

П І Д Р У Ч Н И К

ПО. Білявський, Р.С.Фурдуй, І.Ю.Костіков

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ

*Затверджено
Міністерством освіти і науки України*

Підручник для студентів
вищих навчальних закладів

Друге видання

Київ
"Либідь"
2005

ББК 20.1я73
Б61

*Розповсюдження й тиражування без офіційного дозволу
видавництва заборонено*

Р е ц е н з е н т и :

д-р с.-г. наук, проф., акад. НАНУ і УААН *О. О. Созінов*
(Інститут агроекології та біотехнології УААН);
д-р с.-г. наук, проф. *В. А. Копілевич*
(Національний аграрний університет)

Редакція літератури з природничих і технічних наук

Головний редактор *Т. В. Ковтуненко*

Редактор *А. С. Мищенко*

*Затверджено Міністерством освіти і науки України
(рішення колегії № 1/11—2883 від 10.07.2003 р.)*

Білявський Г. О. та ін.

Б61 Основи екології: Підручник / Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй, І. Ю. Костіков. — 2-ге вид. — К.: Либідь, 2005. — 408 с.
ISBN 966-06-0377-0.

Підручник підготовлено з урахуванням положень Концепції екологічної освіти України й вимог та рекомендацій Всесвітньої стратегії еколого-збалансованого розвитку людства в ХХІ столітті. Сутність, структура й роль сучасної екології розглядаються з позиції її бачення як нової філософії життя, нової комплексної науки про виживання людства на планеті Земля, головним завданням якої є пізнання законів розвитку й функціонування біосфери як цілісної системи під впливом природних та антропогенних факторів.

Для студентів вищих навчальних закладів.

ББК 20.1я73

ISBN 966-06-0377-0

© Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй,
І. Ю. Костіков, 2004

Найважливіші етапи світового екологічного руху

Суть проблеми, яка постала перед людством на сучасній стадії його еволюції, полягає саме в тому, що люди не встигають адаптувати свою культуру відповідно до тих змін, котрі самі ж вони і вносять у цей світ, і джерела цієї кризи — всередині, а не поза людською істотою, котра розглядається й як індивідуальність, і як колектив. Вирішення цих проблем залежить насамперед від людини, її внутрішньої сутності.

А. Печчеї,
італійський учений,
засновник і перший президент
Римського клубу

У середині ХХ ст. проблеми охорони навколишнього середовища й природних ресурсів привернули увагу світової спільноти. Початок руху за збереження довкілля часто пов'язують із публікацією у 60-х роках у США книги Рейчел Карсон про забруднення навколишнього середовища «Мовчазна весна». Згодом з'явилися перші науково-аналітичні праці, які пробудили в суспільстві усвідомлення негативних екологічних наслідків економічного розвитку. Відгуком міжнародного співтовариства на появу паростків екологічного руху стала Конференція ООН із навколишнього середовища в Стокгольмі в 1972 р.

Вивчення, аналіз і визнання існуючих суперечностей у відносинах між соціосферою і біосферою спричинили ті зміни в осмисленні, оцінці й визначенні форм і напрямів подальшої діяльності людства, котрі й започаткували нову течію в суспільно-політичній думці, квінтесенцією якої є концепція збалансованого (стійкого) розвитку. Певним чином причетною до виникнення цієї концепції була публікація Римського клубу «Межі зростання» (1972), в якій висунуто тезу про обмеженість економічного зростання внаслідок виснаження природних ресурсів. Зародившись на ґрунті полеміки між прихильниками двох концепцій поступу земної цивілізації — технологічної і біосферної, ідея збалансованого розвитку підвела людство до ревізії основ його функціонування, висунувши на передній план проблему переходу до інших форм суспільної організації, які б забезпечили насамперед його самозбереження.

«Існування й добробут людини можуть залежати від того, чи вдасться нам піднести принципи довготривалого та стійкого розвитку до рівня всесвітньої етики», — наголошується в доповіді «Наше спільне

МШйбутні* (1989), підготовлений Комісією ООН із довкілля під Кіркництїом Гру Брундландт.

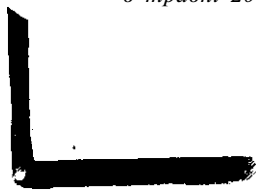
У цїй доповідї було дано найповнїше й загальноприйняте означення їбалансомїного (стїйкого) розвитку: «Збалансований розвиток — це розвиток, який дає змогу на довгостроковїй основї забезпечити стабїльне економічне зростання, що не призводить до деградаційних змін у навколишньому природному середовищі; вихїд на рївень стїйкого розвитку розрахований на задоволення потреб як сучасного, так і майбутніх поколїнь...».

У 80-х роках ХХ ст. перед людством постало глобальне й болюче питання — яким шляхом їти далї? Незважаючи на політичні й економічні суперечності між державами свїту, які завжди виникали при відстоюванні їхніх національних інтересів, попри загострення протирїч між багатою Пївнічню, або країнами «золотого мїльярда» (Пївнічна Америка, Захїдна Європа, Японїя), та злиденним Пївднем, або країнами, що тїльки розвиваються, це проблемне питання заклало підґрунтя для їх майбутньої консолїдації.

Нова концепція назавжди сполучила в один омріяний віртуальний тандем навколишнє середовище й розвиток і змусила соціум визнати себе відповідальним за його подальшу долю. Підтвердженнями дїєвостї цієї їдеї стали як власне факт організації Конференції ООН з питань довкілля й розвитку в Рїо-де-Жанейро у 1992 р., так і її назва. Накреслений нею план дїй — «Порядок денний ХХІ столїття», хоч і мав децьо концептуальний характер, проте був першим кроком міжнародного співтовариства на шляху до гармонїйного розвитку й збалансованого спївїснування із земною біосферою.

Певним підсумком розв'язання глобальних проблем людства став Самїт Тисячолїття в 2000 р., який у своїй Декларації Тисячолїття спробував визначити прїоритетні цїлі з розвитку людства на тривалий їсторичний перїод. Через 10 років після конференції в Рїо людство відчуло гостру потребу оцінити, наскїльки його дїяльність є оптимальною щодо глобальних тенденцій у еволюції системи суспїльство—природа й зробити конкретні практичні кроки для переходу до збалансованого розвитку. Аби надати новий їмпульс реалїзації Порядку денного ХХІ столїття, 26 серпня 2002 р. у Йоганнесбурзі (Пївденна Африка) зїбрався Всесвітній самїт зі стїйкого розвитку. Учасники цієї подїї планетарного значення намагалися вїдповісти на виклики збалансованому розвитку та розробити механїзми й плани дїй і графік їх реалїзації на всїх рївнях земного соціуму.

І нарештї, для гармонїйного розвитку Євро-Азїйського реґїону визначальним став екологічний форум «Довкілля для Європи», що вїдбувся в травнї 2003 р. в Києві.



В

Эй

*Лаше рдзу/и, Колективний Розум людства
Здатен щло0Шти ттастрофК що насувається,..
і зведення оіремтлюдей; окремих розумів ~-
і пробудити Колективний Розум –
Штелекл)\ людства й спрямувати його зусилля
на відвернення лот що невідворотного,*

...Ш р

М. М. Монсеев,
видатний російський
еколог, математик

і, "

#4-

ІЙ2



1

ГЛАВА

ЛЮДСТВО В НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

І спустошенням
стане земля
на мешканців її,
через плід їхніх
учинків.

Старий Заповіт.
Книга
Пророка Михея 7:75

§ 1.1 ^ Еволюція взаємин людини й природи

Ми одержали в спадок невимовно прекрасний і різноманітний сад, але біда наша в тому, що ми погані садівники, які не засвоїли найпростіших правил садівництва. Недбало ставлячися до цього саду, ми робимо це з благодушним самовдоволенням неповнолітнього ідіота, котрий шматує ножицями картину Рембрандта.

Дж. Даррелл,
англійський зоолог, письменник

Розвиток першої глобальної екологічної кризи. З появою на планеті Земля біологічного виду найвищої організації — людини, з її розвитком, розмноженням, міграціями, адаптацією й небаченою активізацією діяльності в біосфері почали розвиватися процеси особливого, антропогенного характеру. Із самого початку поведінка людини в довкіллі стала відрізнятися від поведінки інших вищих істот агресивністю. Людина була не рівноправним співмешканцем у середовищі існування, а підкорювачем, насильником, жадібним споживачем, не здатним до самообмеження.

У далеку давнину, коли кількість людей на Землі була порівняно невеликою, а їхній інтелектуальний і технічний потенціал — дуже слабким, природа практично не відчувала на собі тиску людини: вона легко самоочищувалася й самовідновлювалася. Але минули тисячоліття, народонаселення почало зростати такими темпами, досягло таких адаптацій і поширення на планеті, яких не знала жодна інша популяція, з часом людська діяльність обернулася на могутню силу, здатну впливати на природу не лише в межах окремих районів і континентів, а й на планеті в цілому. Проте свого ставлення до природи, її ресурсів людина за тисячоліття не змінила, і це призвело до виникнення глобальних кризових екологічних ситуацій.

Сотні тисяч років тому, в епохи палеоліту, мезоліту, для людської спільноти характерним було пристосування до природи, велика повага до неї, схиляння перед її силами та явищами. Люди збирали дари природи, виготовляли примітивні знаряддя праці, полювали, рибалили. Пізніше, в період неоліту (8—3-тє тисячоліття до н. е.), зародилися примітивне землеробство, скотарство, почалося виготовлення досконаліших знарядь праці та виробів із кістки, рогу, каменю, дерева, глини (гачки, сітки, пастки, сокири, човни, посуд), будівництво перших жител і святилищ. Людина використовувала лише силу своїх м'язів, її вплив на довкілля був мінімальним і практично не позначався на функціонуванні екосистем суші. На екосистеми Світового океану людина не впливала взагалі.

Першого удару природі люди завдали, почавши інтенсивно розвивати землеробство, особливо коли для підготовки площ під сільськогосподарські угіддя стали випалювати тисячі гектарів лісів (пізній неоліт).

За допомогою вогню люди полювали на диких звірів, завдаючи відчутних збитків природі. А розвиток скотарства супроводжувався виїданням худобою трав'янистих масивів на великих площах аж до їх повної деградації.

Ще на початку неоліту, коли людина винайшла лук, спис та інші ефективні знаряддя вбивства, дуже швидко, можливо, за кілька тисячоліть, майже на всій планеті були винищені мамонти, шаблезубі тигри та інші великі тварини — вичерпалося основне джерело харчування.

Почалася перша глобальна екологічна криза.



1

ГЛАВА

ЛЮДСТВО В НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

І спустошенням
стане земля
на мешканців її,
через плід їхніх
учинків.

Старий Заповіт.
Книга
Пророка Михея 1:13

§

Еволюція взаємин людини й природи

Ми одержали в спадок невимовно прекрасний і різноманітний сад, але біда наша в тому, що ми погані садівники, які не засвоїли найпростіших правил садівництва. Недбало ставлячися до цього саду, ми робимо це з благодушним самовдоволенням неповнолітнього ідіота, котрий шматує ножицями картину Рембрандта.

Дж. Даррелл,
англійський зоолог, письменник

Розвиток першої глобальної екологічної кризи.

З появою на планеті Земля біологічного виду найвищої організації — людини, з її розвитком, розмноженням, міграціями, адаптацією й небаченою активізацією діяльності в біосфері почали розвиватися процеси особливого, антропогенного характеру. Із самого початку поведінка людини в довкіллі стала відрізнятися від поведінки інших вищих істот агресивністю. Людина була не рівноправним співмешканцем у середовищі існування, а підкорювачем, насильником, жадібним споживачем, не здатним до самообмеження.

У далеку давнину, коли кількість людей на Землі була порівняно невеликою, а їхній інтелектуальний і технічний потенціал — дуже слабким, природа практично не відчувала на собі тиску людини: вона легко самоочищувалася й самовідновлювалася. Але минули тисячоліття, народонаселення почало зростати такими темпами, досягло таких адаптацій і поширення на планеті, яких не знала жодна інша популяція, з часом людська діяльність обернулася на могутню силу, здатну впливати на природу не лише в межах окремих районів і континентів, а й на планеті в цілому. Проте свого ставлення до природи, її ресурсів людина за тисячоліття не змінила, і це призвело до виникнення глобальних кризових екологічних ситуацій.

Сотні тисяч років тому, в епохи палеоліту, мезоліту, для людської спільноти характерним було пристосування до природи, велика повага до неї, схиляння перед її силами та явищами. Люди збирали дари природи, виготовляли примітивні знаряддя праці, полювали, рибалили. Пізніше, в період неоліту (8—3-тє тисячоліття до н. е.), зародилися примітивне землеробство, скотарство, почалося виготовлення досконаліших знарядь праці та виробів із кістки, рогу, каменю, дерева, глини (гачки, сітки, пастки, сокири, човни, посуд), будівництво перших жител і святилищ. Людина використовувала лише силу своїх м'язів, її вплив на довкілля був мінімальним і практично не позначався на функціонуванні екосистем суші. На екосистеми Світового океану людина не впливала взагалі.

Першого удару природі люди завдали, почавши інтенсивно розвивати землеробство, особливо коли для підготовки площ під сільськогосподарські угіддя стали випалювати тисячі гектарів лісів (пізній неоліт).

За допомогою вогню люди полювали на диких звірів, завдаючи відчутних збитків природі. А розвиток скотарства супроводжувався виїданням худобою трав'янистих масивів на великих площах аж до їх повної деградації.

Ще на початку неоліту, коли людина винайшла лук, спис та інші ефективні знаряддя вбивства, дуже швидко, можливо, за кілька тисячоліть, майже на всій планеті були винищені мамонти, шаблезубі тигри та інші великі тварини — вичерпалося основне джерело харчування.

Почалася перша глобальна екологічна криза.

- ф Історія свідчить про наявність сумної закономірності: вибухи чисельності популяції виду *Homo sapiens*, що відбувалися періодично у зв'язку з його розселенням на планеті, як правило, супроводжувалися цілковитим винищенням великих трав'янистих тварин і птахів.
- # 100—40 тис. років тому в Євразії зникли мамонти, лісові слони (5 видів), бегемоти, носороги (лісовий і шерстистий), гігантські олені, гігантські лані, шаблезубі тигри, печерні леви й ведмеді, гігантські нелітаючі лебеді та інші тварини.
- # У XII—XI ст. до н. е. у Північній Америці, а в IX—V ст. до н. е. в Центральній та Південній Америці зникли гігантські лінивці (2 види), слони, гігантські лами, броненосці, бізони, леви, печерні ведмеді, гігантські птахи (таратони, лелеки, індіки), гігантські черепахи (масою 300—400 кг).

Та освоївши землеробство й приручивши тварин (розвиток скотарства), люди створили собі нову екологічну нішу. **Це була неолітична революція свідомості й буття людства:** населення земної кулі скоротилось у 8—10 разів, стали швидко розвиватися сільське господарство, тваринництво, а потім — почалися інтенсивне використання мінеральних та енергетичних ресурсів літосфери, розвиток промисловості.

Розвиток другої глобальної екологічної кризи. З розвитком землеробства й скотарства пов'язані перші локальні й регіональні екологічні кризи, спричинені різкою зміною мікроклімату, складу й стану флори, фауни, ґрунтів, зменшенням природних біологічних ресурсів. Приклад цього — пустелі Північної й Центральної Африки, Близького Сходу, центральної частини Північної Америки, що утворилися під впливом діяльності людини лише кілька тисяч років тому.

Наступний етап збільшення тиску людини на природу пов'язаний із розвитком промисловості в XV—XVIII ст., коли кількість населення перевищила 500 млн чоловік і були досягнуті значні успіхи в будівництві, техніці, хімії, почалося вивчення й освоєння Світового океану.

Концентрування великої кількості людей у перших містах супроводжувалось активним винищенням лісів навколо них (деревина йшла на будівництво, опалення, випалювання цегли, виготовлення меблів і знарядь праці, транспортних засобів тощо), спустошенням луків, пасовиськ, виснаженням сільськогосподарських угідь. Міста поступово ставали районами екологічних

напружень, а процес урбанізації обернувся на негативний екологічний фактор.

Від кінця XVIII і до першої половини XX ст., в період бурхливого розвитку фізики, хімії, техніки, винайдення парового й електричного двигунів, освоєння атомної енергії, розвитку авіації, коли кількість населення перевищила 3,5 млрд чоловік, негативні екологічні процеси почали набувати глобального характеру, хоча ще не досягли масштабів кризи. Особливості ставлення людини до природи в цей період полягали в активному «підкоренні» її, в боротьбі з нею, хижацькому споживанні всіх її ресурсів з упевненістю в тому, що вони невичерпні.

Останні 35—40 років XX ст. — це був період атомної енергетики й комп'ютеризації, на який припадав **активний розвиток другої глобальної екологічної кризи**. Вона проявлялась у перевиснаженні природних ресурсів, часом — у вичерпанні їх, у переизбрудненні довкілля, деградації біосфери, до чого призвели суперіндустріалізація, суперхімізація, супермілітаризація та суперспоживання.

Важлива особливість сучасного періоду — поява спочатку окремих учених і «друзів природи», потім — колективів учених і багатьох громадських «зелених» організацій і рухів у всьому світі (лише в Україні в 2002 р. офіційно зареєстровано понад 450), які, усвідомивши значення природи для життя людини, необхідність зберігати її, раціонально використовувати й відновлювати, визначивши безпосередню залежність між добробутом людей, їхнім здоров'ям та різноманітністю природи, почали активну боротьбу за збереження й охорону довкілля. Зміцнюється міжнародне співробітництво в галузі охорони природи, укладено важливі екологічні угоди, більшість держав прийняли природоохоронні закони, широко розвивається екологічна освіта.

Для того щоб жити в нашому спільному домі, ми повинні виробити не лише деякі загальні правила поведінки — правила співжиття, а й стратегію свого розвитку... Правила співжиття мають здебільшого локальний характер, де все вирішується культурою населення, технологічною й, головне, екологічною грамотністю й дисципліною місцевих чиновників (зобов'язаних дотримуватися сформованої новою наукою екологією нової системи заборон у сфері взаємовідносин людини й природи, нових законів про охорону природи й людини)... Аби виробити загальнолюдську, планетарну стратегію — мало самої тільки культури та екологічної освіченості, мало й дій грамотного (що буває надзвичайно рідко) уряду. Постає необхідність створення загальнолюдської стратегії, що охоплює буквально всі грані

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

життєдіяльності людей (нові системи промислових ресурсозберігаючих і безвідходних технологій, сільськогосподарських, що вдосконалюють обробіток ґрунтів, застосування добрив, культивування рослин із великим коефіцієнтом корисного використання сонячної енергії)... Необхідно, нарівні з регламентацією, створювати нові біогеохімічні цикли, тобто новий кругообіг речовин... Вирішення подібних проблем посильне лише людству в цілому. А це вимагатиме змін усієї організації планетарного суспільства, формування нової цивілізації, перебудови найголовнішого — тих систем цінностей, які встановлювалися віками!

М. М. Мойсєєв

Незважаючи на певні досягнення в природоохоронній діяльності в окремих країнах (Німеччина, США, Велика Британія, Китай, Японія, Нідерланди), на зростання занепокоєності людей станом природи своїх регіонів та біосфери в цілому, сьогодення характеризується поглибленням глобальної екологічної кризи, надзвичайно низьким рівнем екологічної освіти й свідомості більшості населення, дальшим нарощуванням промислових та сільськогосподарських потужностей, нещадною експлуатацією всіх видів природних ресурсів, збільшенням забруднень геосфер і накопиченням шкідливих відходів.

Екологічна криза другої половини ХХ ст. в історії людства була найбільш глибокою й трагічною, і подолати її надзвичайно важко. Відбувається процес її активізації, що призводить до значних міграцій народів, провокує війни, інші соціальні потрясіння локального, регіонального й навіть глобального масштабу, передусім через дефіцит прісної питної води й енергоресурсів.

§ 1, 2 ^ Основні фактори деградації довкілля

Кінець ХХ століття поставив людство й біосферу в зовсім нові умови існування, для яких традиційні стандарти життя навряд чи стануть придатними.

М. М. Мойсєєв

Початок ХХІ ст. — теж надзвичайно складний, вирішальний період в історії людства — період небаченого досі, загрозливого для існування цивілізації посилення низки **негативних факторів**, до яких передовсім належать:

занепад людської моралі; зростання бідності, злочинності; підвищення агресивності; поширення хвороб (особливо СНІДу й злякисних пухлин); деградація природи; загострення до критичного рівня конфлікту між техносферою та біосферою.

Занепокоєні ситуацією, що склалася на планеті останніми десятиліттями, провідні вчені, мислителі й політичні діячі більшості країн світу докладають величезних зусиль, аби знайти вихід із неї:

- вивчаються причини, динаміка й особливості розвитку зазначених негативних факторів та виявляються закономірності формування складних взаємозв'язків між ними;
- моделюються численні сценарії різноманітних природних і антропогенних процесів;
- складаються прогнози й розробляються рекомендації щодо подальшого збалансованого еколого-економічного розвитку суспільства й біосфери в цілому;
- детальніше досліджуються особливості функціонування екосистем усіх рівнів в умовах зростання забруднень;
- виявляються нові закономірності у взаємовідносинах людини й природи;
- укладаються нові міжнародні угоди в галузі охорони біосфери та її складових.

Безперечно, вирішальна роль у розвитку суспільства майбутнього й гармонізації відносин між людиною й природою належить сучасній молоді. Тому вкрай необхідним для неї є підвищення рівня екологічної освіти, осмислення можливих шляхів розвитку суспільства й природи у ХХІ ст., засвоєння складних, але надзвичайно важливих екологічних законів, принципів функціонування екосистем і біосфери, життєствердних зв'язків людства зі світом, що оточує його.

Спеціалісти Організації Об'єднаних Націй (ООН), учені - екологи відомих міжнародних і національних природоохоронних організацій, члени славнозвісного Римського клубу на підставі наукового аналізу матеріалів про особливості й тенденції демографічного, соціально-економічного розвитку суспільства й наслідків науково-технічної революції, даних про стан і перспективи використання природних ресурсів, а також про стан і динаміку забруднень геосфер і стан біосфери зробили дуже невтішні висновки.

Погіршення стану більшості екосистем біосфери, істотне зменшення біологічності й біорізноманітності, катастрофічне виснаження ґрунтів і мінеральних ресурсів, небачена забрудненість поверхні Землі, гідросфери й атмосфери пов'язані з інтенсивним зростанням чисельності населення планети та розвитком науково-технічного прогресу протягом останніх 50 років. Саме необхідність задоволення дедалі більших потреб людського суспільства призвела до гігантського розширення масштабів господарської діяльності, змін у пропорціях світового господарства, у виробничих потужностях* техніці й технологіях, асортименті продукції, виробничому й особистому споживанні. Моделі виробництва й споживання, що склалися в світі, перестали відповідати умовам нормального співіснування людини й природи.

До розвитку глобальної екологічної й тісно пов'язаної з нею соціально-економічної кризи, які сьогодні загрожують існуванню нашої цивілізації, призвели, образно кажучи, два «**вибухи**» — **демографічний**, тобто різке зростання чисельності заселення Землі за останнє століття, й **промислово-енергетичний**, а також спричинені ними *катастрофічні ресурсопоглинання й продукування відходів*.

Розгляньмо ці та інші фактори докладніше, а також спробуймо визначити зв'язки між ними, бо це допоможе зрозуміти, як взаємозалежать людина й природа, яким має бути ставлення людської спільноти до довкілля, як слід відрегулювати виробництво й споживання енергії та речовин.

Г- Демографічний фактор. За даними американського експерта Р. Макнамари, протягом багатьох тисячоліть кількість населення на планеті збільшувалася зі швидкістю руху равлика: понад мільйон років знадобилося, щоб до 1800 р. вона досягла 1 млрд чоловік. Однак далі темп почав різко зростати: наступний мільярд додався вже за 130 років, третій — за 30, четвертий — за 15 і п'ятий — усього за 12 років!

За висновками експертів, некероване зростання населення планети — головна причина розвитку глобальної екологічної кризи, яка спричинила решту криз (виснаження ресурсів, забруднення геосфер, негативні кліматичні зміни тощо).

У 1750 р. чисельність населення Землі становила близько 500 млн чоловік; протягом наступних 200 років вона збільшила-

ся вдвоє, ще раз удвоє зросла вже за 80 наступних років, у 1975 р. досягла 4 млрд чоловік, а в 2002 р. перевищила 6 млрд.

ш Чисельність населення Землі нині вже така, що якби людей рівномірно розподілити на поверхні планети, то відстань між ними дорівнювала б лише 300 м.

Щохвилини населення нашої планети збільшується на 172 людини. Це означає: щотижня до населення Землі додається 1,7 млн чоловік — стільки, скільки зараз проживає в таких містах України, як Запоріжжя, Житомир і Вінниця разом узятих.

За прогнозами, в найближчому майбутньому чисельність населення зростатиме приблизно на три особи щосекунди, тобто на 90—100 млн на рік, а в першій половині ХХІ ст. досягне 7—8 млрд. При цьому приріст населення відбуватиметься за рахунок країн, що розвиваються (88 %). Учені-демографи вважають, що до 2100 р. чисельність населення Землі має стабілізуватися десь на рівні 9—13 млрд чоловік (рис. 1.1).

Спеціальні дослідження показують, що для підтримання нормального існування такої кількості людей природних ресурсів Землі й можливостей біосфери буде абсолютно недостатньо. Навіть якщо кількість населення становитиме 7—8 млрд чоловік, на планеті відбуватимуться масові вимирання людей від голоду, поширюватимуться епідемії, хвороби, спалахуватимуть війни через нестачу прісної води.

Окрім того, зростання чисельності населення супроводжується аномальним територіальним розподілом його за рахунок гіперурбанізації й формування мегаполісів із 15—25 млн мешканців. За прогнозами експертів ООН, на початку третього тисячоліття з 60 світових міст-гігантів 50 будуть розташовані в країнах, що розвиваються. На думку фахівців, найбільшими містами стануть Мехіко, Токіо, Сан-Паулу, Калькутта й Бомбей. Близько третини людства сьогодні проживає в містах із населенням 1 млн чоловік і більше. В країнах, які розвиваються, щороку в міста переселяються близько 80 млн чоловік. Саме міста-гіганти стали найбільшими та найнебезпечнішими забруднювачами довкілля й згубниками природи, її «раковими пухлинами». Для них характерним є переабруднення й активізація деградації природи на великих прилеглих площах; крім того, ускладнюється контроль над соціальною й економічною сферами, станом

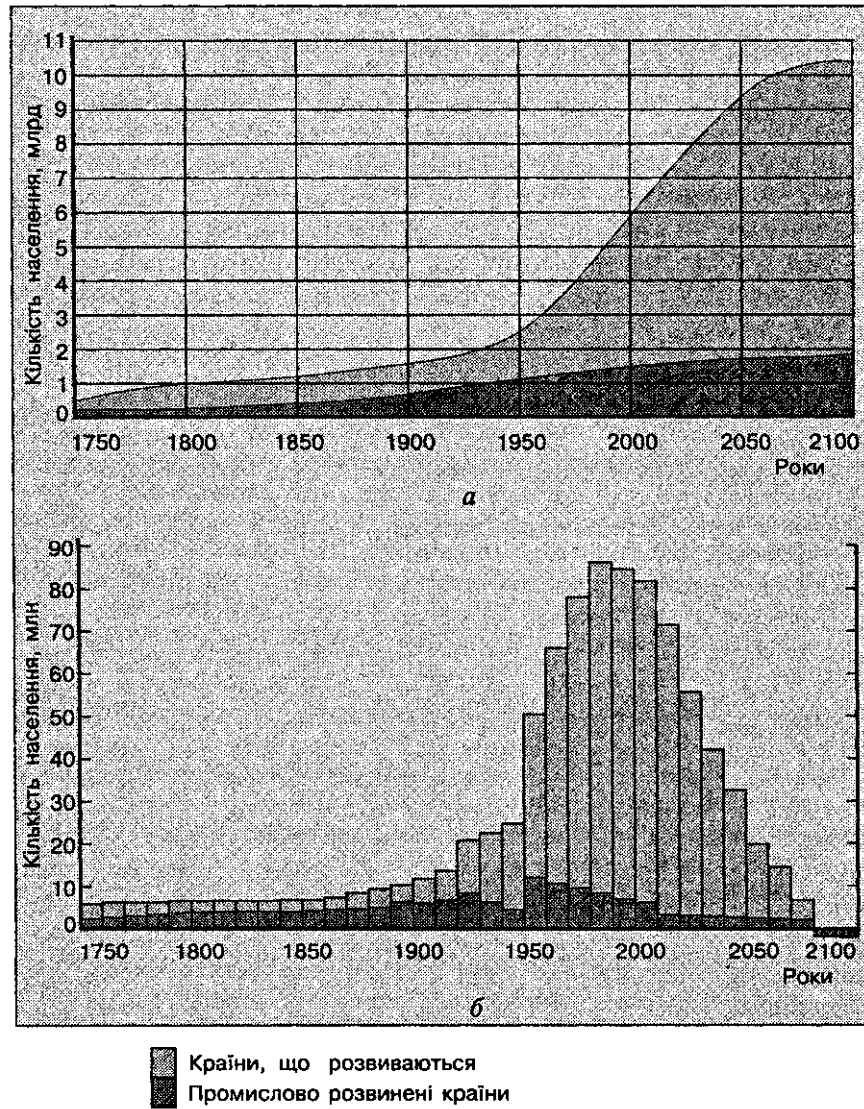


Рис. 1.1
Абсолютне зростання населення Землі (а)
та приріст його за десятиліттями (б)

довкілля, транспортом, водопостачанням, забезпеченням житлом, безпекою й т. д., а також управління ними.

Демографи передбачають, що до 2050 р. близько 50 % населення планети мешкатиме в містах.

Добробут суспільства безпосередньо залежить від кількості населення, рівня розвитку господарства й стану довкілля. Всі ці фактори тісно пов'язані між собою, і зміна одного з них не може не вплинути на інші. Важко точно визначити, що таке добробут людини, однак найважливішими його складовими прийнято вважати здоров'я та матеріальну забезпеченість. Неспростовним фактом для всіх є те, що наш добробут (а відтак, і здоров'я) цілком залежить від стану природного середовища, в якому ми живемо, від якості повітря, води та їжі, котрі ми споживаємо, від здатності природи самоочищуватися й самовідновлюватися. Тому гарантія нашого добробуту й добробуту наших нащадків — збереження чистого довкілля, біосфери, що нормально функціонує.

Промислово-енергетичний фактор. Учені підраховали, що сучасна біосфера Землі здатна підтримувати нормальне існування й розвиток не більш як 4–5 млрд чоловік, до того ж за умов оптимального розподілу національних доходів, взаємодопомоги, підтримки та взаєморозуміння всіх націй, їхньої високої екологічної культури, ефективного використання загальнолюдського інтелекту для забезпечення добробуту всіх людей планети, глобального миру, раціонального природокористування й охорони природи. Навіть за стабілізації енерговиробництва на рівні теплового бар'єру (**100** млрд кВт) чисельність населення має не перевищувати 10 млрд чоловік (необхідна для життя кількість енергії на душу населення становить близько 10 кВт • год).

Останніми ж десятиліттями цих умов не дотримують, що спричинює розвиток глобальної енергетичної й екологічної кризи, появу нових страшних захворювань (СНІД, пропасниця Ебола, нові різновиди грипу, «коров'ячий сказ» тощо), частішого епідемії різних захворювань, спалахування воєн, виникнення страшних аварій, природних і техногенних катастроф. Дедалі більше регіонів планети стають зонами екологічного лиха: Україна, Приазов'я, Чорне, Балтійське та Японське моря, Урал, Арал і Приаралля, Чечня, Перська й Мексиканська затоки, Кузбас, Тюменські нафтопромислові райони, Нова Земля, Сахель, Ефіопія, Афганістан, Югославія, райони всіх міст-гігантів та ін.

Нерегульований приріст населення, котрий призвів до розширення енерговиробництва й як наслідок — до активного забруднення природи, випадання кислотних дощів, утворення озонових «дір», парникового ефекту, появи й поширення хвороб, зубожіння більшості населення планети, став причиною також того, що сьогодні у світі близько 10 млн дітей приречені до напівголодного існування, майже 200 млн — харчуються неповноцінно, споживаючи при цьому недоброякісні продукти й воду.

Мільярд найбідніших на планеті мають найбільшу кількість дітей і поповнюють легіони жебраків та хворих. У боротьбі за виживання вони змушені вирубувати залишки лісів, винищувати диких тварин, рибу, птахів, вибирати до решти цінні природні ресурси, не дбаючи про їх збереження чи відтворення. А водночас мільярд найбагатших у світі споживає більшу частину природних ресурсів, грішить небаченим марнотратством і виробляє левову частку відходів. Так, європейські екологи підраховали, що США випалили над собою практично весь кисень і підтримують енергетичні процеси за рахунок «підсмоктування» його із суміжних регіонів. При 6 % світового населення ця країна споживає близько 40 % природних ресурсів Землі й дає приблизно 60 % усіх забруднень на планеті.

Сьогодні енергетичні об'єкти, промисловість і транспорт споживають стільки кисню, скільки його вистачило б для дихання 43 млрд людей.

Якщо людство витратить воду такими самими прискорюваними темпами, як і до цього часу, то до 2100 р. запаси прісної води остаточно вичерпаються.

Вивчення динаміки споживання людством мінеральних ресурсів показало, що *десь через 200—250 років на Землі скінчаться запаси нафти, вугілля, горючих сланців і торфу*. В разі збереження сучасних промислових та енергетичних технологій приблизно за цей самий період буде вичерпано до 2/3 запасів кисню в атмосфері планети за одночасного неухильного зниження темпів його відтворення зеленими рослинами (внаслідок деградації біосфери, зменшення площі лісів, біорізноманітності, біомаси й біопродуктивності взагалі).

