**

Не один, не два, а вже тисячі разів люди переконувалися, що “природа знає краще”, але їх куций 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 під час нашого короткого огляду історії взаємовідносин людини і довкілля. Кожна освічена людина в Україні може перелічити сусідські і 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.

*Чи продовжиться цей сумний реєстр?*

*Напевне, бо збільшення населення і бажання жити “по-старому і по-людськи” (білий мерседес + яхта + кількоповерховий котедж + багатомільйонний рахунок у банку) змушуватиме 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.*

8, 9, 10. Хоч закони синекології і біосфери й мають особливе значення для всієї книги, та автори змушені обмежитися викладеним і навести на завершення формулювання лише трьох законів синекології (висновки з них зробіть самостійно).

- **Закон необхідної різноманітності** стверджує, що жодну ефективну і стійку біосистему неможливо побудувати з тотожних елементів. Різноманітність і взаємодоповнення є ультимативною вимогою!
- **Закон розвитку та існування біосистем за рахунок оточення** 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). Цей закон пояснює *нереальність створення абсолютно безвідходних виробництв.*

Але він аж ніяк не забороняє використовувати високі технології для перетворення природних процесів у 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...

- **Закон зниження енергетичної ефективності природокористування** свідчить, що попри всю винахідливість людини (застосування селекції, генної інженерії тощо) з плином часу на шляху у “світле майбутнє” і поглибленням інтенсифікації сільського господарства на одиницю продукуюваної їжі доводиться витрачати дедалі більшу кількість енергії. Як зазначалося, допустимо межі вже перейдено і шкідливі наслідки наростають щороку.

*Це твердження ось уже років з тридцять переходить з одного підручника екології в інший. Воно правильне — але лише в межах знань і наук аграрного та індустріального суспільства. Воно незастосовне до високих технологій і нанонаук. На їх основі люди таки навчатимуться отримувати “аграрну продукцію” без аграрного господарства!*

*Легкий і надійний вихід пропонують фантасти: розрубати всі вузли і перебороти всі заборони можна разом, якщо змінити людину так, що вона стане і продуцентом, і консументом першого рівня.*

Однак, на думку авторів, цей синьо-зелений витвір, напевне, **не буде людиною!**

## **VI. Для допитливих. Конкуренція всередині виду і між видами**

Якщо пригадати (як зазначалося), що кількість екологічних законів і правил досягає 99, то стане очевидним, що викладене — лише частина доробку молоді науки. У цьому доповненні ми хочемо 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 увялення 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*, конкуренція за доступ до ресурсів веде 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 розвинутою 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 бодай частково підтвердити тезу про можливість створення ідеально-справедливого комуністичного, соціалістичного, релігійного, фашистського чи будь-якого іншого суспільства. Причиною цього “промаху Природи” стане очевидною, якщо пригадати рушійні

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 останніх 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 прекрасно знають, що будуть суворо покарані домінантом(-ами), якщо спіймаються на гарячому. Інколи утворюють тимчасові спілки з особинами свого рангу для спільних дій, хитрують, винаходять найнеймовірніші способи врятуватися.

Однак ніхто, ніде і ніколи не спостерігав успішного і вигідного для виду загалом здійснення заповітної мрії всіх революціонерів: перевертання 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 виводного 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* (увага, це суттєве застереження) *життєвому середовищі не можуть мирно співіснувати два види з однаковими ресурсними потребами*. Конкуренція примусить той вид, що хоч трошки 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 тарганями (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, даруйте, навіть крізь воду сифонів туалетів (якщо дозволяє діаметр труб).

На думку авторів, у минулому, а почасти і зараз, об'єднання людей (племени, держави чи й імперії) багато разів діяли відповідно до вимог закону конкурентного виключення. Далекі від обнадійливих і перспективи на майбутнє, особливо у густонаселених зонах з надто малою кількістю ресурсів (Руанда, Бурунді, Бангладеш та ін.).

А яка ваша думка з приводу викладеного?

### ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ\* ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Назвіть головні ролі 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 °C?
14. Чи є серед ресурсів біосфери невичерпні і 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 основі рис. 11 класифікували росичку (болотна рослина, яка ловить і перетравлює комах)?
- 19\*. Використовуючи дані рис. 12 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\*. Спираючись на дані 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* шаблів?
- 25\*. Як зміниться рослинність у лісах України, якщо за збереження сучасної кількості опадів середня річна температура підвищиться на: а) 5–8 °C; б) 12–15 °C?
- 26\*. За яких змін опадів ліси України мають шанси перетворитися на пустелі?
- 27\*. У яких зонах чи умовах на поверхні Землі вуглець і в наш час заховується з можливістю перетворитися на вугілля чи нафту?
- 28\*. Який з газів атмосфери — азот чи вуглекислий газ — більше включений 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 в 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 мікрородоростями 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.

## Розділ 5

# 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 totoжності, 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 у 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 досить грубої (кількасот сторінок) книги з безліччю даних насамперед з фізіології.

У табл. 5 наведено частину інформації, яка стосується теми нашої книги. Йдеться про деякі фізіологічні потреби усереднених людей та їхні найважливіші параметри.

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 недавно через відмінність мас мозку чоловіка і жінки робилися 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. Виявилось, що немає жодного зв’язку між інтелектуальними досягненнями і масою таємничої сірої речовини.

Таблиця 5

Параметри “середньоземних” чоловіка і жінки (вік 20–30 років)

№ п/п	Параметр, одиниця вимірювання	Чоловік	Жінка
1	Загальна маса тіла, кг	70	58
2	Маса скелета, кг	4,4	3,2
3	Маса головного мозку, кг	1,4	1,2
4	Маса кісткового мозку, кг	3,0	2,6
5	Об’єм крові, л	5,25	3,86
6	Маса жирової тканини, кг	15,0	19,0
7	Маса шкіри, кг	2,6	1,8
8	Маса серця (без крові), г	330	240
9	Маса зубів, г	46	41
10	Маса язика, г	70	60
11	Добова потреба у воді, г:	3000	2100
	- у вигляді випитої рідини	1950	1400
	- у складі їжі	700	450
	- утвореної окисленням їжі	350	250
12	Добова вентиляція легенів, л	23000	21000
13	Поглинання кисню за добу, г	920	700
14	Загальний об’єм легенів, л	5,6	4,4
15	Добова витрата енергії, Мкал:	3,2	2,3
	- за 8 год праці	1,2	0,9
	- за 8 год інших занять	1,5	1,0
	- за 8 год сну	0,5	0,42
16	Добове споживання, г:		
	- білки	95	66
	- вуглеводи	390	270
	- жири	120	85
22	Добова потреба, г:		
	у кисні	2600	1800
	водні	350	245
	вуглеці	300	210
	азоті	16	13



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 перед іншою**

<b>№ п/п</b>	<b>Діяльність, де перевагу мають чоловіки</b>	<b>Діяльність, де перевагу мають жінки</b>
1	Тести на орієнтування і уявлення складних просторових тіл і фігур	Тести, в яких важлива швидкість сприймання простих фігур, рисунків
2	Тести на операції подумки зі зміною положення тіл, їх деформацією, поворотами, рухом	Тести на відшукування змін у взаємному розташуванні плоских фігур і простих тіл
3	Вправи з кидання “на точність” і мануальне керування рухом	Краща координація рухів рук, вища точність розташування пальців у площині
4	Пошуки контуру простої фігури, що “схована” на рисунку серед інших	Тести на швидкість пошуку асоціацій, подібних слів тощо
5	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 мавп'ячих 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 рядках табл. 6.

## **5.2. Про потреби людини**

Незалежно від мови, якою користується людина, і від отриманого нею виховання її основні фізіологічні потреби визначатимуться табл. 5.

Втім, людина аж ніяк не зводиться до автомата для споживання білків, вуглеводів, жирів з вітамінами та невеликою кількістю мікроелементів. Її потреби незрівнянно ширші і 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;
- економічні;
- трудові;
- етнічні;
- психологічні;
- соціальні.

Для їх задоволення необхідно поєднати як матеріальні (знаряддя праці, будівлі тощо), так і інформаційні (взаємовідносини, законодавство тощо) аспекти.

Викладене можна відобразити схематично (рис. 17).

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 зарахувати потребу в дружбі, коханні та в задоволенні інших подібних емоцій. Втім, тут, як і в багатьох інших випадках, окремі потреби (наприклад, потреба 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 стержня її духовного життя. Він призводить до великих труднощів і численних помилок у вихованні нащадків.

Нормальна людина має *потребу у праці* не лише з огляду на забезпечення через неї матеріальної частини особистих потреб чи об-



Рис. 17. Структура і рівні потреб сучасної людини:  
1 — інформаційні потреби  
2 — естетичні потреби

слуговування своїх близьких. Часто не менш важливим є її самоутвердження за допомогою праці, задоволення частини духовних і психічних потреб. Етноси чи суспільства-лідери вважають *основним “зріхом” 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 і 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, 1991–2001 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 частини *соціальних потреб*, бо 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.

Поряд з наведеною класифікацією всіх потреб людини вживають 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 повинно супроводжуватись уніфікацією культур і потреб, норм і пріоритетів. На думку авторів, “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 з 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 біла 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 в шкідливих умовах і в нічні зміни). Тому серед завдань української науки — вивчення стану здоров'я населення і задоволення його потреб, пошуки і пропозиції їх поліпшення.

Вже давно доведено, що в ідеальному випадку людина повинна на достатньому рівні, збалансовано і повно вдовольняти всі згадані основні потреби. Навіть часткове невиконання цієї умови спричинює стреси, втрату психічної рівноваги, надмірне форсування активності чи протрацію. 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. 18). Вона досить промовисто свідчить на користь того,

що білки є найціннішою речовиною, яку організм намагається зберегти “до кінця”.

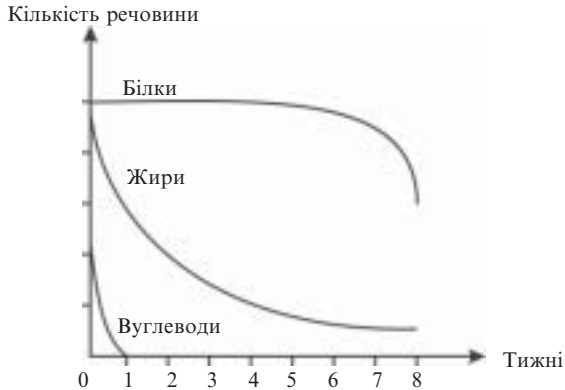


Рис. 18. Закономірності витрат важливих для організму людини речовин під час голодування

Особливо несприятливі умови для вдоволення потреб людини складаються під час воєн, великих соціальних конфліктів, революцій тощо. Ми з вами переживаємо зараз саме такий несприятливий момент, і необхідна не паніка чи воцання 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 і в 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 показує діаграма на рис. 19,

наступний мільярд додався за 130 років. Це означає, що річний приріст через війни, голодування та епідемії був майже наполовину менший 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 землян почала швидко збільшуватися. Характер змін населення Землі починаючи з середини ХХ ст. принципово змінився (рис. 19). 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’ять** дітей.

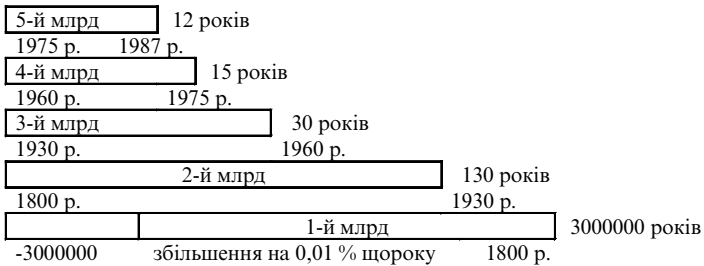


Рис. 19. Демографічний вибух — експоненціальне розмноження землян

Чи передбачали фахівці це експоненціальне зростання, яке було офіційно назване “демографічним вибухом”? Це спромоглися зробити лише кілька скептиків. Більшість учених всіх спеціальностей після закінчення війни 1939–1945 рр. були оптимістами. Фахівці ООН і ЮНЕСКО у 1948 р. вважали, що для появи третього мільярда необхідно 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 та-

кож 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 варіант шкали пріоритетів потреб людини. Ці люди прекрасно знали якщо не закони синергетики (ця наука якраз формувалася), то висновки англійських економістів Т. Мальтуса (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 заборною вбивати маленьких дівчаток, а трохи більше двадцяти років тому така сама “демографія” відродилася в селах соціалістичного Китаю. Наприкінці 70-х років ХХ ст. для порятунку від голоду керівники компартії ліквідували колгоспи і роздали землю селянам (чому й досі намагаються завадити наші комуністи у складі Верховної Ради). Ті отримали право вільно використовувати надлишки продукції (торгувати на ринку, обмінювати тощо), яку за умови високого врожаю могли отримати 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 письменності і 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 людності 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, з 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, підштовхуючи 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, порядна частина колоніальної адміністрації з найкращих гуманістичних міркувань зуміла таки ліквідувати основні причини надмірної (хоч і цілком природної) дитячої смертності! Не одиниці, а сотні мільйонів додат-



кових 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 утруднить вирішення глобальних екологічних проблем, а й найближчим часом загрожуватиме початком розколу світу на “Північ” і “Південь”, які ворогуватимуть через розподіл світових ресурсів.

## 5.4. Людність світу: стан і прогнози

Діаграми і таблиці чисельності населення в різних країнах світу з прогнозами щодо їх змін у майбутньому належать до найпопулярніших тем засобів масової інформації. Наведемо одну з них.

У першій частині результуючої довідки для відомої Конференції ООН з довкілля і розвитку в Ріо-де-Жанейро (1992) висвітлено стан людності світу. Вже у її вступній фразі наголошувалося, що чисельність населення Землі продовжує дуже швидко (аж на три особи щосекунди) збільшуватися (табл. 7).

Таблиця 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	Чисельність населення, млн осіб
		населення	ВВП		
Китай	730	1,5	0,3	1060	1490
Індія	524	2,5	1,8	803	1445
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 перейдена ще до початку нового тисячоліття (цього разу передбачення було точним — нас уже більше 6 млрд!). Вони також виокремили кілька найголовніших особливостей сучасного моменту демографічного вибуху:

- найвищі показники щорічного збільшення 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;
  - підвищується 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 (недавно 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, то так звана вікова піраміда (розподіл людності за віком) набула на початок 90-х років вигляду, схожого з віковою пірамідою для о. Реюнь-йон (рис. 7). Аналізуючи її, легко дійти висновку, що ще досить далеко до справжньої стабілізації населення Землі. У недалекому майбутньому у “вік кохання” вступлять представники нового покоління чисельністю кілька мільярдів. Навіть якщо якимось чудом вони усвідомлять, що треба 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 близько 1 млрд. на 2100 рік, але дотепер мали погану звичку справджуватися не оптимістичні, а найпесимістичніші прогнози збільшення 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 (досяг-

нення темпу приросту 0,3–0,7 %) знадобиться 30–40 років, а за цей час населення Землі “за інерцією” збільшиться до 10 мільярдів.

Оскільки ця стадія означатиме не зупинення, а лише сповільнення збільшення чисельності 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 зменшення людності Землі повинно досягти **п’ятнадцяти** мільярдів осіб.

Втім, не виключено, що легке і швидке опанування людьми термоядерного синтезу і маловідходних технологій разом з переходом на живлення переважно їстівними синьо-зеленими водоростями з полів в океанах розширить ресурсну базу людства так, що воно наприкінці третього тисячоліття сягне таки позначки 20 млрд!

Узагальнюючи, можна сказати, що авторський прогноз на майбутнє має такий вигляд, як показано у табл. 8.

Що ж стосується можливостей Землі забезпечити нормальними умовами існування такої кількості населення, то про це йтиметься далі.

Таблиця 8

**Майбутнє населення Землі на момент початку зменшення його чисельності**

Сценарій розвитку	Імовірність	Максимальна чисельність землян, млрд	Час досягнення максимальної чисельності землян
Негайне усвідомлення населенням слабо-розвинених країн необхідності обмежитися однією дитиною у кожній сім’ї. Повна відмова від багатодітності. Загальне використання сучасних засобів контрацепції	Низька	8–10	2025–2040
Поступове запровадження контрацепції, усвідомлення необхідності обмежитись у сім’ї двома дітьми, пізніше — однією дитиною	Висока	13–15	2050–2070
Якісні зміни у розширенні ресурсів енергії і технологіях виробництва. Швидке подолання СНІДу	Низька	18–20	2090–2099

**VII. Для допитливих. Про регулювання збільшення чисельності населення**

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:

- між 800 млн було перейдено на 25 років раніше і так успішно, наче уряд всі тридцять років *заохочував* народжуваність, а не випробовував практично всі існуючі методи її зниження (включаючи спроби примусової стерилізації чоловіків, які вже встигли стати батьками двох або більше дітей);

- якщо на початку програм скорочення народжуваності населення Індії щороку збільшувалося на 5 млн, то у 1987 р. воно збільшилося аж на 17 млн(!) осіб;

- час подвоєння населення за даними 1987 р. скоротився порівняно з 1952 р. майже вдвічі (приблизно до 30–33 років).

Нині населення Індії вже перевищує 1 млрд і далі збільшується так швидко, наче країна вирішила найближчим часом випередити Китай.

Фахівці називають чимало причин того, чому Індія, як і багато інших бідних і перенаселених країн (Пакистан, Бангладеш, Індонезія та ін.), навіть не спромоглася хоч трохи загальмувати збільшення кількості свого населення:

- неписьменність більшості населення, наявність у країні 14 цілком різних мов, понад 200 діалектів й 11(!) великих і різних релігій;
- велике переважання у 1952–1990 рр. сільського населення (з його правичним бажанням мати кілька дітей для опори під старість) над міським. Досвід як Індії, так і інших країн свідчить, що зменшення народжуваності спостерігається лише у тому поколінні, яке народилося й виросло у містах;
- народні звичаї раннього одруження у поєднанні з культом кохання і сексу, ставленням до останнього як до головного джерела радості людського буття;
- відсутність засобів контрацепції, які були б адекватними звичаям і побажанням сільського населення.

Програвши кампанію скорочення народжуваності, уряд Індії досяг чималих успіхів у збільшенні ресурсів їжі. Застосування нових сортів зернових з укороченим стеблом і підвищеною врожайністю дало змогу уникнути масової загибелі населення з голоду, як це не раз траплялося в минулому.

Програми скорочення народжуваності в Індії не ліквідовані. Можливо, їх мета буде досягнута поєднанням нових засобів масової інформації (всім відомі успіхи індійського кіно) з підвищенням освітнього рівня населення і застосуванням кращих засобів контрацепції.

Прикладом успішнішої спроби знизити народжуваність є Китайська Народна Республіка (континентальний Китай). Під час громадянської війни частим був голод. Експерти вважають, що спроба Мао Цзедуна стрибком здійснити прорив у соціалізм упродовж 1958–1962 рр. призвела до загибелі 20 млн осіб від голоду і репресій. Та це не впли-

нуло істотно на кількість населення, що й далі стрімко збільшувалося. Останні тридцять років усі сили вкрай централізованої соціалістичної “піднебесної” були кинуті на боротьбу з бажанням власних громадян мати потрібну їм кількість дітей.

Найефективнішими виявилися законодавчі акти, які забороняють шлюб навіть після досягнення 20 років (“дозволена” межа повсякчас підвищується і може досягти 30 років). Суворо караються економічно всі, хто має понаднормову кількість дітей. Китай щоразу був першим у черзі з випробування всіх нових протизаплідних засобів, пропонуючи власне населення для медичних експериментів.

Хоч і сьогодні чисельність населення Китаю продовжує збільшуватися, та кількість дітей на одну сім’ю у країні *менша 2*. Уряд запевняв світову громадськість, що на межі 2000 р. населення Китаю сягне максимального значення 1,2–1,3 млрд (частина експертів вважає, що китайців приблизно 1,4 млрд), а потім почне повільно зменшуватися до запланованого на 2100 р. значення 500–600 млн. Якщо цього буде досягнуто, то Китай ще раз подарує світу свій винахід, цього разу — у царині методів зниження народжуваності й переборенні сил біології суспільними силами і впливами.

Чому Китай зумів досягти певного успіху там, де Індія зазнала повної невдачі? Мабуть, є чимало причин цього, 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? Може, це питання вирішиться саме собою і без втручання держави, якщо біосфера має засоби для регулювання чисельності популяції одного з видів живих істот?

Пошуки відповіді на перше питання є предметом запеклих дискусій насамперед серед економістів. Більшість з них заперечують необхідність контролювати народжуваність. Логіка їх доводів зводиться до того, що подвоєння робочих рук приводить до розширення виробництва у 3–4 рази і до ще більшого зростання сукупності ресурсів.

Екологи не в захваті від такого варіанта не тому, що неможливо забезпечити значно вищий темп збільшення валового національного продукту, ніж приріст населення. Справжня проблема полягає в тому, що використання сучасних технологій неминуче збільшить у багато разів забруднення довкілля, а у віддаленій перспективі зупинить виробництва і зашкодить здоров’ю людей.

Якщо узагальнити ситуацію у світі, то можна стверджувати, що переважна більшість країн вибрала саме антиекологічний шлях вирішення проблем забезпечення свого населення, мало піклуючись про застосування пропозицій екологів. Наслідки цього шляху для біосфери і для здоров'я людей викладемо у наступних розділах.

**Пошуки відповіді на запитання про можливість саморегуляції народжуваності у біологічного виду *homo sapiens* розглянемо в останньому розділі підручника.**

## **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 зараз 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?) мільйонів.

*Друге “возз'єднання” зі “старшим” братом коштувало українському народу 50–60 млн життів.*

Дай, Боже, українцям глузду і сил врятуватися від “третього возз'єднання” 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. 20, 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.

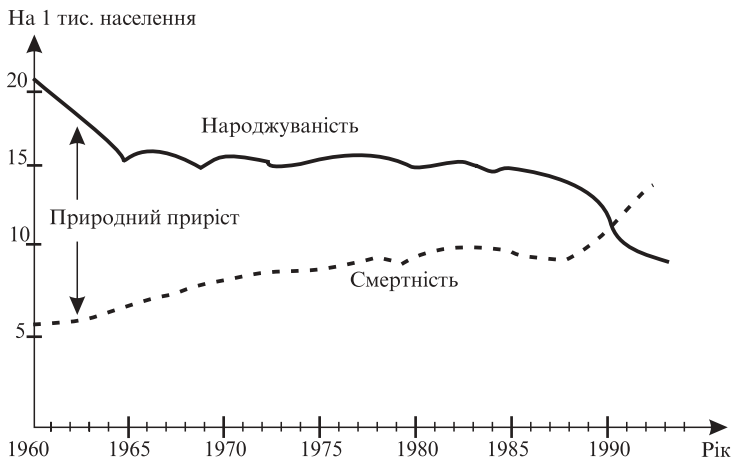


Рис. 20. Демографічна динаміка в Україні за 35 років

Кількість населення України у 1992 р. зменшилася на 100 тис. осіб. Рекордсменами з вимирання стали Чернігівська (0,7%), Сумська (0,53%), Донецька, Харківська, Полтавська, Луганська і Черкаська (0,5%–0,4%) області. Позитивний баланс мають лише найзахідніші області України. Немає ознак виправлення ситуації. За даними статистики, під кінець 1996 р. населення України зменшилося до 50,7 млн, а річне його скорочення за рік становило третину мільйона осіб. Хоч частина політиків звично проголошує: “Нас 50 мільйонів!”, насправді ж населення України нині ледь перевищує 48 млн осіб (до того ж невизначена кількість їх перебуває на заробітках в інших країнах).

Повнішу інформацію про демографічну ситуацію в сучасній Україні дає рис. 21 — розподіл молодих українців у 2001 р.

А що буде далі?

Найгірші варіанти I і II відповідають подальшому скороченню населення України (I — прискорений процес, II — рівномірний). На щастя, останні дані свідчать про те, що нині, хоч смертність старих осіб лишається високою і загалом населення все ще скорочується, рівень народжень постійно підвищується і перебуває вже досить близько до тенденції III. Сподіватимемося, що поліпшення економічної ситуації в Україні прискорюватиметься (приріст ВВП остан-

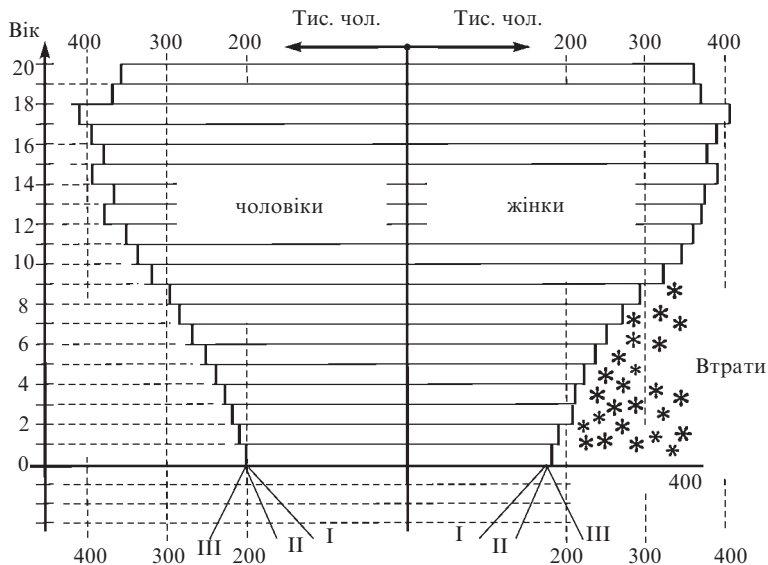


Рис. 21. Статеві-вікова діаграма населення України (початок 2001 р.) і можливі варіанти її змін у майбутньому

німи роками становив 6–9 %), а тому й рівень народжуваності збільшуватиметься так само швидко.

## 5.6. Ресурси біосфери і потреби людства

### 5.6.1. Про поняття “ресурси”

Як і чимало інших узагальнюючих термінів, слово “ресурси” прийшло до нас з французької мови (*ressources*), де воно “народилося” від стародавнього дієслова, яке означало “вирішити, виплатитися з проблем, розв’язати”. Як і на своїй батьківщині, слово “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.



Якщо обмежитися лише проблемами людини, діапазон поняття “ресурси” лишається все-таки дуже широким — від “ресурсів мови” для поета чи письменника, “ресурсів організму хворого” для лікаря аж до “ресурсів нафти у певному родовищі” для геолога. Тема книги змушує нас обмежитися тією частиною всіх можливих “ресурсів”, які у звуженому значенні необхідні для виживання людності і задоволення його потреб, а в ширшому — для створення більш-менш стійкої системи з нас та довкілля (якщо хочете, для заміни біосфери на *ноосферу*).

Одразу зазначимо, що номенклатура ресурсів на диво швидкозмінна, вже список потреб одного тільки виробництва завтра 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 не так завдання авторів, як життя пророків і прогнозистів. Наприклад, найвідоміші геологи світу на початку ХХ ст. дискутували з приводу того, коли будуть вичерпані “останні родовища залізної руди”, — до 1950 р. чи, дасть Бог, пізніше? Як відомо, винайдення порівняно простих технологій збагачення руд надзвичайно розширило сировинну базу виробництва заліза. Нині проблема “залізного голоду” 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 ми повинні розглянути детальніше, бо вони безпосередніше, ніж дві інші групи, стосуються теми книги. 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 включають у себе як наведені рядки, так і доповнення типу “...*потреб сьогодня, близького та віддаленого майбутнього*”.

Існують кілька варіантів класифікації природних ресурсів. Наведемо типову класифікацію, згідно з якою до природних ресурсів належать:

- **біологічні** (біотичні — харчові продукти тваринного чи рослинного походження та абіотичні — повітря, вода тощо);
- **енергетичні і мінеральні** (традиційні і 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 і 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 того чи іншого природного ресурсу до певної сукупності з наведених шести груп часто є, з одного боку, темою дискусій фахівців, з другого — наслідком тих змін, що відбулися у виробництві та свідомості людей.

Наприклад, на нашу думку, повітря є вичерпним, невідтворюваним і незамінним (1 — 4 — 6). Однак 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-таки цікаве заняття.

А ми повинні рухатися у своїй розповіді далі, зауважуючи ту сумну обставину, що за історично дуже короткий час прикро скоротилася кількість тих ресурсів, які мали шанси вважатися належними до груп 2, 3 і 5.

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 авторам політичні вчення чи релігії аналогічного спрямування спокушали своїх потенційних adeptів 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 і зараз далека від “райської”, а в минулому вона була ще суворішою. Не було тоді ні професійних художників, ні філософів, ні поп-співаків/музикантів. *Усім* доводилося працювати фізично, рухатися, виконувати важку, а отже, втомлюючу і 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, від природного оточення та ін. Як недавно 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 справа — 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 сьогодні.

Якість життя залежить насамперед від використання різноманітних знарядь праці і якнайбільшої кількості енергії.

У межах теми “енергетичні ресурси” для нас найсуттєвіша та обставина, що homo sapiens дуже давно спромігся роздобути собі такого “енергетичного раба”, як вогнище. 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 їх життя) — це прогрес у винайденні доступу й освоєнні людиною щораз нових джерел енергії. І, що цікаво, не було, на наш погляд, ні серйозного випередження енергетикою потреб суспільства, ні серйозного відставання, яке очевидно (і надовго) загальмувало б розвиток.

Йдеться про те, що багато разів у пресі звучали передбачення про “настання нафтової кризи в ... році, газової кризи — в ... році, бо всі запаси будуть вичерпані за ... і ... років”. Якби здійснилося бодай 10 % цих прогнозів, то давно не стало б літаків, а на дорогах домінували б кінні карети і, звичайно, 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 год, то її середня потужність досягне 80 Вт. Підключення рук знижує ефективність використання енергії їжі у кілька разів. Це означає, що руками протягом 8 год ми зможемо розвинути потужність 10–20 Вт. Ці дані допоможуть читачам прикинути, скільки “ручних рабів” пітніють надаремне, якщо у кімнатах без людей світять дві лампочки по 100 Вт і люстра 500 Вт, на кухні горить даремно газ, нагріваючи своїми 1500 Вт і без того спекотне повітря і виділяючи у приміщення отруйний газ СО, а у ванні з дірявого краника тече струмочком гаряча вода, для підігрівання якої теж необхідні 500–1000 Вт.

Пошкодуйте “рабів” і “віслючків”, вимкніть непотрібне.

**Економте енергію** й тоді, коли розбагатієте і 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. Поміркуйте трохи над невеликою табл. 9, складеною фахівцями Міжнародного енергетичного агентства у 1988 р.

Погодьтеся, що вона *дуже промовиста*. До неї увійшли лише ті соціалістичні країни, 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 тоді ми теж витрачали 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 енергорозтринькуючих 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 дальшим руйнуванням і забрудненням довкілля.

Недовірливі можуть заперечити, що останні рядки табл. 9 видаються їм надто малоюмовірними. Звернімося для арбітражу до рис. 22.

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 понад десять років 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 удвічі “подешевшав” долар США).

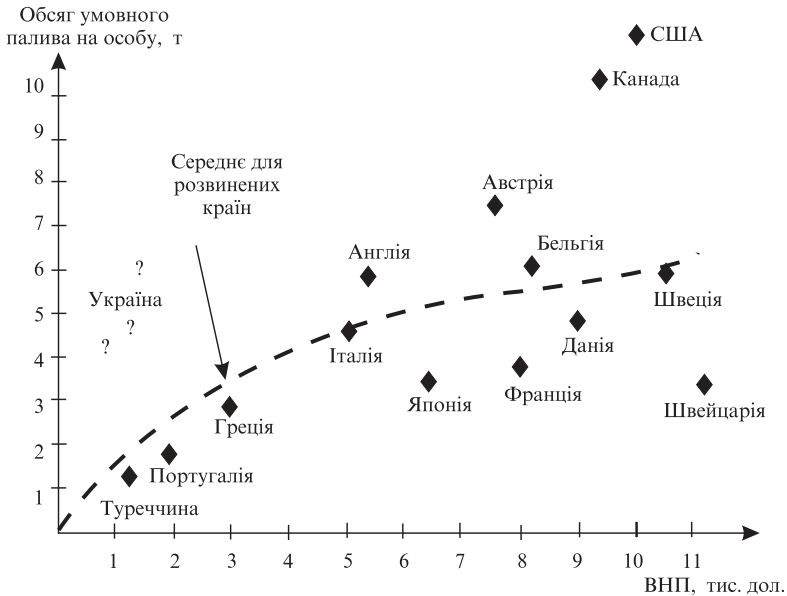


Рис. 22. Зв'язок витрат енергії та валового національного продукту для різних країн (дані Світового банку)

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 і 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” представлені точками біля початку координат. І ми, на жаль, поки що перебуваємо у малоприємній зоні, яка позначена запитальними знаками: розтринькуємо енергію на рівні витрат німців, а живемо майже як ефіопи.

Для виправлення ситуації й переміщення України на протилежний бік від “середньої” лінії мало проголосити (навіть здійснити) принципи ринкової саморегульованої економіки. Для цього необхідна 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 той чи інший енергоносіє, певні утруднення у тій чи іншій 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. З 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).

Яким буде наступний крок у США? Безсумнівно, це 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’являються досить швидко.

Останніми десятиріччями використання енергоносіїв у світі невинно підвищувалося. У 1994 р. загальне енергоспоживання землян 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 можна скласти табл. 10.

Таблиця 10

**Час вичерпання розвіданих запасів викопного палива  
за збереження рівня споживання 1994 р.**

Викопне паливо	Вугілля	Нафта	Газ
Час вичерпання	440 років	30 років	50 років

Ситуація у світі з нафтою може видатися загрозливою, але це буде помилкове враження. Бо видобувачі працюють “ударно”, та й геологи не марнують часу. Тому ось уже років з двадцять геологи “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 засекречування даних більшістю країн, то не буде помилкою стверджувати, що нафти і газу вистачить (враховуючи збільшення видобутку внаслідок зростання населення Землі) до середини XXI століття.

Що стосується вугілля нижчої якості і сланців з бітумом (не згаданих у табл. 10), то їхні прогностичні запаси у 3–4 рази більші, аніж вугілля, що ввійшло у таблицю. Проблемою є лише висока вартість їх видобутку і велике забруднення довкілля внаслідок спалювання.

Ще приблизніші дані про “найстратегічніші” енергоносії, якими є 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 та ін.), дає підстави стверджувати, що на основі сучасних типів реакторів (вони використовують енергію лише урану-235, якого менш як 0,7 % від 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 працюють експериментальні установки цього типу, тому цей шлях цілком реальний. У цьому разі запаси енергії у можливих для розробки родовищах цих елементів виявляться *більшими* від усієї енергії, нагромадженої за мільярди років у вугіллі, сланцях, нафті й газі.

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, Сибіру, США і Канаді. Їм і належить лєвова 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. 11.

Таблиця 11

**Балансові запаси і видобуток викопного палива в Україні в 1992\* р.**

Показник	Викопне паливо			
	Вугілля, млн т	Буре вугілля, млн т	Нафта і конденсат, млн т	Газ, млрд м <sup>3</sup>
Запаси	44043	2680	235	1135
Видобуток	100	6,5	4,3	19

\* За наступні 10 років видобуток вугілля зменшився майже удвічі, починаючи з 2000 р. помітно збільшується видобуток нафти й газу.

Запаси урану й торію суворо засекречені. Втім, у пресі дедалі частіше з'являються повідомлення 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.

Можливості ж негайного збільшення видобутку нафти і газу утруднюються для нас тим, що вони розосереджені на майже 400 дрібних родовищах.

Найважливіший енергоносіє — вугілля. Та тут, як зазначалося, є чимало небезпек, яких можуть зазнати шахтарі під землею. Недогляди застаріле обладнання ведуть до нещастя. Для їх відвернення необхідні чималі кошти на оновлення шахт.

Дешевої енергії на нашій території немає. Не дадуть нам її безкоштовно ні ближчі, ні віддаленіші сусіди.

Пора економити.

### **5.6.5. Земельні та водні ресурси Землі**

Ми не розглядатимемо, як більшість авторів, цих двох видів 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 людності. 4–5–10 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 метрів.

І в цих умовах настійливі люди примудряються 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 людності! І, погодьтеся, можна тільки подивуватися 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 материк!) немає і не передбачається у найближчому майбутньому постійного населення.

Може видатися дивним, чому це люди такі “компанійські”, що десятками скапчуються на одному гектарі?

Причина, звісно, не в особливостях поведінки. Вона не в тому, що хлібороб не хоче збільшити свої поля, а в тому, що зробити цього практично неможливо.

### **Земельні ресурси Землі вичерпані до краю.**

Хоча формально на кожного землянина (майже 6 млрд осіб) припадає 2,5 га (площа суходолу 15 млрд га), насправді ж (*відніміть льодовики, гори, пустелі, болота, солончаки, міста, аеродроми, шосе, стадіони, басейни, туалети... і багато чого ще*) для виробництва їжі у 1990 р. зосталося лише 0,28 га, а в 2005 р. буде менше 0,2 га.

Невже з решти 2,3 га немає можливості хоч частину перетворити на городи, поля і луки?

Теоретично така можливість лишається. Однак для її здійснення 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 треба 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 освоювати плато Тассілі з мільйонами малюнків доісторичних людей у центрі Сахари?*

Справа навіть не в тому, що люди згодні переселятися лише на краще місце (і, бажано, недалеко від тата й мами), а в тому, що людство не має вільних енергетичних ресурсів для серйозного освоєння пустель, тундри чи схилів гір. Зі сказаного зрозуміло, що людність Землі 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. 23 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, міндобрива, хімічний чи біологічний захист врожаю тощо).

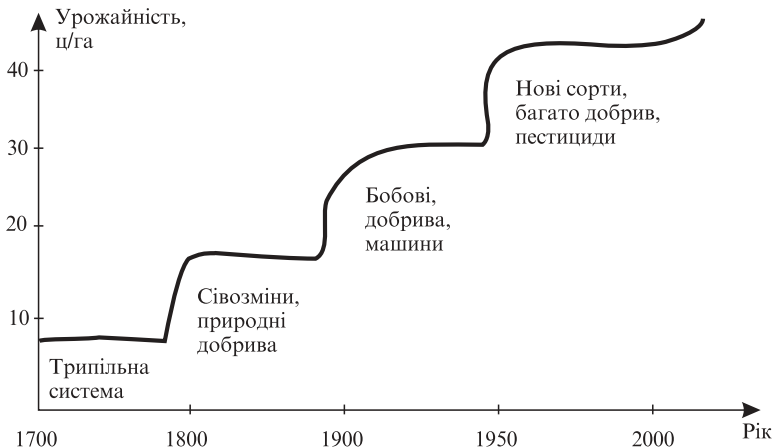


Рис. 23. Динаміка змін середнього врожаю зернових у Західній Європі

Справді, тут пригадується вислів про те, що “за все треба платити”. І якщо є чим, то й пустеля поступово перетворюється на квітучий сад.

Типовим прикладом сказаного є невеликі арабські країни на берегах і острівцях 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 згромадження глиняних халабуд на ультрасучасні зручні міста, а пустелю — на поля і городи, продукція яких вже знаходить ринок збуту в Європі.

Наведемо офіційні дані зміни площі оброблюваної землі, що припадає на одного жителя у двох основних групах країн світу (нагадаємо, що в країнах, які розвиваються, проживає значно більше половини землян) (табл. 12).

Таблиця 12

**Тенденції зміни площі оброблюваної землі,  
що припадає на одного жителя**

Група країн	Площа оброблюваної землі (на 1 чол.), га				
	1970 р.	1975 р.	1980 р.	1985 р.	1990 р.
Розвинені	0,64	0,61	0,57	0,58	0,56
Що розвиваються	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20

Хоч і в розвинених країнах не всі харчуються однаково, та нелі-нива і здорова особа має можливість забезпечити собі “свої” 3000 кіло-калорій 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.

На жаль, зовсім інша ситуація склалася (і найближчим часом навряд чи поліпшиться) у найзаселеніших і найбідніших країнах світу.

Найавторитетніші всесвітні організації з сумом констатують, що повільно, але невблаганно збільшується кількість постійно **ГОЛОДНИХ** людей:

**460 000 000** у 1970 р.;

**550 000 000** у 1990 р.;

**650 000 000** у 2000 р.

Занадто похмурий 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 тери-

торії, підраховали 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.

Автори розуміють, 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 метрів!

Можна стверджувати, що “щось не так” на Землі, бо 40 тис. км<sup>3</sup> щорічних опадів вкрай нерівномірно розподілені не лише для великих ділянок, а й для колосальних за розмірами природних зон.

Більш як третина площі суходолу в сухих і пустельних місцях отримує загалом 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.

Менше десяти держав світу можуть похвалитися тим, що в них 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 (Йорданія, Кувейт та ін.) значно менші від тих, які припадають на один квадратний кілометр 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 кожну особу. А от у вже згадуваних Йорданії і Кувейті, а також Сінгапурі,

Мальті, Лівії, Об'єднаних Арабських Еміратах, Бахреїні, Саудівській Аравії та кількох її сусідів кількість 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 не потрібні, викликаючи великі втрати врожаю. У дуже невідгідному становищі перебувають ті країни, 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 в розрахунку на одного жителя виявилися даремними. 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 XX ст. (табл. 13).

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 13

#### Природні ресурси і використання води економічними регіонами

Економічний регіон	Віднов- лені ресурси, км <sup>3</sup>	Річне використання води			
		загальне, км <sup>3</sup>	на іригацію, %	у про- мисло- вості, %	у побуті, %
Західна і Південна Європа	1800	250	36	47	17
Східна Європа і колишній СРСР	5200	430	63	29	8
США і Канада	5560	503	39	49	12
Латинська Америка	11450	185	78	9	13
Арабські країни разом	590	220	90	3	7
Африка (без арабських країн)	3930	57	78	4	18
Індійський субконтинент	7550	750	93	3	4
Китай з обома Кореями	2750	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>40310</b>	<b>3005</b>			

Населення цих місць повинно витратити години, аби добратися до 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 кількакілометрової ширини смугу, відтісняючи їх ближче до екватора.

Позірне “благополуччя” країн экс-СРСР створює лише середня цифра, забезпечена повноводними північними і сибірськими ріками. А пригадайте країни Центральної Азії, яким більшовики залишили висихаючий 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 бідолах належить й Україна. Детально про це йтиметься у розд. 7.

### *5.6.6. Про 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 (ми згадували 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 позитивніше 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 тим чи іншим металом або мінералом. То хвиля публікацій переконує 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 продавав.

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 і гарантується вигода після продажу на світовому ринку, то все оживає на місці відкриття геологів. Підводиться дорога, ростуть житлові, адміністративні і виробничі споруди, у тіло Землі заглиблюється шахта чи кар’єр.

Однак це *завжди* має негативні екологічні наслідки. Мінімізувати їх — складне завдання, і прикладів вдалого господарювання гірничорудних підприємств мало. Один з них придумали 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 було використано 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. 14.

Отже, таблиця ще раз свідчить про те, що прогнози часу вичерпання тих чи інших ресурсів частенько роблять для *заякування споживачів продукту і досягнення 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.

Таблиця 14

**Невідновлювані природні ресурси деяких важливих для світового господарства елементів**

Елемент, речовина	Оцінка ресурсів у 1970 р., т	Вистачить на ... років постійного споживання	На ... років дійсного (зростання) споживання	Оцінка ресурсів у 1990 р., т
Алюміній	1,2 млрд	100	31	15 млрд
Залізо	100 млрд	240	93	600 млрд
Мідь	0,3 млрд	36	21	1 млрд
Хром	7,8 млрд	420	95	20 млрд
Свинець	0,1 млрд	26	21	0,2 млрд
Марганець	0,8 млрд	97	46	3 млрд
Цинк	0,1 млрд	23	18	0,4 млрд
Ртуть		13	12	0,2 млн
Кобальт	2,2 млн	110	60	9,0 млн
Молибден	4,9 млн	79	34	15,0 млн
Нікель	67 млн	150	53	200 млн
Олово	7 млн	17	15	10 млн
Вольфрам	1,3 млн	40	28	6 млн
Срібло	0,16 млн	16	13	0,5 млн
Платинові	12160	130	47	50000
Золото	10010	11	9	???

*Та цього не сталося!* Ресурси більшості цих елементів навіть збільшилися. Навіть золота щороку видобувають з надр понад 2000 т!

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. 14 (і не згадані в ній), бо “родієвий” запас нічим не гірший від всім відомого “золотого”. Інші і накопичують, і змінюють технології у напрямку максимального скорочення речовин, які видаються їм дефіцитними у майбутньому (перший кандидат — срібло). Вже створено кілька фотографічних процесів, які зовсім не потребують срібла. Дуже шви-

дко розвивається оптоволоконна техніка зв'язку, де місце досить дефіцитної і дорогої міді з успіхом зайняли волокна зі скла. Погодьтеся, що для переважної більшості країн світу немає якихось 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. Дехто вже й пристосувався купувати таке “сміття” у сусідів. Ось і в нас 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, які мають приблизно такий самий розмір, Україну можна зарахувати до тих, що мають середню кількість і різноманітність невідновлюваних мінеральних і сировинних ресурсів. На жаль, не набирається у нас “повного комплекту” всіх речовин. Багато чого немає вдосталь як для власного використання, так і для виходу на сві-товий ринок.

Частина наших багатств належить до “стратегічної сировини” (уран, титан тощо), тому наведена табл. 15 неповна, отож ми 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.

**Балансові запаси і видобуток  
основної мінеральної сировини в Україні**

<b>Корисна копалина</b>	<b>Балансові запаси</b>	<b>Видобуток у 1992 р.</b>
Залізна руда, млн т	28127	175,1
Марганцева руда, млн т	2 330	13,06
Нікелева руда, млн т	27,9	9,58
Графітова руда, млн т	110,5	0,37
Графіт, млн т	7,03	0,022
Каолін первинний, млн т	303,1	2,2
Каолін вторинний, млн т	71,1	2,3
Бентонітові глини, млн т	61,5	0,3
Пегматит, млн т	6,46	0,011
Лугові каоліни, млн т	47,05	0,129
Сіль кам'яна, млн т	9 129,5	13,87
Магній (у перерахунку на MgO), млн т	103,7	0,149
Калій (у перерахунку на K <sub>2</sub> O), млн т	293,1	0,204
Крейда для соди, млн т	76,8	1,673
Фосфор (у перерахунку на P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), млн т	6,66	
Глина вогнетривка, млн т	535,9	2,66
Вапняки флюсові, млн т	2065,9	33,66
Вапняки доломітові, млн т	511,5	5,03
Доломіт, млн т	428,8	2,2
Формувальні матеріали, млн т	906,2	7,036
Глини тугоплавкі, млн т	103,8	1,16
Талько-магнетит, млн т	105,1	
<b>Цементна сировина:</b>		
<i>гіпс, млн т</i>	32,4	0,69
<i>мергель і карбонатна, млн т</i>	2396,9	23,54
<i>глиниста, млн т</i>	561,9	5,31
<i>гідралічні добавки, млн т</i>	89,9	0,26
<b>Скляна сировина:</b>		
<i>піски, млн т</i>	212,8	2,46
<i>ліпарити, млн т</i>		20,7
Гіпс, млн т	421,2	1,3
Ангідрид, млн т	17,63	
Крейда, млн т	489,6	2,105
Облицювальні матеріали, млн м <sup>3</sup>	316,6	0,325
Каміння будівельне, млн м <sup>3</sup>	9188,5	83,5
Пильні вапняки, млн м <sup>3</sup>	105,1	3,98
Вапняки для цукрової промисловості, млн т	336,3	6,02
Породи для вапнування кислих полів, млн т	72,4	

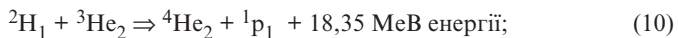
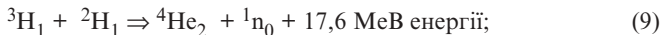
### VIII. Для допитливих. Коли з'явиться нове покоління потужних джерел енергії?

Останні роки позначені не так успіхами у створенні нових джерел енергії, як дискусіями фахівців про вибір “напрямку головного удару”, визначення найперспективнішої технології, враховуючи вимоги і економіки, і екології.

Ентузіасти у засобах масової інформації періодично здіймають галас то навколо близького енергетичного достатку на базі вітряків, то припливних та хвильових електростанцій. Скрамних дослідів часто вистачає для маси обіцянок щодо сонячних установок, використання 20-градусної різниці температур поверхні і 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 поодиноці, 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 (9) чи (10).

У другій реакції виділену енергію несуть протони. Наявність у них електричного заряду дає змогу легко й ефективно перетворити енергію в електричний струм. Нейтрони, що утворюються в реакції (9), 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 (9) і (10)? 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 максимально можливе споживання його людьми (“стеля” визначається небезпекою перегрівання Землі) **на термін сто мільйонів років!**

Для великої енергетики тритій ( ${}^3\text{H}_1$  чи  ${}^3\text{T}_1$ ) можна виробляти з літію, а  ${}^3\text{He}_2$  доведеться транспортувати з Місяця, видобуваючи цей ізотоп гелію з його поверхневих порід (для всього людства досить 200–400 т щороку). Як відомо, цих газів у біосфері немає.

До спокусливих ознак термоядерних установок належать 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 з самого їх початку у 50-х!). Така злочинна неувага до єдиного справді перспективного нового джерела енергії пояснюється багатьма причинами, серед яких суто політичні не на останньому місці. 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 потрібний лише час і не дуже великі гроші (щонайбільше з 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 реакцій”.

## ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ\* ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Порівняйте географічні межі поширення однакових мов на рівнинах і в гірських місцевостях. Зробіть висновки.
2. Які з основних потреб людини задовольняються в сучасній Україні особливо погано?
3. Чому експерти вважають, що за 1990–2000 рр. приріст людності виявиться рекордним в історії, хоч в окремих країнах є ознаки спаду народжуваності?
4. Чому фахівці для густонаселених країн рекомендують знижувати темпи росту населення, а не пришвидшувати збільшення виробництва їжі та інших ресурсів?
5. Як у минулому сторіччі 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 збільшення її населення?
7. Чому руди урану понад століття не входили до списку важливих ресурсів?
8. Чому “срібний голод” нині 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 претендує на належність 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, жителі тропіків видобувають сіль з морської води методом випаровування. А чи можна виділити сіль заморожуючи солону воду?
- 13\*. 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.
- 14\*. Чому жодна з країн світу не буде своє енергетичне господарство на вирощуванні і спалюванні деревини? Відповідь обґрунтуйте.
- 15\*. В яких видах сировини Україна відчуває особливо гостру потребу? Відповідь обґрунтуйте.
- 16\*. Визначте з табл. 5 параметри, відносна відмінність яких перевищує відносну відмінність мас для чоловіка і жінки.
- 17\*. Користуючись даними табл. 5, дайте відповідь на запитання: “Чи вистачить людині на добу того повітря, яке містить типова кімната в наших сучасних будинках?”
- 18\*. Яку частину племені намагалися зберегти від смерті у далекому минулому північні народи у передбаченні надто голодної зими за малої кількості їжі? Відповідь обґрунтуйте.
- 19\*. Відомо, що людина найгірше переносить вібрації з частотою коливань 5–10 Гц. Спробуйте пояснити цю обставину.
- 20\*. Які з основних груп потреб людини задовольняються в розвинених країнах краще, ніж у малорозвинених? Відповідь обґрунтуйте.
- 21\*. Проаналізуйте власні нефізіологічні потреби. Розташуйте їх за пріоритетністю. Зробіть висновки.
- 22\*. Як слід ставитися до “модних” виробів і товарів? Чи виправдані пошуки й витрати на них з точки зору екології? Висновки обґрунтуйте.

- 23\* . Назвіть відомі способи утворення соціальних ієрархій. Чи є серед них такі, які можна вважати “екологічними”, такими, що не порушують екологічної рівноваги?
- 24\* . Чи можлива побудова ієрархії й соціальних структур у людей чи інших розвинених істот без бійки, порівняння сили і нахабства? Відповідь обґрунтуйте.
- 25\* . Медичні комісії, що відбирають кандидатів у майбутні пілоти, постають перед проблемою, що відсоток практично здорових юнаків низький в усіх країнах і в усі часи. Чи можна пояснити цю обставину: а) малою досконалістю чоловічої статі; б) надто великою кількістю систем в організмі, великою ймовірністю відхилень у роботі однієї-двох з них; в) надмірною різноманітністю людей і великими відхиленнями від середніх параметрів? Обґрунтуйте свою відповідь.

## Розділ 6

# “Вибух” забруднень і колапс людства

---

---

### 6.1. Забруднення та їх класифікація

Загроза загибелі людства від забруднення ним довкілля — одна з популярних тем преси й інших засобів масової інформації. Особливо вражають документальні фотографії величезних сміттєзвалищ, спотворених пляжів Середземномор’я й віддалених куточків тропіків, “прикрашених” залишеними тисячами туристів бочками і пляшками захмарних полонин Альп і Гімалаїв тощо.

Та писати про забруднення з точки зору наук 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 тієї їх частини, яка 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 прискореного 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 спричинює 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 *матеріального агента*, значення якого вийшло за межі норми.

Забруднення звичайно поділяють на **природні** і **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 нашестя сарани тощо. Ми про них згадуватимемо, але не вони є головними “героями” нашої книги. Надалі акцентуватимемо на антропогенних, створених чи спричинених людиною забрудненнях. 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 створеного людиною були нешкідливими для довкілля. Вони склалися 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 виробу з непрозорого старовинного скла тощо. Але вони хоч були неотруйні, а шкода оточенню під час їх виготовлення була мінімальною.

Ми вже згадували, що і скотарі, і землероби впливали на довкілля. Найактивніші і найневміліші з них подекуди примудрялися зро-

бити 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 вдяти не могла, або справлялася з великими втратами для живого. Суттєво й те, що ці “вічні” (стійкі або незруйновні) речовини і виробни міські люди вносять у довкілля дуже концентровано. Нарешті, “людина міська” спокусила і селянина можливістю легко підвищити врожайність: ось тобі трактор, міндобриво, 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 безпечно-го стану під впливом біосфери чи фізичних умов на поверхні Землі).

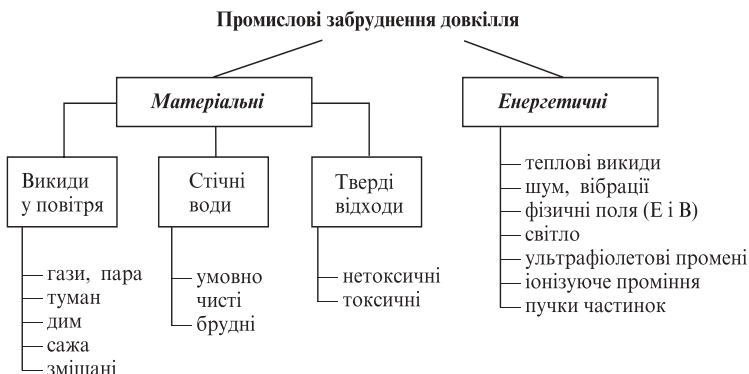
Заміна традиційних речовин (метали, стійкі пластичні маси тощо) новими, які у потрібний момент деградують (розкладаються) на “звичні” для біосфери сполуки, — одне з великих і благородних екологічних завдань сучасних технологій.

З практичного боку, забруднюючі агенти найчастіше поділяють за їх походженням на **промислові** і **непромислові** (сільськогосподарські). *Залежно від природи* забруднення поділяють на **енергетичні** і **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).

Спрощену, але досить інформативну схему класифікації промислових забруднень наведено на рис. 22.

За розміром “зони ураження” (площа і відстань поширення чи перенесення) забруднення класифікують так: **забруднення житла; локальні; регіональні; глобальні**.



*Рис. 24. Спрощена класифікація промислових забруднень*

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 речовини з цієї групи — радіонукліди).

## 6.2. Про 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.*

У нашій країні 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 ж 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 набрали 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 в оточуючому середовищі (у повітрі цехів і поза ними, воді, ґрунті тощо). Власне, є кілька варіантів гранично допустимих концентрацій:

- **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 мають постійно жити 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 щораз чутливішу апаратуру, яка вимірює нервові і мозкові потенціали, “знімає” покази тих численних природних датчиків, які є у людському тілі.

Ці дані, очевидно, 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 справді не ведуть до помітних змін здоров’я людей навіть тривалий час.

Неоголошені змагання між тими, хто встановлює і запроваджує стандарти на ГДК, та численними хіміками, що винаходять і застосовують на практиці нові й нові речовини, безнадійно програють

перші. Хоч вони вже мають у своєму розпорядженні ГДК для більш як тисячі забруднюючих речовин у воді, приблизно 600–700 летких агентів у повітрі, кількасот 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 десятків тисяч із них.

Якщо додати, що *встановлено лише кілька десятків ГДК для сумішей токсичних речовин* (одночасної присутності кількох різнохарактерних забруднюючих агентів), то ситуація видається ще похмурішою.

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 атакуватимуть їх і там, про що свідчать дані табл. 16.

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, 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 гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин (цифрові дані наводяться далі).

Може виникнути здивування — чому ще не всі захворіли внаслідок цього? Якщо ще раз звернутися 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 помірному впливу чи майже повної відсутності шкідливих для людей сполук.

Таблиця 16

**Забруднення сучасних житлових приміщень і його наслідки**

<b>Речовина/агент</b>	<b>Джерело</b>	<b>Хвороби та інші наслідки</b>
1. 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
2. Метан	Газові прилади	Вибухи, пожежі, отруєння
3. Оксиди азоту	Печі, плити, відкрите полум'я	Ураження легенів, біль голови. Дитячі хвороби
4. Дим	Паління тютюну	Рак легенів, ураження легенів і мозку
5. Бензопірен	Цигарки, печі	Рак легенів
6. Метиленхлориди	Фарби	Нервові хвороби, діабет
7. Трихлоретан	Аерозольні балони	Ураження дихання і мозку
8. Тетрахлоретилен	Одяг після хімічного чищення	Рак. Ураження нервової системи, нирок, печінки
9. Формальдегід	Меблі та інші предмети	Ураження очей, мозку та системи дихання
10. Хлороформ	Гарячий душ з хлорованої води	Рак
11. Стирен	Штучні килими	Ураження нирок і печінки
12. Азбест	Ізоляція труб, вінілові покриття	Рак. Ушкодження легенів
13. Бактерії, віруси, грибки	Зволожувачі кондиціонерів, люди, тварини	Грип, "хвороба легіонерів" та ін.
14. Радон	Ґрунт, стіни з бетону, граніт	Рак легенів
15. Шум	Всі гучномовці	Деградація слуху, неврози
16. Електромагнітні хвилі	Дефектні НВЧ-печі та прилади	Пошкодження очей

Наведемо значення двох ГДК для найпоширеніших забруднень повітря.

## Гранично допустимі концентрації деяких речовин у повітрі

Речовина	ГДК-сд, мг/м <sup>3</sup>	ГДК-20, мг/м <sup>3</sup>
1. Пари ртуті	0,0003	
2. Пари свинцю	0,0003	
3. Фенол	0,003	
4. Формальдегід	0,003	
5. Аміак	0,004	
6. Пари фтороводню	0,005	0,02
7. Сірководень	0,008	0,03
8. Оксиди азоту	0,04	
9. Сірчистий газ	0,05	0,5
10. Сажа (кіптява)	0,05	0,15
11. Пари сірчаної кислоти	0,1	0,3
12. Пил нетоксичний	0,15	0,5
13. 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 “чудового” 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 п'ятдесят отруєних “у домашніх умовах”.