Нині середня тривалість життя в США, Канаді, Японії, Західній Європі становить 73—75 років, і лише 9 дітей із 1000 помирають у віці до 5 років. *Водночас середня тривалість життя в Латинській Америці, Південній Азії та Африці становить відповідно*

65, 57, 52 роки, а у віці до 5 років помирають 80—95 дітей на 1000 чоловік, у зонах екологічного лиха (Приаралля, Ефіопія) — 150 і більше дітей на 1000 чоловік.

За матеріалами ООН, близько 250 млн чоловік уживають питну воду низької якості. При цьому середньостатистичний мешканець Північної Америки споживає води в 70—75 разів більше, ніж житель Центральної Америки чи Аравійського півострова, а 70 % усїєї прїсної води, що споживається у світі, йде на зрошення, хоча майже половина її втрачається, не досягаючи кореневої системи рослин.

Ресурсопоглинання й продукування відходів. За останні 100 років людство в 100 разів збільшило швидкість свого переміщення в просторі, в 1000 разів — використання енергетичних ресурсів, у 7 млн разів — військову могутність, у сотні мільйонів разів — швидкості зв'язку, обміну інформацією й розв'язання різних наукових і практичних задач за допомогою електронно-обчислювальної техніки. Водночас людство виробляє відходів у 2000 разів більше, ніж решта біосфери.

Світова промисловість нині виробляє в 7—100 разів більше товарів і видобуває в 3—4 рази (за масою) більше корисних копалин, ніж 25—30 років тому. Для задоволення своїх потреб, що дедалі зростають, і підвищення комфортності існування людина до надзвичайно високого рівня розвинула енергетику, хімічну, нафтопереробну, гірничу, металургійну й легку промисловість, машинобудування, транспорт, засоби зв'язку. Щороку людство видобуває з надр Землі понад 3,5 млрд т вугілля, щодня використовує приблизно 10 млн т нафти та її продуктів. Його вплив сягнув найвіддаленіших куточків земної кулі й навіть поширився на ближній Космос і планети Сонячної системи.

Сьогодні на всі живі істоти біосфери негативно діють понад 50 тис. хімічних речовин, які використовує людина. Щороку в світі синтезується близько 250 тис. нових хімічних сполук, 1,5 тис. шкідливих речовин отруюють атмосферу, приблизно 10 тис. — воду й ґрунти. Більшість із цих синтетичних речовин (особливо нові), як і деякі відходи, що продукуються людиною, не переробляються природою, оскільки є «чужими» в процесі життєдіяльності екосистем, а нагромаджуються, отруюючи довкілля.

Понад 500 млн автомобілів щороку викидають в атмосферу Землі майже 400 млн т оксидів вуглецю, 100 млн т вуглеводнів,

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

сотні тисяч тонн свинцю. Промислові підприємства, теплові електростанції, авто- й авіатранспорт щорічно спалюють більш як 5 млрд т нафти, вугілля й приблизно трильйон кубометрів газу. А у водойми світу щороку скидається близько 500 млрд т промислових і побутових стоків, у тому числі кілька мільйонів тонн нафти. Адже ж одного літра нафти достатньо, щоб зробити непридатною (для пиття, зрошення, технічних потреб) 1 млн л води.

Щорічно світова промисловість виробляє близько 2100 млн т твердих відходів, із них 340 млн т — потенційно небезпечні. Спеціалісти підраховали, що на початок XXI ст. буде нагромаджено принаймні 1 млн м² найнебезпечніших відходів — високорадіоактивних. Однією з найгостріших екологічних проблем людства в найближчі десятиліття залишається необхідність демонтажу сотень блоків АЕС, які відпрацювали свій ресурс, транспортування й безпечне поховання твердих і рідких радіоактивних відходів.

I? Зменшення біорізноманітності. Вчені стверджують, що протягом найближчих 20—30 років через техногенні зміни в навколишньому середовищі світ може втратити більш як 1 млн видів рослин і тварин. Швидкість вимирання видів сьогодні в 1000 разів перевищує природну. Близько 10 % видів рослин зони помірного клімату та 11 % видів птахів світу опинилися під загрозою зникнення. Така сама доля в найближчому майбутньому чигає на 130 тис. видів тропічної зони.

Адже добре відомо, що одна з умов ефективного існування, виживання, пристосування до змін будь-якої екосистеми — наявність певної кількості видів живих організмів у ній, котрі еволюційно добре пристосувалися до існування й активно функціонують, взаємодіючи один з одним у процесах обміну речовиною, енергією, інформацією. Інакше кажучи, біологічна різноманітність — це запорука стійкості, витривалості як окремих екосистем, так і біосфери в цілому. Екологічні взаємодії різних видів живих істот із довкіллям формують екосистеми, від стану яких залежить життя людей. Зменшення біорізноманітності — це серйозна втрата біосфери, одна з головних екологічних проблем сьогодення.

й Спустелювання. За даними ООН, понад 900 млн чоловік проживають у посушливих зонах нашої планети, землі яких потерпають від спустелювання. Щорічні збитки через спустелю-

шоння становлять щонайменше 42 млрд доларів, у тому числі для Мії — 21 млрд, Африки — 9, для Північної Америки й Австралії — по 3 млрд, для Європи — / млрд доларів. Близько 100 держав, землі яких схильні до цього згубного явища, належать до найнеблагополучніших з погляду і інших екологічних проблем, найсерйозніші з яких мають глобальний характер. Із цих країн 81 належить до тих, що розвиваються, тобто мають іще слабкий економічний потенціал, потерпають від голоду, злиднів, хвороб, де рівень науки й освіти дуже низький. Тут екологічні проблеми тісно пов'язані з соціально-економічними й призводять до політичних збурень, революцій, воєн, що, знову ж таки, закінчується екологічними катастрофами.

- Щорічний приріст населення планети наближається до 100 млн чоловік.
- Загальна чисельність населення міст-гігантів (Мехіко, Токіо, Нью-Йорк, Сеул, Сан-Паулу, Москва) перевищила 100 млн чоловік і неконтрольовано збільшується.
- Кількість людей, які мають потребу в чистій воді, досягла 1,5 млрд і продовжує зростати.
- Середньостатистичний європеєць витрачає 500 л прісної води за добу, а мешканець Центральної Африки — 8 л; дефіцит прісної води стає дедалі гострішим у всьому світі.
- Кількість людей, що голодують, на планеті в 1970 р. становила 460 млн, у 1990 р. — 550 млн, а на початку XXI ст. — 650 млн чоловік.
- Традиційне землеробство нині може прогодувати лише близько 3 млрд чоловік.
- Масштаби знищення людиною тропічних лісів, у яких живе 50 % усіх тварин на планеті й росте 50 % усіх рослин, стали загрозливими (особливо в Бразилії та Індії), а кількість людей, існування яких залежить від тропічних лісів, становить 200 млн.
- Сьогодні на Землі під загрозою знищення опинилося близько 25 тис. видів рослин, 72 млн га тропічних лісів.
- Щодня на планеті зникає від одного до десяти видів тварин, щотижня — мінімум один вид рослин.
- Сьогодні в Африці кількість великих ссавців становить лише 10 % тієї, що була там 100 років тому. Ще 30 років тому на цьому континенті жили 100 тис. носорогів, а нині — менше ніж 4 тис.
- Щороку понад 6 млн га земель перетворюються на пустелі.

Ж Урбанізація. Як бачимо, глобальні негативні біологічні й кліматичні зміни (спустелювання, деградація ґрунтів, біосфери, зменшення біорізноманітності, почастищення кислотних дощів, розвиток парникового ефекту й збільшення розмірів озонових «дір» в атмосфері) відбуваються через неконтрольовану, не узгоджену із Законами Життя й Природи діяльність людини. І чим активніша ця діяльність, тим сильніша зворотна реакція Природи, яка помщається на людях, відповідаючи ударом на удар, за їхнє бездушне, безжалісне втручання у віками налагоджені ритми й режими життя. Яскравий приклад цього — регіони великих міст, промислових та енергетичних центрів практично в усьому світі, де за комфорт люди розплачуються хворобами, стресами, неповноцінними дітьми, скороченням тривалості життя, виродженням.

Взяти хоча б Москву та Київ — сучасні міста-гіганти, одні з найбільших у світі. Їхні мешканці користуються такими благами, як комфортабельні квартири, театри, музеї, наукові центри, престижні вищі навчальні заклади, школи, розкішні магазини, метро, автобуси, аеропорти тощо. Життя тут насичене, різноманітне, цікаве, є великі можливості для самореалізації. Однак за тепло й затишок, за світло й газ, за зручний транспорт і зв'язок, за розваги й задоволення люди платять своїм здоров'ям.

У цих містах, що розрослися вшир і ввись, поглинувши зелені передмістя, околишні ліси й паркові зони, повітря сьогодні в десятки й сотні разів брудніше, ніж у віддалених селах. Навіть у «найчистіших» районах Москви й Києва вміст у повітрі газів, пилу, парів бензину, а також шумове й електромагнітне забруднення в 1,5—2,5 рази перевищують гранично допустимі, а в екологічно напружених районах, де зосереджено об'єкти енергетики й промисловості, розташовано великі транспортні артерії та вузли, аеропорти й вокзали, концентрація шкідливих речовин у 10—15, іноді в 20—30 разів перевищує гранично допустиму (ГДК). Як у Москві-ріці, так і в Дніпрі, перевищення ГДК всіляких забруднювальних речовин (передусім — важких металів) дво—шестикратне, в річці Либідь — набагато більше. Далека від ідеальної й часто не відповідає нормам питна вода у водопровідних мережах. Останні рекреаційні території і в містах, і на їхніх околицях зараз незаконно захоплюються під будівництво розкішних приватних котеджів, вирубуються дерева, засмічується будівель-

НИМИ відходами місцевість. У водосховищні зони й безпосередньо **1** Москву-ріку та в Дніпро потрапляють каналізаційні стоки.

Сьогодні десятимільйонна Москва стала одним із найзаселеніших міст світу, вулицями якого щодня мчать понад 2 млн автомобілів (у Києві — близько 500 тис.) — більше, ніж у Лондоні **МИ** н Парижі.

*Через негативний вплив комплексу техногенних факторів (у тому числі шумових і фізичних полів) на мешканців Москви та Кисва тривалість їхнього життя за останні 30 років скоротилася **III** середньому на 5—6 років, смертність збільшилася в 1,5—2 рази, захворюваність (особливо дітей) підвищилася в кілька разів. Порівняно з Європою смертність дітей у цих містах на сьогодні вища в 3 рази, а середня тривалість життя чоловіків (57—58 років) — менша на 15—16 років. Окрім того, в дітей шкільного віку спостерігають зниження коефіцієнта інтелектуальності.*

III Загибель водних екосистем. Величезна кількість отруйних речовин, що накопичуються навколо міст, промислових центрів і перенасичених хімічними добривами й пестицидами сільськогосподарських угідь, виноситься поверхневими та ґрунтовими водами в річки, а звідти — в моря й океани. До них додаються забруднювачі, що переносяться вітром, нафтопродукти від аварій танкерів та від роботи нафтопромислів, побутові стоки міст і селищ, розташованих на узбережжях.

Підприємства хімічної промисловості, а також ті, що виробляють добрива, щороку скидають у річки й водойми України близько 50 млн т агресивних речовин, у яких містяться, зокрема, фенол, фтор, пестициди, формальдегід.

Природа довго «терпіла», але всьому є межа: в більшості узбережних зон Європи, Америки, Африки, Азії, навіть Австралії, де не так давно в чистих водах вирувало життя, водилося багато видів риб, буяли різноманітні водорості, жили мідії, корали, бентосні організми й планктон, сьогодні кількість їх зменшилася в декілька разів, почастишали явища Ель Ніньє («червоні припливи»), «цвітіння» та «гниття» води, формуються «мертві зони» від нестачі кисню й нагромадження решток, що гниють. Підвищилася захворюваність мешканців узбереж, збільшилася кількість епідемій. Почастішали смертельні випадки, пов'язані з уживанням отруєної шкідливими речовинами риби (хвороба Мінамата в Японії, загибель норвезьких і шведських рибалок).

% Урбанізація. Як бачимо, глобальні негативні біологічні й кліматичні зміни (спустелювання, деградація ґрунтів, біосфери, зменшення біорізноманітності, почастищення кислотних дощів, розвиток парникового ефекту й збільшення розмірів озонових «дір» в атмосфері) відбуваються через неконтрольовану, не узгоджену із Законами Життя й Природи діяльність людини. І чим активніша ця діяльність, тим сильніша зворотна реакція Природи, яка помщається на людях, відповідаючи ударом на удар, за їхнє бездушне, безжалісне втручання у віками налагоджені ритми й режими життя. Яскравий приклад цього — регіони великих міст, промислових та енергетичних центрів практично в усьому світі, де за комфорт люди розплачуються хворобами, стресами, неповноцінними дітьми, скороченням тривалості життя, виродженням.

Взяти хоча б Москву та Київ — сучасні міста-гіганти, одні з найбільших у світі. Їхні мешканці користуються такими благами, як комфортабельні квартири, театри, музеї, наукові центри, престижні вищі навчальні заклади, школи, розкішні магазини, метро, автобуси, аеропорти тощо. Життя тут насичене, різноманітне, цікаве, є великі можливості для самореалізації. Однак за тепло й затишок, за світло й газ, за зручний транспорт і зв'язок, за розваги й задоволення люди платять своїм здоров'ям.

У цих містах, що розрослися вшир і ввись, поглинувши зелені передмістя, околишні ліси й паркові зони, повітря сьогодні в десятки й сотні разів брудніше, ніж у віддалених селах. Навіть у «найчистіших» районах Москви й Києва вміст у повітрі газів, пилу, парів бензину, а також шумове й електромагнітне забруднення в 1,5—2,5 рази перевищують гранично допустимі, а в екологічно напружених районах, де зосереджено об'єкти енергетики й промисловості, розташовано великі транспортні артерії та вузли, аеропорти й вокзали, концентрація шкідливих речовин у 10—15, іноді в 20—30 разів перевищує гранично допустиму (ГДК). Як у Москві-ріці, так і в Дніпрі, перевищення ГДК всіляких забруднювальних речовин (передусім — важких металів) дво—шестикратне, в річці Либідь — набагато більше. Далека від ідеальної й часто не відповідає нормам питна вода у водопровідних мережах. Останні рекреаційні території і в містах, і на їхніх околицях зараз незаконно захоплюються під будівництво розкішних приватних котеджів, вирубуються дерева, засмічується будівель-

НИМИ відходами місцевість. У водосховищні зони й безпосередньо **В** Москву-ріку та в Дніпро потрапляють каналізаційні стоки.

Сьогодні десятимільйонна Москва стала одним із найзаселеніших міст світу, вулицями якого щодня мчать понад 2 млн автомобілів (у Києві — близько 500 тис.) — більше, ніж у Лондоні **ми** в Парижі.

*Через негативний вплив комплексу техногенних факторів (у тому числі шумових і фізичних полів) на мешканців Москви та Києва тривалість їхнього життя за останні 30 років скоротилася і середньому на 5–6 років, смертність збільшилася в 1,5–2 рази, захворюваність (особливо дітей) підвищилася в кілька разів. Порівняно з Європою смертність дітей у цих містах на сьогодні *Щица* в 3 рази, а середня тривалість життя чоловіків (57–58 років) — менша на 15–16 років. Окрім того, в дітей шкільного віку спостерігають зниження коефіцієнта інтелектуальності.*

III Загибель водних екосистем. Величезна кількість отруйних речовин, що накопичуються навколо міст, промислових центрів і перенасичених хімічними добривами й пестицидами сільськогосподарських угідь, виноситься поверхневими та ґрунтовими водами в річки, а звідти — в моря й океани. До них додаються забруднювачі, що переносяться вітром, нафтопродукти від аварій танкерів та від роботи нафтопромислів, побутові стоки міст і селищ, розташованих на узбережжях.

Підприємства хімічної промисловості, а також ті, що виробляють добрива, щороку скидають у річки й водойми України близько 50 млн т агресивних речовин, у яких містяться, зокрема, фенол, фтор, пестициди, формальдегід.

Природа довго «терпіла», але всьому є межа: в більшості узбережних зон Європи, Америки, Африки, Азії, навіть Австралії, де не так давно в чистих водах вирувало життя, водилося багато видів риби, буяли різноманітні водорості, жили мідії, корали, бентосні організми й планктон, сьогодні кількість їх зменшилася в декілька разів, почастишали явища Ель Ніньє («червоні припливи»), «цвітіння» та «гниття» води, формуються «мертві зони» від нестачі кисню й нагромадження решток, що гниють. Підвищилася захворюваність мешканців узбереж, збільшилася кількість епідемій. Почастішали смертельні випадки, пов'язані з уживанням отруєної шкідливими речовинами риби (хвороба Мінамата в Японії, загибель норвезьких і шведських рибалок).

Почала різко знижуватися біопродуктивність колись найбільших рибних районів, зменшився промисел, настали важкі часи для риболовецького флоту. Нещодавно в Мексиканській затоці біля гирла річки Міссісіпі, яка виносить великий об'єм дуже забруднених вод, утворилася величезна «мертва зона» (площею понад 4 тис. км²). Дедалі частіше такі зони утворюються в гирлах Дунаю, Дніпра, Дністра, Південного Бугу. Вже багато років «цвітуть» наші Дніпровські водосховища, в яких триває накопичення забруднювачів, а біомаса стає дедалі меншою, життєстійкість і продуктивність водяних організмів знижуються.

Хижацький промисел риби у Світовому океані та внутрішніх морях (без урахування можливостей самовідтворення) протягом останніх 25–30 років призвів до катастрофічного зменшення рибних запасів у всьому світі, до повного зникнення деяких найцінніших видів риб. А в озерах Північної Америки й Скандинавії риба періодично гине через підвищення кислотності води (випадають кислотні дощі, принесені з промислових районів Великої Британії та Північної Європи). Бувало, що кислотність у 10 разів і більше перевищувала норму, і тоді гинули не лише риба, а й ліс. Ця проблема вже постала в Бразилії, Китаї, Індії, Венесуелі, Замбії, у Росії і в нас в Україні.

Р Деградація ґрунтів. Останнім часом багато проблем у людства виникло також у зв'язку з безжалісною експлуатацією земельних угідь. У всьому світі швидкими темпами відбуваються деградація й ерозія ґрунтів. Як відомо, для утворення шару родючого ґрунту потрібні тисячі, навіть мільйони (залежно від клімату й складу материнської породи) років. А сучасна людина здатна зруйнувати ґрунт за 1–2 роки. Підраховано: щорічно з оброблюваних земель виноситься понад 25 млрд т корисних речовин. За оцінкою Міжнародного ґрунтового центру (Нідерланди), *в результаті діяльності людини вже деградувало більш як 15 % усієї площі світової суші, причому близько 6 % земель знищено водною ерозією, 28 % — вітровою, 12 % — засолено через неправильне зрошення, близько 5 % виведено з обороту внаслідок перехімізації та фізичної деструкції* (витоптування худобою, розробка кар'єрів, екстенсивне переорювання та ін.). Таким чином людина сама себе позбавила багатьох мільйонів гектарів землі-годувальниці.

Щороку землі України втрачають 24 млн т гумусу (перегною), що визначає родючість ґрунтів.

Через те що ґрунти стали неродючими, активізувалося спустелювання й триває вирубування лісів, лише в 21 державі Африки в 1984—1985 рр. потерпіло близько 30 млн чоловік, 10 млн людей змушені були змінити місце свого проживання, ставши «екологічними» біженцями.

Я Забруднення атмосфери. Величезну тривогу в світі викликає нсрезабруднення атмосфери шкідливими газами, що призводить до збільшення площ озонових «дір» та активізації розвитку парникового ефекту на планеті. Перше явище спричинило зниження захисної дії озонового шару від сонячного ультрафіолетового і промінювання й, як наслідок, — масові захворювання людей (рак шкіри, опіки, втрата зору) і тварин — дельфінів, китів, які проживають під озоновими «дірами» (Австралія, Південна Аргентина, Ірландія, Скандинавія). Парниковий ефект призводить до **потепління** клімату, танення льодовиків, значного глобального підвищення рівня Світового океану, до змін режиму утворення циклонів і буревіїв, порушення функціонування, навіть деградації екосистем окремих районів суші.

III Знищення лісів. Вирубування лісів у Бразилії, США, Південній Азії, Альпах, Карпатах призвело до почастішання повеней, у тому числі катастрофічних, на річках цих регіонів, а отже, й до значного збільшення економічних втрат. Якщо раніше сильні повені й селі траплялися один раз на 50—80 років, то тепер — через кожні 4—6 років, а паводки — практично після кожного сильного дощу (в гірських районах з голими схилами).

Щогодини на нашій планеті:

- # 6—8 га продуктивної землі стає пустелею;
- 2 тис. дітей помирають із голоду;
- 55 чоловік гинуть від отруєння пестицидами та іншими хімічними речовинами;
- # 1 тис. людей помирає від отруєння водою;
- # 2 тис. т кислотних дощів випадає у Північній півкулі.

Щохвилини:

- знищується понад 20 га тропічних лісів;
- ф** використовується близько 159 л нафти;
- # знищується 50 т родючих ґрунтів;
- викидається в атмосферу понад 12 тис. т вуглекислого газу.

Ставлячися так до природи і її багатств, люди начебто забули, що для підтримання існування життя на Землі іншого джерела, крім біосфери та її ресурсів, немає. А за сучасних енергоозброєності й передових технологій швидкість використання ресурсів набагато перевищує можливості їх відтворення. Такий спосіб життя сьогодні стає згубним для людства. Вихід із критичної ситуації, що склалася, може бути знайдений лише за умови екологічно грамотного господарювання, розумних взаємин з Природою, реалізації в глобальному масштабі стратегії розумного самообмеження, ресурсозбереження, впровадження нових технологій природокористування, які не суперечать законам функціонування й розвитку біосфери.

Людству залишається одне; почавши з підвищення рівня освіченості народів, їхньої загальної культури, формування в них екологічної свідомості, із забезпечення технологічної дисципліни на виробництві, підвищення екологічної ефективності науки, поступово, але якомога швидше, створити нову спільноту — відеокоінформаційну, з могутнім колективним інтелектом, здатну організувати свій збалансований розвиток у злагоді з Природою.

§ 1.3 ^ Екологічні катастрофи

...Ніхто, власне, не знає, котра саме з безлічі небезпек і проблем — далеко не всі з яких ми вже встигли відчувати й усвідомити — розпочне ту ланцюгову реакцію, що поставить людство на коліна...

А. Печчеї

В історії Землі екологічні кризи неодноразово були наслідком виникнення різних природних ситуацій, раптових істотних змін умов існування, різких змін фізичних, хімічних чи біологічних факторів, як окремих, так і разом узятих, що спричиняло погіршення стану або загибель окремих живих істот, популяцій і навіть цілих екосистем. **Такі надзвичайні кризові екологічні ситуації називаються катастрофами.**

Залежно від причин виникнення катастрофи бувають *природні* й *антропогенні*, а залежно від розмірів заподіяної

шкоди й кількості негативних наслідків, тобто від масштабів скоєного лиха, — *локальні, регіональні чи глобальні*. Своєю чергою, як природні, так і антропогенні катастрофи залежно від фактора-збудника поділяються на *космічні, ендегенні, тектонічні, екзогенні, метеорологічні, хімічні, фізичні* та ін.

Раніше переважали природні катастрофи. За нашого часу кількість таких катастроф практично не змінилась, однак внаслідок людської діяльності зросла їхня потужність, що дедалі істотніше позначається на стані екосистем, окремих ландшафтів, регіонів, континентів і біосфери в цілому.

& Природні катастрофи спричиняються екзогенними й ендегенними факторами, тобто зовнішніми навколоземними або космічними та внутрішніми силами Землі, зумовленими процесами в її надрах. Зовнішні та внутрішні сили тісно пов'язані між собою, розвиток одних часто стимулює появу інших.

До зовнішніх сил природи, здатних призвести до катастрофічних наслідків для екосистем, належать: *зміни магнітного, електричного, гравітаційного полів і радіаційного поясу, спричинені явищами, що відбуваються в космічному просторі (спалахи наднових зірок, проходження поблизу Землі великих космічних тіл); падіння на Землю великих метеоритів; урагани; повені; цунамі; сильні посухи; страшні зливи; зсуви; осипи; селі; обвали*. Внутрішніми силами Землі викликаються надзвичайні екологічні ситуації: *виверження вулканів; землетруси; переміщення велетенських мас гірських порід через утворення в земній корі великих розломів тощо*.

У літературі є багато описів грізних явищ природи: вивержень вулканів Везувію, Кракатау й Мон-Пеле; землетрусів у Сан-Франциско, Мехіко, пустелі Гобі, Спітаку; ураганів і тайфунів у Японії та Центральній Америці; торнадо в С Ш А та ін.

Наслідками найбільших катастроф були регіональні або глобальні кліматичні зміни, загибель багатьох живих істот, зміни розвитку різних видів, популяцій і родів, мутації організмів. Палеонтологам і палеогеографам добре відомі такі «критичні епохи» в розвитку біосфери — на початку й наприкінці палеозойської ери, на межі мезозою й кайнозою та ін.

Різкі кліматичні зміни, а також катастрофічні зміни геофізичних полів Землі можуть бути наслідком таких грізних космічних явищ, як спалахи наднових зірок: деякі зірки, що зовні майже не

відрізняються від інших, раптово спалахують і починають випромінювати світла в мільйони разів більше, ніж до спалаху.

- Останню подібну подію в нашій Галактиці було зафіксовано стародавніми китайськими астрономами, які описали появу в 1054 р. «зірки-гості». Вона була такою яскравою, що її можна було спостерігати навіть удень, яскравіша від Венери, й поступалася потужністю світіння лише Місяцю. Через кілька місяців зірка поступово згасла, а на місці її появи сучасні астрономи спостерігають крабоподібну туманність — світну газову оболонку наднової зірки, що продовжує розширюватися після спалаху зі швидкістю десятків тисяч кілометрів за секунду.

Визначено, що вибух наднової зірки супроводжується дуже потужними потоками ультрафіолетового й рентгенівського випромінювання, згубного для всього живого, а також космічних променів високої енергії. На щастя, спалах наднової зірки в 1054 р. стався дуже далеко від Землі — на відстані понад 1 тис. пк*, і це могутнє космічне явище не вплинуло на земне життя.

Учені встановили, що вибухи наднових зірок у нашій Галактиці відбуваються один раз на 100 років, а в околицях Сонячної системи (на відстані близько 10 пк) — один раз на 750 чи навіть на 200 млн років. Отже, за час існування на Землі біосфери подібне катастрофічне явище могло вплинути на неї принаймні кілька разів. У результаті таких спалахів різко підвищувався радіаційний фон на Землі на багато сотень і навіть тисячі років. Це не могло не мати серйозних біологічних, особливо генетичних наслідків для екосистем планети й, можливо, було причиною вимирання багатьох вищих живих організмів, тобто екологічних катастроф.

Як вважають астрономи, аналогічні явища меншого масштабу відбуваються в разі періодичних наближень Землі разом із Сонячною системою до центра нашої Галактики. Сонячна система рухається навколо центра Галактики не по колу, а по еліпсу зі значною різницею в довжині його осей. Максимальні наближення до центра Галактики, що спостерігаються приблизно один раз на 250 млн років, зміни сил гравітаційних, магнітних і електромагнітних полів у Космосі під час обертання Сонячної системи навколо центра Галактики викликають на Землі збурення її геофізичних полів, стимулюють розвиток вулканізму й землетрусів,

* Парсек — одиниця довжини в астрономії; $1 \text{ пк} = 3,086 \cdot 10^6 \text{ м}$.

рух тектонічних плит і деформацію земної кори, а також спричиняють періодичні зміни клімату (зледеніння й потепління), що супроводжуються екологічними катастрофами.

Великий вплив на біосферу Землі справляють також збурення геофізичних полів унаслідок періодичних вибухів на Сонці, спалахів у його хромосфері, які є причиною появи на Землі полярних сьайв, магнітних бур та ін.

З давніх часів до наших днів на Землі періодично відбуваються грандіозні катастрофи, спричинені падінням космічних тіл (великих метеоритів, астероїдів, комет). Учені виявили на поверхні Землі багато слідів таких катастроф у вигляді велетенських метеоритних кратерів — лійкоподібних заглиблень діаметром у десятки й навіть сотні кілометрів. • Наприклад, в Україні, біля бела Болтишка Кіровоградської області, знайдено заповнений осадовими породами кратер діаметром 25 км — слід падіння метеорита, що сталося близько 100 млн років тому. • Ще більший кратер — діаметром близько 100 км — знайдено в Сибіру, в басейні річки Хатанга. Підраховано: енергія цього колосального удару, внаслідок якого уламки скель діаметром до 20 м було розкидано на відстань понад 40 км від кратера, дорівнювала енергії вибуху 120 млн атомних бомб, що за потужністю відповідають скинутим на Хіросиму й Нагасакі.

Учені вважають, що більшість космічних тіл падала у Світовий океан, і це також призводило до значних катастроф (утворення велетенських хвиль — цунамі, небачені за силою й тривалістю зливи, грози, запилення атмосфери й пов'язані з цим кліматичні зміни).

• Останній досить великий метеорит упав на Землю в районі Аризони (США) 50 тис. років тому. Тут утворився кратер діаметром 1200 м і завглибшки 180 м.

• Тунгуське явище в Сибіру 1908 р. (деякі вчені вважають, що це було не падіння метеорита, а вибух в атмосфері ядра невеликої комети) спричинило величезну пожежу й виламування лісу в тайзі на площі в кілька сотень квадратних кілометрів. Лише безлюдність сибірської тайги врятувала від трагічних наслідків.

Такі катастрофічні події природного характеру, як землетруси, виверження вулканів, тайфуни та інші, мають локальний характер і вплинути на еволюцію біосфери в цілому не можуть. Урагани (тайфуни, тропічні циклони) утворюються над теплими водами Світового океану, в його тропічній зоні, й найбільшої

шкоди завдають країнам басейну Карибського моря, Бангладеш, Індонезії, Філіппінам. *За даними світової статистики, лише за 1960—1980 рр. 20 ураганів у різних районах світу позбавили життя 350 тис. чоловік і завдали матеріальних збитків на суму понад 5 млрд доларів.*

У наш час завдяки супутникам з'явилася можливість попереджати про наближення ураганів і пом'якшувати їхню дію. Але перед падінням космічних тіл — людина безсила.

Практично ми не захищені й від таких грізних явищ природи, як землетруси та виверження вулканів. Передбачити точний час їх виникнення за допомогою сучасних науково-технічних засобів поки що не вдається. Ці явища супроводжуються виділенням колосальної кількості енергії. • Так, сейсмічна енергія, що виділилася за кілька секунд унаслідок катастрофічного землетрусу в Перу 1970 р., дорівнювала приблизно добовому споживанню електроенергії в США.

За повідомленням агентства «Рейтер», у 2001 р. в усьому світі від стихійних природних катастроф загинуло близько 25 тис. жителів планети, а загальні економічні збитки становили 36 млрд доларів США. Із 700 великих природних катастроф 2/3 супроводжувалися бурями й повенями. Екстремальні погодні умови спричинені постійними негативними змінами клімату під впливом техногенної діяльності, яка провокує також і землетруси.

В Україні до сейсмічно небезпечних районів належать гірський Крим і Карпати. Як свідчать геологічні дані, протягом останніх 20 млн років тут неодноразово відбувалися землетруси й виверження вулканів. Останніми десятиліттями також траплялися землетруси силою до 6—9 балів. Центральні райони України — сейсмічно спокійні, хоч інколи й сюди від Карпат або гір Вранча (Румунія) докочуються хвилі землетрусів, сила яких не перевищує 3—4 балів.

Антропогенні катастрофи. У ХХ ст., як і нині, виникнення більшості надзвичайних екологічних ситуацій — катастроф — пов'язане з людською діяльністю й, на жаль, вони дедалі частішають. Умовно їх поділяють на *катастрофи хімічного, фізичного, інженерно-геологічного, мілітаристичного та комплексного характеру.* "-Перше місце серед них належить катастрофам, пов'язаним із військовою діяльністю, війнами, масштабними випробуваннями ядерної зброї та військовими навчаннями, випробуваннями

хімічної й бактеріологічної зброї. Війни за всіх часів завдавали величезної шкоди довкіллю, сучасні ж війни — це справжні екологічні катастрофи. На відміну від будь-яких звірів, людина здатна з неймовірною жорстокістю вбивати подібних до себе. Світова термоядерна війна може в лічені секунди знищити все людство й більшість живих істот планети. *Підраховано: накопичених ядерними державами боєголовок, кількість яких перевищує 60 тис. штук, а їхня сумарна потужність становить 20 000 Мт, достатньо для того, щоб 70 разів поспіль знищити всі великі й малі міста планети!*

Війни — це не лише геноцид, а й екоцид, прикладів чого в історії людства дуже багато, й ось деякі з них:

- войовничі походи хетів і гунів, які жорстоко знищували не тільки людей, а й досягнення їхньої цивілізації та природу Близького Сходу й Римської імперії;
- грабіжницькі походи жорстокої орди Чингісхана, яка планомірно знищувала все на своєму шляху: спалювала врожаї, засипала колодязі, винищувала худобу, вирубувала сади, витоптувала поля. В Месопотамії було зруйновано зрошувальну систему, яка будувалася й діяла там протягом тисячоліть і була життєдайною для цілого регіону. Після цього родючі землі перетворилися на пустелю, і землеробство в долині річок Тигру та Євфрату відтоді так і не відновилося;
- «освоєння» європейцями Америки, яке супроводжувалося не лише винищенням місцевого населення, а й безглуздим відстрілом мільйонних стад бізонів, іншої звірини, випалюванням тисяч гектарів лісів, спустошенням земель;
- Перша та Друга світові війни, що принесли незліченні людські жертви й завдали величезної шкоди природі;
- війни у В'єтнамі, Кореї, Афганістані, Кувейті, Чечні, Югославії, в яких загинули й покалічені сотні тисяч людей, а збитки від них обчислюються трильйонами доларів.