Фахівці підраховали: в наших домівках можна зустріти будь-що з приблизно 60 000 небезпечних субстанцій (рідких, твердих і газоподібних). Ті, хто рятує потерпілих від наслідків ближчого ознайомлення з токсичними властивостями цих речовин, неспроможні і безсилі попередити і запобігти трагедіям. Наприкінці 80-х років ХХ ст. у Радянському Союзі зазначалося щороку приблизно 1 000 000 (один мільйон!) гострих отруєнь, які якщо і входили у статистику, то в рубрику “побутовий травматизм”. Вас цікавить, скільки ж гинуло? На щастя, не всі, “лише” близько 50 000 щороку. Погодьтеся, це *надто багато*.

Але й це ще не все. Значна частина врятованих вже до смерті (очевидно, дуже прискороної) не могла позбутися наслідків “побутової хімічної війни”.

*Задумайтеся над цими рядками. Не поспішайте втягувати в себе, наче тилосос чи помпа, все, що перебуває в межах досяжності.*

## 6.3. Забруднювачі і 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 нескінченно багато.

Оскільки під час кожного опису дії забруднюючих речовин (або *полюантів*) звертатимемо увагу на їхні джерела, то не вдаватимемося до надто детальної класифікації і 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” десятків, але чималих, бо ребро кожного становитиме 1 км (тисячу метрів!).

І це ще не все. Якщо додати ту землю, яку обробляють селяни, то вийде, що людина зрушує з місця понад 25 кубічних кілометрів земельки і камінців *щороку*. Уявляєте, скільки це поглинає енергії?

Не знаємо, чи варто людям 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:

<b>всі види транспорту</b>	<b>– 59 %;</b>
<b>спалювання викопного палива і дерева</b>	<b>– 28 %;</b>
<b>чорна і кольорова металургія</b>	<b>– 13 %;</b>
<b>інші джерела</b>	<b>– 10 %.</b>

Основні забруднювачі та групи виділених ними в атмосферу Землі шкідливих речовин наведено в табл. 18.



## Основні забруднювачі повітря

Група поллоантів та їх маса, % загалу	Член групи, хімічний склад	Основний забруднювач
1. Оксиди вуглецю — 50 %	CO <sub>2</sub>  CO	Вулкани, рифти, гейзери, гори. Спалювання всіх видів палива. Дихання і біоокислення. Вулкани. Неповне спалювання палива
2. Оксиди сірки — 16 %	SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>	Вулкани. Спалювання палива. Бактерії. Морські бризи
3. Оксиди азоту — 14 %	NO, NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O	Вулкани, грози. Спалювання палива. Бактерії
4. 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, CFC <sub>2</sub> та ін.	Вулкани. Бактерії. Рослини. Спалювання палива. Промисловість. Хімічна промисловість. Спалювання сміття.
5. Аерозолі — 5 %	Сажа, пил, солі	Коксохімія і металургія. Спалювання. Пожежі. Ерозія. Вулкани і водяний пил з морської піни
6. Радіонукліди (менше як 0,01 %)	Xe, Cs, Ra, Pu та ін.	Ядерна промисловість і АЕС. Катастрофа на ЧАЕС. Граніти

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, очевидно, 500 млн т щороку. Однак через значні зміни в промисловості показники забруднення перестали підвищуватися, а часто й зменшуються.

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 вже за сотню кілометрів від промислового міста (типу нашого Кривого Рогу) прилади фіксують підвищений вміст пилу і газів. “Парфуми” деяких хімічних заводів Сходу України “свіжі” носи відчували з відстані багато кілометрів (у місцевих жителів багаторічна адаптація зуміла-таки знизити захисну реакцію організму, вони навіть дивуються невдоволенню приїжджих повітрям їхнього рідного міста). Для детальнішого ознайомлення з усіма особливостями впливу

великого промислового міста на фізико-хімічні параметри довкілля може прислужитися табл. 19 з деякими цифровими даними. На наш погляд, вони наочніше свідчать про обсяг і “глибину” впливу типових великих європейських міст на довкілля (міське забруднення середовища), ніж кількість у тоннах окремих викидів.

Таблиця 19

**Зміни фізико-хімічних та інших характеристик міського середовища порівняно з умовами сільського середовища**

<b>Групи характеристик</b>	<b>Відносна зміна (знак, величина)</b>
1. Всі види сонячного випромінювання зокрема ультрафіолету-А: <i>взимку</i> <i>влітку</i>	- 20–30 % - 70–100 % - 10–30 %
2. Річні опади (всі види разом) зокрема: <i>сніг</i> <i>роса</i>	+ 5–10 % - 5–10 % - 65 %
3. Покриття неба хмарами	+ 5–10 %
4. Викликані аерозолями тумани: <i>взимку</i> <i>влітку</i>	+ 100 % + 20–30 %
5. Тривалість часу з від’ємними температурами	- 25–35 %
6. Кількість днів з мінусовими температурами	- 40–45 %
7. Випаровування води за рік	- 30–60 %
8. Значення середньої вологості повітря	- 5–10 %
9. Швидкість вітру	- 20–30 %
10. Середня річна температура повітря	+ 0,5–1 °С
11. Середня зимова температура	+ 1–3 °С
12. Тривалість вегетації рослин	8–10 днів

Зусиллями лише двох останніх поколінь загальний обсяг і токсичність викидів збільшилися настільки, що (без найменшого перебільшення) на поверхні Землі, як ракова пухлина, почали швидко розростатися *антропопатогенні зони*. Створені людиною у гонитві за випуском потрібної їй промислової і сільськогосподарської продукції, вони стали смертельно небезпечними для неї самої.

Найяскравіший приклад — сумнозвісна “30-кілометрова зона” навколо ЧАЕС, про яку ще йтиметься далі. 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 мова у розд. 9.

Із нашого досвіду	Із зарубіжного досвіду
<p>Урядова комісія встановила, що загинув 17 гірників і шкоду для здоров'я 64 інших спричинив вибух метану у повітрі, викликаний найгрубішим порушенням техніки безпеки, коли на донецькій шахті ім. Скочинського по несправному кабелю подали напругу у забій, який ще не провітрили після викиду метану, хоч у ньому перебували люди.</p> <p style="text-align: right;">Голос України, 02.09.92</p>	<p>11 липня 1978 р. на приморському шосе у Сан-Карлосі на сході Іспанії лопнула перепопнена автоцистерна без запобіжного клапана, яка містила 23,5 т рідкого пропілену. Невдовзі суміш парів і повітря спалахнула, спопеливши 215 пляжників, які перебували на відстані 150 м від палаючої напівсфери.</p> <p style="text-align: right;">Зарубіжні джерела</p>

### ***ІХ. Для допитливих. 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 при сильному заморожуванні!) металом. Найбільшого і найгіркішого досвіду знайомства 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 р.) почав працювати хімічний завод, що використовував хлорну ртуть як каталізатор для процесів синтезу. Стоки підприємства поступово підвищували кількість ртуті у морській воді, але її концентрація лишалася у багато разів нижчою від межі небезпеки, тому ніхто не міг передбачити подальших нещастя.

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 молюсками 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? 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 ртуть теж) не виходив за межі дозволених санітарними нормами концентрацій. Спроби вивчити технологічні процеси прибережних заводів утруднилися небажанням їх керівництва “розкривати секрети” (комісія науковців зазначила, що найагресивнішою була саме 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, що “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 5), 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 розшифровувала “хворобу Мінамата”, та замовчати справу вже 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 металічної ртуті в набагато отруйніші сполуки. Винними були два види бактерій з осадів на мілинах, що через ланцюжок реакцій перетворювали метал в надтоксичну сполуку (метилртуть), 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 включалася в цикли живих істот).

Так багато років чесні вчені переборювали 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 подумати 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 довіллі природних концентрацій потенційно отруйних сполук чи елементів).

## 6.4. Проблеми атмосфери

### 6.4.1. Чому сучасний варіант атмосфери Землі 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 однакоvim 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 ми будемо дихати?” Тут, звісно, можна заперечити, що ці люди прекрасно знають, яка висота 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 запасуються 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 лежить у комфортній для дихання зоні малої висоти над рівнем моря. “Стрибки” тиску погодного характеру не відчуває більша частина здорового населення. Вони не становлять для них 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 (до висот 92–94 км), де сила тяжіння скупчила переважну більшість молекул газів. Засобом для вирівнювання складу і безперервного “перемішування” є всі види вітрів і конвективний рух вгору чи вниз при 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 *сталю 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 газом газів не сягає й одного процента у сухому повітрі. Ці інші вісім газів постійної складової атмосфери за концентрацією розташовуються у такій послідовності:

<b>3. Аргон (Ar)</b>	<b>– 0,934 %</b>	<b>7. Метан (<math>CH_4</math>)</b>	<b>– 0,0002 %</b>
<b>4. Вуглекислий газ (<math>CO_2</math>)</b>	<b>– 0,036 %</b>	<b>8. Криптон (Kr)</b>	<b>– 0,00014 %</b>
<b>5. Неон (Ne)</b>	<b>– 0,0018 %</b>	<b>9. Водень (H)</b>	<b>– 0,00005 %</b>
<b>6. Гелій (He)</b>	<b>– 0,000524 %</b>	<b>10. Ксенон (Xe)</b>	<b>– 0,000009 %</b>

Наголосимо, що термін “*стала складова*” стосується однорідності складу повітря у межах нижніх 94 км атмосфери (зона інтенсивного конвективного перемішування), а не його незмінності впродовж тривалого часу.

Дуже точні виміри на океанічних островах показують, що вміст вуглекислого газу невинно підвищується, коливаючись упродовж року. Щовесни він трохи більший, ніж восени, коли частину  $CO_2$  поглинають під час літньої вегетації рослини суходолу Північної півкулі (рис. 25). А ось плавне підвищення пояснюють найчастіше

тим, що людство весело і радісно спалює практично все, що може горіти, добуваючи теплову енергію і виділяючи у повітря щороку майже 10 або вже й 20 млрд т  $\text{CO}_2$ .

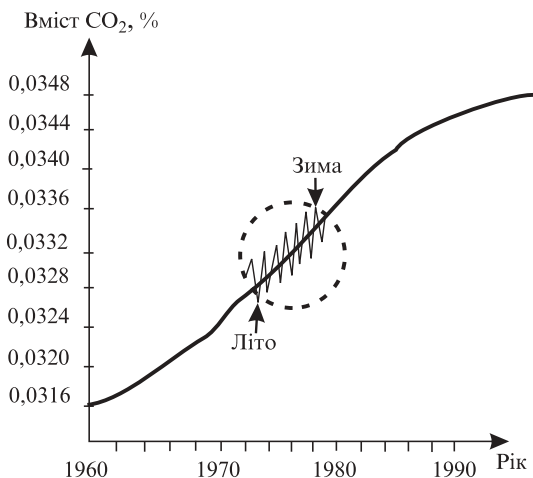


Рис. 25. Зміни вмісту вуглекислого газу в повітрі

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 одночасно 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  $\text{CO}_2$  і температурою “на Землі”.

Виявилось, 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). Погодьтеся, що це серйозний здобуток сучасної науки. Лишається лише зачекати, коли вона зможе встановити, що з цих двох чинників є причиною, а що — 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 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 атмосфери 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 спричинюються блискавками (дощ не зможе зробити листя чи гілки досить “мокрими”). Ще гірше, що посилення окислення призведе до розігрівання 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 за-спокійливого твердження, на жаль, не можна висловити стосовно домішок в атмосфері.

Розглянемо спочатку ті змінні складові атмосфери, які мають природне походження. Серед них перед веде *водяна пара*, змінність концентрації якої нам і відома, і звична.

Ми чуємося 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 сушіше, бо вона конденсується в 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 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 “заміною” його вкрай небезпечним “приземним” озonom. 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.

Зазначені гази або явно отруйні (як  $CO$ ), або більш-менш шкідливі для людини, та їхня природна концентрація на великих відстанях від вулканів дуже мала, вона менша мільйонної частки процента і не становить небезпеки для здоров'я людини. Добре 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 не так давно встановлено, що сумарний газовий потік у горах (гейзери, джерела газованих вод типу нарзану, просочування з тріщин тощо) близький до вулканічного. Навіть виходи корінних порід на рівнинах “видихають” гази, хоч і порівняно мало (водень,  $CH_4$  та ін.).

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 і в 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, найбільші —  $10^{18}$ . Та й ті такі малі, що повітря для них є дуже густим середовищем (як для нас мед). Внаслідок подрібнення гірських порід утворюються частинки діаметром не менше 1 мкм, а ще дрібніші — тільки конденсацією з газів повітря чи випаровуванням крапель води (переважно, солоної). Континентальний аерозоль з цієї причини значно більший, ніж океанічний. Кожен може легко назвати кілька великих і помітних природних джерел аерозолів: вулкани всіх типів, пилові бурі, дим від численних пожеж тощо.

Та найпотужнішим джерелом найпотрібнішого для утворення дощових крапель аерозолу є солоні хвилі океану і морів, точніше — піна незліченних хвиль. Доведено прямими вимірами, що дво-міліметрова бульбашка, лопаючись, утворює понад 2000 мікрокрапель, випаровування яких дає найкращі ядра конденсації водяних крапель у всіх дощових хмарах Землі.

Без аерозолу 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 їх існування. У наш час медицині інтенсивно вивчають вплив природних та антропогенних аерозолів на здоров’я, бо дедалі збільшується кількість осіб, які хворобливо реагують на пилок дерев та інші мікро-частинки.

Надзвичайна різноманітність господарської активності людини спричинила появу у повітрі не тільки пилу, а й великої кількості газів-забруднювачів. Детальніше розглянемо їх пізніше.

### 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), то дійдемо висновку, що маса повітря над цим квадратиком становить 1 кг. Тепер, обчисливши поверхню Землі у квадратних сантиметрах за формулою  $S = 4\pi R^2$ , де  $R$  — радіус Землі (637 103 200 см), отримаємо масу атмосфери в кілограмах:  $5,3 \cdot 10^{18}$  кг.

Сприйняти цю цифру важко, тому для порівняння зазначимо, що вона у 266 разів менша від маси усїєї води і становить усього мільйонну частину маси Землі. Якщо перетворити повітря у 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 шестимільярдне 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 закумулювала його дуже багато. Ситуація видається 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 загалом 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 високігор'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 чекав страти у найглибшому казематі старої фортеці. Діставши опіки легенів, він все-таки вижив, був амністований і пізніше заробляв хліб виступами в цирках США.

Останніми роками увагу привернули озера в 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. 26). 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.

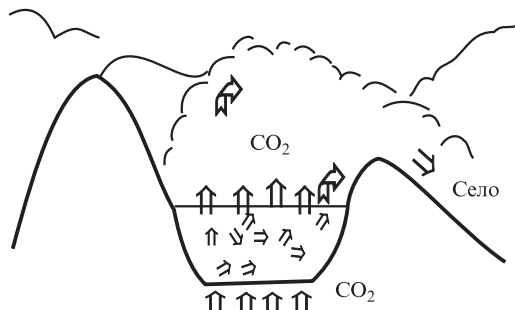


Рис. 26. Екокатастрофа на озері Ніос

У цій трагедії цікаве те, що раніше 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 від 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 Ніос 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 Ніос “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 CO<sub>2</sub> 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

<p>В одному з наших сіл кілька осіб по черзі загинули в льоху, де гниття залишків картоплі та інших овочів поглинуло майже весь кисень.</p> <p style="text-align: right;">Червень 1993 р.</p>	<p>Чотири робітники заводу вин в Одеській області задихнулися під час очистки стінок великої амфори, призначеної для зберігання вина.</p> <p style="text-align: right;">Вересень 1993 р.</p>
---	--

### 6.4.3. “Озонова діра” — сигнал небезпеки

Явище серйозного 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 в самому її закінченні. Потім поступово заповнюється, а влітку антарктична стратосфера повертається до норми. В момент найбільшого розміру “озонова

діра” останніми роками подекуди навіть виходить 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 відзначено 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 року було зроблено якнайдетальніші вимірювання хімічного складу повітря на багатьох висотах. Так було отримано незаперечне свідчення 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. Відомо, що озон використовується як набагато кращий від хлору реагент для знезараження питної води від усіх патогенних мікроорганізмів.

У процесах і утворення, і розпаду озону в незабрудненій стратосфері найактивнішу роль беруть два з трьох ультрафіолетів *A*, *B* і *C*. Всі короткохвильові фотони у сонячному випромінюванні вчені поділяють на:

- *ультрафіолет-A*, який непогано проходить крізь атмосферу, має помірну енергію, хімічно (але досить м’яко) діє на клітини нашої шкіри, бере участь в утворенні вітамінів групи *D*, провокує характерну засмагу. Шкідливий лише у надмірних дозах;
- *ультрафіолет-B* 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 веде 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-C* 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 і у поверхневих шарах океану.

На жаль, з другої половини ХХ ст. *homo technocraticus* ненавмисне, але рішуче, розпочав дірвати озоновий щит. Найефективнішим “свердлов” виявилися так звані фреони — сполуки з одночасним вмістом і фтору, і хлору (насамперед  $CFCl_3$  і  $CF_2Cl_2$ , 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 читачам самостійно знайти їх, спираючись на викладене у розділах 2 і 3).

Ми б хотіли привернути 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 жодна людина з цієї групи фахівців, перевіряючи вплив цих речовин на

здоров'я людини, не могла 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 екологі? Мабуть, не могли, бо тоді знання про процеси у верхній атмосфері були надто поверховими.

**На наш погляд, для запобігання виникненню нових “озонових дір” (пошкодження інших частин біосфери) необхідний одночасний розвиток екології, як найнеобхіднішої нині інтегральної науки, та ефективного 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 і заміну їх безпечними для озоносфери сполуками і речовинами.

Відтоді представники цих країн спільно стежать за виконанням угоди, періодично збираючись у Монреалі для корекції протоколу. Зазначимо, що розвинені країни загалом цілком успішно виконують



програму захисту озонового 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 буде сказано в кінці книги.

#### 6.4.4. Проблема техногенного перегрівання атмосфери

Загроза втрати стратосферного озону — не єдина екологічна тема засобів масової інформації. Не менш популярною є проблема техногенного підвищення середньої температури нижніх шарів атмосфери, яку подають як “парниковий ефект, спричинений викидами вуглекислого газу”. Та в цьому твердженні присутні дві неточності.

1. У звичайному парнику (земля, накрита плівкою) нагрівання спричинене припиненням плівкою конвекції — руху нагрітого від темного ґрунту повітря вгору. “Парникові гази”, відносний вплив яких на підвищення температури поверхні Землі наведений у табл. 20, не гальмують конвекцію у повітрі, але “примудряються” виконати роль плівки, впливаючи на явище *випромінювання* Землею теплових хвиль у космос.

Таблиця 20

Вплив газів на підвищення температури поверхні Землі

Газ	Частка, %	t, °C	Вплив людини на вміст 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>100,0</b>	<b>+33,1</b>	

Поглинаючи довгохвильове (теплове) випромінювання суші й океанів, вони сповільнюють їх охолодження, примушують нагрітися до вищої температура. Тільки внаслідок цього додаткового нагрі-

вання потік тепла крізь атмосферу у космос зрівнюється з припливом енергії у формі сонячного проміння з порівняно короткими хвилями.

Без цих газів теплова рівновага тіла Землі з доквіллям встановилася б аж на позначці  $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$  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 охолодиться додатково через зменшення її поглинальної здатності). Для території України вийде влітку десь від  $-10$  до  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а взимку...

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 викликане не *лише* вуглекислим газом, а цілою групою, в якій він займає не перше (хоч і “призове”) місце.

То чи існує загроза глобального перегрівання Землі, танення всіх льодовиків та інших нещасть з тієї причини, що людність порушила 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.

Можна назвати кілька причин цього відносного оптимізму:

- хоч, як зображено на рис. 25, вміст вуглекислого газу безперервно підвищується і за століття його приріст перевищив 20 %, не можна стверджувати, що тимчасові потепління 30-х і останніх десяти років викликані виключно саме цим газом. Його вміст нині суттєво нижчий, ніж під час тих *великих* потеплень, що вивчені за допомогою зразків льоду із свердловин у Гренландії і Антарктиді;
- 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;
- неточним є не тільки температурний прогноз, а й передбачення зміщення природних зон на поверхні Землі, бо обчислення змін

в опадах ще менш обґрунтовані. Досліди ж свідчать, що певне підвищення вмісту  $\text{CO}_2$  *посилить* фотоефект і підвищить продуктивність рослин.

Що ж стосується 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 і тундрові ґрунти;**
- **розшириться пояс 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 і Антарктиди. У віддаленій перспективі це означає повне затоплення всіх дуже населених приморських рівнин і необхідність переселення сотень мільйонів людей.**

Отже, проблема “парникового” ефекту колись стане 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. Про глобальне забруднення атмосфери**

Хоч дані про загальні масштаби антропогенного забруднення атмосфери досить суперечливі, та все ж можна з великою достовірністю стверджувати:

- оскільки добове виділення вуглекислого газу однією середньою землею дорослою людиною близьке до 0,85 кг (див. табл. 5), то,

враховуючи і дітей, і стариків, вважатимемо, що забруднення атмосфери диханням досягає 1,5 млрд т  $\text{CO}_2$  щороку. Якщо врахувати необхідні людуству свійські тварини, то, можливо, ця цифра збільшиться удвічі, але так і не сягне однієї тонни на одну живу душу за рік;

- всі види промисловості, транспорт і енергетика виділяють  $\text{CO}_2$  у кілька разів більше, ніж людство. Експерти вважають, що техногенні і 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;
- 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 мікроаерозолі 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.

Певне уявлення про масштаби промислово-транспортних викидів в останні роки існування Радянського Союзу дає рис. 27. Того року загалом було викинуто трохи більше 60 млн т пилу, окислів і вуглеводнів, а також не менше 2 млн т значно отруйніших специфічних забруднювачів типу сірководню, свинцю, хлору тощо.

Для того щоб отримати загальний вплив людства на атмосферу, необхідно помножити дані біля стовпчиків рис. 27 на множники від 3 до 6.

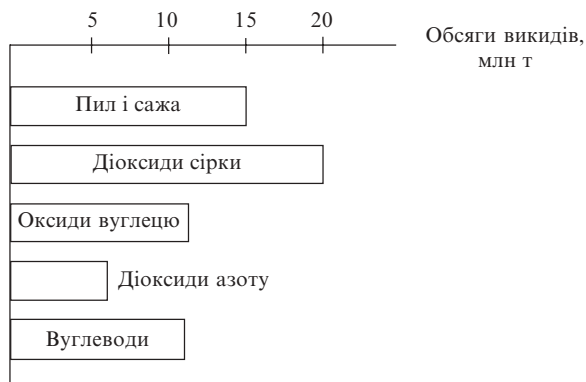


Рис. 27. Обсяги промислових викидів в СРСР у 1989 р.

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 в Одеському припортовому заводі (з мережі споруд Хаммера) не сталося нещастя такого ж масштабу, як у центральній Індії у місті Бхопал. Третього грудня 1984 р. уночі сталася 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 під кінець 1988 р. такі: від отруєння і легеневих хвороб померло 3150 осіб, повних інвалідів — 20 000, потерпілих з довготривалими наслідками — понад 200 тисяч. Оскільки на відшкодування судом було визначено суму 500 млн доларів США, то плата за смерть ледь перевищила 1000 доларів, за невиліковну хворобу — трохи більше 100.

І все ж усвідомлення того факту, що “далі так не можна”, поступово вкорінюється у щораз більшій кількості голів. Для розвинених країн Заходу і Японії суворими вчителями стали ті катастрофи, які відбувалися на їхній території.

Цих нещасть 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 легеневих і серцевих) приблизно 4000 осіб. Подібні нещастя, 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 спочатку уживаним терміном для позначення суміші крапель туману з 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 та ін.). Тут люди вперше “на власній шкурі” (точніше, легенями й очима) відчували, що то за штука “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 і горло роздирали 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 отримало назву “кислотні дощі” (рис. 28). Нагадаємо, що утворенню опадів з підвищеною кислотністю передують поява у повітрі окислів сірки і азоту (первинних забруднювачів). Вважають, що цих сполук щороку викидається понад 160 млн тонн. Реагуючи з газами повітря, вони утворюють сірчану і азотну кислоти, які підкислюють краплі дощу.

Для прикладу наведемо ланцюг з двох реакцій, що веде до появи сірчаної кислоти, основного агента кислотних дощів:



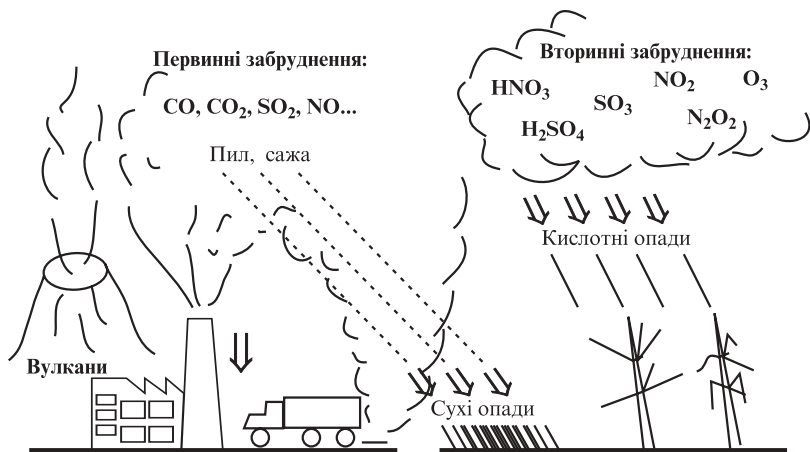


Рис. 28. Спрощена схема утворення кислотних опадів

Власне, всі дощі світу з природних причин (досить згадати виверження вулканів) мають невелику кислотність. Рослини “звикли” до такого стану речей і навіть використовують сполуки азоту для свого росту (для допитливих назвемо 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 5,6 і нижче. Кожна одиничка додає один порядок збільшення концентрації  $\text{H}^+$ ). Утворення цих дощів часто відбувається на великій, до 2–3 тисяч кілометрів, відстані від зображених на рис. 28 джерел окислів сірки й азоту.

Перелік шкоди від кислотних дощів надзвичайно довгий:

- ушкоджується листя та інші частини рослин. Дерева хворіють, “лісіють” 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-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 до такої міри, що навіть пошкоджувалися дихальні шляхи тварин і людей.

Особливим активістом боротьби з кислими 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, які відомо, 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 розвинених європейські країни спільно розпочали серйозну боротьбу з атмосферними забрудненнями, зокрема зі смогами і кислими 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. 21.

Таблиця 21

**Зміни рівня забруднення повітря окислами сірки у деяких великих містах**

Місто (країна)	Забруднення повітря у 1975 р., мкг/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

Підвищення рівня забрудненості повітря спостерігається не лише в Пекіні. Ще вищий він у великих містах решти країн, що розвива-



ються: Сан-Пауло, Мехіко, Каїрі, Стамбулі, Тегерані, Карачі, Бомбеї, Калькутті, Манілі та ін.

Описані процеси триватимуть і надалі. Двадцять найрозвиненіших країн світу за останні 20 років зменшили щорічні викиди оксидів сірки з 65 до 40 млн тонн. Решта ж країн світу збільшила їх з 48 до 60 млн тонн.

Однак можна стверджувати, що найпомітніші кроки зроблено саме у захисті атмосфери, а не інших сфер Землі. Створена і постійно розширюється всесвітня система стеження (моніторингу) за станом повітря майже у 200 місцях 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 далі збільшуються.

#### *6.4.6. Проблема забруднення атмосфери жител*

Необхідність поглибленого дослідження атмосфери замкнених об'ємів 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 винайдені 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 і 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 збе-

реження тепла) передчасно надто щільно перекрити канал комина, щоб піч почала поступово виділяти у кімнату CO. *Цілковитою відсутністю запаху пояснюється те, чому люди гинуть, так і не відчувши загрози отруєння.*

Високі концентрації CO вбивають майже миттєво. В історії транспорту чимало випадків отруєння пасажирів у тунелях. Один з найстрашніших — загибель 521 пасажирів (чудом врятувалися лише 6) 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 заблокована 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 транспорту на суходолі.*

Ті, хто вмикає двигун свого автомобіля у гаражі, нехтує правилами користування печі чи плити, слід знати, що CO атакує в організмі людини еритроцити, надовго отруюючи гемоглобін. Коли на 1000 молекул кисню повітря припадає лише одна молекула CO, 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 — понад одне людське життя. Найчастіше причиною є саме повітря вибоїв, куди з вугільного пласта потрапляє метан (CH<sub>4</sub>). Концентрації в межах 6–14 % метану в повітрі вибухонебезпечні. 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 наведено в табл. 16.

У пресі періодично виникають хвилі посиленої уваги до того чи іншого чинника з табл. 16. Спочатку розпочалася кампанія про особливу, майже смертельну шкідливість мікроголочок азбесту, пізніше — радіоактивного газу радону.

Наслідки цього не у всьому позитивні, бо 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 в країнах Заходу. Віддирали від стін ізоляцію, перекладали труби, заново герметизували стики, забуваючи, що під час цього у повітря потрапляла величезна кількість голок того ж таки азбесту, від чого постраждали ремонтники та інші люди.

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

<p>Механізатор одного з сіл Київщини тріув шурів газовими викидами двигуна автомобіля. На нещастя, він вирішив відразу пересвідчитися у результатах свого “винаходу”. Загинув не тільки механізатор, а й ще кілька осіб, які без кисневих масок кинулися на допомогу.</p> <p>Літо 1993 р.</p>	<p>Три юнаки з Бориспільського району темної ночі прилаштували шланг до трубопроводу і почали заливати краденим паливом канистри. Отруївшись випарами, загинули всі троє. Шкода хлопців. І ми частково винні: не виховали, не навчили.</p> <p>Вересень 1993 р.</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 і взимку). Практично не буває тривалого застою повітря.

Таким розташуванням пояснюється та обставина, що основні закордонні речовини — забруднювачі повітря України прибувають до нас із заходу, а сама вона експортує власні викиди насамперед до Росії. За даними експертів, загальний баланс різко негативний. На нашій території залишається 76 500 тонн азоту з його діоксиду

( $\text{NO}_2$ ) і близько 40 000 тонн з оксиду ( $\text{NO}$ ). Ми їх отримуємо насамперед з Польщі, Німеччини, Росії, Чехії, Білорусі, Румунії та віддаленіших західних сусідів. Приблизно така сама ситуація зі сполуками сірки, якої на нашій землі залишається приблизно 274 000 тонн щороку. Ланцюжок забруднювачів сіркою такий: Польща, Румунія, Німеччина, Чехія зі Словаччиною, Росія та інші країни.

Та все ж головні забруднювачі повітря є "рідними". Наростання маси викидів відбувалося до середини 80-х років XX ст., коли воно змінилося скороченням (рис. 29). Внаслідок розвалу економічного життя на початку 90-х кількість викидів різко зменшилася. Стало легше дихати, але важче жити.

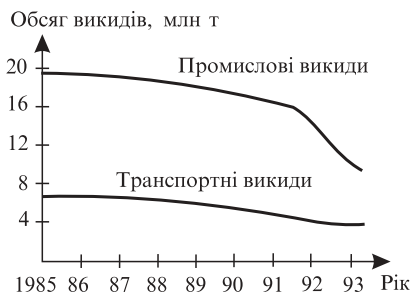


Рис. 29. Обсяги щорічних промислових і транспортних викидів в Україні

Для допитливих наведемо динаміку змін забруднення повітря основними сполуками (рис. 30). Розпочинаючи з 1994 р. обсяг викидів змінювався мало.

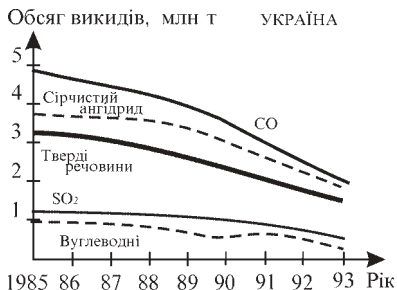


Рис. 30. Речовинний склад щорічних промислово-транспортних викидів

Основними забруднювачами були і лишаються підприємства енергетики і металургії. На них припадає понад 70 % усіх викидів оксиду азоту, а сполук сірки ще більше — 82 %. Перспективи на майбутнє невтішні, бо фінансова скрута змусить підприємства шукати якнайдешевше паливо. Для них буде надто дорогим екологічно чистий газ, який доведеться замінити на мазут і низькосортне вугілля. Якщо не буде знайдено коштів на доочищення викидів і не зменшиться обсяг виробництва у згаданих галузях, то годі чекати очищення повітря в промислових містах України.

Вимірювання на території України свідчать, що практично в усіх великих містах постійно чи періодично шкідливі речовини присутні у повітрі у надмірній кількості. На початок 90-х років ХХ ст. найбільшими викидами у повітря характеризувалися Кривий Ріг (1,15 млн т), Маріуполь (650 тис. т), Запоріжжя, Макіївка, Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ (по 350 тис. т), Київ, Донецьк, Керч, Дебальцеве (по 300 тис. т), Комунарськ і Одеса (200 тис. т) та ін. Характерними для наших міст є порівняно високі рівні забруднення специфічними і органічними сполуками: бензопіреном, фенолом, формальдегідом, аміаком та ін. Дію на людину більшості з цих речовин описано в інших книгах (наприклад, у першому підручнику зі списку, що наведений у кінці книги). Тому наголосимо лише на менш відомому бензопірені, забрудненню яким повітря в українських промислових містах особливо високе.

*Бензопірен* (точніше — бензо(а)пірен) належить до групи поліциклічних ароматичних вуглеводнів, які й до втручання людини у довкілля були присутні 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 зв'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 високо-температурної 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, пухлиноініціююча дія яких незаперечно (дослідами) дове-

дена 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 вирощували на обгорілих шашликах з великим вмістом бензопірену, безпечне 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).

#### ***X. Для допитливих. Чи треба боятися азбесту більше, ніж радіонуклідів?***

Започаткувало “азбестову лихоманку” американське Агентство захисту довкілля (EPA) своїм рішенням про велику небезпеку забруднення повітря волокнами азбесту. На його основі розпочалася перевірка “на азбест” всіх громадських і приватних шкіл США. Кампанія у пресі швидко нав'язала більшості батьків страх через можливість виникнення раку в їхніх дітей під час спортивних занять у залах з поширеними у США ізоляційними матеріалами на основі цього волокнистого матеріалу.

Основою такого рішення EPA стала 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 EPA вирішила добиватися 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 десяти мільярдів доларів. Цікаво, що значну частину “камікадзе”, які віддирали азбест на Сході і Заході США, становили польські громадяни, які втекли із соціалістичної Польщі на заробітки за океан.

Азбест кілька десятиліть широко використовується в багатьох країнах 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. Погодьтеся, що 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 використовуваного азбесту становить хризотил (“білий азбест”), під час видобування і переробки якого не утворюються короткі й гострі уламки волокон (його пил містить лише “заокруглені” і вигнуті волокна). Якнайдетальніше 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 з “синього” і “коричневого” азбесту, який видобували в Австралії та ПАР. Обидва утворювали надгострі мікроголючки, що легко проникали у тканину альвеол, викликаючи різні пошкодження (від найлегшої форми азбестозу аж до раку легенів). В окремих робітників праця з “синім” азбестом без респіратора вже за рік викликала помітне ураження легенів з утворенням передракових зон. Австралія ще на початку 80-х років припинила видобуток і використання цих видів азбесту.

На закінчення зазначимо, що бажання захистити своїх дітей від усіх теоретично можливих небезпек цілком виправдане і зрозуміле. Як і радіонукліди, окремі волокна азбесту чи інший пил з гострими кінцями чи краями можуть пошкоджувати тканини людини і навіть призвести до злоякісних пухлин. Та вкрити дітей скляним ковпаком і вберегти від усіх впливів і чинників довкілля і 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. 16 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 небезпечне 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. 16 і 17.
- 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 озоном? Відповідь обґрунтуйте.
- 25\*. Чому у Європі кислі дощі наростають у напрямі від узбережжя Атлантичного океану до центру материка?
- 26\*. Чому в США поширюється заборона паління цигарок всюди, де поряд з фанатиками цього заняття змушені перебувати нормальні 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 закупкам цього товару на світовому ринку. Як ці дії стосуються стану довкілля у цих країнах?
- 30\*. Чи згодні ви відмовитися від високотемпературної технології приготування їжі і перейти до низькотемпературної для зменшення ризику виникнення раку?

## Розділ 7

# Людина і гідросфера Землі

---

---

### *7.1. Ще раз про особливості води та їх значення*

Вода — одна й найбільш досліджених і вельми загадкових речовин. Всі ми знаємо про воду чимало, бо вивчали її властивості у курсах і фізики, і хімії. Тому не витрачатимемо часу на чергове повторення факту кипіння прісної води при 100 °С і танення льоду при 0 °С (за нормального тиску атмосфери) тощо.

Подивимося на 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 атмо-сфери, а в одному кубічному метрі повітря її вміст не перевищує 40–60 грамів (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 суттєвіше 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 заповнений мороком і холодом. Не дивно, що, перевищуючи за життєвим простором сухопутну “біоплітку” аж у 80 разів, океани можуть похвалитися всього одним процентом загальної кількості видів, які входять до складу біосфери.

Фахівці нараховують понад 20 характеристик, за якими воду з повним правом зарховують до аномальних рідин. Частина з них важлива для біосфери:

- 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;
- теплота фазових переходів (плавлення льоду і випаровування води) дуже висока, що майже виключає миттєві чи дуже швидкі природні кліматичні катастрофи. Як правило, рослини і тварини встигають приготуватися до зими, а потім мають досить часу для звикання до теплого періоду;
- наявність аж двох атомів водню у легенькій молекулі води є причиною її дуже високої питомої теплоємності. Відомо, що вона є чудовим “тепловим акумулятором”, вирівнюючи і гальмуючи швидкі зміни температури, на які так здатна атмосфера. У поєднанні з найвищою серед поширених рідин теплопровідністю це сприяє ефективному перенесенню теплоти від зони екватора до вищих широт. Якби згадані два параметри води були суттєво меншими, у тропіках постійно панувала б температура 50–70 °С, зона полярних умов впритул наблизилася б до північних кордонів України, а швидкість вітрів на Землі збільшилася б у багато разів;
- вважають (хоч це й не доведено беззаперечно), що зменшення питомої теплоємності води при її нагріванні від 0 °С аж до температури +37 °С (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;
- як відомо, “приємною” для живих істот холодних зон є властивість прісної рідкої  $H_2O$  мати максимальну густину при +4 °С. Це майже виключає повне промерзання водою навіть там, де середня річна температура набагато нижча від 0 °С;
- густина води помітно залежить як від її температури, так і від кількості і складу домішок. Це дуже посилює конвективні потоки в її товщі. Для їх виникнення досить вже незначної відмінності у солоності чи температурі;
- на щастя, плинність води мало залежить від її температури, лишаючись малою навіть у момент замерзання. Це не тільки

спричинює швидкі конвективні потоки, а й суттєво зменшує енергетичні витрати на пересування у воді “швидкохідних” живих істот (деяких риб, тюленів тощо);

- висока пружність і мала стисливість води пояснює високу швидкість звукових хвиль (вона вища, ніж у деяких металів). Не дивно, що саме ці хвилі є основним засобом “спілкування” водних істот, каналом припливу інформації. Наприклад, кити пере-regулюються між собою на відстані сотень кілометрів (щоправда, лише на глибині так званого звукового каналу);
- 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 живих істот є такі дві незвичайні властивості води:

- вона має рекордне серед поширених рідин значення коефіцієнта поверхневого натягу, високі “капілярні здатності”, розвиваючи великі сили при взаємодії з твердими тілами (змочуванні чи незмочуванні). Діапазон наслідків цього надзвичайно широкий: від освоєння водомірками поверхні і чудової властивості води втискуватися у щілини й капіляри тим настирливіше, чим вони вузьчі, аж до суперважливої для всього живого участі у керуванні мембранними біохімічними процесами;
- рекордним є для води і просторове розділення зарядів обох знаків у межах її молекул, і діелектрична стала (відомо, що вона дорівнює аж 81). Остання така висока, що вода без зайвих церемоній розчленовує на фрагменти (аж до окремих елементів, які існують у ній переважно у формі іонів, оточених ореолом з молекул води) більшість речовин. Хоч особливо вправно вода розриває на частини солі, але і з решти речовин теж примудряється дещо відірвати. Розчинна здатність води така висока, що вона ніколи набуває “чистою” у звичному для нас значенні цього слова. Окрім безлічі трикутних молекул з атома кисню і двох атомів водню ( $H_2O$ ) вона завжди містить щось прихоплене з повітря (так, включення вуглекислого газу спричинює невелику кислотність навіть чистої дощової води), ґрунту або гірських порід.

Цілком слушною є назва “мінеральна вода” для тієї рідини, що струменить з частини джерел, бо вона містить різноманітні домішки.

Багато елементів входять і до складу вод морів та океанів. У табл. 22 наведено майже вичерпні дані про склад океанічної води (нагадаємо, що середня її солоність становить 0,35 %, тобто 35 кілограмів солей у кожній тонні води). Зазначено вміст на тонну води океанів 48 елементів, які присутні в ній у найбільшій кількості.

Таблиця 22

Елементний склад води океанів, маса на 1 т води

Елемент	Маса	Елемент	Маса, мг	Елемент	Маса, мкг
(H <sub>2</sub> O)	965 кг	N	100	Ag	30
O	857 кг	P	70	Bi	20
H	108 кг	I	50	Se	10
Cl	19000 г	Ba	20	As	10
Na	10500 г	Fe	10	Ge	6
Mg	1300 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 видобувають H<sub>2</sub>O, 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. Вже доведено, що вони містять у собі більше марганцю та кількох інших елементів, ніж усі родовища суші. Чималу ділянку дна в Тихому океані виділено для видобутку конкрецій і Україні. *Ті, хто бажає, можуть взяти дозвіл уряду і розпочинати хоч зараз...*

## 7.2. Яка вода потрібна живим організмам?

Якщо відповідати стисло, то можна обмежитися одним словом — **різна!**

Розглянемо це на прикладі людини. Організм середнього дорослого землянина містить десь 4–5 відер вологи, 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 трошки 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 при помірних температурах — 22–25 %.

Все сказане при високій температурі зовнішнього повітря триває дві доби, якщо вдень людина ховається в тінь, а температура лежить у межах 40–45 °С; 3–4 доби, якщо холодніше (40–35 °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 і вище охолодження тіла відбувається *лише через випаровування води у вигляді поту*. Це принципово інша ситуація, ніж при утрічі нижчій температурі, 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 літрів вологи, якщо їй доводиться працювати чи рухатися. Одночасно 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 кубічних кілометрів 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, 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 відправлятися 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 збільшується 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. Забруднюючі агенти у воді

Чимало з того, що сказано у розд. 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* забруднюючі агенти набувають особливого значення, подекуди за небезпекою навіть випереджаючи хімічні. Це трапляється найчастіше тоді, коли

вода стає життєвим середовищем для патогенних мікроорганізмів, кількість яких у ній постійно збільшується. 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. 23).

Таблиця 23

**Хвороби, що передаються через воду**

<b>Забруднюючий біоагенти</b>	<b>Хвороба</b>	<b>Клінічні прояви хвороб</b>
Бактерії	Холера	Пронос, блювання, смертельна втрата води
	Тиф	Пронос, блювання, збільшення селезінки, запалення кишок (без лікування часто закінчується смертю)
	Бактеріальна дизентерія Запалення кишок	Пронос (смертельною хвороба є насамперед для дітей) Гострий біль живота, блювання, нудота (у наш час порівняно рідко закінчується смертю)
Віруси	Інфекційний гепатит	Жар, біль голови і живота, втрата апетиту, жовтяниця, збільшення печінки (яка часто уражається необоротно)
	Поліомієліт	Жар, різкий біль голови, горла, м'язів, необоротне 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

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.

**Утримайтеся від пиття води з біозабрудненнями. Навіть лише один ковток води непевного походження є загрозою для вашого здоров'я.**

За бажання збільшення біологічного забруднення гідросфери внаслідок антропогенних впливів цілком можна вважати “помстою” природи, протидією надмірному втручанню надто великої кількості людей у довкілля.



На користь такої оцінки ситуації можна навести певні факти.

1. Антропогенна зміна фізико-хімічних умов довкілля вже призвела до кількох випадків змін поширених форм бактерій з перетворенням їх у значно патогенніші. За кордоном найширшого розголосу набрала поява принципово нової “хвороби легіонерів”, спричинена мутацією такого поширеного “мешканця” боліт, як легіонела. Персоналу пологових будинків багатьох країн світу доводиться боротися з хворобою породіль, викликану 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 перед ведуть 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 теж) токсичні елементи. Певне уявлення про їхню кількість і розташування у таблиці елементів дає табл. 24.

Таблиця 24

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

Збільшення атомної маси супроводжується підвищенням отруйності. Втім, деякі із зазначених у табл. 24 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 (табл. 25). Одночасно стисло охарактеризовано дію кількох органічних токсичних сполук.

Таблиця 25

**Вплив на здоров'я токсичних водних забруднень**

<b>Забруднення</b>	<b>Вплив на людину високих концентрацій</b>
Свинець (Pb)	Болі голови, анемія, нервові розлади, пологові дефекти, затримка розвитку, дебілізм, зниження слуху в дитинстві
Ртуть (Hg)	Ушкодження нервової системи і нирок. Велике 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; при хімічних перетвореннях породжують канцерогенні сполуки
ДДТ, пестициди	Рак, ушкодження печінки, ембріонів
Бензол	Анемія, ушкодження крові і лейкоз, 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
Вінілхлориди	Ушкодження печінки, нирок і легенів, системи кровообігу і травлення

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 збільшилася 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 закінчиться отруєнням довкілля.

## 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.

Втім, це ще було б частиною біди, якби не участь у забрудненні 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 покидьками “розвантажувалися” просто з мостів у Сену). Води Рейну на західному кордоні Німеччини малу 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 вливаються в 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.

Ми хочемо звернути 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. Пізніше її очищали і лише після того скидали у річку. Як тепер стає чимраз 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.** Рідина, які часто лише умовно можна назвати “водою”. Для зниження концентрацій шкідливих речовин до безпечного значення потрібні стократні (і 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 не виправдано високі. Наведемо деякі ГДК у табл. 26.

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 змоделювали 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. 31 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. Великий коефіцієнт накопичення при її русі ланками трофічного ланцюга від океанічно-

го фітопланктону до птахів і ссавців призвів до того, що виникла серйозна загроза вимирання окремих видів і погіршення здоров'я безлічі людей. Екологи і медики вдарили на сполох, тому у 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.

Таблиця 26

ГДК забруднюючих речовин у поверхневих водах

Забруднююча речовина	ГДК, мг/л	Забруднююча речовина	ГДК, мг/л
Бенз(а)пірен	0,000005	Нікель	0,1
Ртуть*	0,0005	Анілін	0,1
Дітіофосфат	0,001	Циклогексан	0,1
Феноли	0,001	ДДТ	0,1
Кадмій	0,01	Амоній	0,39
Марганець	0,01	Нітрит-йон	1,0
Цинк	0,01	Мідь	1,0
Нітритний азот	0,02	Амонійний азот	2,0
Свинець	0,03	Нітрат-йон	10,0
Хром	0,05	Сульфат-йон	500,0
Залізо	0,1		

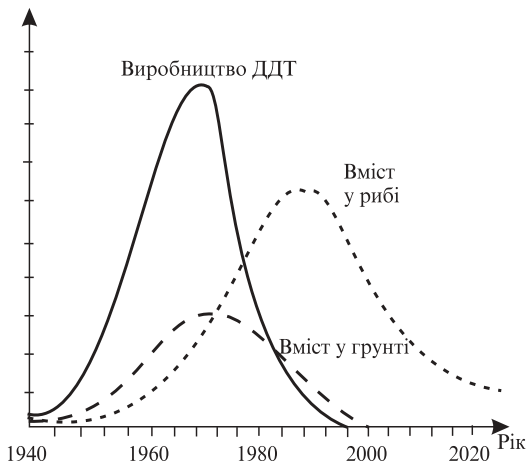


Рис. 31. Еволюція виробництва ДДТ та накопичення його у ґрунті й рибі

Вміст ДДТ у ґрунті досягнув максимуму через короткий інтервал часу з моменту початку зменшення його застосування. Кількість ДДТ у ґрунті показана штриховою лінією на рис. 31. Вимивання ДДТ, його перенесення у великі водойми і концентрування у тілах риб та інших тварин — повільний процес. Тому максимальна концентрація цього пестициду у рибях 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 рибі нарешті почала зменшуватися (третя крива на рис. 31).

**Цей приклад показує, що інерційність процесів знешкодження шкідливих речовин у біосфері може досягати десятиріч не лише для радіонуклідів з великим періодом напіврозпаду, а й для дуже стійких хімічних сполук.**

Зазначений факт став для хіміків поштовхом 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, вологи тощо).

Створити такі речовини нелегко, але можливо. Цей шлях може виявитися значно дешевшим і ефективнішим, аніж спроби вдосконалити методи очищення і переробки стічних вод. Його екологічні переваги безсумнівні.

## *7.5. Якість води в Україні Забруднення поверхневих і підземних вод*

Розпочнемо з найнеприємнішого. Всі наші великі ріки за міжнародними стандартами вважаються забрудненими і “дуже забрудненими”. Те ж саме стосується і більшої частини довжини 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 перевищена допустима межа 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 і фенолу —

р. Тисмениця, міді і 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 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.

На 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 надмір пестицидів, нітратів, хлоридів, подекуди ще й фенолу, а в Криму до всього цього додаються ще й 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 вони належать таким рекордсменам:

**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 виробництв 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.

## *Про 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.

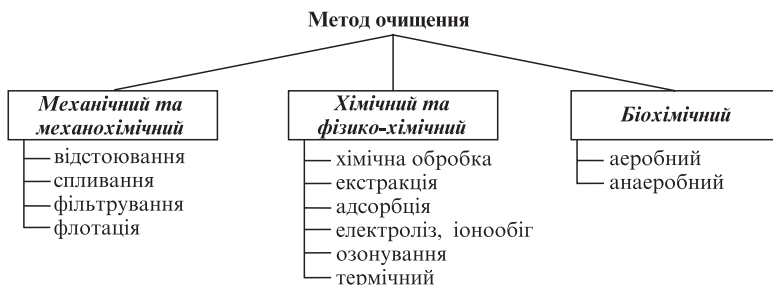
У справі очищення води вже накопичено певний досвід. Він чи не найбільший у приготуванні питної води. Та фахівці вважають, що до ідеалу (якщо він досяжний) ще дуже далеко. Не дивно, що проблема створення принципово нових методів очищення води є першорядною як у розвинених країнах, так і в спільних проектах міжнародних організацій і об'єднань держав.

Якщо поділити сучасні методи очищення найзабрудненіших (стічних промислових) вод на кілька груп, то насамперед виокремимо три найбільші:

- **механічні і механохімічні** (попередня стадія процесу);
- **хімічні і 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, своєю чергою, на менші. Схему цієї диференціації показано на рис. 32. 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 і багато чого ще. І все це не повинно іржавіти,





**Рис. 32. Класифікація методів очищення та енергозбереження забруднених промислових стічних вод**

дірватися, ламатися. Йдеться про “завод при підприємстві”, нормальна робота якого рятує життя і в річках, і навколо них.

І ми б мали чисті річечки 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 зливи шкідливих стоків, заковування, висипання, викидання отрут.

Лише в останні “благословенні” роки з’явилася подоба нормального екологічного законодавства, але теж “своя”, спотворена аж до ідіотизму, суто радянська. Бо як ще можна назвати “соціалістичну екологічну відповідальність” посадових осіб, що 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 “товариш начальник/директор” не отримував чергової (незаслуженої) премії. Очевидно, що за наступної okazji (перевиконання підприємством “зустрічних” зобов’язань до 1 травня чи 7 листопада) він отримував 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”. Імперія натикала в Україні сотні підприємств, які взагалі не мають очисних підрозділів. У багатьох місцях “не вистачило фінансування” на за-

вершення очисних споруд і вони стали мальовничішими за воєнні чи стародавні (римські чи інші) руїни.

А може, не знаємо і не вміємо, бо лише щойно вигулькнули з пещери?

Втім, це не так, бо маємо вдосталь відомих хіміків, багато спеціалізованих лабораторій і кілька науково-дослідних інститутів. Відомі та загалом освоєні й ті методи, що згадані на рис. 32, і нові. Хоч українські вчені створили їх практично одночасно з колегами за кордоном, та нові засоби вже опріснюють морську воду на Мальті і 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. 33 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. Під невеликим тиском і з дуже малою витратою енергії потік забрудненої води послідовно проходить крізь низку мембран зі щораз меншими отвора-

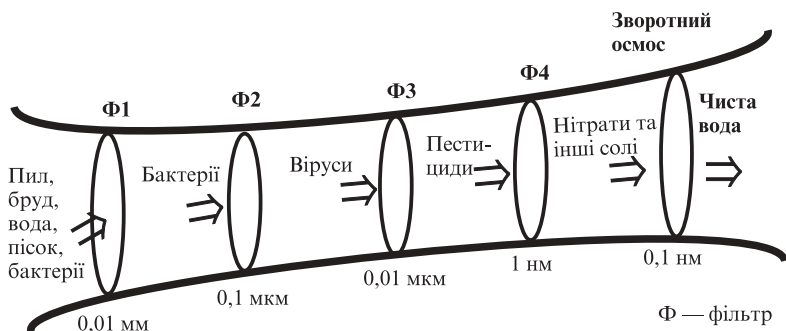


Рис. 33. Ультрасучасний метод очищення забруднених вод

ми. Останнє “сито” має такі маленькі дірочки, що в них „протискуються” лише молекули води!

Фільтри для останніх етапів мембранного очищення навчилися виготовляти лише після створення потужних 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, як на рис. 33. 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 традиційними, які не скоро поступляться бодай через те, що вже існують і готують мільйони кубічних метрів питної води.

#### ***XI. Для допитливих. Загадка чернівецьких лисих дітей***

Дивну картину являли собою чернівецькі школи восени 1988 року: у великих класах стурбовані вчителі вчили... щонайбільше двох-трьох учнів! Майже всіх дітей перелякані 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 одночасно кілька елементів (барій, алюміній, свинець, талій та ін.) і сполук. Та більшу його частину викликав талій. Це синьо-сірий м'який отруйний метал (ГДК у повітрі менше  $0,1 \text{ мг/м}^3$ ) з низькою температурою плавлення ( $303,6^\circ\text{C}$ ). Раніше використовувався лише у вигляді водного розчину його солей (так звана “рідина Клерічі”) для сепарації (розділення) мінералів за їх густини-

ною. 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 і сенсорної систем, галюцинації, облісіння.

Одним з важливих 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 джерело походження і виробництва так і не було встановлене). Варто також нагадати, що у центрі подекуди ще збереглися свинцеві труби першого міського водогону, бо будинки не ремонтувалися з 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 і “брудні” виробництва, автомобілісти перестали використовувати розчин талію. Навесні 1989 р. діти повернулися до школи.

Хворих вілюкували 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 отруєнь рідиною Клерічі і 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 в атмосфері кількість водяної пари набагато нижча, ніж унизу. Поясніть причину цього явища.
2. Яка вода — прісна чи океанічна — має максимальну густину при +4 °С?
3. У якому середовищі — воді чи повітрі — ультразвукові хвилі долають більшу відстань зв'язку між тваринами?
4. Яку роль відіграють завислі у повітрі тверді частинки мікроскопічних розмірів в утворенні хмар і опадів?
5. Чи можна стверджувати, що у кожній краплі дощової води присутня бодай одна частинка пилу?
6. Який з газів повітря є основною причиною природної кислотності дощових 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 й інші) через певний час розпадаються на нешкідливі для довкілля сполуки. Чи спостерігається та-

- кий процес для важких металів (ртуті, свинцю та інших)? Обґрунтуйте відповідь.
10. Чому в жодному разі не можна будувати великих тваринницьких комплексів на самому березі середніх чи великих рік?
  - 11\*. Спроби використовувати рідкі стоки ферм як мінеральне добриво закінчилися погано. Як це пояснити?
  - 12\*. 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.
  - 13\*. У яку пору року викидання побутових стоків у ріки призводить до найбільшої шкоди для риб? Відповідь обґрунтуйте.
  - 14\*. Проаналізуйте доцільність і перспективність ідеї змішування в одній емкості всіх видів зливів і викидів сучасного промислового міста для їх “взаємної нейтралізації”. Чи можна таким способом досягти серйозного очищення довкілля?
  - 15\*. Чим пояснюється вища продуктивність холодних вод обох полярних зон Атлантичного океану порівняно з теплими і чистими водами тропічного Сарাগасового моря?
  - 16\*. Чи можна, досліджуючи стан здоров'я водяних тварин, робити надійні висновки про забрудненість води? Відповідь обґрунтуйте.
  - 17\*. Чи сприяє насичення води киснем процесу її самоочищення? Поясніть відповідь.
  - 18\*. Яким чином (і чому) на виробництві з повітря видаляють надмірну кількість води — охолодженням чи нагріванням?
  - 19\*. Яким методом — випаровуванням чи замороженням — можна очистити забруднену воду від переважної кількості небажаних речовин?
  - 20\*. 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?

## Розділ 8

# Ґрунти: деградація, забруднення, сміття

---

---

### 8.1. Чому ґрунти мають різну родючість?

Серед усіх близьких до себе за розмірами живих істот людина відзначається рекордно різноманітним апетитом. Якщо 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 малої кількості людей, але коли їх стало більше, то довелося засвоїти кероване вирощування і тварин, і збіжжя. Відтоді найбільшим багатством почали вважатися ґрунти суходолу, які у нашій мові не випадково називаються іменем усієї планети (земля – Земля). Ось уже приблизно півтисячі поколінь людей загортають у землю насіння чи висаджують у неї паростки тих рослин, які становлять основу їх щоденного харчування. Потім минають тижні чи місяці чекання, звертання 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 слово “ґрунт” для позначення того 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 по-

над 600 (шістсот!) видів ґрунтів. Одні мають великі площі, інші зустрічаються рідко, наче представники видів тварин чи рослин, що зникають.

Сучасні вчені і землероби знають чимало про ґрунти (наука про них, як відомо, має назву “педологія”, а ґрунтову оболонку материків називають *педосферою*), але далеко не все.

А 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 основі землеробського досвіду всі основні ґрунти були розставлені за шкалою їх цінності і привабливості для хлібороба, а відповіді на питання про **причину** родючості земельки все ще не було.

Наші предки знали, що чорніший ґрунт родючіший від сірого чи зовсім світлого. Вже давно вони завважили, що для збереження (і навіть підвищення) родючості ґрунту необхідно вносити в нього рослинні чи тваринні рештки. Сам ґрунт якимось чином перетворює їх у чорний і масний субстрат, названий, як відомо, перегноєм. Збільшення його кількості у ґрунті й сприяло відповідному збільшенню родючості.

Визначити (у загальних рисах) склад цього субстрату, що має наукову назву “гумус” (від лат. *humus*, що означає не просто “землю”, а родючий ґрунт), вдалося порівняно недавно. 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. 27 про відношення маси надземних частин рослин до повної маси коренів читачі самі зможуть зробити висновки щодо причини того, чому степові ґрунти належать до найродючіших, а звільнені 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 включаються в 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 роблять всі

довідники, коротко зазначити: гумус складається з високомолекулярних гумінових кислот, фульвокислот гуміну й ульміну. Та цікавіше уточнити, 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 27

**Відношення маси надземної частини рослин до повної маси їхніх коренів**

Рослинне угруповання	Відношення маси
Тропічний ліс	8–12
Тайга	7–5
Змішаний ліс	5–3
Тундра	1/3–1/4
Типовий луг	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, проникилим для коренів, зручним для руху важливих для діяльності ґрунту істот (черв'яків, комах, кротів тощо).