Війни — це ще й абсолютно безглузді економічні витрати й розтринькування природних ресурсів, деструкція екосистем. Величезних збитків людству й природі завдають не лише самі воєнні дії, а й підготовка до них: утримання армій, техніки, полігонів, військових об'єктів і заводів, проведення регулярних навчань, маневрів, поховання відходів військової діяльності, в тому числі небезпечних — хімічних.

•> Наприклад, у Балтійському морі після закінчення Другої світової війни союзники затопили тисячі тонн німецьких хімічних снарядів та авіабомб. На дно Атлантичного й Тихого океанів, Карського й Охотського морів було скинуто багато відпрацьованих ядерних реакторів із підводних човнів і контейнерів із радіоактивними відходами. Через десятиліття вони знову почали загрожувати природі та людству: корозія матеріалу упаковок спричинила «розповзання» шкідливих речовин у довкіллі й отруєння всього живого.

Зросла кількість катастроф, пов'язаних із розвитком нафтодобувної, нафтопереробної промисловості та атомної енергетики. Райони інтенсивного видобування нафти й газу (Перська та Мексиканська затоки, Північне море, Тюменський край, Каспійське море, інші регіони) сьогодні стали зонами екологічного лиха.

Про наслідки аварії на Чорнобильській АЕС ітиметься далі.

Не можна не нагадати й про тяжкі екологічні наслідки, пов'язані з випробуванням ядерної зброї та похованнями радіоактивних відходів. Випробування атомних боезарядів на Новій Землі, в Казахстані, в пустелі Гобі, в штаті Аризона, на Тихоокеанських островах Муруроа, Бікіні, Еніветок, поховання залишків відпрацьованих атомних реакторів в Охотському морі — все це не лише спричинило значне підвищення загального радіоактивного фону на планеті, в атмосфері та водах Світового океану, а й також призвело до масових отруєнь риби, тюленів, захворювань та загибелі людей і тварин у цих районах.

Потенційну загрозу виникнення надзвичайних екологічних ситуацій становлять усі великі нафто- й газосховища, трубопроводи, склади всіляких хімічних речовин, особливо — отруйних (пестициди, кислоти, аміак тощо). Людство вже відчуло на собі наслідки аварій на таких об'єктах.

\$ У 1976 р. в італійському місті Севесо хмара діоксину, що утворилася після вибуху на хімічному заводі, накрила територію площею понад 10 км², на якій мешкало більше ніж тисяча людей і було розташовано багато тваринницьких ферм. У результаті загинуло близько 100 тис. голів худоби, захворіли сотні людей, двоє дітей померло, а загальний первинний збиток становив понад 10 млн доларів. Завдяки погодним умовам хмара не поширилася далі. Через деякий час підраховали: концентрація цієї отрути була такою, що могли б загинути 100 млн чоловік!

3 грудня 1984 р., уночі, коли люди спали, смертоносна хмара метилізотіоціанату, який використовується для виготовлення пестицидів,

просочилася з велетенської цистерни заводу компанії «Юніон Карбайд» і накрила місто Бхопал в Індії. Це стало однією з найбільших в історії індустріальних катастроф: 2,5 тис. чоловік померли зразу, близько 100 тис. тяжко захворіли й стали інвалідами (ушкодження мозку, сліпота, стерильність).

Будь-які широкомасштабні втручання в природні екосистеми також мають катастрофічні наслідки. Наприклад, *унаслідок будівництва на великих річках гребель і водосховищ відбувається ось що:*

- кардинально змінюється режим річкового стоку (в багато разів уповільнюється);
- змінюється тепловий режим;
- змінюється характер випадання опадів, розчинення солей, їх відкладення, біохімічних та інженерно-геологічних процесів;
- різко змінюються умови взаємозв'язку річкових і підземних вод у даному басейні, рівневий режим, фізичні й хімічні властивості поверхневих і зв'язаних з ними підземних вод;
- розвиваються процеси стагнації (гниття) й «цвітіння», застою, нагромадження всіх видів забруднювачів, що змиваються з водозборів і приносяться вітрами;
- вимирають ті види водяних організмів, зокрема риба, які потребують чистої води й міграції вздовж русла;
- гинуть заплави — найцінніші природні об'єкти.

Живі ресурси планети вичерпуються зі швидкістю, що перевищує швидкість їх відновлення... Нині на Землі немає жодного біогеоценозу, якого б так чи інакше не зачепила діяльність людини.

**З матеріалів І ^ Е Р —
Програми ООН з охорони довкілля**

Велике гідрологічне будівництво в будь-якому річковому басейні — це практично екологічна катастрофа для нього.

Те саме можна сказати й про широкомасштабні іригаційні роботи (осушення боліт на Поліссі, зрошення на півдні України), які призводять до деградації болотних екосистем, загибелі малих річок, зміни шляхів міграції перелітних птахів, зміни режимів та обсягів підземних вод, засолення фунтів.

Наслідки осушення поліських боліт:

- 30 років тому на Поліссі заготовляли 220 ц валеріанового кореня на рік, а сьогодні — лише 4—5 ц.

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

Із 47 видів лікарських рослин, якими славилася Полісся, тепер збирають 6—7 видів.

20 років тому на Поліссі цілюща журавлина росла на площі 80 тис. га, а нині ця площа зменшилася до 20 га.

Катастрофічно впливає на природні ландшафти будівництво великих шахт, відкритих кар'єрів, автомагістралей, летовищ, потужних ліній електропередач, каналів, тунелів, великих сміттєзвалищ і шламосховищ.

Зазначені вище екологічні катастрофи, пов'язані з широко-масштабною людською діяльністю, мають локальний, іноді — регіональний характер.

Ураховуючи гіркий досвід недбалого природокористування, люди повинні у своїй майбутній діяльності зважати на Закони Природи, чітко уявляти наслідки свого втручання в життя біосфери, що проявляться як найближчим часом, так і пізніше, через 50—100 років. Використовуючи весь загальнолюдський інтелект і набуті знання в галузі охорони природи та раціонального споживання її ресурсів, розвиваючи міжнародне співробітництво, обмінюючись Інформацією, надаючи наукову, матеріальну й технічну допомогу, необхідно домогтись ефективного вирішення головної проблеми — зберегти сферу життя на Землі»

§ 1.4 ^ Духовна криза

...Що ж робити? ...Мені здається, що відповідь криється не стільки у ставленні людини до середовища свого природного проживання (це наслідок), скільки у сфері духовного, морального її світу Тут насамперед важливо, яким богам молишся, — ось це все й визначає.

С. Г. Островой,
російський поет

Крім головних причин деградації довкілля — демографічний вибух, виснаження природних ресурсів і дедалі активніше забруднення повітря, води й ґрунтів — є й інші серйозні *причини поглиблення екологічної кризи:*

- занепад духовності;
- надзвичайно низька екологічна культура цілих народів і націй;
- низький рівень екологічної освіти більшості керівних працівників та урядових чиновників практично в усіх країнах світу;
- загальне зниження морального рівня людей за останні десятиліття.

Дослідження сучасних соціологів і психологів переконливо свідчать про те, що одна з причин розвитку глобальної екологічної кризи — це *криза людського духу*. До її проявів належать:

- сплеск антисупільних настроїв, егоїзму, нігілізму, локальних і регіональних збурень у суспільстві;
- планетарна епідемія аморальності, злочинності, наркоманії, проституції, тотальної легковажності, бездумності й жадоби швидкої наживи;
- деградація особистості в різних її проявах;
- зниження культурного й духовного рівня;
- зростання корупції, проявів некомпетентності й непрофесіоналізму у вирішенні національних і міжнародних питань.

За цих обставин, як гриби після дощу, з'являються (й, на жаль, знаходять численних прихильників і наслідувачів) усілякого гатунку «пророки», ясновидці, екстрасенси, сатаністи типу керівників сумнозвісного Білого Братства, японської секти Аум синрікьо та ін.

Про страшний занепад моралі, людського духу попереджали видатні релігійні діячі сучасності — Папа Римський Іоанн Павло II, Далай-лама, священник Олександр Мень та інші, справедливо вважаючи однією з причин кризи людського духу — занурення в матеріальне, поклоніння не Богові, а Мамоні, відрив від Матері-Природи, нехтування її правилами й законами.

Стає дедалі зрозумілішим, що ступінь розвитку цивілізації визначається не кількістю кіловат, які виробляються енергетичними об'єктами, а низкою моральних і духовних критеріїв, мудрістю людей, особливо тих із них, котрі рухають уперед цю цивілізацію. Подальший прогрес людського суспільства неможливий без розвитку культури й етики, підвищення духовності й моралі. Тому найкращі представники науки й культури всіх країн

світу сьогодні закликають звернутися до тих життєвих цінностей, які людство виробило протягом тисячоліть, цінностей, закріплених у біблійних заповідях і настановах усіх релігій. Людство му- сить переглянути свої життєві позиції й принципи, знову відчуті себе невід'ємною частиною Природи й зрозуміти, що духовне здоров'я людини невіддільне від здоров'я Природи. Інакше, як застерігав німецький письменник З. Ленц, може трапитися так, що на надгробному пам'ятнику нашій цивілізації буде написано: «Кожен хотів кращого — для себе». Наше покоління повинне залишити по собі, для своїх онуків і правнуків, не мертві пустелі й отруєні поля, моря, річки й підземні води, а квітучу Землю, кон- тиненти й океани, що вирують життям.

Аби виконати цю місію, молоді належить оволодіти Законами Природи, які, власне, і є законами нашого виживання. І пере- дусім слід усвідомити істину, котру сформулював 400 років тому великий англійський філософ Ф. Бекон: «Ми не можемо управ- ляти природою інакше, ніж підкоряючись їй».

Необхідні подальші величезні зусилля, аби дії людини стали мудрими, неупередженими й завбачливими. Якщо ж у її поведінці, як і досі, переважатимуть роз'єднаність, антагонізм, пожадливість, то зруйнуються найтонші механізми, котрі підтримують рівновагу сил природи, що оточує нас. і тоді навряд чи в людини залишаться шанси вижити.

Б. Уорд,
англійський економіст,
політолог

Уявлення про те, що ресурси природи невичерпні, що все в ній призначене тільки для людини, яка має право панувати над царством живого й неживого, сформувалося в глибокій давнині. Ідея домінування над природою тисячоліттями вкорінювалася в свідомості людей, тому змінити хід їхнього мислення сьогодні — завдання надзвичайно складне. Та якщо людство хоче вижити, його неодмінно треба вирішити в найближчі десятиліття.

Адже ж у давнину на Землі були регіони, де не існувало воро- жого ставлення людини до природи, навпаки, все робилося для того, щоб гармонізувати стосунки з нею.

Мешканці Півночі — чукчі-оленярі й нині дбайливо ставлять- ся до природи. Основним кормом для їхнього годувальника — північного оленя — є лишайник ягель. Випасені, витопані копи- тами оленів ягельники відновлюються дуже повільно — приблиз-

но через 10 років. Знаючи про це, оленярі кочують тундрою зі своїми стадами, суворо дотримуючися певних маршрутів, і повертаються на використані пасовиська лише тоді, коли вони відновлюються. Кормові ресурси тундри слугували багатьом поколінням оленярів і не втрачали своєї цінності.

Зовсім інакше поводяться сучасні «підкорювачі природи», які прийшли в північні краї, — геологи, нафтовики, військові. Їх не хвилює, що буде з цими землями завтра. Важкі трактори та всюдиходи безжалісно шматують тундру, розтоптують ягельники, залишаючи в них глибокі колії. З часом ці колії розширюються, бо в місцях знищеного рослинного покриву починає танути вічна мерзлота, утворюються термокарстові болота, а отже, руйнуються тундрові екосистеми.

Мисливські племена чукчів, ескімосів, північноамериканських індіанців та інші ніколи не забивали дичини більше, ніж це було необхідно для їхнього прогодування. Ніколи рука мисливця не могла піднятися на самку звіра з дитинчам. Етнографи описали дивовижно зворушливі обряди, що виконувалися над тушею вбитого ведмеда чи лося: люди просили вибачення в духа звіра за вбивство й пояснювали йому, чому вони змушені були так учинити.

Та ось у північноамериканських преріях (у канадських і російських тундрі й тайзі...) з'явилися «цивілізовані» колонізатори.

У 1806 р. в преріях від Канади до Південної Дакоти паслося 30 млн бізонів, і коли ці численні стада рухалися прерією, вона здалеку здавалася чорною. Чужинці розпочали масову безглузду бійню. В бізонів стріляли заради шкури, заради язика (делікатес!), а часто — просто заради спортивного інтересу. З'явилися «чемпіони» зі знищення цих мирних тварин, на кшталт якогось Буффало Білла, котрий застрелив кілька десятків тисяч бізонів. За короткий час Велика Прерія перетворилася на кладовище бізонових скелетів, і вже в 1889 р. від 30-мільйонної популяції залишилося лише близько 1 тис. особин (рис. 1.2). З'явився новий бізнес — збирання кісток і переробка їх на добриво. Сьогодні бізони мешкають в окремих ізольованих резерваціях і заповідниках індіанців. Зусиллями біологів і товариств охорони тварин їхню чисельність удалося довести до 100 тис. (вважається, що вид урятовано від остаточної загибелі).

Нині наука екологія має набути статусу нової релігії. Лише такий глибокий переворот у свідомості людей допоможе вберегти

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

цивілізацію від деградації й загибелі! Сьогодні людина не вписується у знівечене власними руками довкілля. Протягом усього періоду формування людини як біологічного виду її організм і психіка перебували під потужним впливом космічних сил. Коли ж вогні Всесвіту, шерех прибережних хвиль, шелестіння листя й

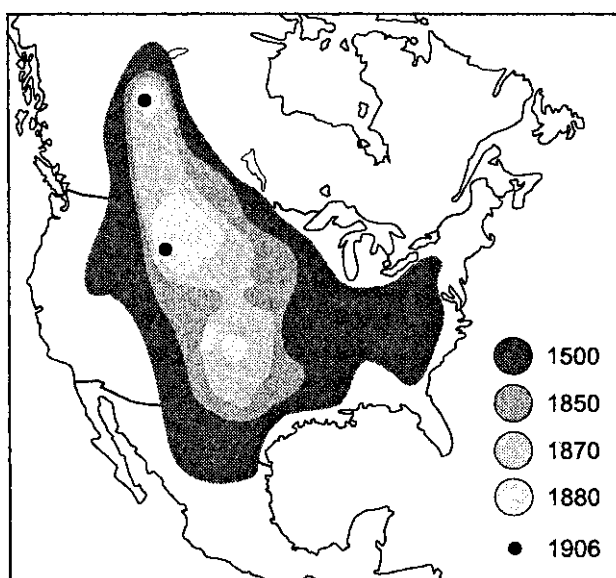


Рис. 1.2

Скорочення популяції бізонів на території Північної Америки з 1500 до 1906 р.

пахощі квітучих трав уже не сприймаються як невід'ємна частина буття людини, почали стиратися головні риси людської індивідуальності... Більшості людей, які ще не остаточно скам'яніли серед бетону, скла й асфальту, тісноти й грюкоту міст, притаманний потяг до морських берегів, до річки й лісу — до Матері-Природи. Лише зрозумівши природу, людина зрозуміє саму себе. Екологічна етика, що бере до уваги все наше довкілля, стала необхідністю.

Відомий російський учений-еколог, академік М. М. Моисеев наголошує, що сучасні стереотипи поведінки й мислення людей

неодмінно призведуть до катастрофи. Один із таких стереотипів сформульований у відомому гаслі: «Ми не можемо чекати милостей від природи, взяти їх у неї — наше завдання!» І брали, брали силоміць, не замислюючися про наслідки, будували «світле майбутнє», а тих, хто був незгодний із такими методами будівництва, «перевиховували» або знищували.

Глибокі роздуми великих філософів-космістів М. Ф. Федорова, В. І. Вернадського, П. О. Флоренського про важливість гармонійного розвитку неподільної системи Космос—Земля—Людина підтверджуються в наші дні.

Людина тисячі років боролася за своє існування, виживала в епідеміях, голодоморах, у п'ятнадцяти тисячах воєн, які сама ж і розв'язувала, виживала й вірила в краще майбутнє. Заради цього вона розвивала науку, культуру, медицину, формувала нові соціальні системи. І ось через свої хибні моральні принципи, духовне зубожіння, деградацію екологічної свідомості й совісті люди знову опинилися на порозі нового, можливо, найжахливішого етапу напруженої боротьби за своє виживання.

Сучасна людина фактично обожила саму себе. Та вона — фальшиве божество. Створене нею на Землі — не рай, а кошмар, до якого вона сама адаптується дедалі меншою мірою й який уже не може задовольнити її соціальних, психологічних, духовних і естетичних запитів.

Е. Голдсміт,
американський публіцист

Знову історія нагадала про нерозривні зв'язки між мораллю й соціальним розвитком, про те, що неможливо навіть найкращі соціальні ідеї втілити в життя за допомогою насильства, не звертаючися до розуму, совісті й мудрих порад Природи, що духовна роз'єднаність, аморальність навіть за найвищих досягнень науки й техніки все одно призведуть до кризи, що сьогоднішній комфорт створюється за рахунок майбутнього планети. Нині суть понять «екологічна мораль» та «екологічна етика» змінилася: аби передбачити наслідки нашої поведінки для довкілля, недостатньо лише інтуїції — потрібна висока компетентність.

Одна з найнебезпечніших помилок людини — віддання переваги одномоментній вигоді на шкоду **дбвкіллю**. Тому до найважливіших завдань сучасності належить необхідність зміни пріори-

тетів серед загальнолюдських цінностей. Майбутні покоління не мають права на аморальні рішення та дії стосовно природи. Доцільно запам'ятати девіз усесвітньо відомої екологічної організації «Грінпіск «Ми не отримали Землю в спадок від батьків, ми взяли її в борг у наших дітей!»

§•1,5«^ Нова філософія життя

Моральність, моральні принципи покликані стати тим могутнім засобом, що дасть нам змогу подолати людську роз'єднаність, духовну відчуженість і тим самим згуртує нас як братів і сестер для побудови щасливого майбутнього для нас і наших нащадків... Зневажливе, хижацьке ставлення до природи — прямий наслідок егоїзму, нездорового стану людської душі.

**Патріарх Московський
і всія Русі Алексій**

Очевидно, що стиль сучасного людського буття хибний, і його неодмінно треба змінити, якщо ми хочемо зберегти біосферу й вижити. А оскільки стиль життя визначається мораллю, якої дотримується суспільство, то настав час установити нові моральні принципи й критерії, що відповідають сучасним вимогам до взаємовідносин Природи й світового співтовариства людей, і керуватися ними в своїх діях у ХХІ ст.

Люди повинні зрозуміти, що хоч би яким був варіант стратегії виживання, вони мусять узяти на себе надскладні зобов'язання перед собою, перед своїми близькими, розробити й поступово реалізовувати цілий ланцюжок самообмежень. Ці потрібні обмеження, що мають утверджуватися в нашому житті, вплинуть на формування нового характеру майбутньої цивілізації, на структуру відносин між окремими людьми, цілими народами й країнами. Ця нова — назвемо її екологічною — філософія так глибоко відрізнятиметься від нашої сучасної філософії, як мораль первісних племен від моралі суспільства ХХ ст.

Підвалинами нової моралі, нової — екологічної — філософії мають бути:

- ідея розумного співіснування біосфери й техносфери;

- планетарний, загальнолюдський підхід до вирішення земних соціально-економічних (передусім енергетичних) та екологічних проблем;
- ідея універсалізму — глобальної і космічної взаємозалежності всіх процесів;
- ідея необхідності самообмежень, підказаних екологічними законами й досвідом попереднього розвитку;
- ідея оптимального використання всіх ресурсів Землі на основі впровадження нових ресурсозберігаючих і маловідходних технологій та міжнародної глобальної експертної оцінки цих ресурсів;
- ідея збереження й примноження біорізноманітності;
- консолідація людства під прапором об'єктивного знання, перетворення науки, особливо екології, на керівний інструмент;
- тотальна екологізація життя людей, перехід від сервотехнології (небезпечної для довкілля) до екотехнології.

Спеціалісти підраховали: серед усіх джерел енергії відновлювані становлять лише 10 %. Отже, для того щоб за сучасного рівня розвитку технологій людство «вписалося» в природний кругообіг речовин та енергії, воно мусить зменшити свої потреби мінімум у 10 разів. Учені вважають, що зменшити в 10 разів загальне енергоспоживання за рахунок будь-яких нових науково-технічних рішень у найближчі десятиліття — мета нереальна. Тому на порядку денному залишається вирішення демографічної проблеми, свідоме регулювання росту чисельності населення з урахуванням можливостей біосфери. Саме з проблемою перенаселення нашої планети пов'язані решта екологічних проблем — перевиснаження ресурсів, перевиробництво, перезабруднення довкілля.

Оптимальною вважається така кількість населення Землі, яку можна без шкоди для біосфери забезпечити енергією, достатньою для подальшого прогресу й нормального співіснування з Природою.

Важливими факторами для суспільства майбутнього мають стати: зміцнення демократичних основ, самоуправління; залучення широких мас населення для прийняття рішень; загальна глибока екологічна освіта суспільства. Нова — екологічна — філософія має згуртувати, об'єднати не лише «зелених» у різних куточках планети, а й усіх людей Землі для подолання нашого спільного лиха — глобальної екологічної кризи. Ця філософія має допомогти формуванню нового планетарного братства, здатного до самообмежень, самодисципліни, співробітництва, взаєморозуміння та взаємодопомоги.

Стрижнем програми дій людства може стати програма, яка викладена в документах міжнародної екологічної конференції, що відбулася 1992 р. в Ріо-де-Жанейро (Бразилія), відкоригована й доповнена останніми роками. Реалізувати її доведеться в епоху, коли перед людським суспільством виникла ціла низка більш складних і масштабних, ніж раніше, проблем, здатних поставити його на межу загибелі, якщо ці проблеми вирішуватимуться недостатньо оперативною й ефективною. Склалася ситуація, за якої лише об'єднання всіх націй і народів на гранично демократичній основі дасть змогу досягти глобальної екологічної безпеки.

Після міжнародного екологічного форуму в Ріо-де-Жанейро широкого розголосу набув термін «стійкий розвиток суспільства». Очевидно, його варто уточнити — «*екоспійкий розвиток*», тобто така еволюція якої-небудь екосистеми (або системи взагалі), коли вона може розвиватися й функціонувати тривалий час за рахунок внутрішніх ресурсів, не деградує (самоочищується, саморозвивається* самовідновлюється). Екостійкий розвиток суспільства — розвиток на основі раціонального природокористування та однакових можливостей для кожного мешканця планети (нації, держави), коли зберігаються відновлювальні можливості біосфери та нормальні екологічні умови для життя й діяльності багатьох поколінь людей.

Глобальна програма соціально-екологічних змін, яку було започатковано в Ріо-де-Жанейро, отримала потужний імпульс на Всесвітньому саміті з питань еколого-збалансованого розвитку, що відбувся в 2002 р. у Йоганнесбурзі (Південно-Африканська Республіка). Як з'ясувалось, і через 10 років після Ріо новий стратегічний підхід до розв'язання життєво важливих проблем людства ще не знайшов широкого розуміння у світі, не дістав адекватного відображення в національній політиці переважної більшості країн. Людство продовжує нещадно експлуатувати природу і її ресурси, водночас дедалі сильніше забруднюючи й руйнуючи довкілля. Країни, що розвиваються, в гонитві за економічними прибутками повторюють той самий шлях, який свого часу пройшли розвинені держави — шлях руйнування Природи, дисбалансу й дисгармонії. Триває послуговування старою методологією життєдіяльності, що зводиться до спроб суто технічного й фінансового вирішення соціально-екологічних проблем. Залишаються

неподоланими п'ять основних суперечностей, усунути які передбачалося за допомогою глобального Плану дій на ХХІ століття, прийнятого в 1992 р. у Ріо-де-Жанейро:

- між реальним життям та існуванням у гармонії з природою;
- між реальним розвитком і навколишнім середовищем;
- між інтересами сучасного й майбутнього поколінь;
- між багатими і бідними країнами та людьми;
- внутрішньоекономічні.

Одними з головних причин існування зазначених суперечностей залишаються невміння чи небажання поєднати духовність, саме життя людства й існування Природи у визначенні майбутньої долі цивілізації, а також низькі екологічна культура й екологічна свідомість людей.

Всесвітній саміт у Йоганнесбурзі був покликаний знайти відповіді на виклики гармонійному розвитку, розробити механізми й плани дій, графік їх реалізації на всіх рівнях земного соціуму. Вивчення й аналіз рішень Саміту необхідні для створення й коригування національних стратегій збалансованого розвитку з урахуванням таких нових процесів, як глобалізація, трансформація економік, інформаційна інтервенція, тероризм та ін.

Об'єднанню народів для вирішення основної проблеми — екологічної — мають допомогти й усі релігії світу за умови їхньої коректної трансформації відповідно до змін життя на Землі. Як зазначає видатний еколог ХХ ст. М. Ф. Реймерс, десять біблійних заповідей у сучасній інтерпретації мусить знати кожен, і кожен зобов'язаний дотримуватися їх. У випадку ігнорування цих заповідей слід вводити жорсткі санкції. Розбещеності, свавілля, егоцентризму, волюнтаризму й консерватизму треба негайно покласти край, бо світ надто слабкий, аби вистояти за таких проявів у суспільстві.

На лиці природи не буває написана ницість... У присутності природи людиною оволодіває одвічна насолода, хоч би які прикросці випадали їй у повсякденному житті.

**Р. Емере он,
американський філософ,
поет, публіцист**

Нова — екологічна — філософія, на відміну від старої — анти-екологічної, має навчити нас поважати Природу, Землю, все живе

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

на ній, навчити так співіснувати в біосфері, щоб життя на планеті тривало й розквітало.

*Стара —
антиекологічна — філософія*

Людина — особливий вид у царстві біорізноманітності на Землі, вона відокремилася від Природи, вона піднеслася над Природою, вона може панувати над Природою й управляти її процесами. Природу треба перемогти.

Природа багата, її ресурси безмежні, тому, вичерпавши потрібне нам в одному місці, можемо переміститися в інше й продовжувати брати стільки, скільки хочеш (чи можеш), при цьому зі 100 % природної речовини, що видобувається, споживаючи близько 2 %, а викидаючи — 98 %.

Життя людей можна поліпшити, постійно накопичуючи матеріальні блага й нарощуючи прибутки завдяки технічному прогресові.

*Нова —
екологічна — філософія*

Природа була й завжди буде сильнішою за людину, бо вона її породила. Людина — невід'ємна частина, «деталь» Природи, Всесвіту, й у своєму житті вона повинна керуватись їхніми Законами, зважати на всі елементи довкілля. Всі живі істоти біосфери — рівноправні мешканці нашої спільної домівки — Землі. Ми маємо розумно співпрацювати з Природою, поважати її Закони.

Природні ресурси обмежені й вичерпні. Потрібно провести їх інвентаризацію в усьому світі й перейти до глобальної політики збереження та оптимального використання. Слід увести компенсацію витрат на відтворення або відшкодування природних ресурсів, розробити наддовгочасну стратегію природокористування, запровадити квоти використання ресурсів для кожної держави, регіону й світу в цілому, а також відповідний міжнародний контроль за цим. Ми живемо на Землі, маленькому космічному тілі, й ніщо в ньому не може бути нескінченним.

Життєва цінність — не в сумі наших спільних банківських рахунків. Мільйон магнітофонів не замінять шматка хліба голодному, мільярд телевізорів не врятують від спра-

ги, тисяча автомобілів не дадуть ковтка повітря тому, хто задихається; померти під купою досягнень технічного прогресу — доля убогих духом, жадібних і дурних.

У жорсткій конкуренції й жорсткій боротьбі за життєві блага виживає найсильніший. У боротьбі всі засоби прийнятні. І люди, і країни поділяються на бідних і багатих, а між ними — прірва відчуженості. Конфронтація — основний метод вирішення політичних проблем і спосіб збагачення одних за рахунок інших.

Дотримуватися в нашому житті правил поведінки й найкращих традицій, що їх виробило людство, йти за біблійними заповідями — не обов'язково. Висока мораль — не головне, мета виправдовує засоби.

Нові технології допоможуть нам вирішити всі проблеми. Екологізація техніки допоможе подолати екологічні проблеми.

Не протиборство, а взаємодопомога — основа існування життя на Землі. Тільки спільними зусиллями можна досягти благополуччя. Голодний світ — небезпечний і нестійкий. Лише задоволення основних потреб кожної людини може бути гарантією благополуччя всіх людей на планеті.

Норма життя кожної людини — дотримання десяти біблійних заповідей у сучасній інтерпретації; норма поведінки — доброзичливість, співчутливість, співпереживання; достоїнств, до яких слід прагнути, — душевна краса, гармонія, чесність, честь, висока моральність. Соціальний розвиток має базуватися на свободі й гуманізмі.

Тільки розумно поєднуючи нові технології із зусиллями кожної людини у вирішенні природоохоронних проблем можна вийти з кризи. Застосовувані нині основні способи екологізації техніки (спорудження очисних об'єктів, які нейтралізують забруднення, тощо) — екологічно неефективні й економічно недоцільні. Виробництва мають будуватися згідно із законами саморегульованих систем та із законами системної цілісності за аналогією з природними біогеоценозами й біосферою (різноманітність

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

видів — важлива передумова забезпечення замкненості технологічних процесів використання речовини; суспільне виробництво має підпорядковуватися принципіві кругообігу речовини).

Виробничі процеси мають розвиватися за біологічними принципами; слід переходити до промислового фотосинтезу.

Відходи — неприємний продукт будь-якої людської діяльності, але вони неминучі. Їх можна накопичувати й поволі утилізувати.

Відходів, які не можна утилізувати, не повинно бути взагалі, як у Природі, де відходи одних організмів слугують ресурсами для інших. Слід розвивати безмашинне виробництво, що не дає шкідливих відходів. Необхідно переходити до використання нових видів енергії, безпечних для довкілля.

§A^MP.i[^] Сучасна екологія

Перед людством на весь зріст постає проблема виживання — центральна проблема сучасної науки. Дисципліна, яка її вивчає, і має назву «екологія людини».

М. М. Монсеев

Отже, можемо зробити висновок, що всім нам, мешканцям невеликої, прекрасної, але вкрай переобтяженої «плодами» людської діяльності планети, біосфера якої вже опинилася на останній межі, необхідно почати діяти. Мусимо активно рятувати природне середовище, зберігати й «ремонтувати» свій дім, що колись був чудовий, а нині почав розвалюватися з нашої вини. Але це — надзвичайно складне, важке й важливе завдання. Й ефект може бути досягнутий лише в тому разі, якщо підходити до його вирішення старанно, з душею й серцем, а головне — професійно, грамотно, з урахуванням правил і законів, згідно з якими живе й розвивається Природа: народ-

жується, набирає сили, квітне, старіє й умирає, передаючи протягом тисячоліть гени від покоління до покоління, від виду до виду у вічному кругообізі речовин, енергії та інформації, в тісному взаємозв'язку всього живого й неживого, земного й космічного.

Людина своєю діяльністю порушила еволюційно встановлений ритм і відпрацьовані напрями процесів біосфери — надскладної природної системи. Озброївшись новою — екологічною — філософією, ми повинні в ХХІ ст. спрямувати всю силу свого інтелекту на глибоке, всебічне вивчення біосфери, всіх складових природного середовища, обстежити завдані їй рани й віднайти засоби її лікування та відновлення.

Поставлене завдання може бути вирішене лише за однієї умови — всі люди зобов'язані глибоко оволодіти комплексною інтегральною наукою про довкілля — новою філософією нашого виживання й подальшого збалансованого розвитку цивілізації.

ХХІ століття — доба перетворення *Homo technocraticus* на *Homo ecologicus*.

5 Структура, предмет, завдання й методи сучасної екології.

Вперше термін «екологія» (від грец. *ойкос* — житло, місцеперебування та *логос* — наука) запропонував у 1866 р. німецький дослідник природи Е. Геккель, однак формування екології як науки почалося в ХХ ст. й триває досі. Сучасна екологія — це системна наука, що має багатоярусну конструкцію, в якій кожен із поверхів спирається на безліч традиційних дисциплін (М. М. Мойсеев). Специфіка сучасної екології полягає в тому, що вона із суто біологічної науки перетворилася на цілий цикл знань, увібравши в себе розділи географії, геології, хімії, фізики, соціології, теорії культури, економіки й навіть теології (М. Ф. Реймерс). На думку інших учених, екологія — це соціально-природнича наука; її однаково можна віднести і до біологічної, і до географічної галузей знань і її слід розглядати як цілком самостійну науку, що набула фундаментальності й глобальності.

Екологія в широкому розумінні об'єднує в собі десятки наукових напрямів, хоча, на жаль, у наш час ще немає таких необхідних екологів-професіоналів широкого профілю. Ця ситуація вкрай небезпечна: вона веде до серйозних економічних втрат і соціальних збитків. Екологи найвищої кваліфікації все ще роз'єднані.