Натрій (складова кам'яної солі) є ворогом гумусу, бо в його присутності 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'їдатимуть” 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 зараз 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 у 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 росту неотруйних на “отруйному” ґрунті. Зазвичай його не можна вважати отруйним, бо на ньому впритул розташовуються і отруйні, і 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. 24). 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 зустрічаються, позначені найтемнішою фарбою на рис. 34 — 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 в ґрунти майже довільні

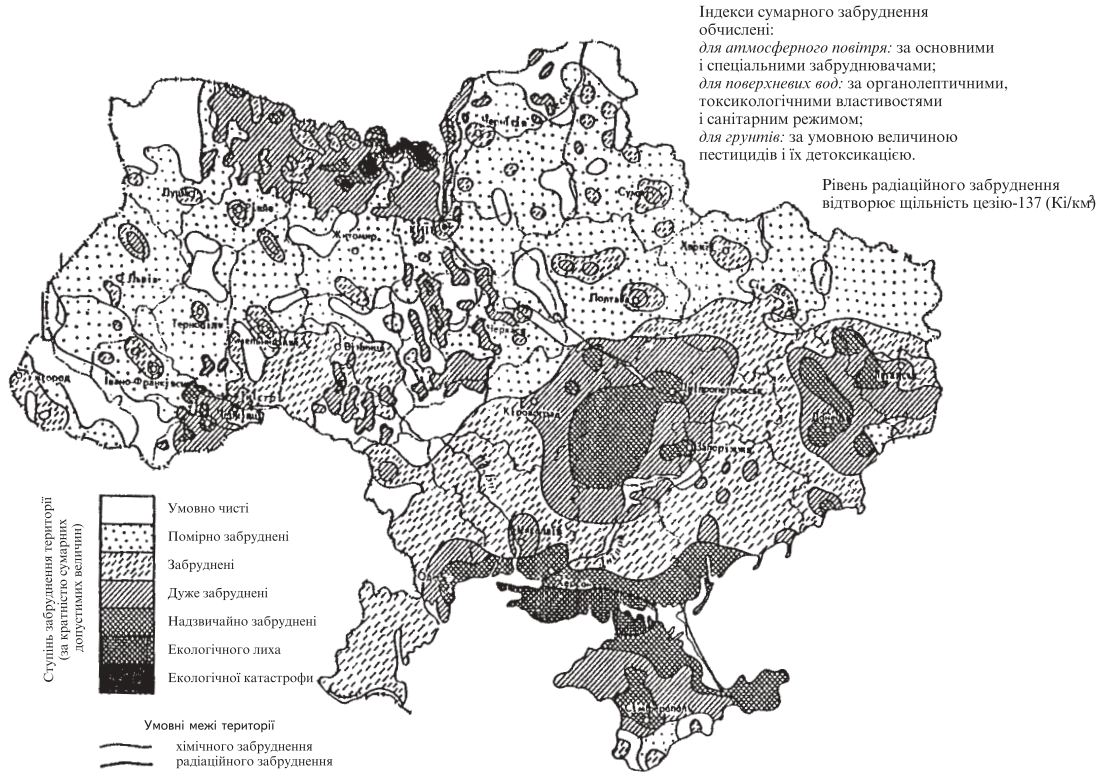


Рис. 34. Карта забруднення території України

мінеральні субстрати і основи (за винятком аж надто міцних монолітних скель). Процес перетворення мінерального “скелету” на живий ґрунт належить до тривалих, але дуже цікавих.

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, мікрородорості, 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 великих 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 досить ворогів і крім людини. Найгрізніший 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, всі пустелі 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 у родючі вия-

вилися 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 лійку здоровенних 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, освоюючи дно моря (!). Як відомо, 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.

### ***І. Для самостійного ознайомлення. Проблеми землі і води в Україні***

Як відомо, площа України становить 603,7 тис. км<sup>2</sup>, або 60370000 га за приблизного населення 48 млн осіб (2000 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. 28.

За рівнем розораності (понад 55 % території) і якістю земель ми входимо у світову чолівку.

А лише тридцять років тому для трохи меншого населення Україна мала 0,8 га ріллі на кожного жителя з 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, розмі-

щення просапних культур на схилах та інші свідомі чи несвідомі помилки призвели до посилення ерозії, втрат орної землі і зниження середнього вмісту гумусу до 3,1 %.

Таблиця 28

**Розподіл земельного фонду України (1993 і 2000 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

Величезного удару по родючих землях України завдав “мирний атом” (тільки “дирекції зони ЧАЕС” 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 років XX ст. воно перевищувало 120 000 га, то в останню п’ятирічку існування СРСР — майже утричі менше.

**Чи варто радіти з того, що розораність нашої землі така висока, майже втричі перевищуючи рівень США і вдвічі — 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 не “дрібнички”, а необхідна умова 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 наших сільськогосподарських угідь в розрахунку на одну особу (закордонні експерти вважають, що вона вдвічі перевищує сучасний норматив для забезпечення потреб населення) використання землі, як відомо, не можна визнати навіть задовільним.

Знищення найкваліфікованішої частини селянства на початку соціалістичного періоду, розрив споконвічного ланцюжка передачі 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 не просто. Людей треба навчити кращих світових технологій, а хвору на ерозію (приблизно 33 % всіх площ) і хімічне забруднення землі – вилікувати і повернути їй нормальну родючість. Хоч подекуди такі роботи розпочалися, та поки що, об'язно кажучи, “з ладу” виходять більше гектарів, ніж “ремонтуються”.

Та найгострішою проблемою нашого сільського господарства є вода. Лише 7 % рілля отримує її з неба в достатній кількості і в потрібний час, 17 % — трохи більше половини потрібного, а решта щороку віддається на ласку богу. Пощастить і випадє 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 заледве половину її оптимальних потреб. Власний стік у середній за водністю рік — 52,3 км<sup>3</sup>. З Росії і Білорусії ріки приносять ще 35 км<sup>3</sup> (разом — 87,3 км<sup>3</sup>).

Інкили 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 у радянські часи 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. 29. Значне зменшення показників за роки незалежності спричинено занепадом багатьох виробництв, які потребували витрат великої кількості води.

Таблиця 29

Показники використання води в Україні, км<sup>3</sup>

Статті витрат	1992 р.		2000 р.	
	Обсяг, км <sup>3</sup>	% загалу	Обсяг, км <sup>3</sup>	% загалу
На виробництво у промисловості	13,50	50,2	5,99	48,3
На сільське господарство	7,88	29,17	2,98	24,0
Господарсько-питні (комунальні) потреби	4,64	17,2	3,11	25,1
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>
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>	

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 проєктів, насамперед треба зважати на “водні рамки”. 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 водоводу? Відремонтуйте його негайно.

### **8.3. Забруднювачі і забруднення ґрунтів**

Ґрунт є кінцевим накопичувачем практично всіх тих шкідливих речовин, про які згадувалося у розділах про забруднення повітря і гідросфери.

Від “великої” і “малої” промисловості й транспорту ґрунти через атмосферу отримують пил, сажу і величезну кількість кислот. Як було сказано, мільйоннотонні викиди оксидів азоту і сірки, хлору та інших сполук у поєднанні з краплями води у повітрі спричиняють кислотні опади дощу й снігу. Страждають не тільки озера, де вмирає все, що не витримує життя у водному розчині кислоти. Дуже знижується й родючість полів та луків. Мінеральні кислоти атакують і “населення” ґрунтів, і сам гумус. Той втрачає частину осадоутворюючих 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 ж поля рано чи пізно підвищить вміст у ґрунті токсичних важких елементів далеко поза безпечну позначку. Навіть нетоксичний пил з кварцу від коміннів



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 у 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 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 великого пригнічення небажаних для людини видів рослин або 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 раніше 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 знешкодження у ґрунті.

Кількість синтезованих штучних біотрут швидко збільшувалася, вони ставали дедалі токсичнішими. З'явилися гербіциди такої активності, що внесення всього 60 г/га ґрунту було вже достатньо для повного винищення на ньому рослин небажаного виду.

На ринках Західної Європи пропонуються сотні таких сполук, а в Сполучених Штатах Америки — 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 спочатку зиск від підвищення врожаю від трьох до 30 разів перевищував витрати на застосування сучасних пестицидів.

Одночасно фахівці, 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.

Екологи тривалий час накопичували свідчення, 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 встановили 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 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 “вторинні ефекти” 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 загальним. 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:

- разом зі шкідниками гинули спочатку 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 зовсім інші;
- 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;
- 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 аж до закордонного досвіду. Роки “хімічної” боротьби з тарганами вивели таку породу, для якої отруйна у недалекому минулому речовина стала мало не їжею.

**Та 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 полярних птахів, що це спричинило негативний вплив на їхній цикл розмноження. Неабиякі емоції шведів та інших європейців викликало (1965 р.) дев'ястсоткратне перевищення встановлених Всесвітньою організацією охорони здоров'я допустимих норм вмісту решток пестицидів на основі ртуті у тканинах впольованих у лісосумагах 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, як це водиться в США, комісії, які й встановили багато цікавого. Наприклад, що лише в 1983 р. виробники запропонували потенційним покупцям 600 нових пестицидів, а повну токсикологічну перевірку за той же час пройшло лише чотири (4) речовини (та й ті, мабуть, розпочали перевіряти раніше). Справило враження і таке “приємне” відкриття: коефіцієнт корисної дії пестицидів лежить 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 доквілля.

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. Пе-

стициди тимчасово 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 як нерозв’язної для більшовиків проблеми нормального забезпечення їжею не тільки партійної номенклатури і армії, а й населення, так і різкого збільшення виробництва волокна бавовнику. Останнє було абсолютно необхідним не так для текстильної, як для військової промисловості. Вісімдесяті роки стали часом дуже швидкого збільшення використання в СРСР величезної гами найефективніших (найотруйніших) закордонних 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 ХХ ст. 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 хвороб, 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 найбільше 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. 34). 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 зустрічаються в підвищених концентраціях на площах і під зерновими, і під технічними культурами.

Та відносно перевищення ГДК хліборобами у багато разів поступається промислового забрудненню ґрунтів. У десятки (!) разів перевищені ГДК свинцю у землі в Алчевську, Костянтинівці, Донецьку, кадмію — в цих же містах, а також і Кривому Розі та Маріуполі. Не набагато відстає столиця України, де у майбутньому з ґрунту можна буде добувати цинк, мідь, свинець, кадмій та інші елементи.

**Вдумайтеся у зазначене й 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 отрусну 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 близько 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. 35, 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.

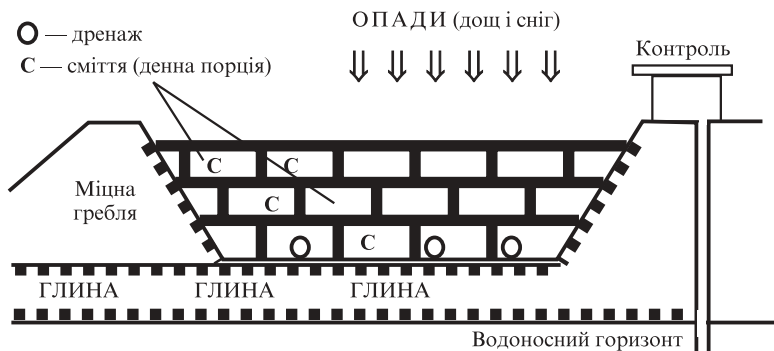


Рис. 35. Правильна організація сховища твердого сміття

Звичайно, з кількох десятків мільярдів тонн твердих відходів щорічної діяльності сучасного людства більша частина припадає на викиди гірничорудної і 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 і 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 рекор-

дними 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 величальною 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 й 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 дальшого 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 в 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 області у скрутні части промислового спаду помітно збільшилося використання вугільних відходів (хоч більшу частину вугілля отримують все-таки з-під землі, а не зі старих звалищ). Можливо, життя примусить розширити корисну з усякого 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” (рециркування).

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. 30, 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 зазначають активізацію зв'язків українських виробників з колегами за кордоном, які покликані поглибити повторне використання і переробку відходів.

Таблиця 30

**Обсяги повторного використання різних видів сировини в Україні**

<b>Сировина</b>	<b>Обсяг повторного використання, %</b>
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 і 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 є близько 13 тис. т застарілих і заборонованих для використання пестицидів. Для знищення і повного їх знешкодження не годиться традиційне спалювання, бо воно дає токсичні гази. Тут необхідно поєднати зусилля військовиків і селян, бо перші мають досвід нейтралізації компонентів хімічної зброї.

Підається успішному розв'язанню проблема (якщо вступити у спілку з голландцями) використання стічних вод великих (в СРСР все мало бути найбільшим у світі) тваринницьких комплексів. Ці води є концентрованим 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 зараз вони як експортувалися (відходи вуглеводобутку, кар'єрні тощо), так і ввозилися (макулатура, піритні недогарки тощо). Останніми роками по-

частішали спроби “робити бізнес” на ввезенні до нас тих отруйних відходів, що їх не бажають ані зберігати, ані знешкоджувати багатші країни, які є ближчими чи дальшими сусідами. Це можна розцінювати як великий кримінал, бандитизм, тому й кордони мають бути непроникними, і “премії” за таке “співробітництво” повинні вже в зародку відбивати намір “спробувати”.

А поки що радимо виявляти пильність і цікавитися, що ж саме звалено купами за парканом, що відділяє ваші оселі від дуже популярних останнім часом контор із завезення отрут з Німеччини чи Польщі під торговою маркою “сировина”.

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 наростання 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 сміттеспалювальних заводах. Багаторічна практика їх використання засвідчила, що без попереднього сортування сміття така переробка просто неможлива.

Це ще раз і підтвердили українські заводи. Рівненський протримався до закриття менше року, на київський дивляться дуже косо 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 і 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! Автори готові до такого сортування, але не беруться переконати в його необхідності все своє покоління.

А поки що все побутове сміття без сортування опиняється в далеких від світових стандартів (зразок показано на рис. 35) сміттєзбірниках. На наш 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 відводиться і використовується 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. Варварство!

### З нашого довіду

Екологи Києва б'ють на сполох з приводу сміттєзбірника під с. Пирогове (45 млн м<sup>3</sup>). Лише його верхній шар з кілька метрів твердий, а нижче на велику глибину йде драглиста напіврідка маса, рівень якої аж на 15 м вищий за гребінь захисних споруд. Рано чи пізно сиріо весни чи надто дощового літа вся ця погань посуне вниз на село...

Національна доповідь про стан довкілля в Україні, 1993 р.

У Харківській області біля Краснокутська у лісосмузі виявили величезну купу “свіжого” сміття, звалену кимось 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.

## ***XII. Для допитливих. Про суперотруту з назвою “діоксин”***

Хоч ця речовина стала відомою хімікам ще у першій половині XX ст., всесвітньої “слави” вона зажила після локальної, але “непримної” 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 посипані білим пилом) майже нерозчинна у воді, хімічно інертна, дуже стійка, не деградує з плином часу. Досліди на тваринах засвідчили, що діоксин щонайменше в 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. Доведено велику канце-

рогенну і мутагенну активність діоксину. Потрапляючи на шкіру, викликає 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. Однак дотепер ніхто не збирається бодай частково відшкодувати втрати здоров'я десятків і сотень тисяч в'єтнамців.

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 отрут. Наприклад, Чернігівська область є джерелом майже двох третин усіх наших отрут I класу, у II класі всіх випереджає Автономна Республіка Крим, ще більша перевага Дніпропетровської області в класах III і IV. Дозволені обсяги перевищено у 2000 р. в усіх класах, але найбільше — в особливо токсичних.

Що б це означало?

## **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 і 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. Навіщо навесні спеціальними знаряддями розбивають тверду суху кірочку на поверхні ґрунту, називаючи цю операцію “закриванням вологи в ґрунті”?

7. Чому надмірне використання прісної води з підземних горизонтів час-то підвищувало її солоність до такого високого рівня, що свердловини доводилося закривати?
8. Чим пояснюється необхідність поступової заміни пестицидів на щораз нові їх варіанти? Чи не краще застосовувати одні й ті ж, збільшуючи дози?
9. Чому лійка, яку звичайно використовують для поливання городу водою, не годиться для внесення концентрованого розчину пестициду для знищення колорадських жуків?
10. Чому сухі гальванічні елементи належать до особливо шкідливого для довкілля сміття, а подрібнене скло — ні ?
- 11\*. Чи можна стверджувати, що якість оранки з перевертанням пласта для будь-якого ґрунту тим краща, чим вона глибша? Відповідь обґрунтуйте.
- 12\*. Проаналізуйте кліматичні і ландшафтні чинники, що посилюють чи гальмують водну ерозію ґрунтів. Які з них переважають на території у місці вашого проживання?
- 13\*. Яким повинен бути кут нахилу поля до горизонту для повного усунення водної ерозії? Відповідь обґрунтуйте.
- 14\*. Назвіть відомі вам види зрошення (способи внесення води в ґрунт) і порівняйте їх екологічну доцільність.
- 15\*. Поясніть причину поступового підвищення вмісту солей в ґрунтах під час інтенсивного зрошення, якщо ніколи не промивати ґрунт великою кількістю прісної води.
- 16\*. Якщо період напіврозкладу ДДТ становить 12 років, то за який час у ґрунті лишиться 12,5 % його початкової кількості?
- 17\*. Чи правильно, коли влаштовувати сміттєсховища не на рівному місці, а в ярах або балках? Обґрунтуйте свою думку.
- 18\*. Чому землі тропічних зон за однакового рівня родючості годують більшу кількість людей, ніж ґрунти помірних кліматичних зон?
- 19\*. З яких країн Україна могла б експортувати питну воду? Відповідь обґрунтуйте.
- 20\*. Де випаровується та вода, що спадає потім дощами в Україні? Відповідь обґрунтуйте.

## Розділ 9

# Радіаційний фон і забруднення

---

---

### 9.1. Радіонукліди та іонізуюче випромінювання

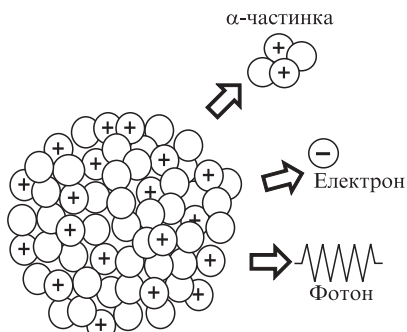
Розділи 9 і 10 адресовані тим, хто прагне поглиблено ознайомитися з дією іонізуючого випромінювання на людський організм, проаналізувати ядерну катастрофу 1986 р. на Чорнобильській АЕС і сформуванати власне неупереджене бачення пов'язаних з цим подій в Україні. А розпочнемо ми з висвітлення основ радіаційної фізики і біології.

Термін “радіонуклід” порівняно молодий. Він замінив і для фахівців, і для широкого загалу довші терміни типу “радіоактивне ядро” чи “радіоактивний ізотоп” і означає “ядро (від лат. *nucleus*), що здатне до випромінювання” (від лат. *radius* — промінь). Отже, вважатимемо, що **нуклід** означає **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 з себе “багато чого” (що саме, показано на рис. 4), та 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. 36). Значно рідше найважчі з природних ядер (це може бути уран-235) діляться на дві великі частини з одночасним звільненням кількох нейтронів.

Важливо мати правильне уявлення про природу й особливості найпоширеніших видів випромінювання ( $\alpha$ ,  $\beta$  і  $\gamma$ ).

**$\gamma$ -промені** ( $\gamma$ -кванти,  $\gamma$ -фотони) є маленькими цугами електромагнітних хвиль дуже високої частоти і, відповідно, малої довжини хвилі. Лише цими характеристиками вони й відрізняються від звич-



Радіонуклід

Рис. 36. Іонізуючі частинки — продукти розпаду чорнобильських викидів

то високої частоти своїх хвиль  $\gamma$ -кванти не відбиваються, тому для них усі речовини більшою чи меншою мірою проникні. Коли їх енергія велика, то, потрапивши у речовину, вони спочатку навіть не поглинаються, а зіштовхують електрони з орбіт, відриваючи їх від молекул і надаючи їм чималої швидкості. Нагадаємо, що це явище називають іонізацією молекул чи атомів, бо після відриву електрона ці молекули перетворюються на позитивно заряджений іон.

Відірваний електрон забирає від  $\gamma$ -кванта частину його енергії. Вона цілком достатня для того, щоб цей електрон сам став іонізаторм, 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 спричинюється 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. Спочатку 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 мо-

них нам 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 перебування взаємного розташування заряджених частинок у ядрах.

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 над-



лекул. Надалі вони вже нешкідливі. Маючи заряд,  $\beta$ -частинки сильніше за  $\beta$ -кванти взаємодіють з речовиною, швидше втрачають енергію.

**$\alpha$ -частинки** найважчі і, хоч їх швидкість у десять разів менша за швидкість  $\alpha$ -частинок, енергія їх більша. Кожна така частинка є дуже міцним агрегатом з двох нейтронів (без електричного заряду) і двох позитивно заряджених протонів. Маючи великий заряд,  $\alpha$ -частинки примудряються утворювати іони буквально “на кожному кроці”, лишаючи позаду густий ланцюг пошкоджених, розірваних на частини, збуджених молекул. Втративши швидкість,  $\alpha$ -частинки приєднують два електрони і стають нешкідливим 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.

До найголовніших характеристик радіонуклідів належать:

- кількість  $Z$  протонів (заряд ядра), яка й визначає, ізотопом якого хімічного елементу є цей радіонуклід. Спираючись на дані хімії і знаючи  $Z$ , можна багато що сказати про 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  $N$  (їх називають *ізотопами*) мають різну стійкість;
- види їх випромінювання та енергії частинок;
- час напіврозпаду  $T_{1/2}$  — кількість років (дів чи й годин), за які половина початкової кількості радіонуклідів розпадається з виділенням іонізуючого випромінювання.

Стойкість ядер тим вища, чим більший час напіврозпаду. Останній для різних нестійких ядер може дуже відрізнятись. Для одних час напіврозпаду може бути значно менший за секунду, для інших (як для урану чи торію) він може перевищувати мільярд років. У табл. 31 наведено деякі радіонукліди, які мають певне екологічне значення, а також зазначено періоди напіврозпаду і типи їх випромінювання.

У цій таблиці значком (+) позначено випромінювання з малою енергією. Частинка з такою енергією до зупинки 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 досягає 10 тис. і більше. Найбільшу енергію (++++) мають  $\alpha$ -частинки, які до зупинки можуть створити аж 100 тис. пар іонів.

Таблиця 31

**Характеристики екологічно важливих радіонуклідів**

	Радіонукліди	Період піврозпаду	Тип випромінювання		
			$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
1	Трітій ( $^3\text{H}_1$ )	12,4 р.		+	
2	Вуглець-14 (C)	5569 р.		+	
3	Натрій-24 (Na)	15 год.		+++	+++
4	Фосфор-32 (P)	14,5 дн.		+++	
5	Сірка-35 (S)	87,1 дн.		+	
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 дн.		++	
10	Марганець-54 (Mn)	300 дн.		++	++
11	Залізо-59 (Fe)	45 дн.		++	+++
12	Криптон-85 (Kr)	10 р.		+	
13	Стронцій-90 (Sr)	27,7 р.		++	
14	Ітрій-91 (Yt)	61 дн.		+++	++
15	Рутеній-106 (Ru)	1 р.		+	
16	Йод-131 (J)	8 дн.		++	++
17	Ксенон-133 (Xe)	5 дн.		+++	
18	Цезій-137 (Cs)	32 р.		++	+
19	Церій-144 (Ce)	285 дн.		++	+
20	Радон-222 (Rn)	3,8 дн.	++++		
21	Радій-226 (Ra)	1600 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 певного випромінювання, то цього не можна сказати про його “довжину пробігу” (відстань гальмування). Відстань пробігу в м’яких тканинах людини  $\alpha$ -частинок найменша

(приблизно 30 мкм = 0,03 мм), кількість пошкоджених молекул найбільша. У  $\beta$ -частинок середня відстань пробігу становить 2–3 мм, у  $\gamma$ -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 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 метри. Такий шар повітря майже не поглинає  $\gamma$ -променів, вони стають найнебезпечнішими. Значно краще поглинаються  $\beta$ -частинки, інтенсивність потоку зменшується (помірна небезпека). Повітря не пропускає до нас  $\alpha$ -частинок, 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) і значну частину  $\gamma$ -квантів (дещо менша шкідливість, ніж у  $\beta$ ).

Доведено, що багато радіонуклідів Земля успадкувала від залишків 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 і 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 інші). Їхній внесок у природний радіаційний фон незначний, та нехтувати його, 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. 31) 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 і внаслідок серйозних 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 участь 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”, строго кажучи, є і тіло людини, і граніт, і повітря.

Тому надалі вважатимемо “джерелом” той об'єкт, для якого вміст і випромінювання радіонуклідів перевищує природне (загалом, дуже мале) значення. Тоді в природі з більш-менш концентрованих джерел лишаються лише руди урану і торію, з малоконцентрованих — граніти й 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 випромінювання є його активність  $A$ , що визначається відношенням кількості розпадів  $dN$  до часу  $dt$ :

$$A = dN / dt \quad (1/c) . \quad (9.1)$$

*Одиницею активності* у міжнародній системі одиниць (СІ) є беккерель (Бк), названий ім'ям першовідкривача радіоактивності французя

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, запроваджена 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 Ки = 37 млрд Бк**.

Поряд з “просто” активністю часто використовуються її похідні варіанти:

- 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 інші.

Спричинену людиною появу “надлишкової” активності ґрунту, води, повітря, нарешті, живої речовини називають “радіонуклідним (чи радіаційним) забрудненням”. Очевидно, що активність забруднених об’єктів вимірюється наведеними одиницями.

Зокрема, для характеристики забруднення ґрунтів “чорнобильськими” радіонуклідами часто вживають Ки/км<sup>2</sup> (зверніть увагу на те, що у беккерелях числове значення видаватиметься дуже великим і значно “страшнішим”).

Поряд з **активністю** 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, великого поширення набули запроваджені на початку вивчення іонізуючого випромінювання такі характеристики його дії та інтенсивності потоку, як **рентген (Р)** і **рентген за годину (Р/год)**. Назва, як відомо, 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. Небезпеку для глядачів ліквідовано завдяки додаванню значної кількості свинцю до скла трубок, який повністю поглинає рентге-

нівські  $\gamma$ -кванти. Екологічно більш безпечними й значно меншими за масою є плоскі рідкокристалічні екрани, що постійно вдосконалюються і використовуються дедалі частіше.

Співвідношення рентгена та рентгена за годину з сучасними дозиметричними одиницями розглянуто далі.

## 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 в нашому тілі після розпаду одного з радіонуклідів. Найчастіше викинутий з великою швидкістю агент ( $\alpha$ ,  $\beta$  чи  $\gamma$ ) мчить, лишаючи позаду рідкий ( $\gamma$  і  $\beta$ ) чи густий ( $\alpha$ ) ланцюг з іонів, пошкоджених молекул, збуджених фрагментів останніх тощо. Більшість цих ефемерних утворень короткий час мають аномальну здатність до невластивих для нормальних молекул реакцій. Не дивно, що вони отримали відповідну (наукову) назву: **радикали**. **Радикали є первинним продуктом опромінення, утвореним на першій** (“миттєвій”) **стадії розвитку біологічного пошкодження**.

**Друга стадія** теж нетривала, бо утворені активні фрагменти негайно вступають в реакції (переважно окислювальні), утворюючи вторинні продукти, що являють собою змінені чи деформовані білки й інші важливі біомолекули. Насичення киснем живої тканини на цій стадії посилює її пошкодження радіацією, а відсутність його підвищує опірність тканини й організму до дії іонізуючого випромінювання.

Серед *радіопротекторів* (речовин, які “захищають” від радіації будь-яким способом) є субстанції, прийом яких внутрішньо знижує вміст кисню у тканинах людини. Їх треба вводити *до опромінення, а не після нього*.

Вторинні продукти є своєрідною отрутою. Хоч їхня маса невелика, та вони істотно порушують нижній 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.

**Боротьба клітин з вторинними продуктами є третьою стадією** розвитку шкідливої дії іонізуючого випромінювання. У межах можливого (ресурсів і наявного часу до моменту поділу) клітина одночасно намагається нейтралізувати шкідливі речовини і відремонтувати (здійснити репарацію) пошкодження.

Хоч “біоремонт” — процес надто складний, та мільярди років еволюції поступово створили кілька способів такого ремонту. Один з них передбачає навіть репарацію такої великої й унікально важливої молекули, як ДНК, вже за 15 хвилин ліквідовуючи половину іонізаційних пошкоджень.

Третя стадія триває від секунд до тижнів (залежно від темпу репарації і поділу клітин). На цій стадії найбільше страждають клітини, що швидко й часто поділяються: клітини ембріонів, червоного кісткового мозку, лімфатичних тканин, статевих залоз тощо. Саме вони найчутливіші і першими пошкоджуються у нашому тілі.

Найбільшу опірність дії радіації виявляють ті наші 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 способу 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 не можна.

**Четверта (остання) стадія** біологічного ушкодження не має чітко виявленого закінчення. Для конкретної особини ця стадія закінчується її прискороною чи “нормальною” смертю, а для її виду триває і далі, бо уражена особина могла передати ушкоджені гени потомству. Остання стадія радіаційного ураження теж характеризується боротьбою за виживання, тільки цього разу весь організм намагається знищити пошкоджені радіацією клітини (а вони можуть навіть зумовити появу ракової пухлини), замінивши їх здоровими. Цим займається, як відомо, імунна система організму. Що сильніший радіаційний удар, то менше у неї шансів перемогти і ліквідувати його наслідки.

Розглянемо співвідношення між кількістю поглинутої променевої енергії і наслідками променевого ураження.

## 9.5. Основи дозиметрії

Кінцевий результат поглинання організмом іонізуючого проміння залежить від багатьох чинників, але насамперед — від кількості енергії, яка виділилася в ньому.

Тому у дозиметрії основним 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 і 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 енергії виділяє камінь масою 1 кг, впавши з висоти 10 см. Тому може видатися, що це незначна енергія і шкідливі наслідки малоймовірні, адже тіло нагріється лише на 0,00024 °С.

На жаль, це не так, і така доза негативно позначається на здоров'ї. Причиною є особлива токсичність вторинних продуктів дії радіації, своєрідне біологічне посилення фізичної дії іонізуючого випромінювання.

З огляду на особливості всіх видів випромінювання можна чекати різної шкідливості однакових доз кожного з них. Експерименти підтверджують це припущення: поглинутий тілом джоуль енергії  $\alpha$ -частинок майже 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  $\beta$ -частинок і  $\gamma$ -променів відповідно  $k_\beta = 1$ ,  $k_\gamma = 1$ .

Якщо врахувати цю неоднакову “ефективність” різних іонізуючих агентів, то можна запровадити “ближчу до суворої прози життя” так звану **еквівалентну дозу**. Її позначають  $H$  і вимірюють у **зівертах** (Зв), названих так на честь шведського вченого Р. Зіверта.

Еквівалентна доза повного опромінення кількома видами променів через поглинуті дози  $D_\alpha$ ,  $D_\beta$  і  $D_\gamma$  обчислюється за формулою:

$$H = k_\alpha D_\alpha + k_\beta D_\beta + k_\gamma D_\gamma \text{ (Зв)}. \quad (9.3)$$

Тут використано припущення, що біодії окремих агентів лише додаються, а не перемножуються з додатковим посиленням їх спільної дії. Експерименти свідчать, що суттєві відхилення від формули (9.3) і



припущення про підсумовування спостерігаються рідко. Причиною відхилень може бути аномальний стан особи, приймання нею наркотиків, інтенсивне куріння тютюну та інші негативні впливи індивідуального характеру.

Зіверт не став загальноживаною і поширеною одиницею. Традиційно дотепер використовується **бер** (біологічний еквівалент *рада*). Не розглядатимемо деталей його появи і причини такої назви, а тільки зазначимо, що зіверт у сто разів більший за бер, отже, **1 Зв = 100 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. Надалі ми використовуватимемо лише зіверт і бер.

Хоч зв'язку з дозою в берах (Зв) та рівнем пошкодження особи радіацією не встановлено так добре, як для лабораторних тварин, та все ж за роки ближчого знайомства (як правило, небажаного, під час аварій) з іонізуючим випромінюванням вчені поступово нагромадили достатньо інформації (табл. 32).

Таблиця 32

**Наслідки одноразового опромінення всього тіла людини**

Еквівалентна доза		Наслідок радіаційного удару
зіверт	бер	
1000	100000	Смерть за хвилини після опромінення
100	10000	Смерть за години після опромінення
10	1000	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 % — смертність у наступні місяці
1	100	Легка променева хвороба з виліковуванням. Збільшення ймовірності смерті від раку. Стерилізація чоловіків на 2–3 роки, жінок — назавжди
0,25	25	Максимальна доза (рівень допустимого ризику в екстремальних умовах)
0,1	10	Рівень подвоєння природної кількості генних мутацій. Помітна тимчасова зміна характеристик крові
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 до простих і

найпростіших істот стійкість до дії іонізуючого випромінювання чимраз збільшується, сягаючи максимуму в бактерій. Були випадки, коли вони розкошували в активній зоні ядерних реакторів зі сприятливою для них температурою води.

Відомо, що людина не має органів чуттів з такою самою 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, утворений радіацією з кисню повітря. Вчені вважають, що така “неозброєність” живих істот є наслідком непотрібності таких органів. Мабуть, у минулому в історії Землі жодного разу не виникали надовго 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 завдяки створенню систем захисту (свинцеві екрани) і чутливих до іонізуючого випромінювання приладів (лічильників, датчиків, дозиметрів) вдалося порівняно безпечно застосовувати корисні ефекти радіації.

Першою одиницею “старої” дозиметрії був згаданий вище рентген, що означав таку дозу поглинутої сухим повітрям променевої енергії, яка 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 рентгени.

Якщо знехтувати незначними деталями, то рентген виявляється дещо меншим від бера:

$$1 \text{ Р} = 0,877 \text{ бер.} \quad (9.4)$$

В описах аварії на ЧАЕС та в інших публікаціях постійно зазначається 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  $8 \cdot 0,2 \cdot 0,877 \text{ бер} = 1,4 \text{ бер}$ .

Слід зазначити, що до квітня 1986 р. інтенсивність природного радіаційного поля у різних місцях України була в межах 10–40 мкР/год (0,00001–0,00004 Р/год).

**Тепер поле подекуди сильніше.**

## 9.6. Про 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, окрім наукового значення і змісту вона з самого початку була “забарвлена” політичними та ідеологічними аспектами.

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 нещастя, 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 році, за випробування ядерної зброї тощо. Замовчувалися власні надвипробування і забруднення, зате американців “авторитетно” зараховували до “поганих”, себе — до “гарних”.

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 дуже придалося керівництву СРСР у момент 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, бо там більшість взагалі не вивчала ядерної фізики в школі чи ліцеї. Головною їхньою перевагою було те, що в розвинених країнах 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 і у виробництві ядерної зброї, і в 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 того чи іншого 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, на думку авторів, змальована тут ситуація з невеликими змінами існує й зараз. Ці зміни внесла катастрофа на ЧАЕС і про них ітиметься далі.

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” умовно називають дози, які в 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, які входять у наведену таблицю, для джерел природного іонізуючого випромінювання та їх відносного значення, а також для середньої дози за рік для майже всіх людей на Землі (табл. 33).

Таблиця 33

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>

Немає переконливих заперечень і того, що лише третину (приблизно 0,065 бер) повної дози утворюють зовнішні джерела, а 2/3 —

ті радіонукліди, що розпадаються всередині нашого тіла: калій-40 у м'яких тканинах, радій — у кістках, радон — у легенях.

Певне уявлення про місце і кількість щосекундних розпадів радіонуклідів у нашому тілі та про зовнішнє опромінення за цей короткий час дає рис. 37.

Проблемою є рівні перевищення наведеної середньої дози в багатьох місцях Землі. Справді, 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 більша 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 Гуанапару) 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).

Уважне дослідження стану здоров'я населення цих “опромінюваних” місцевостей і порівняння зі здоров'ям сусідів, що живуть у тих же 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.

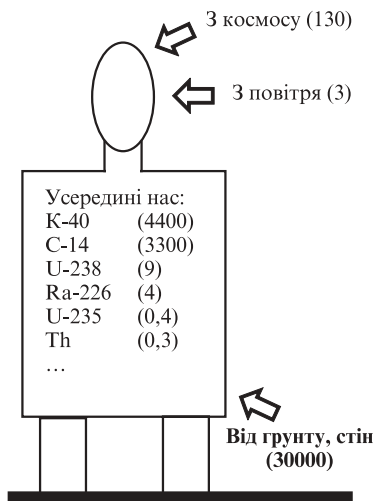


Рис. 37. Кількість, види розпадів щосекунди (природний фон)

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 під час опори на “здоровий глузд”, і під 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, на нашу думку, допомогло б всім полегшити вибір, зробити його точним, свідомим і обґрунтованим.

***Спробуємо надати читачам 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 доквілля людини є лише *мрією* без шансів здійснитися у майбутньому. Причина полягає у великому поширенні природних радіонуклідів, їх “розпорошеності” і, почасти, безперервному утворенні нових нестійких ядер під впливом космічного проміння.

В оцінюванні характеру впливу малих доз на людину фахівці поділяються на дві групи. **Перша** обстоює ту думку, що природний фон шкідливий для людини, а його посилення вдвічі внаслідок радіонуклідних викидів з АЕС та інших установок збільшить цю шкоду як мінімум вдвічі (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, ми обмежимося найсуттєвішим:

- медики не виявили ознак погіршення здоров'я аборигенного населення зон з 3–4-, навіть 8-кратним перевищенням середнього значення природного радіаційного фону. Відтак, такі умови не можна вважати несприятливими для людини;
- наявність у живих істот репараційних структур, спеціалізованих на усуненні радіаційних пошкоджень, “потребує”, щоб вони, образно 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. Погодьтеся, що на такий екстремальний випадок краще мати якнайпотужніші структури усунення радіаційних пошкоджень;
- еволюція біосфери від “простого до складного” відбувалася через генні мутації, а останні, як відомо, викликаються 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, до боротьби за виживання*.

*Отже, “оптимісти” переконані, що немає ризику значної шкоди здоров’ю людства в близькому чи далекому майбутньому від підвищення природного радіаційного фону в кілька разів. Проте, і це важливо, таке збільшення 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 і 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 нашим читачам виробити аргументовану власну позицію стосовно як ядерної енергетики, так і всіх ядерних технологій. Деякі “технічні” дані ми сподіваємося додати під час викладу причин і наслідків Чорнобильської катастрофи.***

### ***XIII. 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 з середини 40-х років ХХ ст. застосовується як основна ядерна вибухівка.

Це сріблястий і важкий (важчий від золота) метал з невисокою температурою плавлення (всього 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’яз-



ково 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* (достатня для початку ланцюгової реакції і вибуху) *маса* плутонію порівняно мала й легко утворюється в разі порушення технології 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 ґрунту 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 легень). Нескладні підрахунки показують, що для створення 35 000 Бк необхідно мати в легенях приблизно 250 крупинок чистого плутонію з радіусом 1 мкм кожна. Їх спільна маса становить всього 0,02 мг.

З реактора, за різними даними, могло випаруватися до 200 кг плутонію, розпорошившись довкола. Нині найбільша ймовірність його проникнення в людину пов'язана з вдиханням пилу з цим радіонуклідом. Саме тому фахівці рекомендують на землях нашого Полісся обробляти лише мокрий ґрунт, щоб не утворювати пил, який може розносити плутоній шораз далі від ЧАЕС. Хоч, як зазначалося, серйозну небезпеку створюють лише сотні плутонієвих порошинок, та краще мати чисті легені без жодної такої небезпечної частинки.

## ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ\* ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Яке з  $\alpha$ -,  $\gamma$ - і  $\beta$ -випромінювання найшкідливіше при зовнішньому опроміненні?
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 й після того, як втратять всю енергію на іонізацію речовини?
5. Чи всі нестійкі ядра розпадутся через два періоди їх піврозпаду?

6. Назвіть речовину зі складу нашого тіла, молекули якої найчастіше пошкоджуються іонізуючим промінням. Відповідь обґрунтуйте.
7. У тексті йдеться про  $\alpha$ -,  $\gamma$ - і  $\beta$ -частинки. Які з них постійно присутні в нашому тілі, бо є складовою частиною 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\*. Чим пояснюється менше значення радіаційного фону у старих будинках з дерева, ніж у кам'яницях такого ж віку?
- 11\*. Які елементи відносно стійкіші — з малими чи з дуже великими ядрами, що містять велику кількість протонів? Відповідь обґрунтуйте.
- 12\*. Відомо, що радон шкодить нашому здоров'ю. А чи “вбудовується” він у тканини нашого тіла так, як це роблять цезій чи стронцій? Відповідь обґрунтуйте.
- 13\*. На яких стадіях впливу іонізуючого випромінювання на живу речовину спостерігається біологічне посилення первинних ефектів?
- 14\*. У які періоди життя людина особливо чутлива до дії іонізуючого випромінювання?
- 15\*. Чим пояснюється та обставина, що малопоширений у довкіллі радон спричинює більшу ефективну дозу опромінення нашого тіла, аніж калій-40, який входить до складу нашого тіла?
- 16\*. Який радіоактивний пил (за однакової концентрації) небезпечніший — великий чи дрібний? Відповідь обґрунтуйте.
- 17\*. Збираються стерилізувати жуків, не вбиваючи їх усіх. Чи можна стверджувати, що чим більшу дозу випромінювання використати для цього, тим кращим буде результат?
- 18\*. Чому максимально шкідливою виявляється та доза, яка поглинається нашим тілом миттєво чи за дуже короткий час?
- 19\*. Які з наших органів і з якої причини особливо чутливі до дії всіх видів іонізуючого випромінювання?
- 20\*. Які негативні чинники доведеться врахувати під час планування пілотованих польотів на Марс? Чи варто планувати його в період максимальної кількості темних плям на поверхні Сонця?

## Розділ 10

# Уроки Чорнобиля

---

---

### 10.1. Розвиток ядерної енергетики

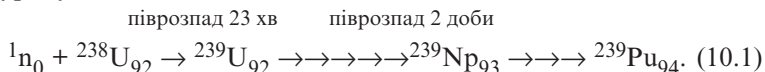
Словосполучення “ядерна енергія” викликає у сучасної грамотної людини складні й суперечливі почуття. Та хоч би що там було, а відкриття наприкінці 30-х років ХХ ст. способу контрольованого виділення ядерної енергії, концентрація якої в урані в мільйони разів вища від величини хімічної енергії у традиційних видах палива (вугіллі й нафті), назавжди лишить великим досягненням науки.

На жаль, як і більшість попередніх досягнень учених, і це спочатку було спрямовано на створення універсальної 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, привертаючи до себе у співники 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 ( $^{235}\text{U}_{92}$ ), якого лише 0,7 %. Хоч легший ізотоп є прекрасною ядерною вибухівкою, але його дуже важко відділити від стійкішого “родича”, якого спочатку не вдалося безпосередньо використати в ядерній зброї. А от в ядерних реакторах можна одночасно і отримати ядерну енергію, і перетворити уран-238 на плутоній. Отанні хімічними методами порівняно просто відокремити від решти речовин і використати “за призначенням”.

Наведемо ланцюжок перетворень, що веде 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 підтримки 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. Попутно 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 “досить” (потім виявилось, що забагато), вчені дістали дозвіл політиків і генералів на створення більш корисних реакторів, які б окрім 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 “канальним”, а за кордоном — “радянським”.

Як невдовзі довело життя, це був не найкращий варіант. “Там” це зрозуміли швидко і хоч теж експериментували з канальним типом енергетичного реактора, але на практиці використали інші. Вони були досить різноманітними за конструкцією, використаними мате-

ріалами, речовинами для відведення тепла з розпеченого серця реактора тощо. Зазначимо найголовніші їх деталі: всі закордонні енергетичні ядерні реактори мали дві або три захисні лінії (оболонки), завданням яких було виключити проникнення у довкілля таких “злих” радіонуклідів, як щойно згадані нептуній і плутоній, 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 кількасоттонний ядерний реактор у формі величезного циліндра з товстими стінками, схематично показано на рис. 38.

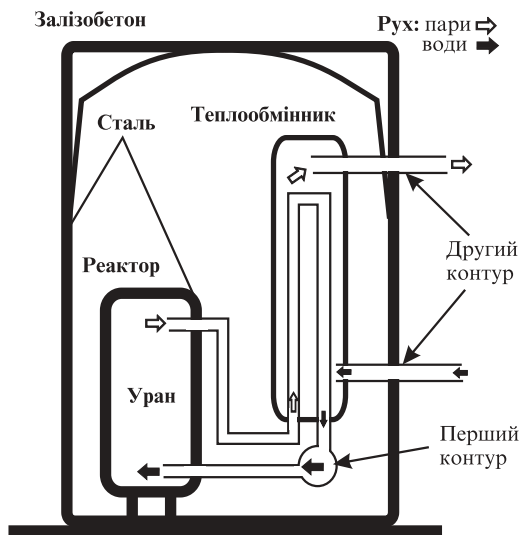


Рис. 38. Розріз стандартної конструкції сучасного реактора з кількома захистами

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 останніми роками) мали конструкцію, схожу на зображену на рис. 38. Більшість реакторів були “каналними”, а станції зовні нагадували великі промислові будинки без найменших ознак циліндрів чи сфер.

Схему такої АЕС наведено на рис. 39, 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 пульту керування, ні безлічі інших потрібних для роботи реактора систем і устаткування.

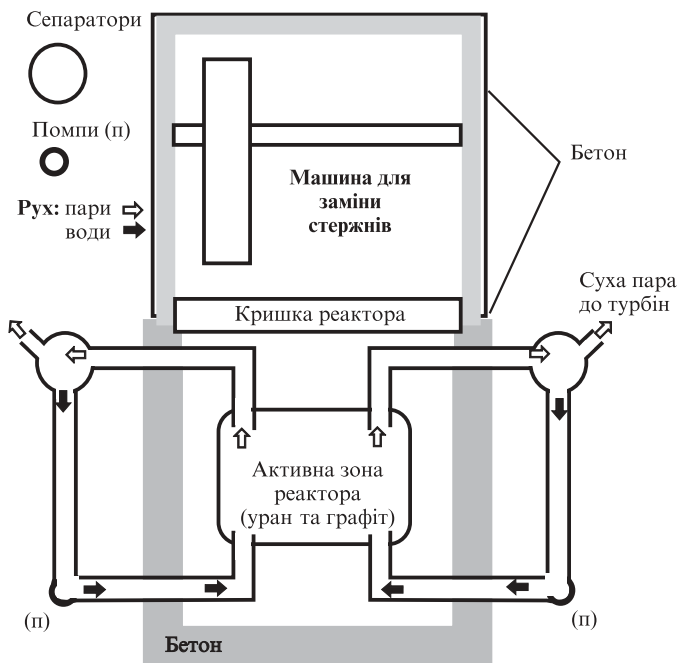


Рис. 39. Схема каналного реактора ЧАЕС

Цікаво, що за кордон СРСР продавав “каналні” реактори (у Фінляндію, Болгарію тощо) хай 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. Одного чорного дня “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 каналними реакторами. Особливо густо — на землі України.

А Чорнобильській станції “партія й уряд” запланували стати в недалекому майбутньому рекордною, най-найпотужнішою у світі: спочатку 4, потім 6, далі 8, а як буде треба для рекорду, то й 12 мільйонів кіловат.

Так би й було, якби не Чорнобиль-86, а незабаром і розвал “вічного” Радянського Союзу.

У читачів може виникнути запитання: “Чому в СРСР так і не змогли масово застосувати корпусні реактори?” Спробуємо відповісти бодай частково.

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**, аніж безпека чи міркування здорового глузду. Побудувати корпусний реактор на 3 млн кіловат 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 так і не ввели в дію на повну потужність (у місті Волгодонську, Росія).

## *10.2. Про четвертий реактор ЧАЕС до його вибуху*

Нам не уникнути розповіді про деякі технічні характеристики і реактора РВПК-1000 (реактор великої потужності, каналний, на 1 млн кВт). Наведемо найважливіші з них у табл. 34, зазначивши (для

допитливих) дані досконаліших корпусних реакторів ВВР-1000 і ВВР-440, що стоять на більшості українських АЕС.

Таблиця 34

Енергетичні параметри реакторів АЕС в Україні

Характеристика реактора, одиниця вимірювання	Тип реактора		
	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
Розмір корпусу реактора:			
повна висота, м	—	10,9	11,8
діаметр, м	—	4,57	4,27
маса, т	—	300	201
Розмір 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 аж 1884 циліндричні канали, більша частина яких (1680) містить тепловиділяючі елементи (ТВЕЛі) у вигляді композицій з довгих трубочок з особливого сплаву (цирконій з ніобієм). Всередині 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 (рис. 39) подавали в нього чималу ріку води: 11 кубометрів щосекунди. 1,5 тонни 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 тонн) 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 актив-



ної зони поступово виводили вгору частину з 211 стержнів з речовини, яка сильно поглинає нейтрони (карбід бору). Для регуляції розподілу нейтронів в активній зоні слугували 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 ЕОМ і оператори весь час балансували, підтримуючи потрібну потужність, адже вилучення поглинаючих стержнів збільшує її, а введення — зменшує. **Наче рух на возику із запряженим тигром: не поганятимеш — зупиниться і засне, а поганятимеш невдало...**

Ми не випадково навели цю жаску 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 тара-тайку 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.

Для допитливих наведемо в табл. 35 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 МКі = 1 000 000 Кюри). Перед вибухом четвертий реактор ЧАЕС містив, мабуть, ще більше ядер з великим періодом напіврозпаду.

Таблиця 35

**Активність радіонуклідів в активній зоні РВПК-1000  
під час роботи при нормальній потужності**

<b>Час піврозпаду радіонуклідів</b>	<b>Загальна активність (МКі)</b>
менше доби	1284,3
від доби до тижня	2673,8
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 сотої.

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 року. 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, пульта і систем керування реактором. Годі пояснювати, наскільки важлива робота всього цього без перерви. Зазначимо, що навіть під час зупинок реактора всі вони працюють, бо 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, приступили до експериментів. 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 аналітичних 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 читачів 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 поряд 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. На наш погляд, істотною помилкою була 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) вела 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. Спочатку дослід було заплановано на денний час під керівництвом того оператора, що 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 досліді.

*Ніч, втомлений і знервований багатогодинним чеканням керівник, нена тренований, недосвідчений й підвладні керівнику оператори...* Погодьтеся, 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 досліді 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 керуючих 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 досліді його учасники цілком усвідомлювали складність ситуації, тому керівник наказав ввести в дію всі запобіжні засоби, натиснувши аварійну кнопку “стоп”. Невдала конструкція поглинаючих стержнів привела на самому початку руху всі 211 їх з крайнього верхнього положення вниз до тимчасового посилення ланцюгової реакції у нижній частині активної зони. Збільшення вмісту пари, як вже згадувалося вище, лише посилювало реакцію і...

Якби оператори *нічого* не натискали, то реактор за кілька секунд зупинився б сам собою. Ще безпечніше і корисніше було ввести низьку 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 сполучення, злетіла вгору, зробила сальто і важко гепнулася назад. Удар був такий сильний, що людям перед пультом керування він видався ще одним вибухом. Додаткові вибухи могли бути наслідком сполучення 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 було всипане уламками блоків графіту й урановим пилом. Зловісна радіоактивна хмара з летючих 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) дуже далекою від точної. 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. 34). Тепер очевидно, що у визначенні зони відселення застосування циркуля замість здійснення вимірювань на чималій території було по-

милкою. 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 основі точних вимірювань рівня забруднення і складу радіонуклідів.

Тепер ясно, що і “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 віцілілі реактори, перетворивши в непридатну для життя зону половину території Східної Європи.

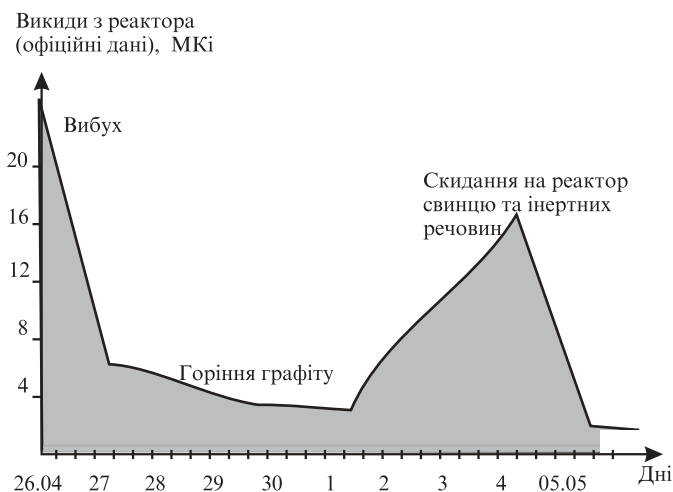
Для запобігання початку ланцюгової реакції скинули 40 т карбиду бору, для припинення горіння графіту — 800 т доломіту. Одночасно насипали 1800 т піску і глини, сподіваючись заплombувати жерло реактора. Нарешті додали ще “на всяк випадок” 2400 т свинцю. Зависаючи над реактором у густому стовпі радіонуклідної пари і газів, пілоти дуже опромінювалися. Як відомо, дехто з них помер від променевої хвороби.

А тепер погляньмо на графік (рис. 40) обсягу викиду радіонуклідів із залишків реактора (дані зі звіту СРСР для МАГАТЕ). Хоч вони й неточні (в бік зменшення), та збільшення 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 побоюлися і попередити людей про небезпеку, і розпочати евакуацію негайно.

Як перший викид, так і наступні йшли в західному напрямку, частково посипаючи Прип'ять і околиці. Як свідчать дані табл. 35, найсильніше опромінення спричинюють 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 препаратом нерадіоактивного ізотопу. Заповнивши щитовидну залозу, нешкідливий йод блокував би накопичення радіонуклідів у цій чутливій і важливій залозі. Керівники міста Прип'яті, як і Києва, нічого не зробили, пізніше виправдовуючись небажанням “поширювати паніку”. “Йодний захист” був застосований лише за межами України та СРСР: у Польщі, Швеції, Німеччині та в інших країнах.



**Рис. 40. 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. Серйозні опіки ніг від  $\beta$ -опромінення отримали ті мешканці Прип'яті, хто провів день на приміськихгородах.

Та досить цих прикладів. Ми переконані, що нормальне і чітке попередження населення про екологічну ситуацію у зв'язку з нещас-тям 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 і повідомлення повинні були спочатку “рецензуватися” московськими представниками ядерного відомства імперії. Наслідком цієї цензури було зникнення всіх фактичних даних про ізотопний склад забруднення, активність води та їжі. Допустимі рівні негайно були “уточнені” до такого надвисокого значення (для деяких радіонуклідів “допустимі” рівні збільшили не в десятки — в сотні разів!), що напевно 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 про будову укріття 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 “зліших” — стронцій-90 й ізотопи 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, що безпосередньо пов’язані 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 сплутайте їх з “ліквідаторами”, які на 2–3 години наближались до залишків реактора на відстань 20–30 км) спорудили “саркофаг” — дірчасте укриття над залишками реактора.

Збоку воно справляє враження потужності й непроникності, бо висота перевищує 60 метрів, а стіни здалеку видаються без щілин. Насправді виділення всередині руїн блоку енергії розпаду радіонуклідів (спочатку — 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 тепер 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 (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. 34). 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 близько 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 кюрі на квадратний кілометр, бо для частини ґрунтів він веде до надмірного забруднення молока, яке отримують від худоби, що споживає рослини з коротким корінням (траву, зернові). Такі “цезієві” зони зустрічаються в Україні в усьому Поліссі від Десни до східного краю Волинської області (смуга суцільна), навколо Канева, Узина, Тараші, 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 для допитливіших офіційну таблицю забруднених площ за даними на літо 1987 року (табл. 36).

Таблиця 36

**Площі забруднених територій**  
(станом на 1987 р.)

Країна	Площа забруднених територій, км <sup>2</sup> , при щільності забруднення цезієм, Кі/км <sup>2</sup>		
	5–15	15–40	понад 40
Білорусь	10160	4210	2150
Росія	5760	2060	310
Україна	1960	820	640
<b>Разом</b>	<b>17880</b>	<b>7090</b>	<b>3100</b>

Цезій дуже легкий (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 нас 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

звичайно містять калій-40. Рівномірно розподіляючись у м'яких тканинах тіла, цезій створює “розосереджене” опромінення, що стає небезпечним лише при значній кількості цезію у нашому тілі. Таке накопичення можливе у разі великого (десятки  $\text{Ки}/\text{км}^2$ ) забруднення території і харчування “брудною” їжею.

Стронцій-90 з періодом напіврозпаду близько 29 років має на порядок вищу від цезію біологічну небезпечність. На щастя, він менш леткий, ніж цезій, бо його температура плавлення становить  $768^\circ\text{C}$ , а кипіння —  $1381^\circ\text{C}$ . Тому його і вилетіло менше, і конденсація й випадання спостерігалися на меншій відстані від реактора. Поза 30-кілометровою відстанню від реактора Sr-90 зустрічається у небезпечних кількостях лише на півночі Київської області. Хімічні властивості стронцію збігаються з кальцієм. Тому не дивно, що в нашому тілі 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, 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 тих, що зазначені для стронцію. За різними даними, в реакторі зібралось від 150 до 450 кг цього надсекретного і дуже небезпечного радіонукліду. Враховуючи дуже високу температуру вогнища з графіту, вважають, що з реактора випарувалося не 5 % плутонію (саме цю цифру подав СРСР, і з нею погодився у 1986 р. МАГАТЕ), а не менш як 40–50 %. Зона його поширення приблизно така сама, як і в 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 піврозпаду, то це означає, що обсяг небезпечних радіонуклідів становить 39 млн кюрі.

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 і вулканічної” активності був щонайменше тисячу мільйонів кюрі (можливо — удвічі більше). Більша частина була зумовлена ізотопами з малим періодом піврозпаду, 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, 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 році. “Гарячі частинки” випадали під собою ямки, заглиблюючись у листки чи голочки хвойних. Дослідників особливо цікавлять численні випадки генетичних змін рослин, що виявляється у багатократному 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 одна одну й слабших істот. Вчені не раз спостерігали у тварин лісі лапи й низ живота, спричинені впливом  $\alpha$ - і  $\beta$ -частинок (нагадуємо, що вони поглинаються у перших двох міліметрах тіла). У лісі, всипаному викидом, було знищено більшість комах, які жили у верхньому сантиметрі ґрунту. На значних відстанях від ЧАЕС позірно життя рослин і тварин протікає нормально. Та детальні вимірювання свідчать, що більшість організмів містить у собі підвищені концентрації радіонуклідів. Виявилося, що у шкаралупі яєць чи черепашок моллюсків накопичується стронцій.

Вчені використовують їх для швидкого визначення забруднення стронцієм ґрунту і водойм у конкретній місцевості.