О. В. Яблоков,
російський зоолог, еколог

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

Сучасна екологія з традиційної біоекології виросла в комплексну, складну, багатогранну інтегральну науку-лідера, стала філософією виживання людства — екологічною філософією. Вона, як і раніше, базується на біогеографічних знаннях, але для вивчення й осмислення всіх складових сучасних екологічних проблем, установлення прямих і зворотних зв'язків між процесами, які формують екологічні умови, визначення шляхів виходу з екологічної кризи, розроблення для цього конкретних локальних, регіональних і глобальних планів та програм сучасна наука про довкілля залучає знання практично з усіх інших наук.

Сучасна екологія — це одна з головних фундаментальних наук про взаємовідносини живої й неживої природи, нова філософія людства, що перебуває в стадії формування. Це наука про середовище нашого проживання, його живі й неживі компоненти, їхній взаємозв'язок, що формує умови життя та розвитку всіх екосистем. Це наука про узгодження Стратегії Природи й Стратегії Людини, що має базуватися на ідеях самообмеження й самозбереження, розумної коеволуції техносфери й біосфери.

Коротше можна сформулювати так: *сучасна екологія — це нова комплексна наука про виживання в довкіллі, завдання якої — пізнання законів розвитку й функціонування біосфери як цілісної системи під впливом природних і, головне, антропогенних факторів, а також визначення шляхів ефективного співіснування техносфери й біо-*

Екологічна діяльність нині — обов'язкова, а здебільшого — одна з основних складових будь-якої сфери людської діяльності: промислового виробництва, енергетики, сільського й лісового господарства, транспорту, наукових досліджень, військової справи, культури, релігії та ін. Усі рішення, пов'язані з використанням природних чи людських ресурсів, із втручанням у процеси життєдіяльності біосфери, слід приймати з урахуванням найближчих і віддалених наслідків.

Об'єкти досліджень науки про довкілля або її галузевих підрозділів — це екосистеми планети та їхні елементи (залежно від рівня досліджень).

Головний предмет досліджень нової екології — взаємозв'язки (їхні особливості й розвиток) живих організмів, їхніх груп різних рангів, живих і неживих компонентів екосистем,

а також характер впливу природних і антропогенних факторів на функціонування екосистем і біосфери в цілому.

Основні завдання екології ХХІ століття:

- вивчення загального стану сучасної біосфери, умов його формування та причин змін під впливом природних і антропогенних факторів;
- прогнозування динаміки стану біосфери в часі й просторі;
- розробка з урахуванням основних екологічних законів шляхів гармонізації взаємовідносин людського суспільства й Природи,
- збереження здатності біосфери до самоочищення, саморегулювання й самовідновлення.

Сучасні екологічні дослідження мають стати науковою базою для розробки стратегії й тактики поведінки людства у ХХІ ст.

Оскільки для ефективного вирішення сучасних екологічних проблем необхідно мати фактичний і науковий матеріал геохімічного, геофізичного, біохімічного, біологічного, медичного, фізичного, хімічного, геологічного, соціального, економічного та іншого характеру, а також можливість статистичної обробки, програмування, моделювання різних процесів, синтезування й прогнозування, сучасна екологія використовує всі ефективні, в тому числі найновіші, методи й апаратуру цих наук — і природничих, і технічних, і соціальних.

Останніми десятиліттями в усьому світі почали розвиватися найрізноманітніші напрями екологічних досліджень, мета яких — забезпечити спеціалістів необхідною для прийняття рішень екологічною інформацією в усіх сферах людської діяльності. На сьогодні вже сформувалося близько 90 напрямів екологічних досліджень, які можна умовно об'єднати за принципом галузевої належності (з подальшим поділом у кожній галузі), пріоритетності, належності до геосфер та їхніх компонентів, взаємопідпорядкованості, соціально-економічної значущості з урахуванням прямих і зворотних зв'язків (рис. 1.3).

Деякі фахівці (Т. Акімова, В. Хаскін та інші) серед розділів сучасної екології виокремлюють *загалу екологію* (більшість біологів ототожнюють її з біоекологією) як таку, що об'єднує різні екологічні знання на ще й досі єдиному науковому фундаменті. Головною складовою загальної екології вважають теоретичну екологію, яка визначає загальні закони функціонування екосистем. Цьому допомагають експериментальна та математич-

ЕКОЛОГІЯ ХХІ СТОЛІТТЯ

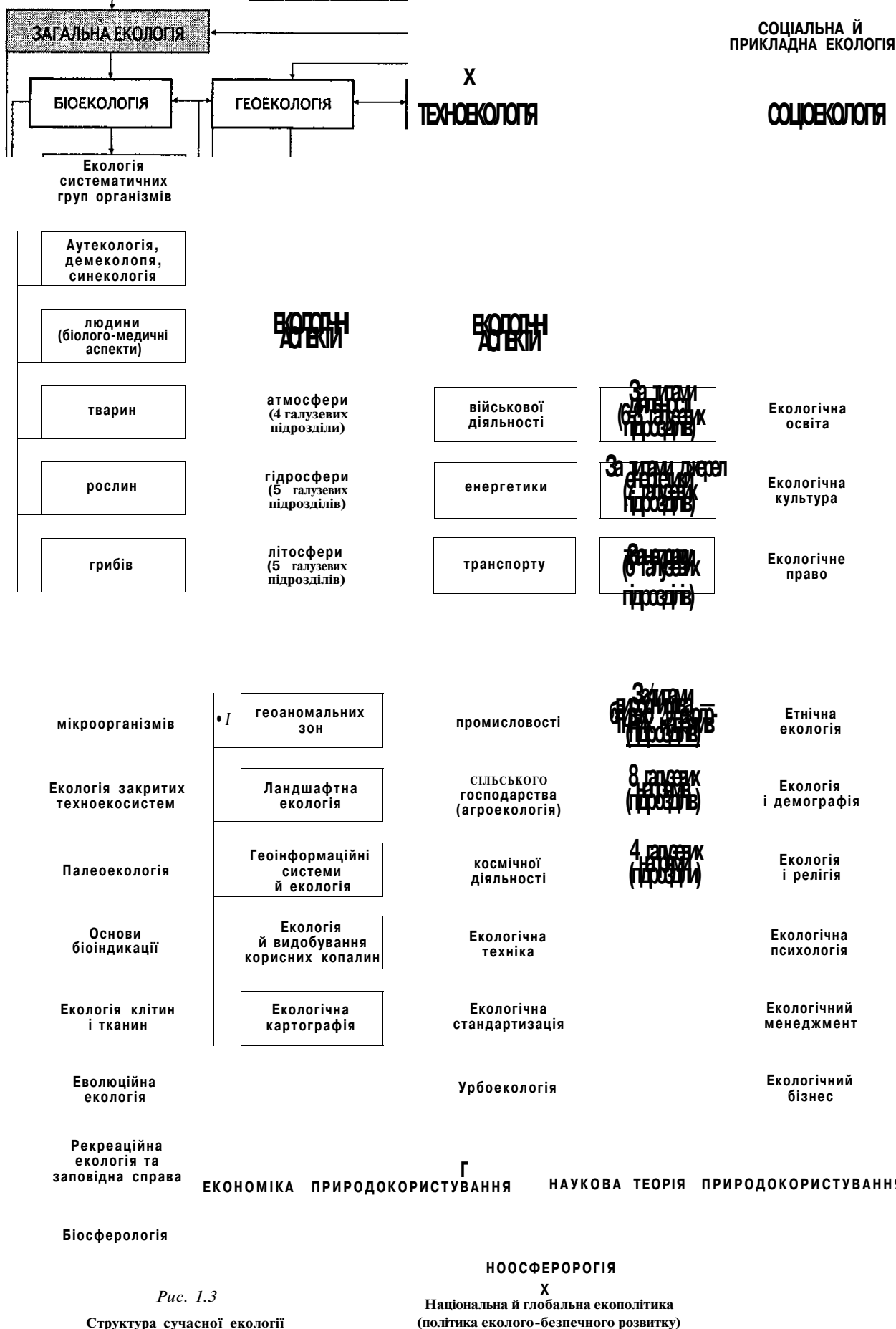


Рис. 1.3

Структура сучасної екології

на екологія (моделювання екологічних процесів, обробка інформації та кількісний аналіз), що входять до складу загальної екології.

Ми також дотримуємося думки, що загальну екологію слід відділити від низки прикладних екологічних наук як теоретичну, але з умовою, що основу її становить біоекологія з усім колом сучасних проблем.

Біоекологія вивчає найзагальніші закономірності взаємовідносин організмів та їх угруповань із зовнішнім середовищем у природних умовах, формує уявлення про екологію як економіку природи на основі вивчення потоків речовини, енергії та інформації в життєдіяльності організмів, їх груп та біологічних систем. Вона є материнським субстратом і головною складовою сучасної екології.

У зв'язку з розширенням людської діяльності й посиленням її негативних впливів на природу останніми десятиліттями активно розвиваються різні напрями в сфері *прикладної екології*. Цих напрямів набагато більше, ніж у блоці класичних біоекологічних наук. Прикладна екологія вивчає механізми руйнування біосфери, розробляє методи запобігання йому й способи раціонального природокористування.

Прикладна екологія складається з трьох основних блоків — геоекологічного, техноекологічного й соціоекологічного — кожен з яких, відповідно до диференціації галузевих напрямів, має десятки відгалужень.

Геоекологія вивчає специфіку взаємовідносин організмів і середовища їх існування в різних географічних зонах, на суходолі й в океані, в тундрі, тайзі й тропіках, у горах і пустелях тощо, дає екологічну характеристику різних географічних регіонів, областей, районів, ландшафтів, розглядає екологічні наслідки енде- й екзогенних геологічних процесів, видобування корисних копалин, здійснює екологічне картографування. [Нині є ще кілька означень геоекології (В. Боков, І. Черваньов, І. Дедю, В. Некос), які не збігаються, але за суттю близькі до наведеного тут.]

Техноекологія — найбільший блок прикладних екологічних напрямів (відповідно дисциплін), пов'язаних із такими об'єктами людської діяльності, як енергетика, промисловість, сільське господарство, транспорт, військова справа, наука, космос. Вона визначає обсяги, механізми й наслідки впливів на довкілля та здоров'я людини різних галузей і об'єктів, особли-

вості використання ними природних ресурсів, розробляє регламентації природокористування й технічні засоби охорони природи, опікується проблемами утилізації відходів виробництва та відтворення зруйнованих екосистем, екологізацією виробництв.

Соціальна екологія досліджує специфічну роль людини в довкіллі не як біологічного виду, а як соціальної істоти, відмінності цієї ролі від функції інших живих істот, вивчає шляхи оптимізації взаємовідносин людського суспільства з природою, формує екологічну свідомість, екологічну культуру за допомогою нових методів і підходів екологічної освіти та виховання, формулює закони про екологічне природокористування, принципи й критерії екологічного менеджменту, контролю й бізнесу, здійснює соціально-екологічний моніторинг, закладає основи локальної, регіональної та глобальної екологічної політики. Соціо-екологія тісно пов'язана з етнографією і соціологією.

Кожен із напрямів екологічних наук має свою специфіку, своє коло питань, що їх слід вирішувати, свої особливості екологічного моніторингу, свої методи й масштаби досліджень, контролю та менеджменту, але завдання в них одне: визначити характер забруднень довкілля, пов'язаних із тим чи іншим видом діяльності людини, обсяги цих забруднень, ступінь їхньої небезпечності, можливості нейтралізації завданої природі шкоди, а також шляхи оптимальної екологізації технологій, підвищення ефективності охорони природи, збереження й відновлення природних ресурсів.

Спеціалісти різних напрямів використовують матеріали досліджень один одного під час розробки своїх моделей і прогнозів стосовно природного середовища, природних ресурсів, урбанізації, демографічних проблем.

Завершуються різнопланові екологічні дослідження узагальненням усієї добутої інформації для розробки й реалізації планів та програм раціонального природокористування на локальному, регіональному й глобальному рівнях, створення наукових засад економіки природокористування, а також для формування регіональної і національної екологічної політики, укладання міжнародних угод, договорів у сфері природокористування, охорони довкілля та екологічної освіти, тобто визначення тактики й стратегії збалансованого розвитку людства, збереження біосфери й життя на Землі.

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

1. Коли людина завдала першого удару по природі й у чому він полягав?
2. До яких наслідків для довкілля призвів активний розвиток землеробства й скотарства?
3. У чому полягали особливості розвитку глобальної екологічної кризи другої половини XX ст. ?
4. Назвіть головні причини розвитку глобальної екологічної кризи.
5. Які два «вибухи» стали причиною різкого погіршення екологічної та соціально-економічної ситуації на нашій планеті?
6. Яка роль урбанізації в розвитку цивілізації і біосфери?
7. Наведіть кілька прикладів на підтвердження факту наростання глобальної екологічної кризи.
8. Наведіть приклади спустелювання, деградації ґрунтів і зникнення лісів на континентах, укажіть причини цього.
9. Що таке надзвичайні екологічні ситуації?
10. Як класифікують природні та антропогенні катастрофи?
11. Які райони України належать до сейсмічно небезпечних?
12. Укажіть екологічні наслідки військової діяльності та воєн.
13. Які промислові об'єкти належать до екологічно небезпечних?
14. Які наслідки іригаційних робіт для довкілля?
15. До чого призводить будівництво на великих річках гребель і водосховищ?
16. У чому проявляється криза людського духу в наш час?
17. Якою має бути поведінка людини в довкіллі, аби не деградувала біосфера?
18. Розтлумачте поняття «екологічна культура».
19. Які основні принципи нової — екологічної— філософії?
20. Що означає термін «екостійкий розвиток»?
21. Які основні відмінності старої й нової філософії життя?
22. Які предмет і завдання сучасної екології?
23. Опишіть структуру сучасної екології.
24. У чому полягає мета соціально-екологічних досліджень?



2

ГЛАВА

БЮЕКОЛОПЯ

Біосфера та людина,
а не людина
та біосфера.

М. В. Тимофєєв-
Рєсовський,
видатний
російський
генетик

§ 2, 1 ^ Загальне уявлення про біосферу

На земній поверхні немає хімічної сили, могутнішої за своїми кінцевими наслідками, ніж живі організми, взяті в цілому.

В. І. Вернадський,
основоположник біогеохімії, радіогеології,
творець учень про біосферу та ноосферу,
перший президент Академії наук України

Жива речовина. *Що принципово відрізняє нашу планету від будь-якої іншої планети Сонячної системи? Наявність життя. «Якби на Землі не було життя, — писав академік В. І. Вернадський, — обличчя її було б так само незмінним і хімічно інертним, як нерухоме обличчя Місяця, як інертні уламки небесних світил». Життя на Землі реалізується у формі живої речовини, яку часто називають також біотою. Поняття «жива речовина» ввів у науку В. І. Вернадський і розумів під ним сукупність усіх живих організмів планети. Образно кажучи, всі організми — від бактерій, що потрапили на цю сторінку, до останнього дерева й тварини, до автора й читача цих рядків — становлять живу речовину. Вона виконує над-*

звичайно важливу роль у процесах, що відбуваються в усіх сферах Землі.

Функції живої речовини. Жива речовина протидіє хаосові та ентропії. Використовуючи прямо й непрямо сонячну енергію, жива речовина створює з простих, бідних на енергію молекул, передусім води й вуглекислого газу, складніші й енергетично впорядкованіші сполуки — вуглеводи, білки, жири, нуклеїнові кислоти та інші — або переробляє їх. Жива речовина концентрує хімічні елементи, перерозподіляє їх у земній корі, руйнує й агрегує неживу матерію, окиснює, відновлює й перерозподіляє хімічні сполуки. «Можна без перебільшення стверджувати, що хімічний стан зовнішньої кори нашої планети, біосфери, цілком перебуває під впливом життя, визначається живими організмами», — писав В. І. Вернадський.

• Наприклад, бактерії однієї з груп — залізобактерії — дістають необхідну для життя енергію за рахунок окиснення двовалентного заліза до тривалентного. При цьому в процесі утворення 1 г біомаси цих бактерій відбувається окиснення до 500 г солей двовалентного заліза. Кінцеві продукти — солі тривалентного заліза — відкладаються навколо бактеріальної клітини й утворюють так звану болотну руду. Саме з болотної руди за часів Київської Русі виплавляли чавун.

На прикладі залізобактерій ми простежуємо кілька **функцій живої речовини**: • окиснення; • концентрація; • перерозподіл хімічних елементів.

Кількість живої речовини. Суха маса живої речовини оцінюється в 2–3 трлн т — приблизно в мільярд разів менше за масу Землі. Проте жива речовина відрізняється від неживої надзвичайно високою активністю, зокрема дуже швидким кругообігом речовин. Уся жива маса біосфери оновлюється за 33 дні, а фітомаса, тобто маса рослин, — щодня. Життєдіяльність тварин, рослин і мікроорганізмів супроводжується безперервним обміном речовин між біотою та зовнішнім середовищем, унаслідок чого всі атоми земної кори, атмосфери й гідросфери протягом історії Землі багаторазово входили до складу живих організмів. Образно кажучи, ми п'ємо воду, що колись входила до складу тканин юрських папоротей і кембрійських трилобітів, і дихаємо повітрям, яким дихали не лише наші далекі предки, а й динозаври.

Основні властивості живої речовини:

- високоорганізована внутрішня структура;

- здатність уловлювати із зовнішнього середовища й трансформувати речовини та енергію, забезпечуючи ними процеси своєї життєдіяльності;
- здатність підтримувати сталість власного внутрішнього середовища, незважаючи на коливання умов середовища зовнішнього, якщо ці коливання сумісні з життям;
- здатність до самовідтворення шляхом розмноження.

Жива речовина існує у формі конкретних живих одиниць — **організмів (індивідів)**, які, своєю чергою, групуються в більш або менш дискретні одиниці існування матерії — **види**.

Кожен організм має свою програму розвитку й діяльності, записану у вигляді певної сукупності генів, — **генотип**. Ця програма реалізується в характерних, притаманних лише даному організмові зовнішньому вигляді, фізіологічних і біохімічних властивостях, у поведінці. Сукупність усіх ознак та властивостей, що визначаються генотипом, називається **фенотипом**. За рахунок фенотипу організм оптимальною мірою пристосовується до зовнішнього середовища, перебуває з ним у найбільш гармонійних відносинах. Організми одного виду мають досить схожі, хоча й не ідентичні генотипи й фенотипи. Сукупність генотипів усіх видів нашої планети становить її **генофонд** (це майже синонім терміна «видова різноманітність»). Отже, *втрата будь-якого виду призводить до зменшення видової різноманітності й порушує гармонію у взаємовідносинах живої та неживої речовин*.

II Біосфера та її межі. *Простір нашої планети, в якому існує й «працює» жива речовина, називають **біосферою** (від грец. *біос* — життя та *сфера* — куля). Перші уявлення про біосферу як «зону життя» дав відомий французький природознавець Ж.-Б. Ламарк, а термін «біосфера» ввів у науку австрійський геолог Е. Зюсс (1875 р.). Проте цілісне вчення про біосферу створив наш видатний співвітчизник, засновник і перший президент Академії наук України В. І. Вернадський.*

Біосфера охоплює три геологічні сфери — частини атмосфери й літосфери та всю гідросферу. Межі біосфери визначаються межами поширення й активної роботи живої речовини.

Верхня межа біосфери в атмосфері, на думку одних учених, проходить на висоті вершин Гімалаїв (10 км над рівнем моря), на думку інших, — досягає нижніх шарів стратосфери (30 км), де ще трапляються в досить великій кількості спори й

навіть клітини бактерій, грибів і деяких водоростей, що активно вегетують. Іноді верхньою межею біосфери вважають озоновий шар (25—30 км над поверхнею планети), вище від якого живе зазвичай гине під дією космічних випромінювань.

Межа біосфери в літосфері також чітко не окреслена. Починаючи з глибин 0,5—2 м від земної поверхні кількість живої речовини зменшується в логарифмічній послідовності. На глибинах понад 10 м породи, як правило, вже стерильні. Та навіть у товщі стерильної породи іноді трапляються острівці життя. Найбільші глибини, де знайдено живу речовину, — 2—3 км. У нафтових родовищах на цих глибинах виявлено свою, «нафтову», мікрофлору. Нафта залягає також і на значно більших глибинах — до 5—7 км. Припускають, що й у таких глибинних родовищах можна знайти «нафтові» бактерії. Деякі дослідники нижньою межею біосфери вважають глибини, на яких температура літосфери починає перевищувати 100 °С: близько 10 км на рівнинах і 7—8 км у горах.

Межі біосфери в гідросфері окреслені чітко: біосфера охоплює всю гідросферу, в тому числі найбільші океанічні западини до 11 км, де існує значна кількість глибоководних видів.

У цілому екологічний діапазон поширення живої речовини досить великий.

- У 1977 р. в океані на глибині кількох кілометрів було знайдено гарячі вулканічні зони, в яких за температури 350 °С існують численні термофільні бактерії (вода там не кипить через високий тиск і велику концентрацію солей).

- В експериментах американського дослідника Р. Камерона синьозелені водорості протягом кількох місяців не втрачали життєздатності в умовах, що відповідали марсіанським.

- Жива речовина не гине в рідкому азоті (на цій властивості ґрунтуються методи кріоконсервації всіляких живих організмів).

- Деякі види, наприклад ті ж таки синьозелені водорості, не гинуть під дією потужного іонізуючого випромінювання й оселяються в епіцентрі ядерного вибуху вже через кілька днів після його здійснення.

- Жива речовина здатна зберігатися навіть в умовах відкритого Космосу. Так, третя експедиція американських астронавтів забула на Місяці телекамеру. Коли через півроку її повернули на Землю, на внутрішньому боці кришки було виявлено земні

бактерії, котрі без будь-яких шкідливих наслідків пережили тривале перебування за межами рідної планети.

Проте слід пам'ятати, що, незважаючи на свої великі потенційні можливості, «працює» жива речовина лише в межах біосфери.

§ 2, 2 ^ Походження й еволюція біосфери

Довго-довго, весну й літо, творила Земля. Коли вона втомилася від цього пекучого щастя, тихими безмовними піснями підступила до неї осінь. У розкішний холодний танок сплела вона останні барви Землі, й безживно, але яскраво й смалко палали вони кілька тижнів... Адже життя на Землі почалося лише в найостанніший період її буття, коли достатньо низилася температура, згустилися пари води й утворилися моря.

**О. С. Серебровський,
російський біолог,
один з основоположників генетики**

Біосфера має довгу й багато в чому драматичну історію, тісно пов'язану з еволюцією Землі. Еволюцію Землі можна умовно поділити на кілька фаз.

Перша фаза. Формування ранньої земної кори, атмосфери та гідросфери. Виникнення геологічного кругообігу речовин. Згідно з найпоширенішою серед астрономів і астрофізиків гіпотезою, Всесвіт виник близько 20 млрд років тому внаслідок Великого вибуху. Потім утворилася наша Галактика (8 млрд років тому).

Близько 6 млрд років тому у віддаленій частині одного з рукавів Галактики розтягнута на трильйони кілометрів газопилова хмара під дією гравітаційних сил поступово ущільнилася й перетворилася на водневий диск, що повільно обертався. З його центральної частини утворилося Сонце, де за надзвичайно високих температури й тиску почалися реакції ядерного синтезу, в ході яких водень перетворювався на гелій і виділялася величезна кількість енергії. Периферичні залишки диска також

зближувалися під дією сил взаємного притягання, поступово ущільнювалися, доки не перетворилися на суцільні сфери — планети Сонця. Потім поверхні таких сфер тверднули, утворюючи первинну планетарну кору.

Первинна кора нашої планети — Землі — утворилася приблизно 4,6 млрд років тому. Відтоді на її поверхні осідали метеорити й космічний пил. Завдяки ізотопному аналізу таких метеоритних залишків (метеоритного свинцю) вдалося визначити час виникнення земної кори, тобто дату народження нашої планети. З тріщин тонкої кори неперервно вивергалася розжарена лава, а разом із нею — гази. Втримувані гравітаційними силами, ці гази утворили первинну атмосферу планети. Вона складалася з метану, аміаку, водяної пари, вуглекислого газу, сірководню, ціаністого водню й практично не містила кисню та озону.

Коли поверхня планети охолола, водяна пара почала конденсуватися в атмосфері й випадати першими дощами, розчинюючи численні мінерали земної кори. Поступово вода накопичувалася, утворюючи океани. На планеті сформувалася гідросфера. Циркуляція атмосферних мас, води й розчинених у ній мінералів, переміщення магматичних продуктів на поверхню планети й знову в її надра породили *великий, або геологічний, кругообіг речовин*. Закінчувалася перша фаза еволюції нашої планети.

г^н Друга фаза. Передбіологічна (хімічна) еволюція. Протягом цієї фази (4,6—3,8 млрд років тому) на Землі відбувалися процеси синтезу й накопичення простих органічних сполук, необхідних для існування життя: амінокислот і простих пептидів, азотистих основ, простих вуглеводів. Ці сполуки, «цеглинка життя», виникли внаслідок процесів абіотичного синтезу.

Гіпотезу про можливість виникнення таких сполук абіотичним шляхом, тобто без участі живої речовини, висловив у 1923 р. російський біохімік, академік О. І. Опарін, а вперше експериментально перевірив у 1953 р. американський аспірант С. Міллер. У своїх дослідках С. Міллер зімітував умови давньої Землі: в стерильний реактор він помістив водень, метан, аміак та воду, і крізь цю суміш пропускав електричні розряди, імітуючи блискавки в первинній атмосфері. За тиждень у реакторі було виявлено кілька амінокислот, деякі прості вуглеводи, інші органічні сполуки, які входять до складу живої речовини. Експерименти

С. Міллера, повторені й підтвержені в багатьох інших лабораторіях, довели: майже всі мономері біополімерів могли синтезуватися абіотичним шляхом. Цікаво, що в зразках місячного реголіту (поверхневої породи, яка не має аналогів на Землі) також знайдено «цеглинки життя»: деякі амінокислоти й прості вуглеводи, пурини й піримідини — одні з основних компонентів нуклеїнових кислот. Органічні речовини нагромаджувалися в океані, утворюючи так званий «первинний бульйон».

Одні вірять у біблійну історію створення, інші — в доводи сучасного природознавства, але всі згодні, що життя зародилося в океані. Ні Бог, ні природа не могли б створити людину з безживної вулканічної породи. Довгий і складний розвиток, вінцем якого стала людина, починався в товщі океану, коли енергія Сонця вперше перетворила гази й продукти вивітрювання гірських порід на протоплазму й живі клітини.

**Т. Хейердал,
норвезький етнограф, географ,
археолог, мандрівник**

Релігія розглядає виникнення життя на Землі як акт творіння Господа, даючи часом досить витончені тлумачення опису цього акту Книгою Буття й різко критикуючи наукові гіпотези природного походження життя.

Деякі вчені (в тому числі видатні — В. І. Вернадський, Ф. Крик) вважають, що живі організми були занесені на Землю з Космосу або з метеоритами й космічним пилом (гіпотеза панспермії), або «зародки життя» розсилися на зорі геологічної історії Землі якоюсь космічною надцивілізацією для запліднення безживних, але потенційно придатних для життя планет (спрямована панспермія).

Проте більшість біологів та еволюціоністів вважають, що життя на Землі виникло природним шляхом, у результаті процесів абіогенного синтезу. Сьогодні на основі цього припущення висунуто цілу низку наукових гіпотез, які, конкуруючи між собою, все ж мають спільні принципові позиції: а) виникненню життя передувало нагромадження в Світовому океані органічних речовин, синтезованих абіогенним шляхом; б) у зонах концентрації цих речовин виникли молекули, здатні до самокопіювання (стосовно живого цей процес називають *реплікацією*, отже Р. Докінз запропонував називати такі молекули *реплікаторами*); в) на основі реплікаторів сформувалися реакції й механізми

матричного синтезу (в тому числі біосинтез білків), генетичний код, що й зумовило виникнення на планеті клітин живої речовини. Перше твердження вже доведено експериментально, а для другого й третього — фізиками, математиками, біологами й хіміками запропоновано низку моделей, кілька з яких мають непрямі експериментальні підтвердження*.

Незалежно від того, яким шляхом з'явилося життя на нашій планеті, жива речовина докорінно змінила її зовнішній вигляд: на Землі виникла біосфера.

і Третя фаза. Давня біосфера. Еволюція прокариотичного світу. Виникнення біологічного кругообігу речовин. Формування кисневої атмосфери. Ця фаза еволюції нашої планети почалася приблизно 3,8—4 млрд років тому. Рештки перших живих організмів (їхній вік становить 3,8 млрд років) дійшли до нас у вигляді так званих строматолітів — вапнякових решток синьо-зелених водоростей і актиноміцетів, а також у вигляді осадових порід, у котрих шари двовалентного заліза чергуються з шарами окисненого тривалентного, подібно до того, як це нині спостерігається в «мікробних матах» на узбережжях багатьох субтропічних морів.

Перші живі організми мали примітивну — прокариотичну — будову, були *анаеробами*, тобто організмами, які існують у безкисневому середовищі. Вони жили в морях, «ховаючися» на глибині від згубного ультрафіолетового випромінювання Сонця, оскільки на планеті ще не існувало захисного озонового шару. Необхідні для життя енергію й речовини перші мешканці Землі діставали, використовуючи готові органічні сполуки первинного бульйону, тобто були *гетеротрофами*. Така «споживацька» стратегія життя, що ґрунтувалася на використанні обмежених запасів органічних речовин, нагромаджених протягом тривалої передбіологічної історії, могла б призвести до цілковитої

* Слід зазначити, що жодну з гіпотез (ні створення, ні панспермії, ні абіогенного походження) прямими експериментами не доведено, хоч апріорі деякі з них здаються переконливими. Яку з гіпотез прийняти — це питання свободи совісті, ерудиції й навіть (за висловом американської вченої-еволюціоністки Л. Маргеліс) — справа смаку. Обговорення цих гіпотез виходить за рамки курсу екології. Охочим можна порекомендувати з доступної літератури прочитати: *Опарин Л. И. Проблема происхождения жизни.* - М.: Знание, 1976; *Життя — як воно виникло? Шляхом еволюції чи шляхом створення?* — New York: Watch Tower Bible and Tract Society of Pennsylvania, 1992; *Докинз Р. Эгоистичный ген.* — М.: Мир, 1993, або звернутися до спеціальної наукової літератури.

переробки всього низькоентропійного й енергетично цінного матеріалу у відходи й урешті-решт — до загибелі всього живого.

Проте криза не настала, бо серед величезної різноманітності способів добування енергії й поживних речовин, які «випробувалися» в давньому світі прокаріот, швидко з'явився принципово новий тип живлення — **автотрофний**. Організми-автотрофи для побудови своїх клітин не використовували готові органічні речовини, а самі синтезували їх з неорганічних — вуглекислого газу, води, азотовмісних і фосфоровмісних сполук. Такі процеси потребували значних енергетичних затрат. Необхідну енергію автотрофи діставали або за рахунок окисних реакцій — у процесі *хемосинтезу*, або в результаті прямого вловлювання й перетворення променистої енергії Сонця — *фотосинтезу*.

Перші автотрофні організми, мабуть, були хемосинтезуючими й діставали потрібну енергію, окиснюючи або сірку в сірководні до молекулярної сірки, або двовалентне залізо до тривалентного й т. п. Але справжня революція в юній біосфері почалася з появою фотосинтезуючих бактерій — **ціанобактерій (синьозелених водоростей)**, які «навчилися» використовувати найпотужніше й найстабільніше в планетарному масштабі джерело енергії — сонячне світло.

З появою автотрофів на планеті замкнувся цикл біологічного кругообігу речовин, і на мільярди років відступила загроза енергетичного й харчового голоду. Автотрофи, що здатні синтезувати органічні речовини з неорганічних, дістали загальну назву — **продуценти**, а гетеротрофи, які розкладають органічні сполуки до неорганічних, — **редуценти**. Водночас виникла ще одна група організмів, котрі використовували готові органічні речовини, не розкладаючи їх до мінеральних, а трансформуючи в інші органічні речовини. Цю групу споживачів — трансформаторів готової органіки — називають **консументами**. Першими консументами були бактерії, що живились органікою загиблих продуцентів (так званий сапротрофний тип живлення) або вели паразитичний спосіб життя всередині клітин продуцентів чи консументів-сапротрофів.

Відтоді естафету життя розпочинали автотрофи-продуценти, які з вуглекислого газу й води за допомогою сонячного світла чи то енергії окисно-відновних реакцій створювали молекули простих цукрів. Далі дукри полімеризувалися в полісахариди або трансформувалися в амінокислоти, нуклеотиди, жирні кислоти,

гліцерин тощо, з яких утворювалися білки, нуклеїнові кислоти, жири та інші необхідні для клітини компоненти. З погляду другого закону термодинаміки, продуценти створювали низькоентропійні сполуки, використовуючи для цього поглинуту промислову енергію.

Ці низькоентропійні, а отже, високоенергетичні сполуки — органічні речовини — в подальшому споживалися консументами. Зазвичай консументи спочатку поглинали складні органічні речовини, а потім частково розкладали їх на простіші, наприклад, полісахариди — на прості цукри, звільняючи енергію, потрібну для підтримання своєї життєдіяльності. Добута енергія витрачалася на трансформацію залишків використаних складних органічних речовин в інші необхідні речовини й на підтримання процесів метаболізму організмів-споживачів.

І нарешті, органічна речовина відмерлих продуцентів і консументів споживалася редуцентами. Давні редуценти, на відміну від консументів, виділяли в зовнішнє середовище ферменти (так звані екзоферменти), що розкладали складні органічні сполуки на простіші, а потім поглинали ці прості сполуки. Всередині клітин більшу частину поглинутих простих органічних сполук редуценти окиснювали до мінеральних речовин, одержуючи необхідну енергію, а із залишків створювали потрібні для себе складніші органічні речовини.