Несподівано великим виявилось забруднення тіл водних птахів. Харчуючись у мулі, вони потім розносять радіонукліди далеко поза межі 30-кілометрової зони. Нашим та закордонним мисливцям бажано спочатку 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 Полісся 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:

- **практично неможливо за словами людини (де вона була і що робила) навіть приблизно встановити повну дозу від зовнішнього і внутрішнього опромінення;**
- **ніхто не може точно передбачити ефекти біодії навіть тоді, коли доза відома. Це викликано “комплексністю” опромінення, адже окрім добре відомих радіонуклідів (йод-131, цезій-137, стронцій-90) чимало таких, що раніше не зустрічалися 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 року, не можна вважати жертвами катастрофи на ЧАЕС навіть якщо йдеться про мешканця міста Прип'ять чи про 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 більш як 5 тис. осіб отримало опромінення внутрішніх органів понад 200 бер. Більш як 50 тис. чоловік мають ефективну

дозу від 50 до 200 бер, решта ліквідаторів отримали дозу 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 нормальних умов певна хвороба зустрічається 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 збільшилася в кілька разів порівняно з початком 80-х років.

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.

#### ***XIV. Для допитливих. Секретна ядерна катастрофа***

Вона трапилася 29 вересня 1957 р. на Південному Уралі в не позначеному 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 в кінці процесу лишалась дуже радіоактивна рідина з чималим вмістом вибухонебезпечних солей натрію. Цю небезпечну суміш зливали в заглиблені в землю особливі цистерни з

нержавіючої сталі з системою охолодження і метрової товщини важеними 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 на початку 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 сила 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 (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. Густи́м 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. й 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. Використання 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 піврозпаду 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 розпилюється вода у душі. Як це пояснити?
10. Чому коефіцієнт корисної дії усіх ядерних електростанцій не досягає навіть 50 %? Чи є можливості його підвищити?
- 11\*. Які елементи — з малими чи з високими температурами плавлення і кипіння — в більшій кількості виділялися із залишків четвертого реактора ЧАЕС? Відповідь обґрунтуйте.
- 12\*. Чи сталася б аварія на ЧАЕС, якби його реактори мали систему “миттевого” (за частки секунди) введення стержнів, що поглинають нейтрони, в активну зону?
- 13\*. Чому підвищення температури води-теплоносія підвищує повний коефіцієнт корисної дії реактора? Чому не можна зробити її як завгодно високою?
- 14\*. Чи можна з вертольотів чи літаків скласти детальну карту радіонуклідних забруднень полів і присадибних ділянок? Відповідь обґрунтуйте.
- 15\*. Чому вимірювання рівня забруднення ґрунту радіонуклідами у полі чи на лузі значно точніше, ніж у населених пунктах?
- 16\*. Чому за однакової концентрації й активності водорозчинні радіонукліди виявляються небезпечнішими для людей, ніж ті, що погано розчиняються у воді?
- 17\*. За яких умов річне опромінення людини виявляється меншим: у будинку з бетону; у будинку з дерева?
- 18\*. З якою метою зразок їжі чи іншого продукту, активність якого потрібно виміряти, під час вимірювання розташовують у товстостінній свинцевій камері?
- 19\*. Що має вищу активність на одиницю маси — деревина берези чи отриманий після її спалювання попіл? Відповідь обґрунтуйте.
- 20\*. Відомо, що опромінення насіння помірними дозами іонізуючих чинників супроводжується підвищенням схожості й врожайності. Чи можна на основі цього стверджувати, що радіоактивне випромінювання корисне і для людей? Відповідь обґрунтуйте.

## Розділ 11

# Екологія і сценарії майбутнього

---

---

### *11.1. Еволюція наукових прогнозів*

Люди завжди мріяли знайти можливість точно передбачувати майбутнє як засіб гарантування безпеки і подолання більшості проблем. “Чарівне дзеркальце” чи інші шляхи “повідомлень з майбутнього” зустрічаються в тих чи інших варіаціях у казках всіх народів світу. На шляху від мрій до дійсності передбачення і прогнози перетворилися в одне з найемоційніших людських занять, стали вельми багатою темою для мистецтва.

З плином часу “відстань і обсяг” передбачень невпинно збільшувалися. Ми не маємо змоги простежити еволюцію передбачень, зробити аналіз кількатисячолітньої боротьби між науковими прогнозами і шаманським залякуванням (наприклад, вже сотні разів відомі “прогнози” передбачали точні дати “кінця світу”).

Тема нашої книги спонукає звернути увагу на ту обставину, що переважна більшість прогнозів стосувалася невеликої групи людей, племені чи народу, певних подій, які виявлялися важливими лише для цих “зацікавлених” осіб. На наш погляд, домінування “коротко-термінових” передбачень зберігатиметься і в майбутньому.

Серйозних прогнозів, які стосувалися б більшої частини чи всієї людності 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 чисель-

ності та доквіллям, 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, як відомо, 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 похмури 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**. Визнаємо, що тих, хто прагнув прислухатися до найпередбачливіших думок Мальтуса та його послідовників, було надто мало ще донедавна.

Як згадувалося у другому розділі, вчені так сильно 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 всотуючи 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 у всьому-всьому... Винятком чи великою рідкістю були розумні та помірковані передбачення майбутнього, точні, а не романтизовані до абсурду оцінювання суті людини, її мети і можливостей.

**Передбачуване більшістю фантастів майбутнє так і не настало.**

*Воно й не могло здійснитися.*

## **11.2. Про застосовність до людства законів природи**

За тисячоліття свого розвитку природничі науки досягли незаперечних 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,

відкритих і перевірених великими науковцями — Й. Кеплером, Г. Галілеєм, І. Ньютоном і багатьма іншими.

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 неусвідомлюваних генетично-видових програм поведінки і реакцій на внутрішні й зовнішні чинники, а також запозичених від інших осіб та від систем освіти й інформації взірців, прикладів і алгоритмів. Природничі 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 й інші — 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 придатися 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.

Втім, 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 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 рівна силі дії”. Отже, вплив виду, чисельність якого швидко збільшується, на довкілля обов’язково викликає його відповідь. Оскільки біосфера незрівнянно сильніша від будь-якого виду, то вона щоразу знаходить можливість скоротити його чисельність до прийнятого 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) включають їжу, конкурентів, паразитів, збудників хвороб і епідемій, хижаків, зміну хімічних і навіть фізичних характеристик середовища тощо. Очевидно, що жоден вид живого (нагадуємо, що це відкрита система з потоком енергії та обміном речовинами) принципово не може ізолюватися і врятуватися від впливу цих чинників. Ультимативні чинники діють безпосередньо, ефективно, нещадно і невідворотно.

Вони діють **грубо і невблаганно**.

Людність Землі перебуває лише у підготовчо-попереджувальній стадії впливу на неї перелічених ультимативних чинників. Не кінофільм, а жахаюча дійсність чекає нас попереду.

Наведемо лише один приклад. Серед найефективніших ультимативних методів — поява в надто забрудненому великою популяцією “агресора” довкіллі нових видів патогенних мікроорганізмів. Надзвичайно висока швидкість видоутворення і розмноження найпростіших зумовлює неможливість паралельного і такого ж швидкого пристосування розвинутого 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.

Майже півстоліття тому прозвучали перші попередження екологів про те, що надмірна чисельність людства і забруднення довкілля разом є сприятливими передумовами для мутацій збудників смертельних хвороб. Вони передбачали, що початок епідемії — 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, аби скоротити чисельність людей у багато разів.

Це він доводить і невдовзі остаточно доведе у кількох країнах Чорного континенту.

Важливо те, що лікарі останніми роками відзначають появу мутантних форм збудників “традиційних” хвороб, а також зовсім несподіваних захворювань, які ніколи не спостерігалися раніше. За даними вчених, на території суходолу існують близько 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 тих чи інших причин вони виробили в себе здатність сприймати і використовувати **сигнальні (вторинні)** фактори, “безкровні” (чи принаймні “малокровні”, без надмірних стресів і колапсів) засоби завчасного зменшення швидкості збільшення чисельності виду до доцільних меж. Назвемо частину сигнальних методів, які зустрічаються у біосфері, наголосивши, що всі вони діють починаючи з рівня популяції, бо спрямовані на обмеження її надмірної чисельності.

Найм’якшим серед сигнальних чинників є, мабуть, **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 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 густота популяції перевищить критичну межу. Скасовуються табу, все стає дозволеним, істотно збільшується кількість малих і великих конфліктів, детонатором яких стає будь-яка незначна причина.

Досить часто особини скупчуються в групи з аномальною поведінкою, спілкування в яких не має на меті відтворення, спільного захисту тощо.

В цих умовах щастя виду полягає у виключенні знищення однією особиною іншої, в обмеженні регулюючого впливу “лише” відмовою більшої частини особин від розмноження. Досить появи одного-двох поколінь малої чисельності і популяція повертається до рівноваги з довкіллям. Про жорсткіші варіанти згадувалося раніше.

*Чи належить людина до природою захищених 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 історію людства є свідченням того, як гостро реагує *homo* на зазіхання “близького, але не свого” на те, що він 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 приходять здалеку і “виявляється негарним”, 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 гро-

мадянські 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 “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 і виникнення серйозних 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 усвідомлені зміни у поведінці людей. Як приклад можна назвати утворення одностатевих “сімей”, швидкий розвиток і розширення екстремістських організацій зі збоченськими цілями, поглиблення небезпеки від тоталітарних релігій чи сект на кшталт “сатаністів” чи “Білого братства”, сумновідомого в Україні перших років незалежності.

Формулюючи висновок про наше дослідження, 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, для уникнення глобальної катастрофи.*

*Лишається сподіватися на розум, вплив соціальних і гуманістичних здобутків, навчання і виховання, організацію, об’єднання і самообмеження.*



### 11.3. Прогнози майбутнього наших часів

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, що приймали рішення і могли їх здійснити.

Після перших зустрічей члени клубу вирішили здійснити проект з назвою “Складний стан людства”. Керівником роботи став професор Массачусетського технологічного інституту (один з кращих вузів США) Джей Форрестер, групу виконавців очолив молодий фахівець Денніс Медоуз. Прогноз пізніше назвали “версія Форрестера — Медоуза”, але його появі передувало два роки напруженої роботи.

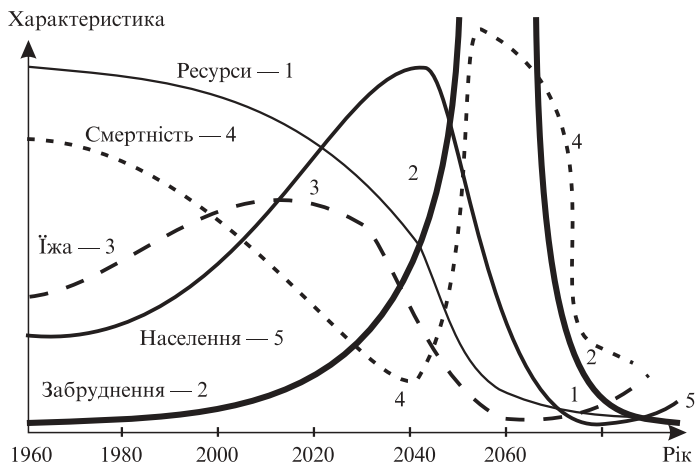
Через складність взаємодій людства і довкілля довелося скласти безліч математичних рівнянь, врахувати сотні прямих дій і багато зворотних реакцій. Та ввести в рівняння все розмаїття біосфери було неможливо, тому автори змушені були у своїй “моделі світу” врахувати лише найсуттєвіше.

Втім, 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, хоч і не враховує багатьох менш суттєвих чинників і зв'язків.

Прогноз майбутнього був оприлюднений у 1972 р. у формі книги “Межі зростання” (The Limits to Growth). Відтоді мільйонними тиражами її використовують як підручник у школах і вищих навчальних закладах кількох країн. Радимо звернутися до неї й ознайомитися з інформацією “з перших рук”, бо ми маємо можливість навести лише незначну частину багатьох висновків прогнозистів.

Група Форрестера — Медоуза виконала 12 варіантів прогнозу, які відрізнялися врахуванням різних видів демографічної політики, темпу розвитку технологій, масштабів геологічних відкриттів тощо.

Прогноз подій у межах “стандартної” моделі, який ґрунтується на припущенні, що в майбутньому принципово не зміниться ні поведінка людей, ні визначальні для світової системи природні, економічні й політичні чинники (егоїзм, розбрат, націоналізм, ігнорування екологічних проблем тощо), наведено на рис. 41. Цей прогноз передбачає помірний технічний прогрес і використання існуючих джерел енергії.



**Рис. 41. Передбачення Римського клубу щодо розвитку людства у разі збереження його сучасних дій і поведінки**

Радимо якнайважливіше придивитися до промовистих і моторошних за змістом кривих, які прогнозують нещастя і катаклізми. У критичній стадії періоду загострення лих (середина XXI століття) 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 багатократне підвищення забруднення довкілля, перетворення його на ворога і вбивцю людей.

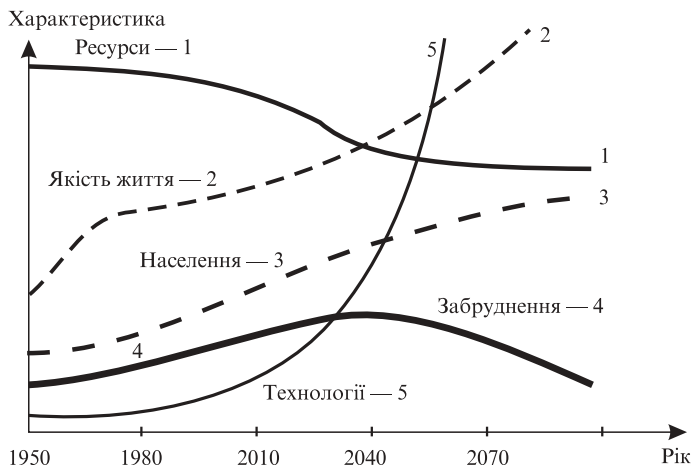
Наслідком сумарної дії чинників довкілля стане підвищення смертності (крива 4) і зменшення населення планети (крива 5, мінімальне значення якої у XXI ст. залишається темою дискусій).

Звернімо увагу на те, що цей похмурий прогноз зроблено понад 20 років тому. Минуло вже досить часу, щоб оцінити його точність.

*Все сталося точнісінько так, як прокреслили у 1972 р. “лінії майбутнього” (див. рис. 41)!*

**Тому можна категорично і переконливо стверджувати: якщо люди залишаться зі старою ментальністю і людство не перетвориться на спільноту, свідому небезпеки глобальних екологічних і соціальних проблем, то попереду нас чекає життя на смітнику і велике підвищення смертності (голод і війни!).**

А чи є “приємніші” прогнози? Звичайно, один з таких показано на рис. 42.



**Рис. 42. Варіант розвитку людства у разі використання обмежень та об'єднання зусиль для подолання екологічних проблем**

Можна лише мріяти про його здійснення, адже він передбачає безперервний експоненціальний розвиток технологій (у разі стабілізації кількості вчених та інженерів), винайдення щоразу нових і нових ресурсів та джерел енергії, майже негайне припинення забруднення довкілля через масове застосування ще не відкритих “чистих” технологій, винайдення суперрефективного засобу регулювання народжуваності, відмова людей від егоїзму, націоналізму й об'єднання їх у всеземній спільноті...

А як ви, наші читачі, оцінюєте ймовірність його здійснення (адже останнє є не так нашою, як **вашою справою**)?

## 11.4. Перспективи спільного порятунку

Своєрідним індикатором оцінювання ймовірності об'єднання всіх земель для подолання екологічних та інших проблем стала проведення 3–14 червня 1992 р. в Ріо-де-Жанейро (Бразилія) конференція ООН з питань охорони довкілля.

Її вже встигли охрестити “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 (він 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 і ефективну допомогу бідним країнам технологіями й фінансами. 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 з грізним 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 і надто повільно осучаснюється природоохоронне законодавство. Необхідно застосовувати конкретніші дії, для того щоб за екологічну шкоду завжди платив “винний”.

Це не так легко здійснити в 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” займають 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 дальшого забруднення довкілля токсичними й радіоактивними речовинами, технологічному оновленню промисловості, розширенню потоврного використання якомога більшої гами 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.*

Чи можна говорити, що форум у Ріо був демонстрацією повного єднання землян перед загрозою втрати рівноваги біосфери? На жаль, це не так. Документи, фактично, є лише універсальними рекомендаціями, а не обов’язковими до виконання скоординованими угодами чи “всесвітніми законами”.

Чимало прикладів і проявів неузгодженостей. Перетворена на порожні слова спроба 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 рівномір-

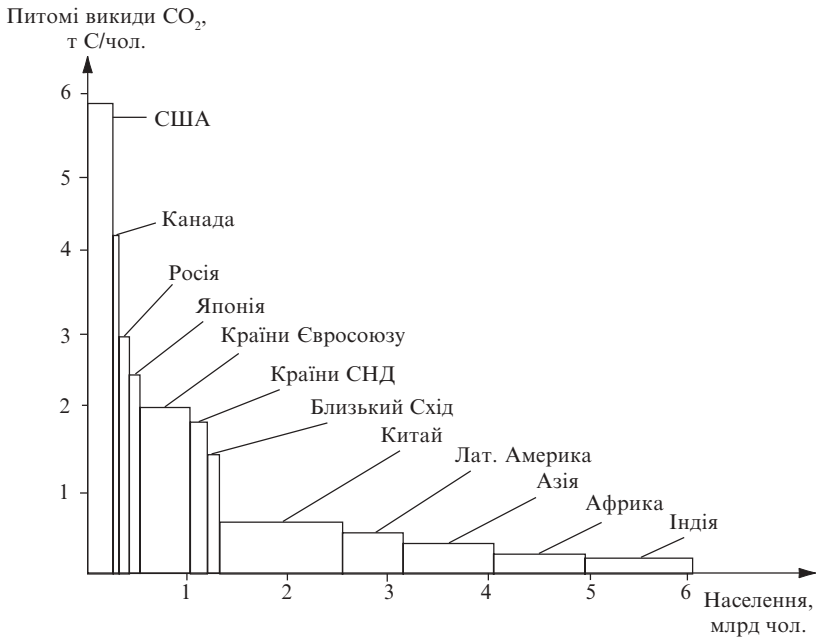
ного розвитку. Частина формулювань цієї заяви викликала критику з боку інших науковців (не тільки екологів), які брали участь у конференції з довкілля і розвитку в Ріо-де-Жанейро. Ці вчені створили контрзаяву. Погодьтеся, що такий розбрат між науковцями не віщує нічого доброго.

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 зміну клімату Землі внаслідок неконтрольованого викиду в атмосферу “парникових” газів. Щорічні конференції країн — учасниць цієї Конвенції дали змогу глибоко дослідити це питання і в 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 цих країн встановили 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 тонн  $\text{CO}_2$ . Світовий розподіл викидів вуглекислого газу наведено на рис. 43. По вертикалі відкладаються 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 рік, а для країн-учасниць запроваджено правило торгівлі квотами — ті, хто перевищував плани скорочення викидів, міг продати утворені надлишки іншим учасникам Протоколу (ціна — приблизно 10 доларів 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.

Ситуація з виконанням Кіотського протоколу яскраво засвідчує труднощі руху до узгоджених дій усіх країн світу у сфері вирішення



**Рис. 43. Розподіл за найбільшими країнами і групами країн питомого (в розрахунку на душу населення) викиду вуглекислого газу у перерахунку на вуглець**

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, як у країнах третього світу. Тому останні пропонують 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 на тій обставині, що третій світ стрімко нарощує викиди (так, один лише Китай щороку видобуває і спалює понад 1 млрд тонн вугілля), а тому без його свідомої участі у програмі Кіотського протоколу годі сподіватися на успішне відвернення проблеми перегрівання атмосфери Землі. Події у сфері регулювання викидів CO<sub>2</sub>

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 неминуче дадуть негативні наслідки.

Для пояснення сказаного використаємо рис. 44, 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.

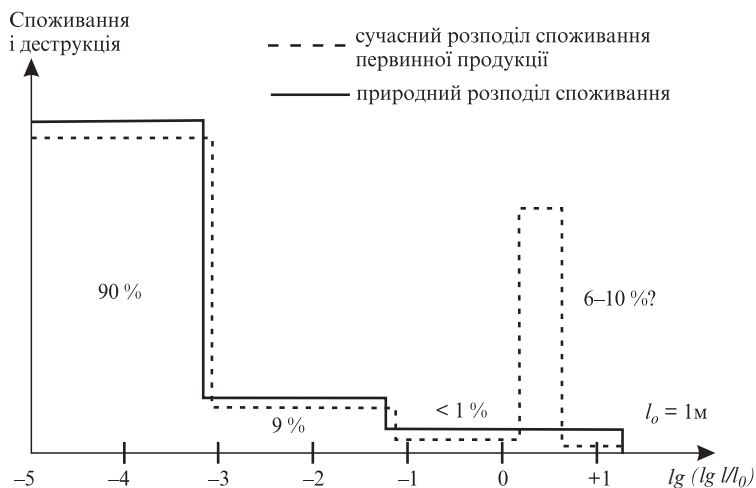


Рис. 44. Діаграма розподілу споживання первинної продукції біосфери консументами і редуцентами різного розміру



У незбуреній біосфері розподіл споживання позначено тонкою лінією. Одні науковці вважають, що такою біосфера була тисяч сто років тому, інші ж переконані, що серйозні прикросці для біосфери люди створили лише у XX ст., а у XIX ст. природна рівновага ще не була порушена. Так чи інакше, а “в нормі” збільшення розмірів консументів відбувається водночас зі зменшенням частки їжі, яка їм дістається. Майже все — аж 90 % — асимілюють і розкладають найпростіші, частка справді великих організмів розміром понад дециметр дуже мала — близько 1 %. Відтак, у прадавні часи популяції людей-збирачів і невинних мисливців діставалася частка цього процента — можливо, 0,05 %, можливо й менше.

Знищення третини площі лісів і перетворення на луки й поля майже всього придатного для сільськогосподарського виробництва сучасного, багатократне збільшення вилову риби й інших організмів у морях і океанах набагато підвищило 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. 44 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 нас 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 чол. у разі “скромного” (мінімального) забезпечення і до 50–100 млн чол. — якщо збережуться стандарти життя громадян високорозвинених країн.

Відтак, стратегія і тактика дій людства мають бути виваженими й орієнтуватися на поєднання збереження високої якості життя частини земель та підвищення її для решти (громадян країн третього світу) з гарантуванням більш-менш стійкого співіснування людства і біосфери. Про можливість саме такого сценарію йдеться в останній публікації Д. Медоуза — “За межами зростання” (1994 р.). У ній на-

голошується, що за останні роки не лише помітно сповільнився приріст населення у значній частині країн третього світу, а й поширюються досконаліші технології використання первинних і вторинних ресурсів, а отже, економляться енергія і матеріали. Це дає змогу істотно зменшити викиди відходів, поліпшити стан довкілля і якість життя населення. Такі технології дуже придалися б і нам, але для цього необхідно удосконалити систему освіти і створити сприятливі податкові й інші умови для залучення вільних капіталів і ресурсів інших країн. Про реальність такого сценарію свідчить досвід не лише Японії, Південної Кореї, Сінгапуру, а й європейських країн — Фінляндії, Ірландії та ін.

Наша розповідь про способи вирішення людством проблеми забезпечення свого стабільного розвитку буде неповною, якщо ми не згадаємо про так званий заповіт Нобелівського лауреата-етолога Конрада Лоренца, оприлюднений ним практично одночасно з відомими прогнозами майбутнього, виконаними Римським клубом. “Заповіт” мав дуже значний вплив на більшість науковців і багатьох політиків, стимулюючи певні зміни в політиці економічного розвитку, розвитку 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”. Перелічимо їх:

- цілковита нездатність сформувати і виконати наукову програму регулювання народонаселення;
- неусвідомлення необхідності толерантності і поваги у відносинах з іншими націями чи національними меншинами;
- генетична деградація;
- надмірна схильність до ідеологічної індоктринації;
- небажання назавжди розлучитися з вродженими програмами дій і відмовитися від безглузлого нагромадження матеріального достатку;
- небезпечний і атавістичний потяг до виграшу змагання з іншими, потяг до першості, пошуку переваг над усіма іншими.

Хоч К. Лоренц слушно зазначає, що спустошення довкілля, формування молоді в умовах жакливого 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 і 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 добробку педагогіки й психології можна прискорити удосконалення систем навчання і виховання, забезпечити появу відповідальних і науково-технологічно підготовлених землян нового тисячоліття з розвинутою екологічно-гуманістичною свідомістю.

Автори вважають, що так звана екологічна освіта є надто слабким засобом формування нових засад поведінки людини. В умовах необмеженого негативного впливу засобів масової інформації і культури насилля й примітивно-матеріального споживання шкільна “Екологія” й модернізація частини змісту інших предметів не зможе 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.

Це буде зробити 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!**

## I. КЛАСИФІКАЦІЯ КАТАСТРОФ, АВАРІЙ І НАДЗВИЧАЙНИХ ПОДІЙ

Усі ці поняття викликають тривогу і відчуття небезпеки. Слово “**катастрофа**” асоціюється з великим несподіваним нещастям довільної природи, що зачепило багато осіб чи велику територію. “**Аварія**” — вужче 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 виходить 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):
  - **метеорологічні** — морози, спека, зливи, град, бурани, бурі, смерчі, урагани;
  - **топологічні** — повені, цунамі, зсуви снігу чи ґрунту, грязьові потоки;
  - **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** й **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 у такої молодой науки, як екологія.

## II. РОЛЬ КАТАСТРОФ В ЕВОЛЮЦІЇ БІОСФЕРИ

Хоч життя людини досить коротке, та багато хто зустрічається з одним чи кількома катастрофічними (з погляду людини) явищами. Хроніки минулого є частково переліком різноманітних нещасть: посух, нашествия сарани, випадання великого граду тощо. Рідше і не в усіх частинах суходолу трапляються руйнівні землетруси, вулканічні виверження, катастрофічні повені.

Вчення про рушійні сили змін у довкіллі розпочиналося з “катастрофізму”, засновником якого вважають француза-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 виключило з серйозних 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.

Однак на цьому поступ в 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, можна сказати, що вся історія біосфери позначена складним поєднанням спокійних, “малоеволюційних”, досить тривалих періодів з короткими, але бурхливими стадіями вимушеної, почасти чи й повністю катастрофічної перебудови складу всієї живої оболонки Землі.**

Існують різні підрахунки кількості глобальних екологічних катастроф. Першою глобальною екологічною катастрофою 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 другі, бо, наприклад, у зникненні динозаврів „винен” астероїд, що полишив кратер діаметром кількесот кілометрів біля східного узбережжя Мексики, а падіння небесного каміння та льоду, ймовірно, періодично посилювалося до катастрофічних масштабів.

## III. ПРИРОДНІ КАТАСТРОФИ І УКРАЇНА

**1. Тектонічні катастрофи (вулканізм, землетруси).** На території України немає діючих вулканів класичних типів, хоч у Карпатах і в 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 зазнає лише Південний берег Криму, зона Карпат і прилегли 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 значна. Відголоски карпатського землетрусу відчувалися у 1940 і в 1977 р.

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.

**2. Топологічні катастрофи (цунамі, шторми, зсуви, повені).** Руйнівний вплив цунамі (аномальних хвиль, викликаних землетрусами) на Чорному морі проявляється раз на кілька тисяч років. Значно небезпечніші зсуви. Снігові лавини бувають у Карпатах і горах Криму, хоч вони і не сягають рівня небезпечності альпійських. У результаті 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. Звичними для деяких районів України стали повені. Періодично затоплюється майже все Полісся. Це відбувається або навесні внаслідок швидкого танення снігу, або в другій половині літа після сильних дощів, викликаних атлантичними циклонами. Особливо великої шкоди повені завдають сільському господарству. Небезпечними є повені в Карпатах і в 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 тимчасово 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 віхоли мають більшу інтенсивність у Криму, де вони не раз пошкоджували будівлі, аніж у північних районах України. Серйозної 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 рідко, але практично щороку в тих чи інших 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 спричинюють 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. ми вже розглянули, а зараз коротко перелічимо особливі небезпеки для кожного з нас, спричинені техносферою. Саме вона є найсерйознішою загрозою для життя українців. Незадовільний стан доріг і транспортних засобів, вкрай низький рівень культури і дисципліни людей призводить до великих втрат на дорогах. Низька також якість газопроводів. З часом імовірність вибухів на них підвищуватиметься через корозію, а отже, потоншення стінок труб. У Донбасі вже давно вичерпано верхні пласти, доводиться працювати на більших глибинах з вугіллям, яке насичене 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 авторам невідомі, окрім 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. На думку авторів, потрібно спрямовувати зусилля на навчання школярів правил поведінки з невідомими металевими предметами.

Нарешті, щороку зростає небезпека через проживання у старих будинках. Писалося, 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 гасом 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.

# СЛОВНИК НАЙУЖИВАНІШИХ ТЕРМІНІВ

---

---

**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 і *...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 являє собою поглинання речовини з розчинів і газів поверхнею твердого тіла сорбенту (пор.: *Абсорбція*).

**Аероби** — організми, для життєдіяльності яких потрібен молекулярний кисень (O<sub>2</sub>).

**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 — беккерель (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 являють 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 частини. 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, який має певні властивості, подібні до властивостей об'єкта вивчення, і є зручним 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 проявляється у боротьбі за існування. Наприклад, явище пригнічення розвитку одного виду мікроорганізмів іншими; нездоланна (непримиренна, ворожа) суперечність.

**Антропо...** (від грецьк. *anthropos* — людина) — у складних словах відповідає поняттю “людина”, наприклад антропоген (антропогенний) — 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 потенціал).

**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): перетворення в організмі їжі під дією ферментів в енергомісткі сполуки, з яких будуються його клітини і нагромаджується енергія (переважно у структурі АТФ). Інша назва — *анаболізм*. Протилежне — *дисиміляція*; втрата народом своїх національних рис у разі поглинання іншим народом і прийняття його мови, культури, звичаїв.

**Асоціація** (від лат. *associatio* — сполучення) — основна класифікаційна одиниця рослинного покриву; являє собою сукупність угруповань (фітоценозів), однорідних за умовами існування, видовим складом тощо; сполучення молекул, іонів, небесних тіл в певну систему; 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): газова оболонка планети, що утворилася в процесі їхньої еволюції; 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 бродиння. АТФ містить великий запас енергії і 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 обумовлює мінімальне забруднення навко-

лишнього 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 ефективне 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:** рослинна сировина (маса) в технології біоенергетики чи будь-якої іншої її переробки; 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 пристосувалися 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.