Отже, жива речовина (біота) — продуценти, консументи й редуценти — утворила *ланцюг живлення (трофічний ланцюг)*, який через неживу речовину — мінеральні сполуки — замкнувся в коло. Відтоді продуценти синтезували органічні речовини з неорганічних, консументи їх трансформували, а редуценти розкладали до мінеральних сполук, які потім знову споживалися продуцентами для процесів синтезу. З потоку речовин у цьому колі утворився *біологічний кругообіг речовин* (рис. 2.1).

Геологічний і біологічний кругообіги речовин разом склали *біогеохімічний кругообіг*, з'єднавши в ньому водночас величезну потужність першого й надзвичайні швидкість та активність другого. Біогеохімічний кругообіг «налагоджувався» приблизно 1,5–2 млрд років, потім стабілізувався, суттєво не змінюючися протягом більш як 2 млрд років — дотепер.

Поява фотосинтезуючих продуцентів, окрім усього іншого, мала один важливий наслідок — *на Землі сформувалася киснева*

атмосфера, яка визначила подальші етапи еволюції планети й біосфери.

Майже всі первинні прокаріотичні організми були анаеробами. Кисень, життєво необхідний переважній більшості видів, що існують нині, для давніх організмів був однією з найсильніших

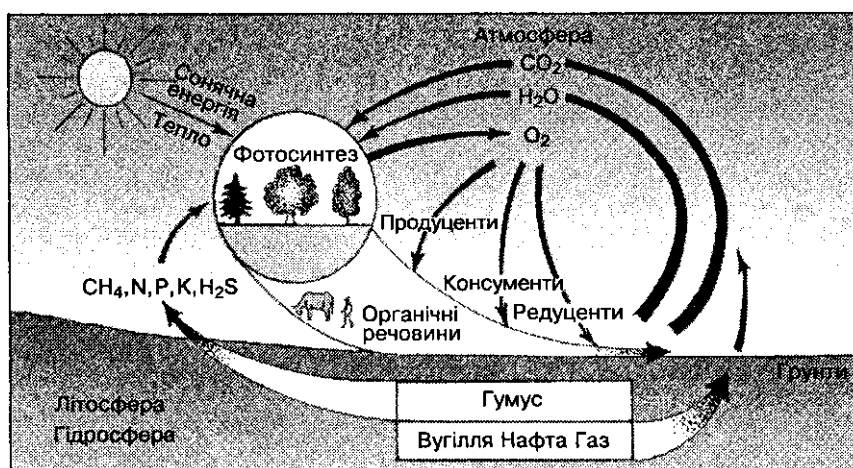


Рис. 2.1

Біологічний кругообіг речовин

отрут. Надзвичайно активний окиснювач, вільний кисень, руйнував, дезактивував, «спалював» більшість ферментів давніх бактерій-анаеробів, тому вони діставали енергію лише за рахунок безкисневих і низькоефективних процесів бродіння й розщеплення простих цукрів — шляхом гліколізу. Однак саме кисень виділяли в процесі фотосинтезу первинні продуценти-фотоавтотрофи — синьозелені водорості. Оскільки через високу вулканічну активність планети давні моря були дуже теплими, то лише незначна кількість цього кисню розчинялась у воді Світового океану. Основна маса кисню нагромаджувалася в атмосфері, де зрештою окиснювала метан і аміак у вуглекислий газ, вільний азот та його оксиди. З дощами вуглекислий азот і азотні сполуки потрапляли в океан і там споживалися продуцентами. Поступово кисень замістив у атмосфері метан і аміак. Частина кисню під впливом сонячного світла й електричних розрядів у атмосфері

перетворювалася на озон. Молекули озону, концентруючись у верхніх шарах атмосфери, прикрили поверхню планети від згубної дії ультрафіолетового випромінювання, що йшло від Сонця.

У цей час у Світовому океані серед бактерій виникли види, здатні спочатку тільки захищатися від розчиненого у воді кисню, а в подальшому «навчилися» використовувати його для окиснення глюкози й одержання додаткової енергії. На зміну низько-ефективним процесам бродіння й гліколізу прийшов енергетично набагато вигідніший процес кисневого розщеплення простих цукрів. Організми, що діставали енергію цим шляхом, не лише не отруювалися киснем, а навпаки, мали від нього користь. Такі організми названо *аеробними*. Оскільки шар озону захищав тепер клітини від ультрафіолетового випромінювання, аероби почали колонізацію багатих на кисень поверхневих шарів Світового океану та його мілководь — шельфу. Жива речовина заселила всю гідросферу.

1% Четверта фаза. Виникнення еукаріот. Заселення суші. Сучасна біорізноманітність органічного світу. Ця важлива фаза в розвитку нашої планети та її біосфери ознаменувалася виникненням істот принципово нового типу — побудованих з еукаріотичних клітин. Еукаріотичні клітини значно складніші за прокаріотичні. Вони диференційовані на системи певних органодів (ядро, мітохондрії, ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі, лізосоми, хлоропласти тощо), здатні до мітозу, мейозу й статевого процесу, можуть живитися шляхом фагоцитозу й піноцитозу і т. д. Завдяки здатності до статевого процесу еукаріоти еволюціонують набагато швидше за прокаріот і мають більший адаптивний потенціал, а отже, краще пристосовуються до змін умов існування. Вважають, що еукаріотична клітина виникла приблизно 1,2 млрд років тому в результаті серії симбіозів різних прокаріотичних клітин, одні з яких дали початок клітині-хазяїну, інші — трансформувалися в мітохондрії та хлоропласти. Перші еукаріоти були гетеротрофними одноклітинними організмами. Вони, шляхом залучення до своєї клітини прокаріотичних фотоавтотрофів, поклали початок еукаріотичним одноклітинним водоростям. У подальшому від автотрофних і гетеротрофних еукаріот відокремилося кілька груп грибів. Окрім того, одноклітинні гетеротрофні прокаріоти є родоначальниками багатоклітинних безхребетних тварин.

За порівняно короткий час — кілька десятків мільйонів років — еукаріоти «перевідкрили» багатоклітинність, «відкрили» тканинну будову, і близько 430—415 млн років тому перші рослини — нащадки водоростей, а слідом за ними й різноманітні тварини та гриби вийшли на сушу, завершуючи колонізацію всієї поверхні нашої планети.

З виходом живої речовини на сушу прискорилися процеси вивітрювання гірських порід. Відтоді не лише коливання температури, дощі та вітри руйнували гірські масиви, а й величезна армія рослин, бактерій, грибів і лишайників подрібнювала, розпушувала, розчиняла мінерали. Консументи-тварини, споживаючи продуцентів, швидко перенесли вміщені в органічній речовині елементи на значні відстані, редуценти вивільняли, розкладали, перевідкладали органіку консументів. Частина вивільнених мінеральних і напівперероблених органічних речовин трансформувалася в гумус, утворюючи родючі біокосні системи — ґрунти. Те, що не поверталось в біологічний кругообіг або не запасалося в ґрунті, змивалося дощами в річки й виносилося в Світовий океан, де споживалося, концентрувалось або перевідкладалося у вигляді осадових порід мешканцями гідросфери. Тектонічні переміщення земної кори повільно виносили осадові породи на поверхню, роблячи нагромаджені в них речовини знову доступними для живої речовини літосфери.

За орієнтовними оцінками, протягом усієї історії існування біосфери в біогеохімічному кругообізі брало участь не менше ніж 1,5 млрд видів живих істот, переважна більшість яких виникла протягом четвертої фази історії Землі. При цьому одні види, поступово, а іноді й раптово, вимирали внаслідок локальних чи глобальних катаклізмів або поступово витіснялися новими, більш пристосованими до даних умов існування. Через мутації, різноманітні процеси, пов'язані з перенесенням генів і симбіозами, під дією природного добору види змінювалися, породжуючи нові*. Сьогодні людині відомо понад 1,7 млн видів, які існують нині на нашій планеті*; близько 30 тис. видів прокариот, 450 тис. видів

* За оцінками різних спеціалістів, ця цифра коливається в межах 1,4—2,0 млн видів. Точну кількість складно визначити, бо, з одного боку, щороку описується до 10 тис. нових, раніше не відомих науці видів, з іншого — багато з видів після критичних перевірок закриваються як помилково або необґрунтовано описані або переводяться в розряд синонімів уже відомих видів.

рослин, 100 тис, видів грибів і 1 млн 200 тис. видів тварин (із них понад 1 млн видів — комахи). Проте навіть за дуже обережними оцінками* це становить менш як 10 % числа видів, котрі справді живуть разом із нами на Землі. Частка нашого виду — *Ношо sapiens* — у загальному генофонді планети не перевищує 0,00006 %.

§ 2³,[^] Функціонування біосфери

Довгий шлях життя на Землі — це урок для всіх. / вже коли людина вважає себе улюбленим дитям Природи, вона повинна знати цей урок і пам'ятати, що давні істоти, які не змогли пристосуватися й не відповідали мінливим факторам довкілля, заповнюють нині своїми скелетами палеонтологічні музеї.

Т. Ніколов,
болгарський палеонтолог,
еколог

Джерела й кількість енергії в біосфері. Біосфера — це відкрита термодинамічна система, що одержує енергію у вигляді променистої енергії Сонця й теплової енергії процесів радіоактивного розпаду речовин у земній корі та ядрі планети. Радіоактивна енергія, частка якої в енергетичному балансі планети була значною на абіотичних фазах, нині не відіграє помітної ролі в житті біосфери, й основне джерело енергії сьогодні — це сонячне випромінювання. Щороку Земля одержує від Сонця енергію, яка становить близько $10,5 \cdot 10^{20}$ кДж. Більша частина цієї енергії відбивається від хмар, пилу й земної поверхні (близько 34 %), нагріває атмосферу, літосферу й Світовий океан, після чого розсіюється в космічному просторі у вигляді інфрачервоного випромінювання (42 %), витрачається на випаровування води й утворення хмар (23 %), на переміщення повітряних мас — утворення вітру (близько 1 %). І лише 0,023 % сонячної енергії, що потрапляє на Землю, вловлюється продуцентами — вищими рослинами, водоростями та фототрофними бактеріями — й запасється в процесі фотосинтезу у вигляді енергії хімічних зв'язків органічних сполук. За рік у результаті фотосинтезу утворюється близько 100 млрд т органічних речовин, в яких запасється не менш як $1,8 \cdot 10^{17}$ кДж енергії.

Ця зв'язана енергія далі використовується консументами й редуцентами в ланцюгах живлення, і за її рахунок жива речовина виконує роботу — концентрує, трансформує, акумулює й перерозподіляє хімічні елементи в земній корі, роздрібнює та агрегує неживу речовину. Робота живої речовини супроводжується розсіянням у вигляді тепла майже всієї запасеної в процесі фотосинтезу сонячної енергії. Лише частки процента цієї «фотосинтетичної» енергії не потрапляють у ланцюги живлення й консервуються в осадових породах у вигляді органічної речовини торфу, вугілля, нафти та природного газу.

Отже, в процесі роботи, яку здійснює біосфера, вловлена сонячна енергія трансформується, тобто йде на виконання так званої корисної роботи, й розсіюється. Ці два процеси підпорядковуються двом фундаментальним природним законам — першому та другому **законам термодинаміки**.

Перший закон термодинаміки часто називають законом збереження енергії. Це означає, що енергія не може бути ні народжена, ні знищена, вона може бути лише трансформована з однієї форми в іншу. Кількість енергії при цьому не змінюється.

В екологічних системах відбувається багато перетворень енергії: промениста енергія Сонця завдяки фотосинтезу перетворюється на енергію хімічних зв'язків органічної речовини продуцентів, енергія, запасена продуцентами, — на енергію, акумульовану в органічній речовині консументів різних рівнів, і т. д. Сучасне людське суспільство також перетворює величезні кількості однієї енергії на іншу.

Другий закон термодинаміки визначає напрям якісних змін енергії в процесі її трансформації з однієї форми в іншу. Закон описує співвідношення корисної та марної роботи під час переходу енергії з однієї форми в іншу й дає уявлення про якість самої енергії.

Другий закон термодинаміки, я вважаю, панує серед законів Природи. І якщо ваша гіпотеза суперечить цьому закону, я нічим не можу вам допомогти.

**А. Еддінгтон,
англійський астроном**

Згадаймо, що під енергією розуміють здатність системи здійснювати роботу. Але за будь-якої трансформації енергії лише частина її витрачається на виконання *корисної роботи*. Решта ж

безповоротно розсіюється у вигляді тепла, тобто здійснюється *марна робота*, пов'язана зі збільшенням швидкості безладного руху частинок. Чим більший процент енергії витрачається на виконання корисної роботи й, відповідно, чим менший процент при цьому розсіюється у вигляді тепла, тим вищою вважається якість початкової енергії. Високоякісна енергія може бути без додаткових енергетичних затрат трансформована в більшу кількість інших видів енергії, ніж низькоякісна.

Енергією найнижчої якості є енергія неупорядкованого броунівського руху, тобто теплова. Її не можна використати для виконання корисної роботи. Кількість енергії найнижчої якості, непридатної для здійснення корисної роботи, називають *ентропією*. Спрощено ентропія — це міра дезорганізації, безладу, випадковості систем та процесів.

Отже, за другим законом термодинаміки, будь-яка робота супроводжується трансформацією високоякісної енергії в енергію нижчої та найнижчої якості — тепло — й призводить до зростання ентропії.

Знизити ентропію в термодинамічно закритій системі, яка не отримує енергії ззовні, неможливо — адже вся якісна енергія такої системи врешті-решт перетворюється на низькоякісну, деградує до тепла. Проте у відкритій термодинамічній системі можливо протидіяти зростанню ентропії, використовуючи для цього високоякісну енергію, що надходить іззовні, й відводячи низькоякісну енергію за межі системи.

Всесвіт є закритою системою, й у ньому ентропія постійно зростає. Натомість біосфера є відкритою системою, яка підтримує власний низький рівень ентропії, використовуючи для цього зовнішнє джерело якісної променистої енергії — Сонце — й розсіюючи в космічний простір низькоякісну теплову енергію. Тому, крім ентропії фізичної (ентропії замкненої системи), в екології використовують поняття «ентропія екологічна» — кількість необоротно розсіяної в просторі теплової енергії, яка, проте, компенсується трансформованою енергією зовнішнього джерела — Сонця.

- Ентропія екологічна. В Космосі ентропія зростає з плином часу, але всередині хаосу існують острівці порядку. Один із найважливіших серед них — життя.

Живі системи за рахунок високовпорядкованої енергії Сонця з низьковпорядкованих компонентів довкілля створюють свій,

вищий, ніж у довкіллі, порядок. За популярним серед фізиків висловом, живе живиться не енергією, воно живиться чужим порядком (наприклад, порядком сонячного світла, хімічних зв'язків органічної речовини). В процесі самовпорядковування жива речовина необоротно розсіює енергію, яка плине крізь екосистеми, тобто створює *ентропію екологічну*.

Теплове розсіяння енергії екосистемами відбувається двома основними шляхами: 1) звичайних утрат тепла через різницю в температурах біоти й довкілля; 2) втрат тепла організмами та їх угрупованнями в процесах метаболізму (зокрема дихання) у зв'язку з вивільненням енергії в ході екзотермічних реакцій.

З погляду другого закону термодинаміки біосфера не є «безвідходним виробництвом»: відходи її діяльності — це не речовина, а це низькоякісна теплова енергія, що випромінюється за межі планети, тобто ентропія.

Вважають, що *еволюція біосфери відбувалася в напрямі зменшення екологічної ентропії*. Адже за постійної кількості енергії, що надходить, чим менше тепла випромінюється, тим більше виконується корисної роботи, тим упорядкованішою стає система. Наприклад, у системі продуцент—редуцент корисна робота полягає в протидії розпаду тіл лише двох ланок — продуцентів і редуцентів, а в системі продуцент—консумент—редуцент — уже в підтриманні організації трьох компонентів. За однакової кількості зовнішньої енергії в обох випадках друга система, котра здійснює більше корисної роботи, випромінюватиме менше тепла, тобто матиме нижчу екологічну ентропію. З цього випливає, що чим довгими є ланцюги живлення, тим вони енергетично досконаліші.

Рослини поглинають енергію Сонця. Ця енергія циркулює в системі, яку ми називаємо біотою й можемо зобразити у вигляді багатосхідчастої піраміди. Нижня сходинка — ґрунт. Сходинка, на якій розташовуються рослини, спирається на ґрунт; сходинка, на якій розміщуються комахи, — на рослини; птахи й гризуни — на комах, і так далі, через різні групи тварин, до вершини, на якій перебувають великі хижаки. Види, що становлять одну сходинку, об'єднуються не походженням чи зовнішньою схожістю, а типом їжі... Лінії залежності, які відображають передавання енергії, що міститься в їжі, від її первинного джерела (рослини) через низку організмів, кожен з яких поїдає попереднього й з'їдається наступним, називаються ланцюгами живлення... Земля, таким чином, — це не просто ґрунт, а джерело енергії, що циркулює в системі,

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

яка складається з ґрунту, рослин і тварин. Ланцюги живлення — це живі канали, що подають енергію вгору, а смерть і тління повертають її в ґрунт. Система не замкнена — частина енергії втрачається в процесі тління, частина додається поглинанням із повітря, частина накопичується в ґрунті, торфі й лісах-довгожителів, але це система, яка діє постійно, своєрідний фонд життя, що повільно нагромаджується й перебуває в постійному обізі.

Л. Олдо,
найвидатніший
американський еколог,
лісівник, мисливствознавець

Велика кількість біомаси та енергії під час переходу з одного трофічного рівня на інший розсіюється, витрачається на підтримання температури тіла організмів, на перетворення в CO_2 ; не вся біомаса нижчого рівня використовується як їжа організмами вищого рівня й не вся засвоюється організмами. Інакше кажучи, за другим законом термодинаміки, енергія перетворюється на тепло, що розсіюється в довкіллі й втрачається в просторі. Як зазначалося вище, за підрахунками екологів, лише 10 % біомаси одного трофічного рівня перетворюється на біомасу другого рівня (так зване правило десяти процентів).

ІІ Потік енергії в ланцюгах живлення залежить від довжини конкретного ланцюга, яка визначається кількістю *трофічних рівнів*. Продуценти, що синтезують органічну речовину, належать до *першого трофічного рівня*. Консументи, які поїдають органічну речовину продуцентів, наприклад травоядні тварини (фітофаги), — до *другого рівня*; консументи, котрі поїдають фітофагів (наприклад, хижаки, що полюють на травоядних), перебувають на *третьому рівні* й т. д. Редуценти, які розкладають органічні речовини на мінеральні компоненти, перебувають на *останньому трофічному рівні* й завершують ланцюг живлення. Вони остаточно вивільняють енергію, зв'язану раніше продуцентами.

Поїдаючи або розкладаючи органічну речовину представників попереднього трофічного рівня, консументи чи редуценти дістають речовину й енергію, необхідні для процесів метаболізму, побудови й підтримання власного тіла. При цьому близько 90 % енергії, запасеної в спожитій органіці, розсіюється у вигляді тепла й лише в середньому 10 % використовується на побудову та підтримання тіла того, хто цю органічну речовину спожив. На-

приклад, консументи першого порядку (фітофаги), які поїдають продуцентів, зберігають у вигляді органічної речовини свого тіла лише 10 % енергії, зв'язаної рослинами в процесі фотосинтезу; в тілі консумента другого порядку (зоофага, що живиться фітофагами) запасється тільки 1 % поглинутої сонячної енергії, а хижак, який живиться цим зоофагом (консумент третього порядку), в своїх клітинах містить лише 0,1 % сонячної енергії, зв'язаної рослинами.

Продукти життєдіяльності й відмерлі тіла як продуцентів, так і консументів стають джерелом енергії для редуцентів — бактерій і грибів, що розкладають (мінералізують) цю органічну речовину й одержують від 0,01 до 10 % запасеної енергії Сонця залежно від того, до якого трофічного рівня належав об'єкт живлення. Через такі великі втрати енергії під час переходу її з одного трофічного рівня на наступний ланцюги живлення не можуть бути довгими й зазвичай налічують не більше ніж п'ять ланок: ланку продуцентів, одну-три ланки консументів, ланку редуцентів.

; **Кругообіг речовин у біосфері.** Існування життя на Землі залежить не лише від потоку енергії, а й від кругообігу речовин у біосфері. Будь-які живі організми дістають із довкілля хімічні елементи, котрі потім використовують на побудову чи підтримання своїх тіл і на забезпечення процесів розмноження. Всього відомо близько 80 елементів, необхідних біоті. З продуктами життєдіяльності або після смерті ці елементи знову потрапляють у довкілля — атмосферу, гідросферу чи літосферу, й у подальшому використовуються іншими організмами. Отже, в біосфері постійно відбувається кругообіг речовин. Прямо чи опосередковано цей кругообіг здійснюється за рахунок сонячної енергії та сил гравітації.

Хімічні елементи, які використовуються живою речовиною у великих кількостях і зазвичай становлять не менш як 0,1 % загальної маси організму, називають **макроелементами**. До макроелементів належать вуглець, кисень, водень, азот, фосфор, сірка, калій, магній і кальцій. Усі ці елементи, за винятком кисню й водню, називають також **біогенними елементами**, оскільки жива речовина вибірково й у значній кількості поглинає їх із неживого середовища й концентрує в клітинах. Елементи, необхідні організмам у менших кількостях (до 0,1 %), належать до **мікроелементів**. Це мідь, цинк, молібден, бор, йод, силіцій та ін.

Макро- й мікроелементи використовуються живими істотами в складі певних молекул. Елемент, що входить до складу молекули, з якої він може бути засвоєний організмом, називають *доступним*, або *елементом у доступній формі*. Часто для різних груп організмів доступні форми одного й того самого елемента різні.

Кругообіги кисню й водню. Кисень і водень входять до складу всіх органічних сполук. Вони поглинаються продуцентами в складі води й вуглекислого газу в процесі фотосинтезу, всіма іншими організмами — з органічною речовиною, створеною продуцентами, під час дихання (з атмосфери чи з водного розчину) й уживання питної води. Як кінцеві продукти біологічного кругообігу, водень і частина кисню повертаються в неживе середовище також у вигляді води, а кисень, окрім того, виділяється в молекулярній формі в атмосферу рослинами-продуцентами як один із кінцевих продуктів фотосинтезу.

Кругообіг вуглецю. Вуглець — це основа органічних речовин. Він входить до складу білків, жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот та інших речовин, необхідних для існування живої речовини. До первинних джерел вуглецю в біосфері належать атмосферний вуглекислий газ, що становить 0,036 % загального об'єму тропосфери, й вуглекислий газ, розчинений у воді Світового океану, де його кількість у 50 разів вища, ніж в атмосфері.

Неорганічний вуглець доступний лише для продуцентів — рослин і невеликої групи хемотрофних бактерій. Унаслідок процесів фото- й хемосинтезу вуглець зв'язується в молекули цукрів, які потім використовуються для створення інших органічних сполук. У такому вигляді вуглець стає доступним для консументів і редуцентів. У результаті процесів дихання й бродіння органічні речовини в клітинах окиснюються з виділенням енергії й вуглекислого газу, який знову або потрапляє в атмосферу, або розчиняється у воді, а також утворює йони карбонатів. Органічна речовина загиблих особин також розпадається з утворенням вуглекислого газу. Цей процес здійснюється редуцентами. Якщо з якихось причин відмерлі рештки не були використані редуцентами, вони нагромаджуються в літосфері і з часом трансформуються у вуглецевмісні копалини — торф, вугілля, нафту.

Кругообіг азоту (рис. 2.2). Атмосферний азот, що перебуває в молекулярній формі, доступний тільки для нечисленної групи азотфіксуючих бактерій і синьозелених водоростей. Азотфіксатори, засвоюючи молекулярний азот, залучають його до складу

органічної речовини свого тіла, тобто переводять в органічну форму. Після відмирання органічний азот трансформується в мінеральну форму (амоній, нітрати або нітрити) амоніфікуючими й нітрифікуючими бактеріями. Мінеральний азот доступний лише для рослин, які засвоюють його й переводять в органічну фор-

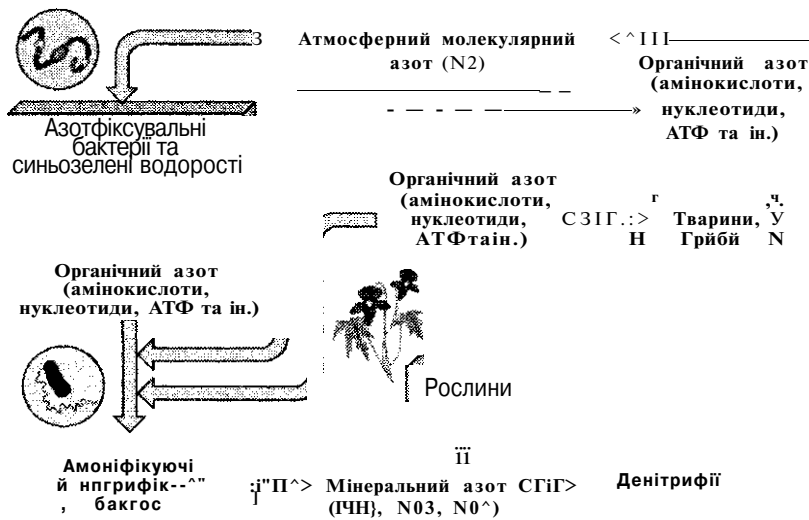


Рис. 2.2
Кругообіг азоту

му (зокрема в білки й нуклеїнові кислоти), і в такому вигляді азот стає доступним для консументів — тварин і грибів. Після їх відмирання азот знову використовується бактеріями амоніфікаторами й нітрифікаторами. Мінеральний азот використовують також бактерії денітрифікатори, які, врешті-решт, переводять його в молекулярну форму й повертають в атмосферу. Цикл замикається.

Кругообіг фосфору. На відміну від азоту, джерелом фосфору є не атмосфера, а земна кора. В процесі вивітрювання гірських порід фосфор переходить у ґрунтовий розчин і стає доступним для рослин. Він входить передусім до складу нуклеїнових кислот, аденозинтрифосфornoї кислоти (АТФ), фосфоліпідів. Із цими органічними речовинами фосфор передається ланцюгами жив-

лення від продуцентів до консументів і повертається в ґрунт у вигляді органічних решток і продуктів життєдіяльності. В результаті процесів мінералізації, які здійснюються бактеріями-редуцентами, фосфор знову переходить у неорганічні форми й стає доступним для рослин.

Проте в природі найчастіше саме нестача фосфору стримує розвиток біоти. З одного боку, фосфорні сполуки швидко вимиваються в Світовий океан. Цьому сприяють процеси ерозії ґрунту. Багато фосфору виноситься в океан і з неочищеними стічними водами. В океані цей фосфор частково використовується мікро- й макроскопічними водоростями, а потім споживається морськими консументами та редуцентами. Деяка частина фосфору може перевідкладатися на суші. Наприклад, послід морських рибоїдних птахів, який містить багато фосфору, нагромаджується в пташиних колоніях і на пташиних базарах, утворюючи так зване *гуано* — корисну копалину, що інтенсивно добувається в деяких країнах і використовується для виробництва фосфатних мінеральних добрив (наприклад, у Чилі). Але більша частина фосфору нагромаджується на дні з відмерлими рештками морської біоти. Цей фосфор може знову стати доступним для біоти тільки з часом у геологічному вимірі, наприклад після підняття певних ділянок морського дна (щоправда, сьогодні людина вже почала розробляти й морські родовища фосфоритів). З іншого боку, на суші значна частина мінерального фосфору утворює нерозчинні комплекси з ґрунтовими частинками й стає недоступною для продуцентів, отже, й для інших ланок трофічних ланцюгів. Лише деякі ґрунтові гриби здатні вилучати фосфорні сполуки з цих комплексів.

Кругообіг сірки. Сірка — це необхідний компонент багатьох органічних речовин, серед яких передусім слід зазначити амінокислоту цистеїн.

Головним джерелом сірки є розчинені у воді продукти вивітрювання гірських порід (найчастіше сульфіди заліза — основний компонент колчеданів) або сірководень і сірчистий газ, які виділяються в атмосферу вулканами, гейзерами, гарячими джерелами. Сірководень, окиснений атмосферним киснем до сірчистого газу, розчиняється у водяній парі атмосфери й випадає з дощем на поверхню планети. До складу живої речовини сірка потрапляє шляхом поглинання розчинених у воді йонів сульфатів рослинами-продуцентами. Потім сірка в складі рослин-

них білків ланцюгами живлення потрапляє до консументів і редуцентів. У анаеробних умовах (наприклад, у болотах) редуценти розкладають білки з виділенням сірки у вигляді сірководню, який може бути окиснений до молекулярної сірки або до розчинних сульфатів і сульфідів. У такій формі сірка знову стає доступною для продуцентів.

Сьогодні кругообіг сірки під впливом людини зазнає суттєвих змін: майже третина сірки, що циркулює в біосфері, потрапляє в атмосферу з димогазовими викидами заводів, фабрик і теплових електростанцій. Ця «зайва» сірка, розчиняючися в атмосфері з утворенням сірчаної й сірчистої кислот, випадає у вигляді кислотних дощів, які призводять до швидкої деградації багатьох екосистем.

Кругообіги калію, магнію та кальцію. Ці елементи у вигляді йонів потрапляють у живу речовину в процесі поглинання води рослинами, а також під час уживання питної води. Вони виконують різноманітні функції. Наприклад, калій необхідний для роботи калій-натрієвого насоса клітин, магній — обов'язкова складова хлорофілу, кальцій потрібний для підтримання постійного рН цитоплазми, є головним компонентом панцирів, будиночків, скелетів багатьох тварин. Подібно до азоту, фосфору й сірки, ці елементи мігрують трофічними ланцюгами від продуцентів через консументи до редуцентів. Після загибелі організму вони швидко переходять у водні розчини й знову стають придатними для подальшого використання.

У морях кальцій і магній частково вилучаються з біологічного кругообігу й консервуються в осадових породах. Наприклад, мікроскопічні морські водорості кокколітофориди перевідкладають кальцій у вигляді карбонатів на поверхні клітин, утворюючи так звані *кокколіти*. Після відмирання клітин кокколіти не встигають цілком розчинитись у воді й осідають на дно, формуючи крейдиані осадові породи. Лише в геологічному вимірі часу, після підняття певних ділянок дна, кальцій, нагромаджений у крейді, вивільнюється в процесі вивітрювання й знову стає доступним для біоти.

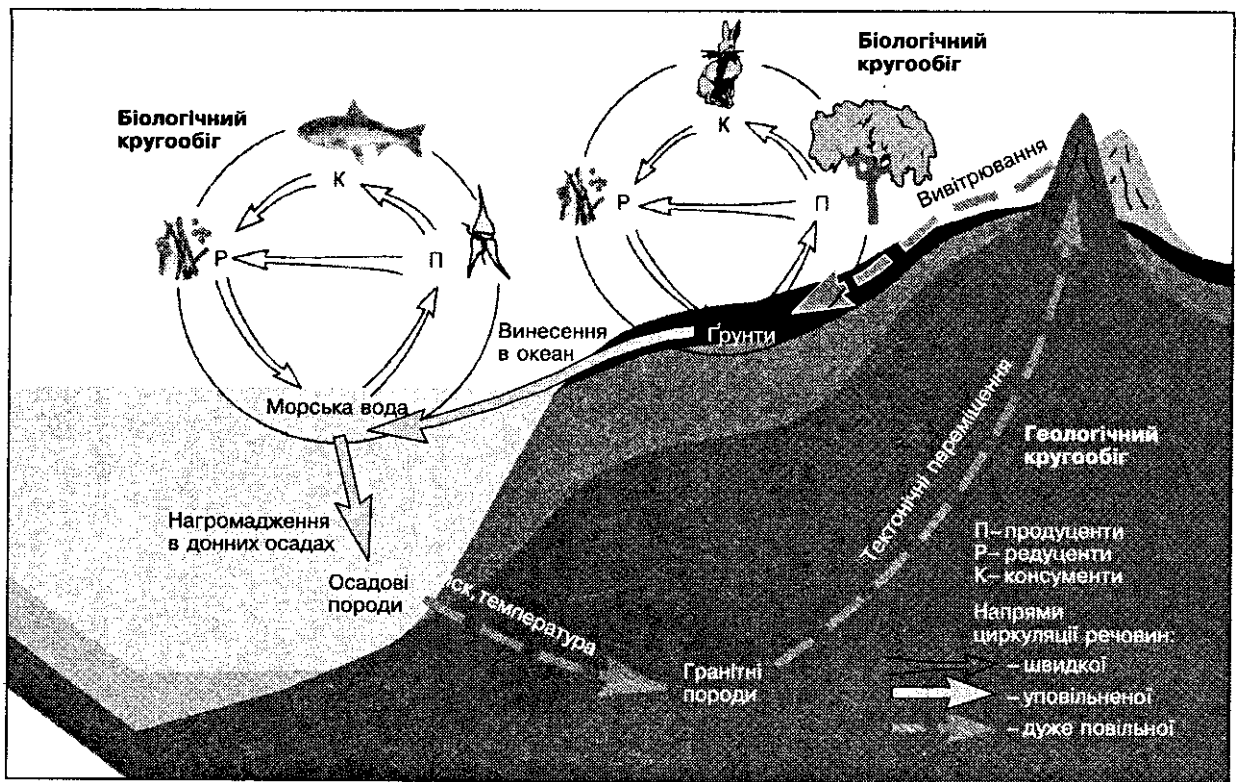
Великий кругообіг речовин і вплив на нього антропогенного фактора. Енергія Сонця й сили гравітації рухають два кругообіги речовин: біологічний та геологічний (рис. 2.3). Біологічний кругообіг швидкий і розімкнений: початкова й кінцева ланки

замикаються через доступні неорганічні речовини. Геологічний кругообіг повільний і замкнений. Частина речовин із біологічного кругообігу надходить у геологічний у вигляді відмерлих решток, утворюючи осадові породи, які з часом під впливом тиску, температури та інших факторів трансформуються в граніти. Тектонічні підняття спричинюють винесення частини гранітних порід на поверхню. Граніти вивітрюються, й, як наслідок, утворюється фонд доступних речовин, що в подальшому знову залучаються до біологічного кругообігу.

Процеси кругообігу речовин у біосфері здійснюються збалансовано. Переважна більшість речовин, залучених до біологічного кругообігу, повертається в мінеральний стан і стає доступною для повторного використання живою речовиною. Лише невелика частина відкладається в осадових породах, але ці втрати компенсуються речовинами, які вивільнюються з гірських порід у результаті процесів вивітрювання.

Баланс та узгодженість біологічного й геологічного циклів досягаються завдяки живій речовині: за рахунок тривалих процесів видоутворення в разі появи нових ресурсів чи нових умов середовища й за рахунок формування численних прямих, зворотних і непрямих зв'язків між різними організмами та факторами середовища.

Зазвичай прискорення вивітрювання гірських порід спричиняє зростання кількості біогенних речовин, що, своєю чергою, стимулює збільшення кількості живої речовини й урешті-решт підвищує інтенсивність процесів винесення речовин у Світовий океан. Це призводить до інтенсивнішого нагромадження донних осадів. Кількість доступних речовин у біосфері починає швидко зменшуватися. Біосфера переходить на «гоłodний» режим, що супроводжується масовими вимираннями видів, посиленням конкурентної боротьби за ресурси й прискоренням процесів утворення нових, більш конкурентоспроможних та «економних» видів. Проте вимирання відбувається набагато швидше, ніж видоутворення. За приклад можуть правити кам'яновугільний і крейдовий періоди, коли надзвичайно швидко нагромаджувались осадові породи внаслідок катастрофічного вимирання багатьох видів палеозойської та ранньомезозойської флори й фауни. Вимирання завершувалося появою на планеті нових класів і типів (відділів) тварин і рослин. Ще тривають дискусії про причини порушення балансу між біологічним і геологічним кругообігами, однак катастрофічні наслідки цього й повільні темпи їх усунення очевидні.



Взаємодія біологічного та геологічного кругообігів (біогеохімічний кругообіг речовин)

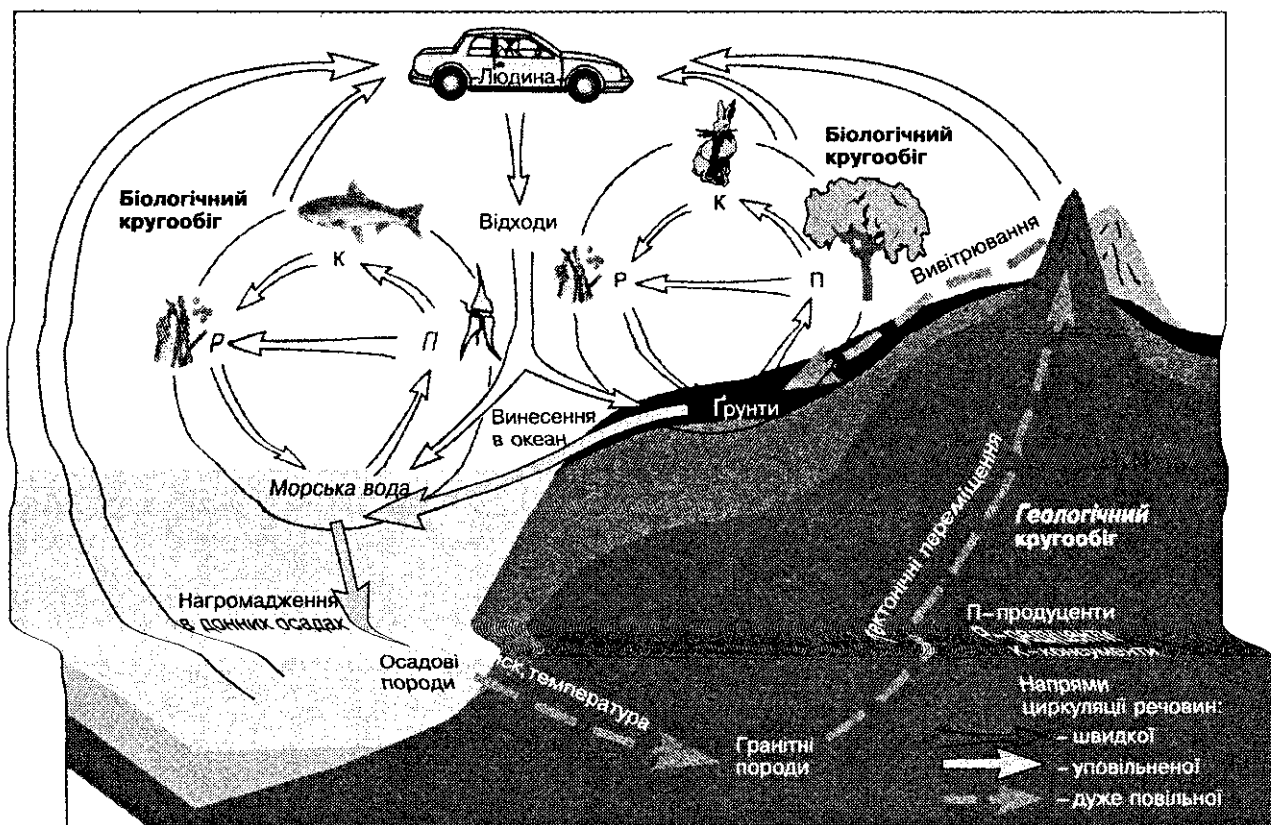


Рис. 2.4

Вплив антропогенного фактора на кругообіг речовин

Сьогодні ситуація аналогів доклина
 епох, причина її відома: цана, але, на відміну к. поПередніх
антропогенний фактор (рис. ч діяльність людини ^ та званий
 Розглянемо головні П{^4).
 гу речовин у біосфері. Цчини поруцденн^ Кругообі-
 По-перше, це досить с^ Кр
 вивітрювання осадових і гральне штучне прискори ооцесів
 ням і переробкою корисних ^>них порід, пов'язане^ ння обуван-
 ти, торфу, природного газу. Випалин, спалюванням ^3 ВИДЯ наф-
 вміст вуглекислого газу, о^результаті в атмосфері В ПЛЛ іується
 зменшується рН ґрунту, що гАидів сірки, через к з0шЬ^у доші
 ментів у розчинений стан. Дозволить до переходу 0х еле-
 токсичні й небезпечні для жЛкі з них у великих \ аТЬТраціях
 мідь, цинк, свинець). Процеси^ого (наприклад, ва>^онцеН^и —
 циклі вповільнюються - ад^ кругообігу речовин уг? Річному
 чим більше елементів перехо^ гинуть носії >живої шоло ни пра
 вається у Світовий океан, ^ть у розчин, тим біл, речо^ ВИМИ-
 вповільнені темпи повторного прискорені темпи за "іе біоти,
 них речовин, зростання швиЛикористання Доступк^и Шнераль-
 перезбагачення Світового ^кості їх вимивання сприЧ нтями
 Внаслідок цього частішають кеану біогенними спрИЧ нтами.
 скопичними водоростями, як^палахи «цвітіння» оч елеме М|Кро-
 пригнічують розвиток консул нерідко бувають тс\^сану ими й
 порівняно з минулими століт^нтів, котрі їх спож; ксичИ уак
 Світовому океані зроста в 50—^ми частота спалахів ивають нНЯ» в
 си вилучення з біосфери дс^ 30 разів! Усе це приск <<цвІТІ
 консервації в донних відклада^тупних біогенних і^орЮє н і їх
 • По-друге, людина в прок ечов
 створює численні речовини (наЧсі своєї господарська .. • льНості
 можуть бути ні використані п^риклад, пластмаси), ДШ яалі не
 ступних мінеральних речовин р^дуцентами, ні розкл, якІ Н -д0 до-
 ливу групу антропогенних «о^уцеНтами. Вони утв*адені ОСоб-
 цивілізації, які археологи чомус^дових» порід — ві?рюЮТЬ нашої
 відходи зрештою будуть транс^ назвали <<культурні^ХОДИ м>> Ці
 потім у процесі вивітрювання зц армовані в літосфері Шар^ніти й
 речовини, але відбудеться це в ^жу стануть доступний В Гра ЖИВОї
 мільйони років. Тому є реальна Геологічних вимірах ^ через
 біосфери можуть бути переробл^агроза того, щ0 дост\ асу. есурси
 шиться цикл геологічного кругові на відходи швидша упн, Р завер~
 біосферю (в тому числі й з люд^бігу. Що в цьому раз, е, НіЖбТЬся з
 * ІНою), пе ба Рад мити б^ ^ здно.

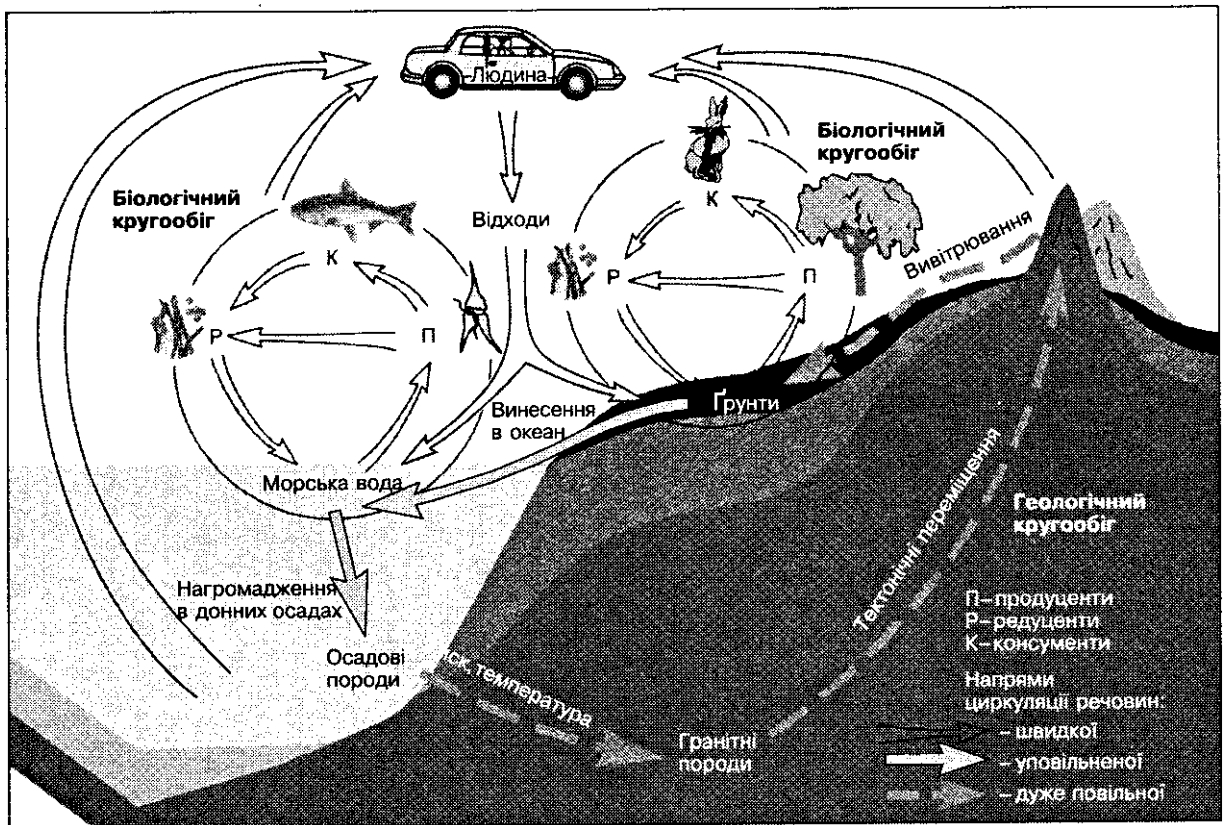


Рис. 2.4

Вплив антропогенного фактора на кругообіг речовин

Сьогодні ситуація аналогічна, але, на відміну від попередніх епох, причина її відома: це діяльність людини — так званий *антропогенний фактор* (рис. 2.4).

Розглянемо головні причини порушення кругообігу речовин у біосфері.

- По-перше, це досить сильне штучне прискорення процесів вивітрювання осадових і гранітних порід, пов'язане з видобуванням і переробкою корисних копалин, спалюванням вугілля, нафти, торфу, природного газу. В результаті в атмосфері збільшується вміст вуглекислого газу, оксидів сірки, через кислотні дощі зменшується рН ґрунту, що призводить до переходу багатьох елементів у розчинений стан. Деякі з них у великих концентраціях токсичні й небезпечні для живого (наприклад, важкі метали — мідь, цинк, свинець). Процеси кругообігу речовин у біологічному циклі вповільнюються — адже гинуть носії живої речовини. Та чим більше елементів переходить у розчин, тим більше їх вимивається у Світовий океан. Прискорені темпи загибелі біоти, вповільнені темпи повторного використання доступних мінеральних речовин, зростання швидкості їх вимивання спричиняють перебагачення Світового океану біогенними елементами. Внаслідок цього частішають спалахи «цвітіння» океану мікроскопичними водоростями, які нерідко бувають токсичними й пригнічують розвиток консументів, котрі їх споживають. Так, порівняно з минулими століттями частота спалахів «цвітіння» в Світовому океані зросла в 50—130 разів! Усе це прискорює процеси вилучення з біосфери доступних біогенних речовин і їх консервації в донних відкладах.

- По-друге, людина в процесі своєї господарської діяльності створює численні речовини (наприклад, пластмаси), які надалі не можуть бути ні використані продуцентами, ні розкладені до доступних мінеральних речовин редуцентами. Вони утворюють особливу групу антропогенних «осадових» порід — відходи нашої цивілізації, які археологи чомусь назвали «культурним шаром». Ці відходи зрештою будуть трансформовані в літосфері в граніти й потім у процесі вивітрювання знову стануть доступними для живої речовини, але відбудеться це в геологічних вимірах часу — через мільйони років. Тому є реальна загроза того, що доступні ресурси біосфери можуть бути перероблені на відходи швидше, ніж завершиться цикл геологічного кругообігу. Що в цьому разі станеться з біосферою (в тому числі й з людиною), передбачити нескладно.

§ 2Лп1 **Біогеоценози – елементарні одиниці біосфери**

...Ми, біологи, добре знаємо, що найстійкіше біологічне угруповання – це угруповання, яке складається з максимуму різноманітних видів. Наприклад, це тропічний ліс, який складається з багатьох десятків тисяч видів. А найнестійкіше угруповання – тундра: тут мало видів і звідси її страшна вразливість, ранимість. Сійкою є лука, що складається з багатьох видів. А тільки-но ми застосовуємо монокультуру, то її вже треба постійно підживлювати добривами, захищати отрутохімікатами..., інакше вона існувати не може. Вона нестійка, бо «моно».

**М. М. Воронцов,
російський біолог**

Загальне уявлення про екосистему. Процеси зв'язування сонячної енергії, її трансформації й накопичення в живій речовині, поглинання поживних речовин та їх перетворення, нагромадження осадових відкладів і вивітрювання гірських порід відбуваються в конкретних екосистемах. Термін «екосистема» запропонував англійський еколог А. Тенслі в 1935 р. Під екосистемою розуміють функціональну систему, яка вбирає в себе угруповання живих організмів разом із середовищем, в якому вони мешкають. Елементи цієї системи пов'язані між собою обміном речовин та енергії. Екосистемами є й біосфера в цілому, й окремі ліси, і окремі калюжа, й поодинокі дерева, тобто як за розмірами, так і за складом екосистеми дуже різноманітні. Головна спільна риса всіх екосистем — це те, що в певних ланках трофічного ланцюга екосистеми засвоюється, передається й перетворюється енергія. В екосистемах також відбуваються міграція й трансформація речовини. Залежно від характеру циркуляції речовини екосистеми поділяються на закриті й відкриті.

Закритою називають таку екосистему, в якій речовина циркулює від продуцентів до редуцентів по колу й саме в межах цієї екосистеми. Наприклад, у ставку біогенні елементи багаторазово проходять по тому самому колу: водорості—зоопланктон—риба—бактерії—мінеральні біогенні речовини—знову водорості.

У *відкритих* екосистемах речовина по колу не обертається. Наприклад, в екосистемі окремого дерева гусінь з'їдає листя про-

дуцента; саму ж гусінь ловлять птахи й відносять у свої гнізда на інші дерева. Отже, речовина з даної екосистеми вилучається й переноситься в іншу.

Розрізняють також екосистеми, *здатні або не здатні до само-регуляції*. Механізм саморегуляції в екосистемах першого типу здійснюється за принципом негативного зворотного зв'язку. Цей принцип у спрощеному варіанті можна уявити собі у вигляді ланцюга, кожна ланка якого виступає щодо двох сусідніх або хижаком, або жертвою. Якщо з якихось причин зменшується чисельність жертви, то через нестачу їжі з часом зменшується й чисельність хижака. Зниження чисельності хижака відповідно приводить до зменшення тиску на жертву, чисельність якої збільшується. Це знову створює умови для збільшення чисельності хижака. Отже, система «хижак—жертва» саморегулюється, тобто утримується в рівноважному стані. При цьому чисельність жертви й хижака постійно коливається навколо якогось середнього значення. Ці коливання дістали назву «*хвиль життя*».

✳ Біогеоценоз як елементарна екосистема біосфери. Елементарними екосистемами, з яких складається біосфера, є біогеоценози — замкнені екосистеми, здатні до саморегуляції.

Біогеоценозом називають однорідну ділянку земної поверхні з певним складом організмів, що населяють її (бактерій, рослин, тварин, грибів), і комплексом абіотичних компонентів (грунтом, повітрям, сонячною енергією та іншими), які пов'язуються обміном речовини й енергії в єдину природну систему. Складові біогеоценозу — це біотоп — однорідний за абіотичними факторами середовища простір — і біоценоз — сукупність усіх представлених у межах даного біотопу організмів. Функціональні складові біоценозу: сукупність усіх продуцентів даного біотопу (вищі рослини, водорості, автотрофні бактерії) — так званий *фітоценоз*; сукупність тварин-консументів — *зооценоз*; сукупність редуцентів (бактерій і грибів-сапротрофів) — *мікробоценоз*. Межі біогеоценозу визначаються межами фітоценозу, тобто контуру однорідної рослинності, оскільки саме рослини-продуценти є першою ланкою трофічних ланцюгів біогеоценозу. Біогеоценози водойм називають також *біогідроценозами*.

Розміри конкретних біогеоценозів коливаються в досить широких межах: у пустелях площа біогеоценозу становить сотні тисяч квадратних метрів (наприклад, такири й барханні піски);

площа одного лісового біогеоценозу — зазвичай від кількох сотень до кількох десятків тисяч квадратних метрів (наприклад, березовий гай у дубовому лісі); лугові й степові біогеоценози ще менші — до кількох десятків, зрідка — сотень квадратних метрів. Як правило, виразних, різких меж між біогеоценозами не існує, а один поступово переходить в інший.

Будь-який біогеоценоз являє собою систему елементів, що взаємодіють, — популяцій живих організмів.

Кожний біогеоценоз характеризується біомасою та продуктивністю, має свою певну просторову й видову структури, певну сукупність ланцюгів живлення, які пов'язуються потоками речовини й енергії в специфічну для даного біогеоценозу трофічну мережу й визначають його інформативність.

Сукупність біогеоценозів із відносно схожими характеристиками (передусім — рослинністю), які займають значну територію й розвиваються в схожих кліматичних умовах, називають *біотами*. Сьогодні на нашій планеті виділяють близько 30 основних біомів.

В Біомаса й продуктивність біогеоценозу. *Біомасою називають кількість живої речовини на одиниці площі в момент спостереження.* Це один із найважливіших статичних показників біогеоценозу. Загальна біомаса визначається сумою біомас усіх популяцій, які населяють даний біогеоценоз. Найчастіше за одиницю біомаси беруть 1 г сухої (рідше — сирої) органічної речовини на 1 м². Біомаса біогеоценозів різних типів коливається в широких межах (табл. 2.1).

Продуктивністю називають здатність живої речовини створювати, трансформувати й накопичувати органічну речовину (біомасу). На відміну від біомаси — це динамічний показник біогеоценозу.

Коли комбайни рухаються полем, коли траулер піднімає свої сітки з моря, коли ведеться вирубування лісу, то в будь-якому разі це означає, що людина збирає врожай органічної речовини. Сонячне світло й збирання врожаю пов'язані функцією екосистеми — здатністю накопичувати енергію в органічній речовині, інакше — продуктивністю, від розміру й динаміки якої цілком залежить життя всього суцього на Землі, й у тому числі — людини.

Р. Уїткер,
американський еколог

Продуктивність — одна з найважливіших характеристик: вона відображає ефективність роботи біогеоценозів, швидкість потоку енергії й речовин в їхніх ланцюгах живлення. Виражають продуктивність через показники продукції.

Таблиця 2.1

**Середня біомаса продуцентів і первинна продукція
в біогеоценозах різних типів**

Тип біогеоценозу	Середня біомаса (г/м ²)	Первинна продукція (г/м ² рік)
Вологий тропічний ліс	45 000	2 200
Савани	4 000	900
Пустелі	20	3
Напівпустелі	700	90
Степи	2 000	600
Широколистяні ліси	30 000	1 200
Хвойні ліси	20 000	800
Тундри	600	140
Агроценози	1 000	650
Відкритий океан	3	125
Планета в цілому	3 600	333

Н Продукція й деструкція. Розрізняють *продукцію первинну* — швидкість засвоєння сонячної енергії у вигляді органічних речовин, синтезованих продуцентами, та *продукцію вторинну* — швидкість трансформації й накопичення органічної речовини консументами й редуцентами. Оцінюють первинну й вторинну продукції за кількістю органічної речовини, синтезованої (первинна продукція) чи накопиченої (вторинна продукція) за одиницю часу на одиниці площі, або за кількістю енергії, запасеної в цій речовині. Приблизно 1 кДж/(м² • рік) еквівалентне 0,06 г/(м² • рік) сухої органічної речовини.

Вторинна продукція завжди менша від первинної, оскільки створюється вона в результаті трансформації органічної речовини продуцентів після їх споживання консументами чи редуцентами. Зміни значень продукції при переході від нижніх трофічних рівнів (продуцентів) до верхніх (первинних, вторинних чи третинних консументів) мають стрибкоподібний характер: уявляють

піраміду, в якій кожний наступний рівень становить приблизно лише 10 % попереднього. Зазвичай між первинною та вторинною продукціями є пряма залежність: чим більша первинна продукція, тим більша й вторинна, і навпаки.

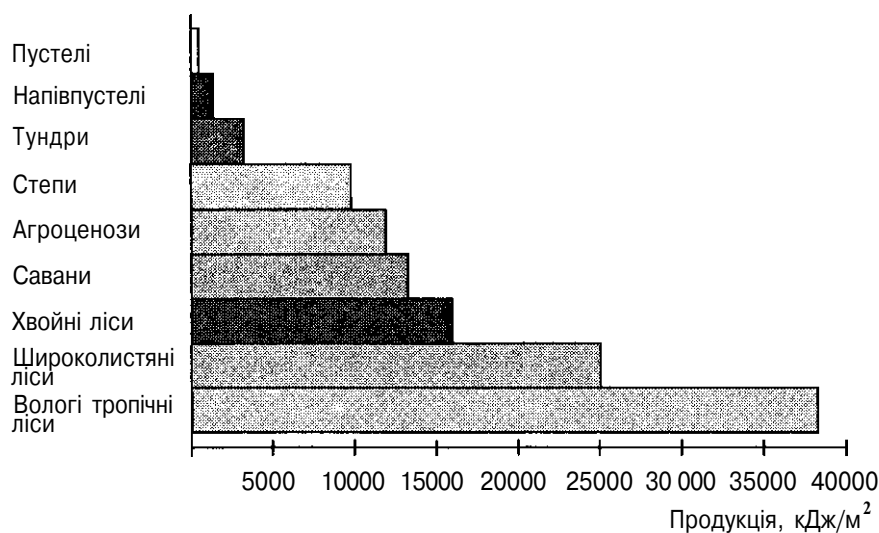


Рис. 2.5

Середньорічна первинна продукція наземних біогеоценозів різних типів
[кДж/(м² • рік)]

На конкретне значення продукції впливає багато різних факторів, але, як правило, перше місце посідають вологість і температура, друге — забезпеченість біогеоценозу елементами мінерального живлення. Найбільшу продукцію мають біогеоценози вологого тропічного лісу. Далі продукція зменшується за градієнтами температури й вологості в напрямі від екватора до полюсів (рис. 2.5).

Окрім продукції, важливим показником є *деструкція* — швидкість розкладання органічної речовини до мінеральної. Процеси деструкції здійснюють редуценти — передусім гриби й бактерії. Різниця між первинною продукцією й деструкцією є показником акумуляції (накопичення) органічної речовини в біогеоценозі.

Баланс продукції й деструкції в біогеоценозах суші. В наземних біогеоценозах нагромаджена органічна речовина в подальшому поступово перетворюється на гумус, який завдяки своїм фізико-хімічним властивостям здатний зберігати поживні мінеральні ре-

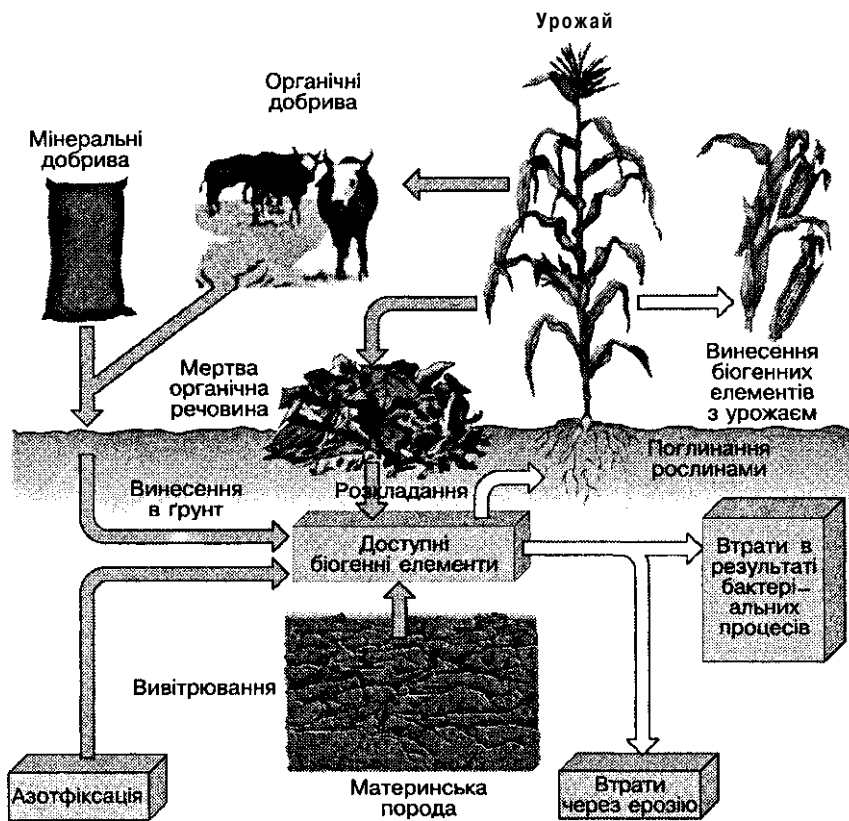


Рис. 2.6

Втрати біогенних елементів ґрунтом і шляхи їх компенсації

човини, запобігаючи тим самим їх вимиванню дощами й талою водою у Світовий океан. Тому багаті на гумус ґрунти (наприклад, чорноземи) містять великий запас поживних речовин, необхідних продуцентам, і є найродючішими.

У добре сформованих, стабільних біогеоценозах, таких як старі дубові ліси, ковилові степи, лишайникові тундри, органічна речовина майже не акумулюється. Тут первинна продукція практично дорівнює деструкції, тобто все, що синтезується рослинами, сповна споживається тваринами, грибами, бактеріями й розкладається до мінеральних речовин, які знову використовуються продуцентами й повертаються до біологічного кругообігу.

У біогеоценозах, які перебувають на стадії розвитку (так звані сукцесійні біогеоценози, наприклад піщані річкові коси, що заростають), первинна продукція перевищує деструкцію, тобто відбувається акумуляція органічної речовини. В процесі нагромадження органічної речовини перші, примітивні біогеоценози замінюються складнішими, стійкішими й продуктивнішими (наприклад, піщані річкові коси з часом перетворюються на заплавні луки). Коли нарешті біогеоценоз досягає стабільного (клімаксного) стану, деструкція врівноважує первинну продукцію, й акумуляція органічної речовини майже припиняється.

Проте, коли людина займає землі під агроценози, вона починає з урожаєм вилучати з біотопу біогенні елементи, які були нагромаджені в гумусі попереднім «диким» біогеоценозом, а потім використані культурними рослинами. Це порушує збалансований кругообіг — поживні речовини, зв'язані у вигляді органічної речовини врожаю, в екосистему вже не повертаються, й через їх нестачу ґрунт починає втрачати родючість. Продуктивність агроценозу зменшується. Для компенсації вивезення елементів мінерального живлення в ґрунти агроценозів необхідно вносити мінеральні добрива, причому в тій кількості, яка дорівнює кількості вилучених з урожаєм біогенних елементів (рис. 2.6).

Баланс продукції й деструкції у водних біогеоценозах. У біогідроценозах нагромаджена органічна речовина або розкладається редуцентами до мінеральних речовин, які переходять у розчинений стан, або відкладається на дні, й таким чином вилучається з біологічного кругообігу. Якщо у воді нагромаджується багато розчинених мінеральних речовин, то, як правило, спостерігається масовий розвиток мікроскопічних водоростей — «цвітіння» води. При цьому на розкладання водоростевої біомаси використовується майже весь розчинений у воді кисень, а самі клітини водоростей можуть виділяти велику кількість токсичних речовин. Наприклад, динофітові водорості, які спричинюють у морях так

звані «червоні припливи», виділяють токсин, подібний до отрути кураре; синьозелені водорості, що спричинюють «цвітіння» води у водосховищах, виділяють токсини, котрі класифікуються як фактори швидкої й дуже швидкої смерті. Через отруєння води токсинами й нестачу кисню починаються замори риби, масова загибель інших гідробіонтів, вода стає небезпечною для здоров'я людини.

Переважає продукція над деструкцією, яке супроводжується значним збільшенням у біотопі вмісту поживних речовин, називають евтрофікацією (від грец. *ев* — добре, легко й *трофе* — живлення). В природних водоймах процеси евтрофікації зазвичай відбуваються повільно — віками й тисячоліттями, оскільки продукція, як і в наземних біогеоценозах, майже врівноважується деструкцією. Проте сьогодні під впливом діяльності людини евтрофікація водного середовища відбувається з величезною швидкістю: вміст біогенних елементів у воді збільшується передусім через скидання у водойми багатих на біогенні елементи стічних вод або надходження цих елементів у водне середовище із затоплених родючих ґрунтів унаслідок створення величезних рівнинних водосховищ, зокрема й на Дніпрі.

Швидку евтрофікацію водойм, яка відбувається під впливом людини, називають *антропогенною евтрофікацією*.

Л Просторова структура біогеоценозу. Біогеоценози ніколи не бувають цілком однорідними. Навпаки, вони мають свою певну просторову структуру, яка є «обличчям» даного біогеоценозу. Просторова структура вбирає в себе ярусність і горизонтальну неоднорідність — мозаїчність.

Ефективність використання сонячного світла збільшується, коли воно вловлюється на різних висотах, починаючи з поверхні землі й до кількох десятків метрів (або від дна до поверхні води в біогідроценозах). Одновисотні зарості називають *ярусами*. Зазвичай у біогеоценозах суші виділяють *деревний, чагарниковий, трав'янистий і мохово-лишайниковий* яруси. Ступінь розвитку ярусної структури великою мірою визначає продуктивність біогеоценозів. Найбільшу первинну продукцію мають лісові біогеоценози, причому простежується загальна закономірність: *чим складніша ярусна структура, тим більша продуктивність біогеоценозу*. Наприклад, у вологих тропічних лісах виділяють до дев'яти ярусів, у широколистяних — у середньому чотири, у хвойних —

три, савани й степи зазвичай двоярусні, а тундри й пустелі — однарусні. Відповідно й продуктивність у цьому ряді поступово знижується: від найбільшої в тропічних лісах до найменшої — в пустелях і тундрах.

Неоднорідні біогеоценози й у горизонтальній площині. Завжди можна знайти густі або розріджені плями рослинності, нори, порії та лігвища тварин, скупчення грибів, ділянки поверхні, які різняться освітленістю, вологістю тощо. Як правило, на таких ділянках склад і чисельність біоти дещо інші, ніж на основній території, зайнятій даним біогеоценозом.