**Валовий національний продукт (ВВП)** — загальна ринкова вартість усіх товарів і послуг, створених і наданих у країні впродовж року.

**Вегетативний** (від лат. *vegetativus* — рослинний): пов'язаний з ростом і живленням організмів; 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 являє 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 рентгєнівського 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 (ДНК) кислоти, з якої точно копіюється структура комплементарно синтезованих молекул рибонуклеїнових (РНК) кислот — складових хромосом. Ген — елементарна одиниця спадковості.

**Генетична дія випромінювання** — вплив випромінювання, що позначається 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 рамках 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) — здійснювання 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”, напр. 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 означає 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”, напр. 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. *homanus* — людяний) — ставлення до людини як до найвищої цінності, захист права особистості 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 в 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 основі 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:** видалення радіоактивних речовин з поверхні місцевості, споруд, одягу тощо; 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.

**Дейтерій** — 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 спричинюють опадання листя з рослин. Застосовують 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'єдную) — розкладання складних речовин на прості молекули або іони.

**Діаспора** (від грецьк. *diaspora* — розсіювання): частина рослини, що відокремлюється від неї природно і виконує функцію поширення та розмноження (наприклад, спора, насіння, плід); 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, яке 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 частина будь-якого вчення, побудови, явища.

**Допінг** — наркотичний засіб тимчасового підвищення активності організму. Застосовують у медицині. У спорті заборонений міжнародною угодою.

**Дощі кислотні** — опади (дощ, сніг), рН яких нижче за 5 унаслідок розчинення в них промислових викидів SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, 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): двоїстість, роздвоєність явища чи поняття; учення, яке базується на визнанні двох першоначал світу — духу і матерії.

**Еволюція** (від лат. *evolutio* — розгортаю): поступовий розвиток організму, явища чи об'єкта за збереження його якості у процесі кількісних змін (на відміну від революції); процес зміни, розвитку, перетворення когось, чогось.

**Егоїзм** (від лат. *ego* — я) — моральний принцип, що полягає у нехтуванні інтересів суспільства й 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 в словотворенні термінів для позначення напрямку “із середини 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 на-



сіння, найкращі за продуктивністю тварини в 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. *aera* — вихідне число): час, з якого запроваджується система літочислення; 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): руйнування ґрунту природними чи штучними факторами (водою, механічною дією та ін.); 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 виникання 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, обумовлений особливостями їх адаптації до навколишнього середовища.

**Збагачений уран** — уран, в якому штучно підвищено вміст нуклідів-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, зооботаника — сукупність тварин, що живуть на дні морських і прісних водойм; зоологія — наука про тваринний світ.

**Ідентифікація** (від лат. *identicus* — тотожний і ...фікація) — ототожнення, порівнювання, уподібнення. Застосовується як метод аналізу чи експертизи будь-чого.

**Із... Ізо...** — у складних словах означає рівність або подібність за формою або 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 (проти-лежне поняття — *анізотропія*).

**Імунітет** (від лат. *immunitos* — звільнення, свобода) — несприйнят- ливість 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): відособлений (окремий) організм тварини або рослини, який існує самостійно; інди- відуальний — властивий окремій особі; індивідуальність — сукупність притаманних конкретній особі рис характеру, здібностей тощо.

**Індикація** (від лат. *inducatio* — вказую): визначення, вимірювання, фіксація (у запису чи інакше) показників певних об'єктів або явищ; індикатор — прилад для вимірювання показників або речовина, за до- помогою якої визначають певні характеристики стану системи (на- приклад, лакмусовий папір).

**Індиферентний** (від лат. *indiferens* — байдужий) — неактивний (па- сивний, інертний).

**Індукція** (від лат. *inductio* — наведення) — спосіб (форма) умовиво- ду, 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 пові- тря 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 і закономірності розвитку об'єкта або явища матеріального і духовного світу.

**Катаболізм** — сукупність процесів, які супроводжуються розпадом (дисиміляцією) складних органічних сполук у живих організмах.

**Катагенезис** — еволюційний процес спрощення будови й функцій організму; 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. *convectio* — 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): система поглядів на певне явище; спосіб розуміння, основна ідея будь-якої теорії; творчий задум твору.

**Кореляція** (від лат. *relatio* — відношення): певне співвідношення між будовою окремих частин організму та їхніми функціями; 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): учення про виникнення життя на Землі, яке базується на біблійних догматах; 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 засушливих місцевостях.

**Культура** (від лат. *cultura* — розвиток, освіта): сукупність матеріальних і духовних цінностей цивілізацій; культура сільськогосподарська — рослина, що її вирощують (культивують); культура мікроорганізмів — колонія бактерій, вирощена з дослідною або промисловою метою.

**Кумуляція** (від лат. *cumulatio* — нагромадження): нагромадження в організмі людини і тварин різних речовин (ліків, отрут та ін.) у результаті їх тривалого вживання; концентрація енергії спрямованого вибуху.

**Кюрі** (Ci) — позасистемна одиниця радіоактивності, що дорівнює радіоактивності речовини, у якій щосекунди відбувається 37 млрд ра-

діоактивних 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*): загальний вид місцевості; 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 — потужність 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 захоплювати і перетравлювати бактерії, рештки загиблих 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:** сукупність прийомів, що їх використовують для пізнання специфіки будь-якого предмета чи об'єкта; 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 мікрон.

**Мікрофлора** — сукупність рослинних мікроорганізмів у певному середовищі існування.

**Мікроелементи** — хімічні елементи, необхідні для живлення рослин. 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 поживкле 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 й 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.

**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 спільність 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.

**Новація** (від лат. *novo* — 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 й хімічний склад біосфери.

**Норма** (від лат. *norma* — правило, взірець): загальновизнане, узаконене правило, наприклад, норма поведінки; середня кількість, розмір чогось, наприклад, норма опадів.

**Норматив** (від лат. *normatio* — впорядкування) — екологічний, економічний, технологічний або інший показник норм, відповідно до яких оцінюється стан об'єкта чи будь-яка робота.

**Нуклеїнові кислоти** — полімерні природні органічні речовини.

**Нуклеопротейди** — 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<sub>3</sub>.

**Олігархія** фінансова (від грецьк. — влада небагатьох) — 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 масштабністю 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 відповідний певному завданню, умовам.

**Орган:** частина тваринного чи рослинного організму як складова системи, яка виконує специфічну функцію (наприклад, мозок, шлунок, серце — у людини й тварин, листок, стебло, корінь — у рослин); установа, організація; у переносному розумінні — знаряддя, пристрій, засіб для чогось.

**Орнітологія** — розділ зоології, що вивчає птахів.

**Осмо́с** (від грецьк. *osmos* — штовхання, тиснява) — проникнення розчинника крізь напівпроникну перетинку — мембрану, що 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 їй діяльності під впливом надмірних подразнень.

**Парадигма** (від грецьк. *paradeigma* — приклад, взірєць) — вихідна концептуальна схема, сукупність попередніх наукових досягнень, які визнаються науковою громадськістю як основа для дальших 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:** наука про ґрунти, ґрунтознавство; 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 з 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 певну 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:** будь-яке матеріальне явище, річ; те, на що спрямована думка, що становить її зміст; окреме коло знань, що утворює навчальну дисципліну.

**Про...** (лат. *pro...*) — префікс, що означає “для”, “на боці”, “в інтересах”.

**Проблема** (від грецьк. *problema* — задача, утруднення): складне теоретичне або практичне питання, що потребує розв'язання, вивчення, дослідження; 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 каталізатор і ферменті.

**Протеїни** — прості білки. Основна складова всіх живих організмів.

**Протисти** — загальна назва всіх одноклітинних організмів.

**Прото...** — у складних словах означає: першість, первинність, наприклад, прототип (прообраз).

**Протоплазма** — найменша одиниця живої речовини; вміст клітини, включаючи її ядро. У протоплазмі здійснюються всі живі процеси.

**Процес** (від лат. *processus* — просування вперед): послідовна зміна предметів і явищ, що відбуваються закономірним порядком; 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 беккерелях 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 (озера, річки).

**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 у результаті 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): сукупність принципів, покладених в основу певного вчення (систематичні знання); сукупність взаємозумовлених об'єктів чи явищ, що становить єдине ціле; 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* — напруга) — 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 суцього, протилежна мінливому і випадковому.

**Субстрат** (від лат. *substratum* — підстилка): живильна речовина, на якій розвиваються мікроорганізми; загальна, єдина пасивна основа різноманітних явищ; речовина або предмет.

**Суб'єкт** (від лат. *subiectum*): носій певного роду діяльності; джерело активності, спрямованої на *об'єкт*; особа або організація, що має певні права й обов'язки; 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): логічне узагальнення практичного досвіду; 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).

**Тепловидільний елемент (ТВЕЛ)** — елемент конструкції ядерного реактора, що складається з каналів, через які забезпечується відвід 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 органічного 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.

**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:** виняткове, незвичайне, рідкісне явище; явище, яке дано нам у досвіді, сприйняте органами чуттів.

**Фенотип** — сукупність ознак і властивостей організму, що сформувалися в 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* — плодючий) — 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): сукупність видів рослин, що населяють певну територію; флора кишкова — сукупність бактеріальних видів, що населяють кишечник людини і тварин.

**Флоатація** (від англ. *floatation* — плавання) — промисловий метод збагачення корисних копалин (руд, палива), що ґрунтується на відок-



ремленні 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 світла на них.

**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.

**Футурулогія** (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 в процесі дихання.

**...хтони** — у складних словах означає “місцеві”, “корінні” — наприклад, автохтони — організми, що живуть там, де вони виникли в процесі еволюції.

**Целюлоза** (від лат. *ellula* — комірка) — високомолекулярний природний вуглевод, утворюваний фотосинтезом; основна складова оболонки рослинних клітин. Інша назва — клітковина. Широко використовується у виробництві хімічних волокон (віскоза), плівки (целюфан), пластмас (целюлоїд) і вибухових речовин (бездимний порох).

**...ценоз** — у складних словах відповідає поняттю “сукупність”, наприклад, біогеоценоз.

**Цивілізація** (від лат. *civilis* — гідний, вихований): будь-яка форма існування живих істот, наділених розумом; історичний тип культур, локалізованих у часі і просторі, наприклад, давні цивілізації Єгипту, Месопотамії, Індії; 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 головним чином біля берегів Тихого океану.

**Чутливість приладу** — мінімальний рівень параметра, що його 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 нейтронів, 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:** природне ядерне паливо — ізоотоп урану (уран-235); вторинне ядерне паливо — штучно отримане у ядерному реакторі — ізоотопи плутонію (плутоній-239) і урану (уран-233).

**Ядро атома** — позитивно заряджена центральна частина атома, де сконцетрована практично вся маса атома. Складається з протонів та нейтронів (нуклеонів). Кількість протонів визначає електричний заряд ядра атома й порядковий номер атома в періодичній системі елементів.

# Список використаної та рекомендованої літератури

---

---

## **I. Підручники і навчальні посібники з основ екології**

1. *Акимова Т. А., Хаскин В. В.* Экология: Учеб. для вузов. — М.: ЮНИТИ, 1998.
2. *Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С.* Основи екологічних знань. — К.: Либідь, 2000.
3. *Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С.* Основи загальної екології: Підруч. — К.: Либідь, 1993.
4. *Введение в экологию / Ю. А. Казанский, И. И. Кришев, Н. С. Работнов и др.* — М.: ИздАТ, 1992.
5. *Дерій С. І., Люха В. О.* Екологія. — К.: Вид-во фітосоціолог. центру, 1998.
6. *Джигирей В. С.* Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навч. посіб. — К.: Знання, 2000.
7. *Екологія людини: Підруч. для вищ. навч. закл. / О. М. Микитюк, О. З. Злотін, В. М. Бровдій та ін.* — Х.: Ранок, 1998.
8. *Злобін Ю. А.* Основи екології. — К.: Лібра, 1998.
9. *Колотило Д. М.* Екологія і соціологія: Навч. посіб. — К.: КНЕУ, 1999.
10. *Киселев В. Н.* Основы экологии: Учеб. пособие. — Минск.: Універсітэцкае, 1998.
11. *Крисаченко В. С.* Людина і біосфера: основи екологічної антропології: Підручник. — К.: Заповіт, 1998.
12. *Кучерявий В. П.* Екологія. — Львів.: Світ, 2000.
13. *Новиков Ю. В.* Природа и человек. — М., 1990.
14. *Общая экология: Учеб. для вузов / Авт.-сост. А. С. Степановских.* — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.
15. *Петров К. М.* Общая экология: Взаимодействие общества и природы: Учеб. пособие для вузов. — 2-е изд., стер. — СПб.: Химия, 1998.
16. *Чернова Н. М., Былова А. М.* Экология.— М.: Просвещение, 1988.
17. *Чистик О. В.* Экология: Учеб. пособие. — Минск.: “Новое знание”, 2000.
18. *Шилов И. А.* Экология: Учеб. для биол. и мед. спец. вузов. — М.: Высш. шк., 1998.
19. *Экология: Учебник. пособие.* — М.: Знание, 1997.
20. *Экология города: Учебник.* — К.: Лібра, 2000.
21. *Miller G. Tyler Jr.* Living in the Environment. An Introduction to Environmental Science, Fifth Edit. — Wadsworth publ. comp., Belmont, Californ., 1992.

## II. Довідники з екології

22. *Сытник К. М., Брайон А. В., Городецкий А. В.* Биосфера. Экология. Охрана природы / Справ. пособие. — К.: Наук. думка, 1987.
23. *Сытник К. М., Брайон А. В., Городецкий А. В., Брайон А. Д.* Слов.-справ. по экологии. — К.: Наук. думка, 1994.
24. *Реймерс Н. Ф.* Природопользование / Слов.-справ. — М.: Мысль, 1990.

## III. Додаткова література

25. *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні (93).* — К., 1993. — 309 с.
26. *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 1998 році.* — К.: Мінекобезпеки, 1998. — 161 с.
27. *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2000 році.* — К.: Мінекобезпеки, 2001. — 184 с.
28. *Національна доповідь України на Конференції ООН “Навколишнє середовище і розвиток”, Бразилія-92.* — К.: Час, 1992. — 43 с.
29. *Національна доповідь України про гармонізацію життєдіяльності суспільства в навколишньому природному середовищі. Спеціальне видання до 5-ї Всеєвропейської конференції міністрів навколишнього середовища “Довкілля для Європи”.* — К.: Мінекобезпеки, 2003. — 125 с.
30. *Адаменко О. М., Квятковський Г. Й.* Екологічна геофізика: Підруч. для студ. екол. спец. — Ів.-Франківськ: Полум'я, 2003. — 428 с.
31. *Андерсон Дж. М.* Экология и науки об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек: Пер. с англ. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 159 с.
32. *Баблюяц А.* Молекулы, динамика и жизнь. Введение в самоорганизацию материи: Пер. с англ. — М.: Мир, 1990. — 375 с.
33. *Баранцев Р. Г.* Синергетика в современном естествознании. — М.: Эдиториал УРСС, 2003. — 144 с.
34. *Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К.* Экология. Особи, популяції и сообщества: В 2 т. — М.: Мир, 1989. — Т. 1. — 667 с.; Т. 2. — 477 с.
35. *Биология и современность / А. В. Яблоков, Н. Ф. Реймерс и др.* — М.: Просвещение, 1990. — 208 с. (Библиотека учителя биологии).
36. *Биология охраны природы.* — М.: Мир, 1983. — 430 с.
37. *Бойчук Ю. Д., Солошенко Е. М., Бугай О. В.* Екологія і охорона навколишнього середовища: Навч. посіб. — 2-ге вид., стереотип. — Суми: Вид. “Унів. книга”, 2003. — 284 с.
38. *Боков В. А., Луцки А. В.* Основы экологической безопасности: Учеб. пособие. — Симферополь: СОНАТ, 1998. — 224 с.
39. *Борисенков Е. П., Пасецкий В. М.* Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. — М.: Мысль, 1988. — 523 с.
40. *Будько М. И.* Эволюция биосферы. — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 488 с.
41. *Васюта О. А.* Екологічна політика України на зламі тисячоліть: Монографія. — К.: КІМУ, 2003. — 306 с.

42. Вернадский В. И. Живое вещество биосферы. — М.: Наука, 1994. — 672 с.
43. Вернадский В. И. Проблемы биогеохимии. — М.: Наука, 1980. — 320 с.
44. Воронов Н. Н., Сухорукова Л. Н. Эволюция органического мира. — М.: Просвещение, 1991. — 223 с. (Факульт. курс для 9-го кл. ср. шк.)
45. Герасимов И. П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира. — М.: Просвещение, 1986. — 281 с.
46. Голицын А. Н. Экология вашего дома. — М.: СОЛОН-Пресс, 2003. — 240 с.
47. Григорьев А. А. Экологические уроки прошлого и современности. — Л.: Наука, 1991. — 252 с.
48. Грищай М. В. та ін. Основи екологічної безпеки: Навч. посіб. — Суми: Вид-во СумДУ, 2003. — 267 с.
49. Гумилев Л. Н. Этногенез и биосфера Земли. — Л.: Наука. Ленинг. отделение, 1989. — 496 с.
50. Гюнтер Э. и др. Основы общей биологии. — М.: Мир, 1982. — 440 с.
51. Дажо Р. Основы экологии. — М.: Прогресс, 1975. — 415 с.
52. Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. — Л.: Наука, 1991. — 539 с.
53. Злобін Ю. А., Кочубей Н. В. Загальна екологія: Навч. посіб. — Суми: ВТД “Університ. книга”, 2003. — 416 с.
54. Инженерная экология: Учебник / Под ред. проф. В. Т. Медведева. — М.: Гардарики, 2002. — 687 с.
55. Казначеев В. П. Очерки теории и практики экологии человека. — М.: Просвещение, 1983. — 278 с.
56. Кейсевич Л. В., Алексеев И. Р., Радзиховский А. П. Биосфера и цивилизация. — К.: Наук. думка, 1992. — 240 с.
57. Коммонер Б. Замыкающий круг. — Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 272 с.
58. Криксунов Е. А., Пасечник В. В., Сидорин А. П. Экология. — М.: Дрофа, 1995. — 240 с.
59. Крисаченко В. С., Мостяев О. І. Україна: природа і люди. — К.: НІСД, 2002. — 623 с.
60. Куклев Ю. И. Физическая экология: Учеб. пособие. — М.: Высш. школа, 2003. — 357 с.
61. Кутлахмедов Ю. О., Корогодін В. І., Кольтовер В. К. Основы радиоэкологии. — К.: Вища школа, 2003. — 319 с.
62. Маврищев В. В. Основы экологии: Учеб. пособие. — Мн.: Выш. шк., 2003. — 416 с.
63. Мамедов Н. М., Суравегина И. Т. Экология. — М.: Школа-Пресс, 1996. — 464 с.
64. 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.
65. Медоуз Д. Х., Медоуз Д. Л., Рэндерс И. За пределами роста. — М.: Прогресс, Пангея, 1994. — 304 с.

66. *Моисеев Н. И.* Экология человечества глазами математика. — М.: Мол. гвардия, 1988. — 254 с.
67. *Небел Б.* Наука об окружающей среде. — М.: Мир, 1993. — Ч. I. — 420 с.; Ч. II. — 330 с.
68. *Некос А. Н., Праченко Т. А., Леонов А. Ю.* Экология и проблемы безопасности товаров народного потребления. — Харьков: ХНУ, 2001. — 284 с.
69. *Никаноров А. М., Хоружая Т. А.* Глобальная экология: Учеб. пособие. — М.: ЗАО “Каирви”, 2003. — 288 с.
70. *Никитин Д. П., Новиков Ю. В.* Окружающая среда и человек: Учеб. пособие для студ. вузов. — М.: Высш. шк., 1980. — 424 с.
71. *Николайкин Н. И., Николайкина Н. Е., Мелехова О. П.* Экология: Учеб. для вузов. — 2-е изд., перераб. — М.: Дрофа, 2003. — 624 с.
72. *Новиков Ю. В.* Экология, окружающая среда и человек: Учеб. пособ. для вузов и колледжей. — М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. — 560 с.
73. *Одум Ю.* Экология: В 2 т.: Пер. с англ. — М.: Мир, 1986. — Т. 1.— 328 с., Т. 2. — 376 с.
74. *Основи соціоекології: Навч. посіб. / Г. О. Бачинський, Н. В. Беренда, В. Д. Бондаренко та ін.* — К.: Вища шк., 1995. — 238 с.
75. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой: Пер. с англ. — М.: Прогресс, 1986. — 432 с.
76. *Рамад Ф.* Основы прикладной экологии. — Л.: Гидрометеоздат, 1981. — 543 с.
77. *Реймерс Н. Ф.* Экология. Теории, законы, правила, принципы. — М.: Просвещение, 1994. — 362 с.
78. *Розанов С. И.* Общая экология: Учеб. для техн. вузов. — СПб.: Изд. “Лань”, 2003. — 288 с.
79. *Стадницкий Г. В., Рационов А. И.* Экология. — СПб: Химия, 1996.
80. *Степановских А. С.* Экология. — Курган: ГИПП “Зауралье”, 1997. — 616 с.
81. *Сухомлинов А. И., Сухомлинова И. А., Микитюк А. Н.* и др. Экология и здоровье человека. — Харьков: ХГПУ, 1992. — 128 с.
82. *Торошенькин Б. А.* Возобновляемая энергия: В 2 ч. — Х.: Изд.-во “Форт”, 2003.
83. *Хайнд Р.* Поведение животных. Синтез этологии и сравнительной психологии. — М.: Мир, 1975. — 855 с.
84. *Хесле В.* Философия и экология. — М.: Наука, 1993. — 205 с.
85. *Фарб П.* Популярная экология: Пер. с англ. — М.: Мир, 1971. — 189 с.
86. *Федоров В. Д., Гильманов Т. Т.* Экология. — М.: Наука, 1980. — 321 с.
87. *Фокс Р.* Энергия и эволюция жизни на Земле: Пер. с англ. — М.: Мир, 1992. — 216 с.
88. *Фулли Р.* Еще один неповторимый вид. Экологические аспекты эволюции человека. — М.: Мир, 1990. — 368 с.

89. Царик Т. С., Файфура В. В. Основи екології. — Тернопіль, 2003. — 208 с.
90. Экосистемы в критических состояниях / Отв. ред. Ю. Г. Пузаченко. — М.: Наука, 1989. — 157 с.
91. *Cunningham W.P., Saigo B.W.* Environmental science: a global concern. — 5<sup>th</sup> ed. — McGraw-Hill, Boston, 1999. — 650 p.
92. *Heinrich D., Hergt M.* Atlas de l'Ecologie. — La Pochotheque, 1993. — 284 p.
93. *Turban T., Rainer R.K., Potter R.* Introduction Information Technology. — J. Wiley & Sons, 2001. — 550 p.



# Зміст

---

---

<b>Переднє слово</b> .....	3
<b>Вступ</b> .....	5
<b>Розділ 1. Quo vadis?</b> .....	8
1.1. Особливості сьогодення і картини минулого .....	8
1.2. Основні світові процеси і тенденції розвитку .....	18
<b>Розділ 2. Екологія на зламі тисячоліть</b> .....	46
2.1. Наука чи гасло .....	46
2.2. Примхи розвитку екології .....	47
2.3. Структура і проблеми сучасної екології .....	50
2.4. Об'єкти дослідження й основні поняття екології .....	53
2.5. Поняття “закон” у природничих і гуманітарних науках .....	55
2.6. Найзагальніші закони сучасної екології .....	57
<b>Розділ 3. Основні закони ауто- і демекології</b> .....	63
3.1. Вступ до аутоєкології (екології особини) .....	63
3.2. Основні закони аутоєкології .....	65
3.3. Популяція та її основні характеристики .....	70
3.4. Основи теорії динаміки популяцій .....	73
3.5. Основний закон розвитку популяції: зростання ⇒ колапс ⇒ стабілізація .....	75
<b>Розділ 4. Екологічні закони для великих систем</b> .....	81
4.1. Енергія у біосфері .....	81
4.2. Енергія у техносфері .....	86
4.3. Основи синекології .....	91
4.3.1. Взаємодія особин одного й того самого виду .....	91
4.3.2. Взаємодія особин різних видів .....	92
4.3.3. Синекологія про взаємодію видів .....	95
4.3.4. Основні закони синекології і Біосфера-1 (біосфера Землі) .....	97
<b>Розділ 5. Люди і потреби. Природні ресурси</b> .....	111
5.1. Характеристики “середніх” чоловіка і жінки .....	111
5.2. Про потреби людини .....	113
5.3. Світовий “демографічний вибух” .....	117
5.4. Людність світу: стан і прогнози .....	121
5.5. Демографічна катастрофа в Україні .....	126
5.6. Ресурси біосфери і потреби людства .....	128

5.6.1. Про поняття “ресурси” .....	128
5.6.2. Природні ресурси .....	130
5.6.3. Генеза використання енергетичних ресурсів .....	131
5.6.4. Енергетичні ресурси Землі та України .....	135
5.6.5. Земельні та водні ресурси Землі .....	137
5.6.6. Про мінеральні ресурси планети .....	143
5.6.7. Невідновлювані мінеральні ресурси України .....	146
<b>Розділ 6. “Вибух” забруднень і колапс людства .....</b>	<b>152</b>
6.1. Забруднення та їх класифікація .....	152
6.2. Про концентрації та рівні забруднення .....	155
6.3. Забруднювачі і масштаби забруднення .....	160
6.4. Проблеми атмосфери .....	165
6.4.1. Чому сучасний варіант атмосфери Землі є ідеальним? .....	165
6.4.2. Екологічна оцінка природної атмосфери .....	171
6.4.3. “Озонова діра” — сигнал небезпеки .....	173
6.4.4. Проблема техногенного перегрівання атмосфери .....	177
6.4.5. Про глобальне забруднення атмосфери .....	179
6.4.6. Проблема забруднення атмосфери жител .....	185
6.4.7. Стан атмосфери в Україні .....	187
<b>Розділ 7. Людина і гідросфера Землі .....</b>	<b>194</b>
7.1. Ще раз про особливості води та їх значення .....	194
7.2. Яка вода потрібна живим організмам? .....	198
7.3. Забруднюючі агенти у воді .....	199
7.4. Забруднювачі води .....	203
7.5. Якість води в Україні .....	206
<b>Розділ 8. Ґрунти: деградація, забруднення, сміття .....</b>	<b>214</b>
8.1. Чому ґрунти мають різну родючість? .....	214
8.2. Деградація і поліпшення ґрунтів .....	217
8.3. Забруднювачі і забруднення ґрунтів .....	223
8.4. Пестициди — від pestis, що означає “чума” .....	224
8.5. Вплив пестицидів на екосистеми і людину .....	227
8.6. Проблема сміття .....	230
8.7. Сміття й тверді відходи в Україні .....	232
<b>Розділ 9. Радіаційний фон і забруднення .....</b>	<b>239</b>
9.1. Радіонукліди та іонізуюче випромінювання .....	239
9.2. Природні та штучні радіонукліди .....	241
9.3. Характеристики джерел випромінювання .....	244
9.4. Біологічна дія іонізуючого випромінювання .....	246
9.5. Основи дозиметрії .....	248
9.6. Про біологічний вплив малих доз .....	251

<b>Розділ 10. Уроки Чорнобиля</b> .....	259
10.1. Розвиток ядерної енергетики .....	259
10.2. Про четвертий реактор ЧАЕС до його вибуху .....	263
10.3. Експериментатори і реактор .....	267
10.4. Радіонукліди і політики .....	270
10.5. Радіонуклідне забруднення .....	274
10.6. Екологічні наслідки катастрофи на ЧАЕС .....	277
<b>Розділ 11. Екологія і сценарії майбутнього</b> .....	282
11.1. Еволюція наукових прогнозів .....	282
11.2. Про застосовність до людства законів природи .....	283
11.3. Прогнози майбутнього наших часів .....	289
11.4. Перспективи спільного порятунку .....	292
<b>Словник найуживаніших термінів</b> .....	304
<b>Список використаної та рекомендованої літератури</b> .....	332

The fundamentals of the modern conception of ecology objects and methods have been briefly and logically elucidated in this manual. There have been given the most important theoretical regulations and laws, local and global problems of ecology, has been substantiated the necessity of mankind surviving and its steady progress. There have been analyzed the reasons of the ecological problems in Ukraine and possibilities of their solution.

The manual is mainly meant for students, colleges and higher education institutions, as well as for all those who are interested in modern conceptions about the ways of improving security and life quality.

Навчальне видання

**Корсак Костянтин Віталійович**

**Плахотнік Ольга Василівна**

## **ОСНОВИ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЇ**

*Навчальний посібник*

4-те видання, перероблене і доповнене

Educational edition

**Korsak, Kostyantyn V.**

**Plachotnik, Olga V.**

## **MODERN ECOLOGY PRINCIPLES**

*Educational manual*

4th edition, revised and supplemented

Відповідальний редактор *М. В. Дроздецька*

Редактор *Л. В. Логвиненко*

Коректор *Л. С. Тоболіч*

Комп'ютерне верстання *Т. І. Губанова*

Оформлення обкладинки *Д. В. Кругленко*

Підп. до друку 09.09.04. Формат 60×84/16. Папір газетний. Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. 19,99. Обл.-вид. арк. 20,4. Тираж 10000 пр. Зам. № 4-0823

Міжрегіональна Академія управління персоналом (МАУП)

03039 Київ-39, вул. Фрометівська, 2, МАУП

*Свідоцтво про внесення до Державного реєстру  
суб'єктів видавничої справи ДК № 8 від 23.02.2000*

ДП "Експрес-Поліграф"

04080 Київ-80, вул. Фрунзе, 47/2

*Свідоцтво ДК № 247 від 16.11.2000*