Горизонтальна й вертикальна неоднорідність біогеоценозу зумовлює й деяку неоднорідність процесів трансформації енергії в його межах. Основною коміркою трансформації енергії в біогеоценозі є *консорція* — окрема особина або популяція рослин і просторово чи трофічно пов'язані з нею популяції інших рослин, тварин, грибів, бактерій. Назву консорції дають за назвою рослини, навколо якої групуються всі інші пов'язані з нею організми (так звані *консорти*). Наприклад, у дубовому лісі до консорції дуба входять: шапкові гриби, які утворюють мікоризу, паразитичні гриби-трутовики, лишайники, що оселяються на корі, птахи, що гніздяться на кроні, гусениці й довгоносики, що поїдають листя, павуки, що прикріплюють до гілок павутиння, бактерії, що розкладають листовий опад, кабани, які вишуковують і поїдають жолуді, та багато інших представників, життя котрих у даному конкретному місці було б неможливим, якби тут не ріс дуб. Саме на рівні консорцій рухаються енергія й речовина трофічними ланцюгами в біогеоценозах.

Ступінь насиченості біогеоценозу різноманітними консорціями залежить від його видового багатства, тобто кількості видів, які живуть у даному біогеоценозі. Чим більше видів у біогеоценозі, тим краще він саморегулюється, тим стійкіший до дії різних несприятливих факторів (окрім катастрофічних).

Л Трофічна мережа. До кожного біогеоценозу входить багато видів, які належать до продуцентів, консументів чи редуцентів. Харчові зв'язки між цими видами утворюють *трофічну мережу*, або *мережу живлення*. Суть її полягає в тому, що в меню будь-якого виду, за винятком продуцентів, входить не один, а кілька або багато інших видів. Кожен із цих видів, своєю чергою, може бути їжею для кількох інших. У результаті безліч ланцюгів жив-

лення в біогеоценозі складно переплітаються між собою, наче сітки. Зрозуміло, що чим більше видів населяють біогеоценоз, тим складнішою є його трофічна мережа.

Ч Сукцесії біогеоценозів. *Поступові необоротні зміни складу та структури біогеоценозу, що спричинюються зовнішніми або внутрішніми факторами, називають сукцесіями.* Класичний приклад сукцесії — заростання озера й перетворення його на болото.

Сукцесії бувають *повільними* (тривають тисячоліття й десятки тисяч років), *середніми* (століття) й *швидкими* (десятиліття). Вони можуть відбуватися з *внутрішніх причин* (наприклад, утворення нових видів) або *під впливом зовнішніх факторів* (наприклад, засолення, підтоплення, вселення видів «чужих» фаун та флор), мати *природне* (наприклад, у результаті підняття чи опускання суші) чи *антропогенне* (вирубання лісу, розорювання степу) *походження*, бути *прогресуючими* (тобто супроводжуватися збільшенням продуктивності й видового багатства, як у випадку заростання новоутворених річкових піщаних кіс) або, навпаки, *регресуючими*.

Якщо біогеоценоз не перебуває в стані швидкої або середньої сукцесії, то продукція, біомаса й видове багатство в ньому коливаються навколо певного середнього значення в результаті процесів саморегуляції за принципом негативного зворотного зв'язку. Такий біогеоценоз перебуває в стані динамічної рівноваги, або клімаксного стані.

Можливість переходу клімаксного біогеоценозу в сукцесійний стан визначається *законом одного процента, згідно з яким зміна енергетики природної системи в межах 1 %, як правило, не виводить екосистему з рівноважного стану, і навпаки.* Зміна потоку енергії в біогеоценозі більше ніж на 1 %, як у бік його зменшення, так і в бік збільшення, виводить екосистему з клімаксу й переводить її в сукцесійний стан (рис. 2.7). При цьому через велику кількість факторів, що взаємодіють, здебільшого не можна дати точний прогноз, якого характеру набере сукцесія — прогресуючого чи регресуючого, тобто шляхи розвитку біогеоценозу стають непередбачуваними.

За приклад може слугувати досвід використання ДДТ (отрутохімікату дихлордифенілтрихлорметану) для боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур. Із агроценозів, куди вносили ДДТ, отрутохімікат різними шляхами надходив також і в навколишні природні біогеоценози. Спершу це надходження

супроводжувалося короточасним збільшенням первинної продукції за рахунок тотального знищення комах. Але при цьому знизилась ефективність запилення рослин. Потім комахоzapильні рослини почали витіснятися іншими видами, переважно бур'янами, здатними до інтенсивного вегетативного розмноження. Це спричинило зниження продукції природних біогеоценозів і «ввімкнуло» процеси довготривалих сукцесій.

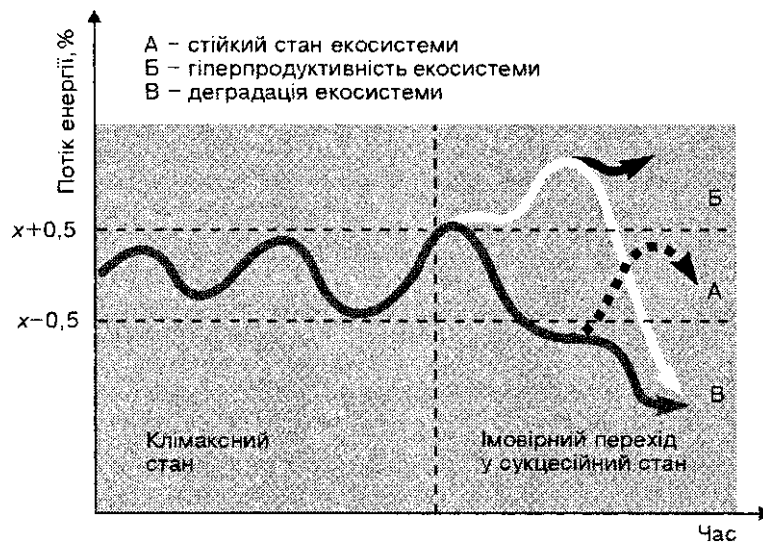


Рис. 2.7

Шляхи розвитку біогеоценозу в разі зміни потоку енергії
(закон одного процента)

Отже, використання ДДТ призвело в природних біогеоценозах до швидкої прогресуючої сукцесії, в подальшому — до швидкої регресуючої, і нарешті — до повільної прогресуючої.

На жаль, сьогодні людина практично повсюдно виводить екосистеми за межі 1 % коливань енергетичних потоків, збільшуючи тим самим загальну нестабільність біосфери.

§ 2, 5 ^ Види, популяції та середовище

Лише останніми роками починаємо ми осягати зв'язки всередині найскладнішої екосистеми, де кожний біологічний вид потрібний, аби могли жити інші, більш розвинені види. І на самій верхівці ми бачимо людину, яка цілковито залежить від видів, що розвивалися до неї й зумовили її появу.

Г. Хейсрдал

Уявлення про популяцію. Головні дійові особи в будь-якому біогеоценозі — це сукупності видів, що його населяють, — популяції. Саме на рівні популяції відбуваються процеси засвоєння, трансформації й передавання енергії ланцюгами живлення.

Під популяцією розуміють сукупність особин одного виду з єдиним генофондом, яка формується в результаті взаємодії потоку генів (схрещування, міграції, запилення, запліднення, поширення зачатків — спор, клітин, насіння, личинок, яєць) та умов довкілля. Популяція — це елементарна одиниця існування виду й та одиниця, з якою «працює» природний добір. Порівняно з видом, популяція фенотипно й генотипно зазвичай однорідніша. Наприклад, у популяції берези, що росте на болоті, дерева тонші, слабші, чутливіші до грибних захворювань, ніж у популяції берези того самого виду, яка росте на сухих місцях.

Популяції, як і біогеоценози, характеризуються багатьма показниками. З погляду екології, найсуттєвішим є показник мінімальної чисельності популяції, тобто такої чисельності, за якої в популяції ще підтримується необхідний рівень генетичної неоднорідності, завдяки чому вона не вироджується.

Наприклад, у популяціях із великою чисельністю схрещування відбуваються здебільшого між особинами, що не є близькими родичами. Завдяки цьому в популяції не накопичуються шкідливі мутації й вона процвітає. В протилежному разі переважають близькородні схрещування, збільшується фонд генетичних захворювань, популяція вироджується й у подальшому зникає. Зазвичай (принаймні у тварин) мінімальна чисельність популяції становить кілька сотень особин. Послідовно підводячи популяції до мінімальної чисельності, людина знищує їх, навіть не вбиваючи останнього представника.

• Так на початку нашого століття людина знищила мандрівного голуба. Ці птахи навесні збирались у величезні зграї й у місцях ночівлі ставали легкою здобиччю для американських фермерів, які стріляли в них, збивали палицями, ловили сітками, а потім згодовували свиням. У Вашингтонському музеї виставлено чучело птаха з табличкою: «Марта. Останній представник виду. Померла о 1-й годині 1 вересня 1914 р. у віці 29 років у зоологічному саду м. Цинциннаті». Мандрівний голуб вимер не тому, що фермери винищили всіх цих птахів до єдиного (адже деяким птахам удалося врятуватися від мисливців), а через те, що людина звела рівень усіх його популяцій до чисельності, нижчої за мінімальну. Після цього мандрівний голуб як вид уже був приречений: припинився обмін генами, була втрачена генетична різноманітність. Тому навіть зоопарк Цинциннаті, де ще зберігалось кілька птахів, не був спроможний запобігти втраті. Мандрівний голуб припинив своє існування як біологічний вид іще до того, як померла його остання представниця — Марта.

Будь-яка популяція залежить не лише від генетичної різноманітності та пов'язаного з нею потоку генів, а й від факторів довкілля.

^ Основні екологічні фактори, як правило, класифікують за їхньою природою, поділяючи на абіотичні, біотичні та антропогенні.

До *абіотичних факторів*, тобто безпосередньо не пов'язаних із діяльністю живої речовини, належать: *космічні*, *геліофізичні* та *геофізичні* (наприклад, рівень космічного випромінювання, потік сонячної енергії, фази 11-річного сонячного циклу, напруженість магнітного поля Землі); *кліматичні* й *метеорологічні* (температура, вологість, тиск, освітленість, вітер і т. д.), а також *катастрофічні природні явища* — повені, посухи, пожежі; *едафічні (грунтові)* та *гідрологічні* (наприклад, хімічний склад ґрунту й води, рН, уміст розчиненої органічної речовини, гранулометричний склад, швидкість фільтрації води, її прозорість, солоність, ступінь насиченості киснем).

До *біотичних* належать фактори, безпосередньо зумовлені різноманітними аспектами діяльності живої речовини, наприклад: *конкуренція рослин за світло*, *тварин — за джерела їжі*, *наявність певних патогенів*, *іміграція та еміграція видів*, *суцесії*, *приспосувальні (адаптивні)* та *еволюційні процеси*.

До *антропогенних* належать фактори, зумовлені діяльністю людини: *вирубування лісів, зарегулювання річок, меліорація, хімізація, інтродукція (введення в культуру) нових видів рослин чи тварин* і т. д. Сьогодні розроблено досить складні класифікації антропогенних факторів. Це свідчить, що діяльність людини стала глобальним, планетарним фактором, який надзвичайно потужно впливає на довкілля.

Біологічно людина являє собою лише частину єдиної природної системи. І водночас людське суспільство покликане експлуатувати цю систему в цілому для того, щоб виробляти матеріальні блага. Парадоксальне становище, яке ми займаємо в природі, відіграючи заразом ролі її представника та експлуататора, заважає нам правильно зрозуміти її.

Б. Коммонер,
американський біолог,
спеціаліст у галузі охорони довкілля

Екологічна ніша. Кожна конкретна популяція присутня в біогеоценозі не випадково: вона виконує певні функції в трофічних ланцюгах; вона певним чином пристосована до умов середовища; вона займає в біогеоценозі певний простір. Ці три поняття — «професія» виду в екосистемі, його ставлення до факторів зовнішнього середовища (температури, світла, вологості, джерел живлення та інших — так звана багатовимірна ніша) та «адреса» — були об'єднані американським екологом Ю. Одумом у термін *екологічна ніша*.

Зазвичай у природних біогеоценозах (особливо клімакських) кількість екологічних ніш збігається з кількістю видів, які цей біогеоценоз населяють (*принцип Гаузе*). Якщо ніші, зайняті різними популяціями, частково перекриваються, то такі види починають конкурувати між собою за той ресурс, за яким відбувається перекривання. Це призводить до поступового витіснення з біогеоценозу менш конкурентоспроможного виду. Конкуренція, так само, як і взаємовідношення типу «хижак—жертва», має надзвичайно важливе значення для підтримання стабільної видової структури біогеоценозу й запобігає надмірному розселенню певних конкретних видів.

Я Лімітуючі фактори. Багатовимірна ніша визначає екологічний діапазон певного виду стосовно факторів зовнішнього середовища. *Діапазон значень будь-якого фактора, в межах якого вид*

здатний існувати, називають діапазоном толерантності. Наприклад, верес вегетує в діапазоні рН 3,5—4,5, жовтець — рН 4,5—6,5, лисохвіст — рН 6,5—8,0. Ці значення рН є діапазоном толерантності до значень кислотності середовища вересу, жовтцю й лисохвосту відповідно. Зрозуміло, що в одному біогеоценозі всі ці три види рости не можуть. Загалом же кількість параметрів, які описують багатовимірну нішу конкретного виду, дуже велика.

Присутність і процвітання виду в певному біотопі залежать від усього цього комплексу умов. Проте відсутність чи неможливість процвітання визначається нестачею або, навпаки, надміром лише одного якого-небудь фактора. Наприклад, якщо за значенням вологості, освітленості, температури, вмісту азоту, фосфору, калію біотоп сприятливий для жовтцю, але значення рН виходить за межі діапазону толерантності (наприклад, становить 3,5), то жовтець у даному біогеоценозі розвиватися не буде. В цьому разі говорять, що рН — фактор, який обмежує розвиток жовтцю в конкретному біогеоценозі, або лімітуючий фактор.

Інший приклад. Чисельність зайця-біляка на невеликих островах у Білому морі залежить від багатьох факторів — температури, вітру, вологості, наявності укриттів, рівня захворюваності популяції й т. п., але найбільшою мірою визначається біомасою рослин, якими заєць харчується (злаків, бобових) та рівнем браконьєрства. Ці два фактори є лімітуючими, тоді як інші — другорядними.

Концепція лімітуючих факторів дає змогу зрозуміти, наскільки вразливі, незважаючи на здатність до саморегуляції, природні екосистеми, і разом із законом одного процента показує, як легко вивести біогеоценоз зі стану динамічної рівноваги.

III Екологічна валентність видів. Хоча діапазони толерантності в різних видів свої, проте криві, що описують ці діапазони, подібні. Якщо на осі абсцис відкласти діапазон значень якого-небудь фактора, а на осі ординат — інтенсивність розвитку виду, то залежність між цими параметрами описуватиметься дзвоноподібною кривою. Діапазон фактора, який зумовлює верхню частину кривої, називають зоною оптимуму даного фактора для даного виду. Нижні частини «дзвона» — це зони зниження життєдіяльності, або зони несимуму. Області значень фактора, де інтенсивність розвитку виду дорівнює нулю, — це зони смерті (так звані летальні зони), в межах яких даний вид існувати не може.

Діапазон зони оптимуму є критерієм визначення екологічної валентності виду. Види з широкими зонами оптимуму (високою екологічною валентністю) називають *евритопними*, тобто пристосованими до змін значень даного фактора в широких межах. Види з вузькими зонами оптимуму називають *стенотопними*.

ЗО - зона стресу (песимуму)
 ЗО ~ зона оптимуму

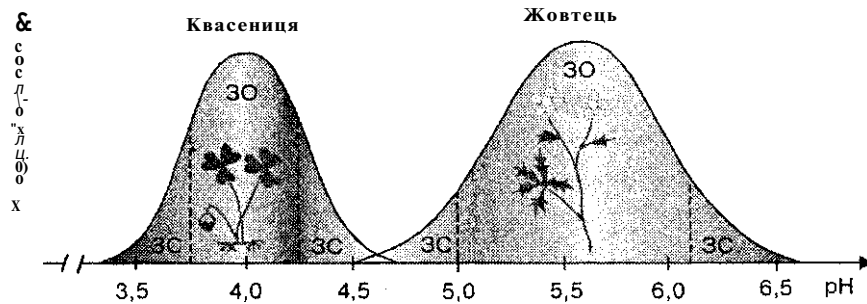


Рис. 2.8

Стенотопні та евритопні види в біогеоценозі

Так, екологічний оптимум жовтцю стосовно рН ширший, ніж у квасениці (рис. 2.8). Відповідно жовтець є більш евритопним порівняно з квасеницею. Приклади евритопних видів — більшість бур'янів (пирій, суріпок, лутига тощо), багато кліщів, черепашкові амеби, цвілеві гриби, стенотопних — більшість лишайників, усі орхідні, багато хижих птахів та ін. Види з широкою екологічною амплітудою одразу за багатьма факторами середовища часто називають *убіквістами*. Зазвичай у разі виходу екосистеми з рівноважного стану більш стенотопні види першими випадають із біогеоценозів, і саме ці види дають змогу помітити початок сукцесійних змін у біогеоценозі. Цю особливість стенотопних видів широко використовують для біологічної індикації стану середовища.

Іі Кількісний розвиток популяцій. Кількість особин конкретної популяції залежить передусім від стану народжуваності й смертності. Чисельність популяції залишається постійною тоді, коли народжуваність дорівнює смертності. Збільшення народжуваності

й зменшення смертності призводять до збільшення популяцій, і навпаки.

Для аналізу причин, які зумовлюють співвідношення смертності й народжуваності, в екології часто використовують *аналіз кривих виживання популяцій*.

Криву виживання певної популяції можна побудувати, якщо постійно реєструвати кількість народжених у ній особин і зміни їхньої кількості в часі. Потім будують графік, де на осі абсцис відкладають вік особин, а на осі ординат — процент особин, які вижили, стосовно чисельності вихідної популяції.

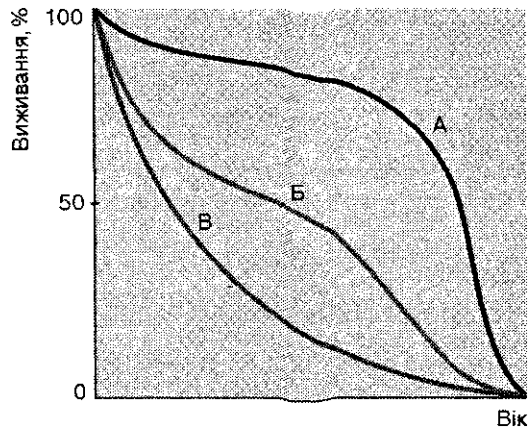


Рис. ^2.9

Криві вигнивання

Добуті таким чином криві виживання умовно можна звести до трьох основних типів (рис. 2.9): крива типу *A* відповідає популяції, де головний фактор, що визначає смертність, — це старіння. В природі таке трапляється рідко, проте досить характерне для популяцій людей у розвинених країнах. Крива типу *B* характерна для популяцій із високим рівнем смертності на початкових стадіях розвитку. Зазвичай до причин смертності в таких популяціях належать хвороби, нестача поживних речовин, високий тиск із боку хижаків, а в популяціях людей — також і війни. Крива типу *V* відповідає популяціям із високим рівнем смертності протягом усього життя, як правило, в результаті випадкової

загибелі з найрізноманітніших причин. Типові приклади — різні популяції рослин, безхребетних тварин, риб.

За допомогою кривих виживання можна визначати смертність особин різних видів залежно від віку й з'ясовувати, коли така популяція найуразливіша.

• **Регуляція кількісного розвитку популяцій.** Кількісний розвиток популяцій контролюється механізмами взаємодії з іншими популяціями (передусім — за принципом зворотного зв'язку) та обмеженістю ресурсів конкретних біотопів. Наприклад, діатомова водорість талласіозіра, що живе в морях і океанах, має широкі діапазони толерантності за багатьма параметрами. Вона здатна поділятися надвоє щодня. В разі розмноження талласіозіри такими темпами її біомаса за 40 діб перевершила б масу нашої планети. Але в реальному житті такого ніколи не буває.

Є два основних *механізми запобігання надмірному розвитку конкретних популяцій*: • за принципом зворотного зв'язку «популяція—ресурси середовища»; • за моделями біотичних зв'язків — «жертва—хижак», «хазяїн—паразит».

•> Прикладом зворотної регуляції за ресурсами середовища може бути історія розведення кіз на острові Кіпр. Коза — невибагливий і всеїдний первинний консумент. Зазвичай вона їсть траву, видираючи її разом із корінням. Коли закінчується трава, коза переходить на кущі й молоді дерева, а якщо не залишається й цієї їжі, — об'їдає деревну кору. Після кози на Кіпрі від квітучих, родючих земель не залишилося нічого. Зрештою кіпрські кози й самі загинули з голоду, але раніше запустів увесь Кіпр. За античних часів кози «з'їли» Ліван, Сирію, Марокко, Іспанію, Італію, Грецію. Експансію кози зупинила тільки нестача ресурсів.

Обмежувальна дія паразитизму й хижацтва полягає в тому, що коли починається вибухоподібне зростання якої-небудь популяції, то на такого «бунтівника» накладаються бактерії, паразитичні безхребетні тварини, патогенні гриби, віруси, різні хижаки.

Обмежувальну дію хижацтва було розглянуто раніше, коли обговорювалася модель «хижак—жертва».

•> Лімітуючу дію паразитизму можна проілюструвати на прикладі історії розведення ялини в Карпатах. Під час другої світової війни німці для збільшення виробництва деревини почали тут масове вирубування бука, а на його місце висаджували ялину — дерево, яке характеризується дуже швидким ростом. Протягом

двох десятиліть ялина захопила майже весь вільний від бука простір і вклинилася в букові праліси, піднімаючися на місцях вивалювання старих дерев. Та переможний марш ялини невдовзі припинився: дерева почали масово уражатися паразитичним грибом — кореневою губкою, оскільки густе розташування ялин

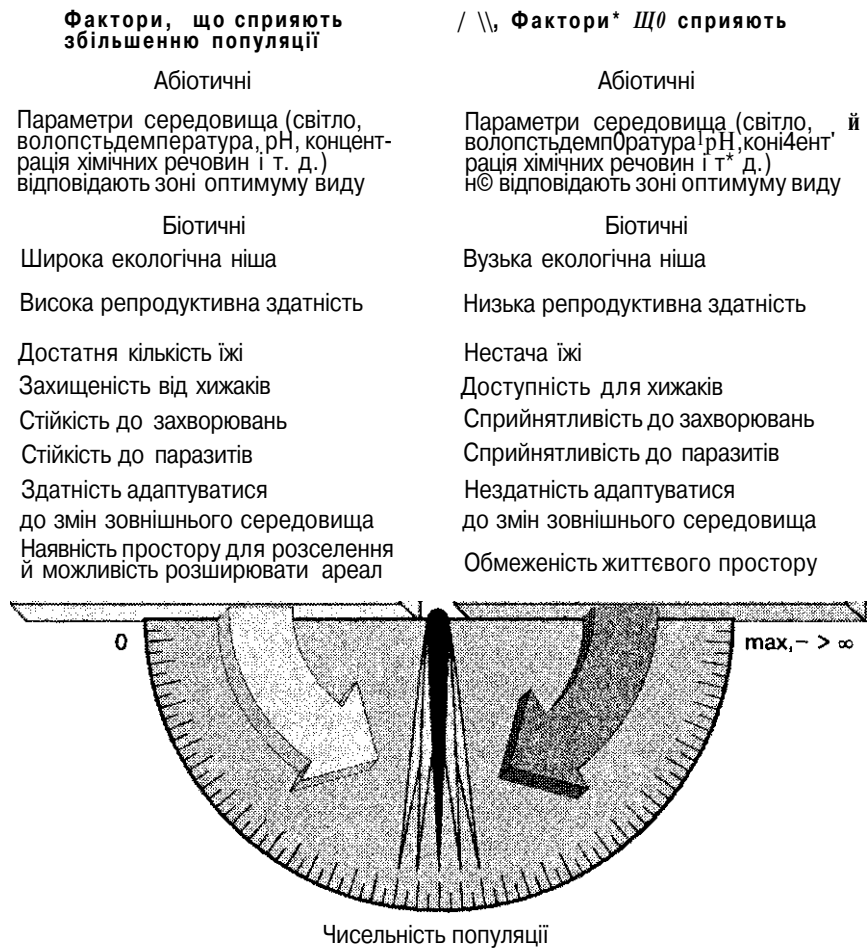


Рис. 2.10

Фактори, що визначають чисельність популяцій

сприяло ефективному перенесенню спор паразита від хворих рослин до здорових.

У цілому кількісний розвиток популяцій регулюється взаємодією комплексу як сприятливих, так і несприятливих факторів, що спричиняють коливання чисельності популяції навколо певного середнього значення (рис, 2.10). Фактори, котрі сприяють зростанню популяції, зумовлені біологічним потенціалом даного виду. Фактори, які протидіють цьому процесові, зумовлені тиском середовища й біологічним тиском із боку інших популяцій.

Питання, пов'язані з вивченням механізмів регуляції розвитку популяцій у біогеоценозах і ставленням видів до факторів середовища, розглядаються спеціальними розділами екології — відповідно популяційною та аутоекологією.

§ 2.6,[^]1 Основні екологічні закони

Люди скоряються законам Природи, навіть коли діють проти них.

Й. - В. Гете,
видатний німецький поет,
мислитель,
природознавець (XVIII—XIX ст.)

Екологія — молода наука, й, мабуть, через це вона ще не сформулювала своїх законів з математичною чи фізичною точністю. Можливо, це буде зроблено пізніше. Поки що ж прийнято вважати, що екологічні закони — це середньостатистичні прояви певних причиново зумовлених явищ. На думку відомого еколога Д. Чіраса, природа розвивається й функціонує за чотирма основними принципами:

- 1) рециклічності, або повторного багаторазового використання найважливіших речовин;
- 2) постійного відновлення ресурсів;
- 3) консервативного споживання, коли живі істоти споживають лише те й у такій кількості, як їм необхідно;
- 4) популяційного контролю — природа не допускає вибухоподібного росту популяцій, регулюючи кількість особин того чи

іншого виду створенням відповідних умов для його існування та розмноження.

Більшість цих та інших екологічних принципів і законів вдало узагальнив американський еколог Б. Коммонер у 1974 р., звівши їх до чотирьох законів.

Закон перший: усе пов'язане з усім. Екологія розглядає біосферу нашої планети як складну систему з багатьма взаємопов'язаними елементами. Ці зв'язки реалізуються за принципами зворотного негативного зв'язку (згадаємо, наприклад, систему «хижак—жертва»), прямих зв'язків (в екосистемах «працюють» усі дії логічної алгебри — «або», «і», «не»), а також завдяки різноманітним взаємодіям, що взаємовиключають одна одну. За рахунок цих зв'язків формуються гармонійні системи кругообігу речовин та енергії. Будь-яке втручання в роботу збалансованого механізму біосфери викликає відповідь одразу за багатьма напрямками, що робить прогнозування в екології надзвичайно складною справою.

Закон другий: усе має кудись діватися. На прикладі біологічного кругообігу видно, як рештки й продукти життєдіяльності одних організмів є в природі джерелом існування для інших.

Людина поки ще не створила такого гармонійного кругообігу в своїй господарській діяльності. Будь-яке виробництво постійно «випускає» принаймні дві речі — необхідну продукцію й відходи. Відходи самі собою не зникають: вони нагромаджуються, знову втягуються в кругообіг речовин і призводять до непередбачених наслідків. Численні приклади таких наслідків розглядатимуться в гл. 4.

Закон третій: природа знає краще. «Живе складається з багатьох тисяч різноманітних органічних сполук, — пише Б. Коммонер, — і часом здається, що принаймні деякі з них можуть бути поліпшені, якщо їх замінити якимось штучним варіантом природної субстанції». Третій закон екології стверджує, що штучне введення органічних речовин, які не існують у природі, а створені людиною, але беруть участь у живій системі, швидше завдасть шкоди. Одним із найдивовижніших фактів у хімії живих речовин є те, що для будь-якої органічної субстанції, виробленої живими істотами, в природі є фермент, здатний цю субстанцію розкласти. Тому, коли людина синтезує нову органічну сполуку, яка за структурою значно відрізняється від природних речовин, цілком імовірно, що для неї немає розкладального ферменту, й

ця речовина «накопичуватиметься». Другий закон допомагає зрозуміти, які наслідки матиме таке накопичення.

Закон четвертий: ніщо не дається задарма. «Глобальна екосистема являє собою єдине ціле, в межах якого ніщо не може бути вигране або втрачене й яке не може бути об'єктом загально-го поліпшення: все, що вилучається з неї людською працею, має бути відшкодоване. Сплати за цим векселем не можна уникнути, її можна лише відстрочити», — пише Б. Коммонер. Четвертий закон стверджує: природні ресурси не нескінченні. Людина в процесі своєї діяльності нині бере у природи в «борг» частину її продукції, залишаючи під заставу ті відходи й ті забруднення, яким не може чи не хоче запобігти. Цей борг зростатиме доти, доки існування людства не опиниться під загрозою й люди сповна не усвідомлять необхідність усунення негативних наслідків своєї діяльності. Це усунення потребуватиме дуже великих затрат, які й стануть сплатою цього боргу.

Про те, що людина вже встигла зачислити на цей свій рахунок, ітиметься в наступних главах.

§ 2, 7 ^ Ноосфера

Людина опинилася за кермом біосфери, не знаючи правил навігації... Ці правила — екологічні закони світу, закони, що керують життям на Землі, людина відмінити не може. Вона мусить їм підкоритись, аби вижити.

П. Фарб,
американський ентомолог,
письменник — популяризатор науки

Поява на Землі Розуму, носієм якого є Людина, докорінно змінила хід еволюції біосфери. Перехід від «нерозумної» форми живої матерії до Розуму був таким самим революційним стрибком, як і перехід від неживої матерії до живої.

Як же оцінювати цю подію — появу на Землі Розуму? Адже дехто з учених розглядає людину як своєрідну «помилку Природи», хворобливе відхилення від «норми», що виникло на Землі випадково.

Зовсім іншу думку обстоював В. І. Вернадський, який був переконаний, що поява на Землі носія Розуму підготовлена всією її попередньою геологічною історією. «Людина, — писав він, — є геологічною силою більшого значення, ніж ми це собі уявляємо. І ця сила, створена всім попереднім життям, не може ні зникнути, ні повернути назад».

Але чому саме людина стала носієм Розуму? Чому не стали розумними, наприклад, мурашка чи слон? Пригадаймо, що письменники-фантасти населяють інші планети розумними квітами (К. Саймак), собаками (А. і Б. Стругацькі) чи навіть мислячим океаном протоплазми (С. Лем). Проте, на думку видатного палеонтолога й письменника І. Єфремова, в земних умовах розумною могла стати лише людина. Цьому сприяли особливості будови її організму: великий складний мозок, пряме, вертикальне положення тіла, наявність кінцівок двох типів — нижніх для пересування (ніг) і верхніх (рук), здатних брати, утримувати й використовувати різні предмети. Дуже важливо також, щоб голова мислячої істоти не слугувала знаряддям, не була обтяжена рогами, могутніми щелепами, які не дають розвинутися мозкові, — саме таку будову має голова людини. Тобто, як гадає І. Єфремов, основні особливості будови людини найбільше відповідають організмові, здатному стати розумним.

III Еволюція людини. Коли ж і як саме людина виділилася з тваринного світу й стала людиною? Новітні наукові дані підтверджують ідею Ч. Дарвіна про те, що найближчими нашими родичами є людиноподібні мавпи. Дослідження генетиків показали: нуклеотидні послідовності ядерної ДНК людини, шимпанзе й горили різняться менше ніж на 2 %. За біохімічними показниками крові найближчим нашим родичем слід вважати карликового шимпанзе — бонобо, який у невеликих кількостях іще зберігся в тропічних лісах Конго. Бонобо за своїми анатомічними особливостями дуже близький до австралопітеків — людиноподібних мавп, рештки яких учені знаходять у східній частині Африки (Ефіопія, Танзанія). Жили ці примати приблизно 4—6 млн років тому. Об'єм їхнього мозку становив 400—600 см³, тобто менше від необхідного мінімуму для розумної істоти, який, на думку вчених, дорівнює 700—750 см³ (рис. 2.11). Проте ходили вони прямо, на нижніх кінцівках, будова їхньої стопи нічим не відрізнялася від людської і, цілком імовірно, вже вмiли виготовляти й використо-



Рис. шІІІ

Об'єми мозку людини (а) та шимпанзе (б)

увати найпримітивніші кам'яні знаряддя — чоппери — поряд із палицями й кістками тварин.

Близько мільйона років тому з'явився особливий вид ссавця, який у процесі свого розвитку мав стати Homo sapiens.

Людина багато в чому схожа на представників тваринного світу. Протягом тисячоліть вона займає в біосфері нішу, схожу на ту, котру займає будь-який інший ссавець.

Проте розвиток її мозку й інтелекту дав змогу їй оволодіти вогнем, створити знаряддя праці, почати вести сільське господарство й т. д. Поступово людина почала порушувати континентальні екосистеми, змінювати пейзаж, ставати господарем на Землі.

**П. Агесс,
французький еколог**

Еволюцію далеких предків людини вивчено поки що недостатньо. Антропологи вважають, що на зміну австралопітекам прийшли представники роду гомо, до якого належить і людина сучасного типу, а саме *гомо габіліс* (людина вміла), *гомо еректус* (людина прямоходяча), потім *архантропи* (синантроп і неандерталець). Проте, за сучасними даними, жоден із цих видів нашим прямим предком не був, зокрема й неандерталець, який таким довго вважався. Це бічні, тупикові гілки еволюції. Людина сучасного типу, кроманьйонець, з'явилася протягом останнього, вюрмського, зледеніння, як вважають, близько 30 тис. років тому. Ці люди практично нічим не відрізнялися від сучасних, але хто був їхнім безпосереднім предком — невідомо.

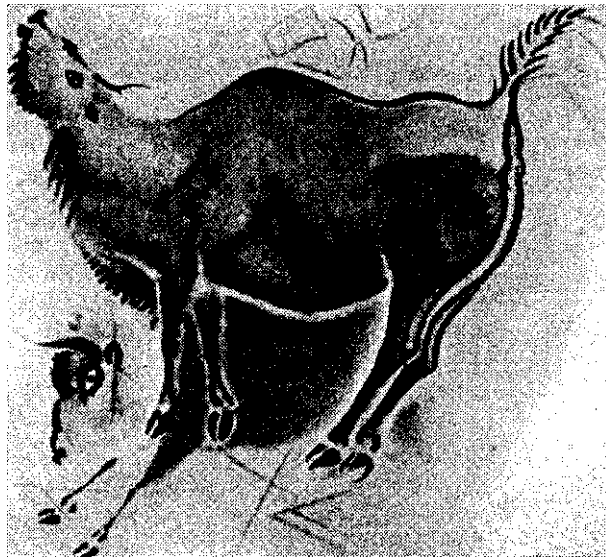
Еволюція людини за своїми темпами й наслідками не має аналогів серед інших представників тваринного світу. Наприклад, коню знадобилося 60 млн років для того, щоб стати тим, чим він є нині (його палеогеновий предок гіппаріон мав п'ятипалі кінцівки й розмір собаки). Як пише американський дослідник Е. Томас, «щось дивне й нереальне є у відтвореній картині, де тварина, котра лазила по деревах, за 3 мільйони років стала двоногою, зуміла створити машини, що плавають по воді, котяться по суходолу, літають у повітрі, в той час як її мляві кузени все ще стрибають із гілки на гілку».

Примати виділилися з тваринного світу завдяки своєму великому мозкові та вертикальному положенню тіла. Але справжніми людьми вони стали тоді, коли виробили системи абстрактних понять — математику, релігію, живопис, музику. Головним критерієм розвитку людини є її здатність жити в світі ідеального — оцінювати прекрасне, відрізнити хибне від істинного, створювати абстракції. Не досягши цього стану, наші далекі предки були тільки проміжною ланкою між тваринами й людьми.

Деякі абстрактні поняття досягали ще неандертальці. Як свідчать археологічні розкопки, вони ховали своїх небіжчиків, виконуючи при цьому певні обряди (клали в могилу їхні особисті речі, прикрашали їх квітами), тобто в них уже існували якісь примітивні релігійні культи, зокрема віра в потойбічний світ. Що ж до кроманьйонців, то численні археологічні знахідки свідчать про те, що їм були доступні всі галузі абстрактних понять, відомі нам сьогодні. Вже 20—30 тис. років тому ці люди малювали прекрасні зображення (рис. 2.12) й цілі «картинні галереї» на стінах печер, вирізали з мамонтової кістки скульптурні зображення людей і тварин, склали досить досконалі місячні й сонячні календарі, виконували складні релігійні ритуали. В них були навіть музичні інструменти ударного типу, виготовлені з кісток мамонта (знайдені, зокрема, археологами на стоянці прадавніх людей на території сучасного села Межиріч Черкаської області).

Еволюція людини незвичайна. На відміну від усіх інших організмів, людина не пристосовувалася до природи, а ніби відокремлювала себе від неї. Знаряддя праці, одяг, житло, вогонь — усе це прийоми, за допомогою яких вона відгороджується від довкілля, створює своє власне стабільне середовище. Зберігаючи своє внутрішнє середовище, людина в дедалі більших масштабах змінює середовище зовнішнє. Сьогодні, на жаль, обсяги цих змін такі, що вже стали загрожувати існуванню самої людини.

Антропологи й фізіологи помітили таку дивну особливість: потенційні можливості мозку людини набагато вищі за її фізіологічні потреби. Мозок людини досяг сучасного рівня складності задовго до того, як виникли культура й цивілізація. Ось як



Ревучий бізон. Мадлен, печера Альтамира. Іспанія

оцінює цей факт польський учений Т. Білецький: «Кінцевий результат еволюції гомінідів, розум сучасної людини, значно перевищує вимоги примітивного збирацького й мисливського способу життя та примітивної суспільної організації, що були характерними для гомінідів протягом майже всього плейстоцену; в цьому випадку наслідок абсолютно не відповідає причині». Складається враження, начебто еволюція людини заздалегідь «передбачала» майбутні потреби виду гомо сапієнс і наділила його таким «комп'ютером», який чомусь не використовується на повну силу, але, можливо, буде задіяний у майбутньому. За деякими оцінками, мозок сучасної людини реалізує лише близько 2 % своїх потенційних можливостей.

II Загальні уявлення про ноосферу. Людина в біосфері Землі виступила в ролі нової сили, нового фактора. Сьогодні людина вже оволоділа й продовжує оволодівати величезними силами природи, і це поставило перед нею найболючіше питання — про саму себе. *Хто ж вона, людина, яке її місце в світі? Які її права та обов'язки перед Матір'ю-Природою й самою собою? Чи є межа цих прав? А якщо є, то де вона?* «Людина вперше реально зрозуміла, — писав В. І. Вернадський, — що вона — житель планети й може, повинна мислити й діяти в новому аспекті, не лише окремої особини, сім'ї або роду, держав або їхніх союзів, а й у планетарному аспекті».

Нині складаються зовсім нові взаємовідносини в системі людина—біосфера. Земля, котра раніше здавалася людині неоссяжною, безкрасю, величезною, сили якої викликали в неї благоговійний трепет, були грізним нагадуванням про безсилість виду гомо сапієнс, сьогодні вже такою не уявляється. Хоча сліпі природні сили й нині не стали слабшими й час від часу нагадують про себе руйнівними землетрусами або іншими стихійними лихами, могутність людини здається просто безмежною.

- За рахунок роботи тисяч радіо-, телестанцій, релейних ліній та інших об'єктів Земля сьогодні випромінює енергії в радіодіапазоні (на метрових хвилях) більше, ніж Сонце.

- Щороку людство лише в сільському господарстві перевертає, перелопачує своїми плугами й культиваторами таку масу ґрунту, яка в 200 разів більша, ніж маса піску, глини, мулу, що виносяться в океан усіма річками Землі.

- Людство стало провокувати справжні землетруси — в результаті підземних ядерних вибухів, а також будівництва великих водосховищ у сейсмічно небезпечних зонах.

- Сьогодні людина не лише використовує всі елементи таблиці Менделєєва, а й створює нові, яких раніше не було на Землі, наприклад плутоній.

- Усе добуте з надр Землі людина розсіює на поверхні, колосально прискорюючи переміщення хімічних елементів у біосфері, руйнуючи ті біохімічні цикли, які склалися протягом мільйонів років.

- Запаси енергетичної сировини, металів та інші, які природа накопичувала в своїх коморах протягом цілих геологічних періодів, людина розтрачує за лічені десятиліття. Натомість вона

вносить у природу нові сполуки, здебільшого шкідливі для біосфери. На сьогодні за рахунок техногенної діяльності в біосферу потрапило вже близько 50 тис. нових хімічних речовин, не властивих природі і, як правило, шкідливих для живих організмів.

Люди й далі продовжують діяти в тому самому напрямі, не усвідомлюючи очевидного факту: Земля, на якій вони розвинулися до сучасного рівня, — це маленька планета з обмеженими ресурсами й дуже вразливим режимом, і вона вимагає до себе тим обережнішого і дбайливішого ставлення, чим ширшими стають можливості людей порушувати цей режим.

В. І. Вернадський висунув тезу про те, що біосфера Землі закономірно й неминуче перейде в нову якість, стане *ноосферою* (від грец. *ноос* — розум). На його думку, людина перебере на себе керівництво всіма процесами в біосфері, спрямує її розвиток у потрібному для себе напрямі. На зміну «дикій» біосфері має прийти нова оболонка — ноосфера, тобто якісно новий стан біосфери, переробленої, перебудованої розумом людини та її працею.

Сьогодні можна констатувати, що біосфера справді різко змінюється під впливом технологічної діяльності людини, дедалі більше замінюється *техносферою*, в якій дехто з учених іще недавно схильний був убачати початок формування ноосфери, передбачуваної В. І. Вернадським. Проте сьогодні стало ясно, що наступ техносфери супроводжується такими змінами природного середовища, які вже почали загрожувати самому існуванню людини на Землі. Відбувається прискорене руйнування основних, життєво важливих комірок біосфери, яке прогресує й уже здатне призвести до її повної деградації й загибелі, що автоматично означає загибель людства, оскільки люди не можуть існувати в іншому середовищі, ніж те, в якому вони з'явилися та існували. Отже, *дедалі активніше рухаючи вперед «технічний прогрес», людство лише погіршує загальну ситуацію в біосфері й своє власне становище в ній.*

У загальному вигляді закон ноосфери В. І. Вернадського дає відповідь на питання, в який бік спрямований соціально-екологічний процес: біосфера неминуче перетвориться на ноосферу, тобто сферу, де розум людини відіграватиме домінуючу роль у розвитку системи людина–природа... Мрія й віра, звичайно, світла, але досить далека від реальності й недостатня ні як науковий прогноз, ні як визначення закону ноосфери, хоча сам закон, безперечно, справедливий. Він точний у тому розумінні, що в разі, якщо людство не почне розумно

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

регулювати свою чисельність і тиск на природу, зважаючи на її закони, біосфера в зміненому вигляді може зберегтися, але цивілізація, а не виключено — й вид гомо сапієнс, загинуть... Керуватимуть люди не природою, а передусім собою, й у цьому суть закону ноосфери

**М. Ф. Реймерс,
видатний російський біолог,
еколог**

На думку деяких учених, серед причин цієї глобальної екологічної кризи, що насувається, головними є дві: надмірне зростання чисельності населення Землі й надмірне використання людиною основних природних ресурсів.

Ситуація ще більше ускладнюється тим, що до появи на Землі людини всі процеси в біосфері базувалися на використанні відновлюваних ресурсів. Сьогодні людство 90 % енергії для своїх потреб добуває з невідновлюваних джерел (спалює нафту, вугілля, газ тощо). Використання ресурсів цього типу спричиняє такі порушення в біосфері, з якими вона неспроможна боротися. Наприклад, у природі немає механізмів нейтралізації радіоактивного забруднення внаслідок діяльності АЕС. Не може природа також компенсувати шкоду, заподіяну будівництвом гідроелектростанцій, коли великі ділянки суші затоплюються водою.

Зруйновані людством біоти самі стають джерелом забруднення природного середовища. Наприклад, через надмірне внесення в ґрунт мінеральних добрив і пестицидів порушуються склад і діяльність мікроорганізмів, що призводить до посиленого надходження в атмосферу метану й вуглекислого газу. З цієї ж причини, а також унаслідок швидкого знищення лісів біота континентів почала виділяти в атмосферу стільки CO_2 , скільки його надходить туди ж від згоряння мінерального палива.

На жаль, мрія В. І. Вернадського про те, що людина може перебрати на себе керівництво всіма процесами в біосфері, спрямувати їх у «розумне русло» сьогодні виглядає нереальною. Якщо ми хочемо створити систему для повного керування біосферою, вона має бути (за правилом Ешбі) складнішою від самої біосфери. За підрахунками вчених* для цього всю поверхню Землі (разом з океанами!) довелося б укрити шаром ідеальних комп'ютерів розміром із бактерію з комірками пам'яті молекулярних розмірів і програмами, складнішими, ніж генетичні програми роз-

витку мільйонів видів живих істот! Звичайно, таке завдання не під силу людині. То чи є взагалі сенс ставити питання про керування всією біосферою?

Нам не можна забувати, що ми — частинка надзвичайно складної системи, єдиного біологічного комплексу, котрий об'єднує все — від планктону й лісів, що виробляють кисень, до землі й вод, що виробляють продукти харчування, незамінні ресурси яких доступні нам цілком завдяки діяльності й комах, і черв'яків, і бактерій — усіх непомітних істот, яких людина через своє неучтво часто зневажає.

Ми живемо в домі, ім'я якому — біосфера. Але вона, своєю чергою, тільки мала частинка Великого Всесвіту. Наш дім лише зовсім маленька частинка неосяжного Космосу, і людина зобов'язана відчувати себе частинкою неосяжного Космосу. Вона повинна знати, що виникла не через чіюсь потойбічну волю, а в результаті розвитку, і, як апофеоз цього розвитку, вона знайшла Розум, здатний передбачати результати своїх дій і впливати на події, що відбуваються навколо неї, а відтак, і на те, що відбувається у Всесвіті! Вільний вибір має спиратися на світогляд, котрий формується досвідом багатьох поколінь. Людина повинна знати, що їй недоступно й заборонено, — в усі часи гонитва за ілюзіями, фантомами була однією з головних небезпек, які чигають на людину... Ці принципи — основа екології, фундамент екологічного світогляду.

М. М. Мойсєєв

III «Біосфера-2». У 1991 р. група американських дослідників проводила експеримент, що дістав назву «Біосфера-2». В пустельному районі штату Аризона було споруджено комплекс ізольованих від зовнішнього середовища приміщень зі скляним дахом і стінами (ззовні надходила тільки сонячна енергія), в яких створено п'ять з'єднаних одна з одною екосистем: вологий тропічний ліс, савана, пустеля, болото й море (басейн завглибшки 8 м із живим кораловим рифом).

У «Біосферу-2» було переселено 3800 представників фауни й флори, причому основним критерієм добору їх була користь, яку вони могли приносити людям (споживатись як їжа, очищувати повітря, давати ліки та ін.).

У «Біосферу-2» було внесено й техносферу, що мала житлові та робочі приміщення, розраховані на вісім чоловік, спортзал,

бібліотеку, город і численне технічне обладнання (дощувальні установки, насоси для циркуляції води й повітря, комп'ютер із безліччю датчиків, який мав вести моніторинг життєво важливих параметрів комплексу).

Метою експерименту, розрахованого на два роки, було створення замкненої екосистеми, своєрідної міні-біосфери, яка б функціонувала на основі самозабезпечення й була незалежною від «Біосфери-1» (так автори називали «велику» біосферу, тобто біосферу Землі). В цю міні-біосферу мала б органічно увійти міні-техносфера з дослідниками.

Автори мріяли досягти штучно підтримуваного в системі гомеостазу, тобто стабільності, сталості основних життєво важливих параметрів (температури, вологості тощо). Відходи біоти однієї екосистеми мали слугувати ресурсами для іншої.

Проект був покликаний здійснити (хай і в невеликому масштабі) мрію В. І. Вернадського про перехід до керування людиною всіма процесами в біосфері.

Експеримент закінчився невдало: менш як за півроку дослідників евакуювали з «Біосфери-2» назад, до рідної «Біосфери-1». Бажаного керування процесами та збалансованості техносфери й «Біосфери-2» досягти не змогли; більше того, основні параметри системи, зокрема вміст у повітрі вуглекислого газу, склад мікроорганізмів у ґрунті тощо, вийшли з-під контролю. Коли вміст CO_2 в повітрі досяг небезпечного для здоров'я людей рівня й ніякими способами знизити його не вдалося, експеримент мусили припинити.

Крах експерименту «Біосфера-2» наочно показав, що повна збалансованість усіх процесів, кругообіг речовин та енергії, підтримання гомеостазу можливі лише в масштабах Землі, де ці процеси відпрацьовувалися протягом багатьох мільйонів років. І ніякі комп'ютери не спроможні перебрати на себе керівництво системою, складність якої набагато вища за їхню власну. Підтвердилася також справедливість принципу, сформульованого математиком Дж. Нейманом: «Організація системи нижче від певного мінімального рівня призводить до погіршення її якості».

Отже, як усеосяжне керування «Біосферою-1», так і створення штучних біосфер типу «Біосфери-2» сьогодні (й у найближчому майбутньому) не до снаги людині. Зусилля людства мають бути спрямовані на збереження нашої рідної біосфери — дуже

складної, збалансованої системи, стійкість якої нині порушується техносферою. Нам необхідно намагатися не «перебирати на себе керівництво біосферою», а діяти так, щоб «не заважати природі», яка* за законом Б* Коммонера, «знає краще».

Дієдр Біорізноманітність і її збереження

Тварини й рослини — своєрідний барометр. Якщо раптово виявляється, що тварини й рослини зникають, то це попередження: з екосистемою негаразд. Тому охорона тварин і рослин, за своєю суттю — охорона нас самих... Треба захищати їх, бо якщо підуть вони, підемо й ми.

Дж. Даррелл

Конвенція про біорізноманітність. Зникнення видів і деградація довкілля викликають дедалі більше занепокоєння не лише вчених-екологів. Кількісне й якісне зурбожіння біоти зазначають усі, хто хоч трохи стикається з дикою природою. Навіть не дуже спостережливі городяни помічають, що дедалі менше стає птахів, метеликів, риби, грибів, ягід, а передмістя, куди вони виїжджають на відпочинок, з кожним роком втрачають свою привабливість.

На думку одного з провідних світових експертів-екологів Е. Уілсона, зменшення різноманітності живої природи — найзагрозовіша серед змін довкілля, що відбуваються нині, бо це, мабуть, єдиний абсолютно необоротний процес. У кожній державі є три основних надбання: матеріальне, культурне й біологічне. Що означають перші два — всім цілком зрозуміло, адже люди стикаються з ними в повсякденному житті. А ось надбання біологічне...

Як уже повідомлялося в гл. 1, у 1992 р. у Ріо-де-Жанейро (Бразилія) відбулася Конференція ООН з питань довкілля й розвитку, в якій брали участь глави 179 держав світу. Це була найширша за числом учасників зустріч світових лідерів. До них приєдналися сотні інших офіційних осіб із громадських, урядових, наукових, ділових та інших організацій — усього понад

//

>

18 тис. представників і понад 400 тис. відвідувачів. Роботу Конференції висвітлювали 8 тис. журналістів.

Конференція ухвалила п'ять основних документів: Декларацію про довкілля й розвиток, Порядок денний ХХІ століття, Заяву про принципи управління, захисту й постійного розвитку всіх видів лісів, Рамкову конвенцію про зміну клімату та Конвенцію про біорізноманітність.

Конференція вперше оголосила збереження біорізноманітності пріоритетним напрямом діяльності людства. В преамбулі Конвенції про біорізноманітність говориться:

1. Людство усвідомлює істинну цінність біологічної різноманітності, а також екологічне, генетичне, соціальне, економічне, наукове, виховне, культурне, рекреаційне й естетичне значення біорізноманітності та її компонентів.

2. Людство усвідомлює величезне значення біорізноманітності для еволюції й збереження систем біосфери, які підтримують життя.

3. Збереження біорізноманітності — спільна справа всього людства.

4. Людство занепокоєне тим, що біорізноманітність істотно зменшується в результаті деяких видів людської діяльності.

5. Необхідно передбачити можливість істотного скорочення чи втрати біорізноманітності, відвернути небезпеку й усунути причини цього.

Конвенцією про біорізноманітність було створено постійний орган, що визначає стратегію й системи конкретних правових, наукових, фінансових, технічних, технологічних та інших заходів зі збереження біорізноманітності, — Конференцію Сторін.

Конвенція засвідчила, що біорізноманітність — це поняття багатопланове, й виділила три його основних аспекти: генетична різноманітність» видова й екосистемна.

Конвенція зазначила також, що збереження біорізноманітності пов'язане як із комплексними заходами для забезпечення виживання людства (ці питання розглядаються в розділі «Стратегія й тактика виживання людства»), так і з конкретними діями заради збереження біорізноманітності певного рівня — генетичної, видової, екосистемної.

Генетична біорізноманітність — це сукупність генотипів різних популяцій одного виду. Наприклад, популяції берегової ластівки на Поліссі, в Лісостепу й у Карпатах належать до одного виду. Проте кожна з цих популяцій дещо відрізняється від інших. Це видно, якщо порівняти середню довжину крила в кожній популяції, особливості живлення, навіть поведінки. Втрата якої-небудь із популяцій неминуче зменшить генетичну різноманітність виду берегової ластівки в цілому.

Генетична різноманітність багато в чому пов'язана з тим, що різні популяції характеризуються неоднаковими співвідношеннями домінантних і рецесивних алелей одного гена.

До проявів генетичної різноманітності належить також існування в межах одного виду підвидів, рас, сортів, штамів, клонів, різновидів, форм тощо.

Наявність генетичної різноманітності доводить помилковість уявлень, нібито за збереження виду, наприклад у заповіднику, його винищення на решті території не завдає шкоди біорізноманітності. Насправді ж зберігається (причому умовно) тільки видова різноманітність, але генетична різноманітність зменшується.

Видова біорізноманітність — це сукупність усіх видів, що населяють нашу планету, тобто загальний генотип Землі. Зникнення будь-якого виду — непоправна втрата видової біорізноманітності.

Протягом усієї історії розвитку біосфери нашої планети простежується тенденція збільшення кількості видів на Землі. Це збільшення не було стабільним, а характеризувалося періодами швидкого видоутворення, які чергувалися з періодами мінімальних змін видового багатства й періодами масового вимирання видів. Найбільше вимирання сталося наприкінці пермського періоду (близько 250 млн років тому), коли, як гадають учені, зникло 77—96 % видів морської флори й фауни тієї епохи.

Проте в цілому вимирання видів — такий самий природний процес, як і утворення їх. Проблема полягає у співвідношенні цих двох процесів. Видоутворення — повільний процес, який триває десятки тисяч, а іноді й мільйони років. Тоді, коли темпи видоутворення відповідали темпам вимирання видів або перевищували їх, видова різноманітність перебувала на постійному рівні або зростала. Вчені вважають, що саме цей процес переважав протягом минулих геологічних епох.

Сьогодні вченими описано близько 1Д мли сучасних видів» із них порівняно добре вивчено приблизно 3 %, Відносно вивченими вважаються 400—700 тис, видів, більш як половина залишаються практично невивченими — вони представлені тільки одиничними гербарними екземплярами, одиничними тушками, черепами, іншими рештками чи навіть одиничними описами. За оцінками спеціалістів, Ще від 15 до 80 мли видів, які існують нині на планеті, людству поки що взагалі не відомі,

Стрімкий розвиток цивілізації не прискорив процесів видоутворення, але інтенсифікував процеси вимирання видів. Це відбувається через руйнування місць проживання видів, надмірну економічну експлуатацію окремих видів (масовий відстріл тварин, хижацьке рибальство, вирубування комерційно цінних видів дерев тощо), конкуренцію з екзотичними видами «чужих» фаун і флор, екстенсивне нарощування масштабів сільськогосподарської діяльності (передусім вирубування лісів і розорювання під сільськогосподарські угіддя цілинних земель), глобальне техногенне забруднення біосфери.

ш За сучасними оцінками, сьогодні темпи вимирання видів під антропогенним пресом перевищують темпи природного вимирання в 100—1000 разів, і навіть якщо ці темпи залишаться на нинішньому рівні (а поки що вони наростають), через 50—100 років планета втратить від 25 до 50 % сучасної видової різноманітності! Мільйони (а можливо, десятки мільйонів) видів можуть зникнути швидше, ніж людство дізнається про їхнє існування.

У 1948 р. при ООН було створено спеціальну Комісію з охорони видів рослин і тварин, що зникають, а з часом — Міжнародну Червону книгу, куди заносяться дані про всі види рослин і тварин, які опинилися на межі вимирання. Ідея створення Червоної книги належить англійському зоологові П. Скотту. Міжнародна Червона книга складається з кількох солідних томів. До неї внесено близько 300 видів і підвидів ссавців, близько 300 видів птахів, понад 100 видів плазунів, близько 40 видів земноводних, понад 250 видів вищих рослин. У Червоній книзі є також і «чорний список», куди заносять тварин і рослини, які зникли на планеті після 1600 р. Види, внесені до Червоної книги, підлягають обов'язковій міжнародній і державній охороні, вони є об'єктами численних міждержавних угод, договорів, наукових проєктів.

З 1970 по 1999 р. кількість видів, яким загрожує повне вимирання, зросла з 92 до 550.

На відміну від нас, тварини — не володарі свого майбутнього... Вони не можуть домагатися автономії, в них немає членів парламенту, котрих вони могли б закидати скаргами, вони не можуть навіть змусити свої профспілки оголосити страйк і вимагати ліпших умов. Їхнє майбутнє, саме їхнє існування — в наших руках.

Дж. Даррелл

Сьогодні, крім Міжнародної Червоної книги, всі розвинені країни створюють національні Червоні книги. В Україні першу Червону книгу випущено в 1980 р., а через два роки ухвалено Закон про Червону книгу України, який закріпив її в статусі державного документа. В 1994 й 1996 р. Червону книгу України було перевидано вже у двох томах. Кількість видів, які в нашій країні опинилися перед загрозою зникнення, стрімко зростає. Наприклад, якщо в перше видання Червоної книги України було внесено 151 вид вищих рослин і 29 — ссавців, то в друге — вже 467 і 41 відповідно.

Екосистемна біорізноманітність — це сукупність екосистем планети на всіх рівнях, починаючи з біогеоценозів. Різноманітність елементарних екосистем планети — біогеоценозів — величезна. Найбільша цінність екосистемної різноманітності полягає в сукупності зв'язків між елементами екосистем — видами — та абіотичними факторами середовища. Вважають, що чим більше видове багатство екосистеми, тим вища її інформативність, тим краще збалансовані потоки речовини та енергії, тим злягодженіше працюють механізми її саморегуляції.

Екосистеми планети — найуразливіший компонент біологічної різноманітності. Навіть випадіння з екосистеми одного, другорядного стосовно продукції, виду порушує систему зв'язків, що складалася віками. А вилучення з екосистеми виду-домінанта доценту руйнує її. Вирубуючи ліс, людина використовує для своїх потреб лише деякі органи одного, рідше — кількох видів (зазвичай стовбури однієї—п'яти деревних порід), але винищує при цьому сотні, а іноді й тисячі видів, супутніх домінантові.

Наприклад, навіть порівняно бідний на види біогеоценоз ялинника налічує в середньому кілька десятків видів вищих рослин, по кілька сотень видів бактерій, грибів, водоростей і безхребетних тварин, мінімум кілька видів хребетних. Заготівля стов-

бурів однієї тільки ялини на території експлуатованого біогеоценозу супроводжується загибеллю близько 1000 видів інших організмів.

Спробуйте уявити собі втрати, завдані біорізноманітності вирубуванням вологого тропічного лісу, де лише на одному дереві можна знайти аж 43 види мурашок, де на одному гектарі росте понад 700 видів деревних порід. Сьогодні територія, зайнята такими лісами, скоротилася більш як удвоє й продовжує скорочуватися на 1 % щороку. І це при тому, що у вологих тропічних лісах, за найобережнішими оцінками, неописаними (тобто невідомими науці) залишаються 80 % тварин і 30 % вищих рослин. Ці невідомі види не можна зберегти жодним іншим способом, окрім як зберігаючи екосистеми в цілому.

На відміну від видів, котрі часом можуть пристосуватися до антропогенного фактора, переселитися в штучні біогеоценози — агроценози, лісосмуги й лісопосадки, водосховища й ставки, природні екосистеми до людини не пристосовуються. Вони або остаточно деградують, або перетворюються на квазіприродні екосистеми.

Подібно до Червоної книги, сьогодні складаються списки рідкісних екосистем і тих, що зникають, а отже, потребують особливої охорони. Такі списки називають Зеленою книгою. Не викликає сумніву, що Зелена книга найближчим часом набуде статусу державного документа, як і Червона книга.

лі Збереження біорізноманітності — це складна, комплексна проблема. Вона пов'язана з цілою системою юридичних, наукових, організаційних, фінансових, етичних, виховних заходів, охоплює біорізноманітність на всіх її рівнях. Завдання щодо збереження біорізноманітності входять до глобальної концепції стратегії й тактики виживання людства. Це: • планування й збалансоване використання земельних ресурсів; • боротьба зі зменшенням площі лісів; • невиснажливе використання природних екосистем; • невиснажливе ведення сільського господарства; • зниження рівня техногенних забруднень води, ґрунту й повітря; • раціональне використання ресурсів моря та ін. Проте є й система специфічних заходів захисту. Це, передусім, заповідна справа та біоконсервація.

Заповідна справа — це теорія й практика організації та збереження заповідних територій різних рангів. На заповідних територіях охороняються як окремі носії біорізноманітності — попу-

ляції, види, екосистеми, так і середовище проживання в цілому. Ранг заповідної території визначається науковою значущістю об'єктів, що охороняються, та її площею. Серед заповідних територій найвищий ранг мають заповідники й національні природні парки (табл. 2.2), потім — заказники й заповідно-мисливські господарства, а також пам'ятки природи.

Таблиця 2.2

Біосферні, природні заповідники, національні природні парки України
(станом на 01.01.2002)

№ пор.	Назва	Розташування	Рік створення	Запільна площа, га	Площа земель, надана в постійне користування, га
<i>Біосферні заповідники</i>					
1	Асканія-Нова	Херсонська область	1985	33 307,6	11312,2
2	Чорноморський	»	1985 (розширений у 1998)	89 129,0	70 509,0
3	Карпатський	Закарпатська область	1993 (розширений у 1997)	53 630,0	31 977,0
4	Дунайський	Одеська область	1998 (на базі ПЗ «Дунайські плавні», що існує з 1981 р.)	46 402,9	22 662,0
<i>Природні заповідники</i>					
1	Кримський	Автономна Республіка Крим	1923	44 175,5	44 175,5
2	Канівський	Черкаська область	1923	2 049,3	2 049,3
3	Український степовий	Донецька область	1961	2 768,4	2 768,4
4	Луганський	Луганська область	1968	1 575,5	1 575,5
5	Поліський	Житомирська область	1968	20 104,0	20 104,0
6	Ялтинський гірсько-лісовий	Автономна Республіка Крим	1973	14 523,0	14 523,0
7	Мис Март'ян	»	1973	240,0	240,0
8	Карадазький	»	1979	2 855,2	2 855,2
9	Розточчя	Львівська область	1984	2 084,5	2 084,5
10	Медобори	Тернопільська область	1990 (розширений у 2000)	10 516,7	10 516,7

№. пор.	Назва	Розташування	Рік створення	Загальна площа, га	Площа земель, надана в постійне користування, га
11	Дніпровсько-Орільський	Дніпропетровська область	1990	3 766,2	3 766,2
12	Єланецький степ	Миколаївська область	1996	1 675,7	1 675,7
13	Горгани	Івано-Франківська область	1996	5 344,2	5 344,2
14	Казантипський	Автономна Республіка Крим	1998	450,1	450,1
15	Опукський	»	1998	1 592,3	1 592,3
16	Рівненський	Рівненська область	1999	47 046,8	47 046,8
17	Черемський	Волинська область	2001	2 975,7	2 975,7
<i>Національні природні парки</i>					
1	Карпатський	Івано-Франківська область	1980	50 303,0	38 591,0
2	Шацький	Волинська область	1983 (розширений у 1999)	48 977,0	18 810,0
3	Синевир	Закарпатська область	1989	40 400,0	27 208,0
4	Азово-Сиваський	Херсонська область	1993	52 154,0	52 154,0
5	Вижницький	Чернівецька область	1995	7 928,4	7 013,4
6	Подільські Товтри	Хмельницька область	1996	261 316,0	3 015,0
7	Святі Гори	Донецька область	1997	40 589,0	11 878,0
8	Яворівський	Львівська область	1998	7 078,6	2 885,5
9	Сколівські Бескиди	»	1999	35 684,0	24 702,0
10	Деснянсько-Старогутський	Сумська область	1999	16 215,1	7 272,6
11	Ужанський	Закарпатська область	1999	39 159,3	14 904,6

Сучасні ретельні еколого-економічні розрахунки й моделі показують: збереження генофонду будь-якого регіону можливе лише за умови, що не менше ніж 10–15 % його площі зайнято заповідними територіями рангу заповідника чи заказника. На-

явність розвинутої мережі заповідних територій — необхідна (хоч і не достатня) умова збереження біорізноманітності. Тому кожна держава, яка приєдналася до Конвенції про біорізноманітність, зобов'язана підтримувати й розвивати мережу заповідних територій, насамперед — заповідників.

Потрібно менше мисливців — більше сторожів у заповідниках, менше мисливських товариств — більше товариств захисту тварин, менше мисливської літератури — більше літератури біологічної! І тоді останні акти трагедії диких тварин, які людство впише в історію життя на планеті Земля, матимуть гарний фінал!

**І. І. Акимускін,
російський біолог,
публіцист**

*Заповідник — це виділені державою території й акваторії, в межах яких охороняються природні об'єкти, що становлять особливу екологічну, генетичну, наукову чи культурну цінність: типові чи рідкісні ландшафти, еталонні ділянки природного середовища, рідкісні геологічні утворення, угруповання рослин і тварин із характерним генофондом тощо. Заповідники беруться під охорону закону, на їхній території категорично забороняються всі види господарської діяльності (мисливство, рибальство, вилов тварин, усі види лісокористування, заготівля сіна, лікарських трав, збирання квітів, випасання худоби), застосування будь-яких хімічних засобів, шумових дій. У заповіднику вводиться певний заповідний режим. Це або *абсолютне заповідання*, тобто цілковите невтручання людей у природні процеси, або *заповідання обмежене*, за якого для досягнення максимальної природної рівноваги й максимального збереження екосистем допускається здійснення певних біотехнологічних заходів (наприклад, вилов тварин, що надміру розмножилися, створення штучних водопоїв, протиерозійний захист тощо). Всього у світі створено більш як 11 тис. заповідних територій, що мають статус заповідника чи національного парку.*

Заповідники, які являють собою найхарактернішу еталонну ділянку біосфери даної фізико-географічної зони або біома й де діє режим абсолютного заповідання, мають найвищий статус — це *біосферні (або еталонні) заповідники*. Сьогодні в світі є близько 350 біосферних заповідників, і чотири з них розташовані на території України: Асканія-Нова, Чорноморський, Карпатський та Дунайський.

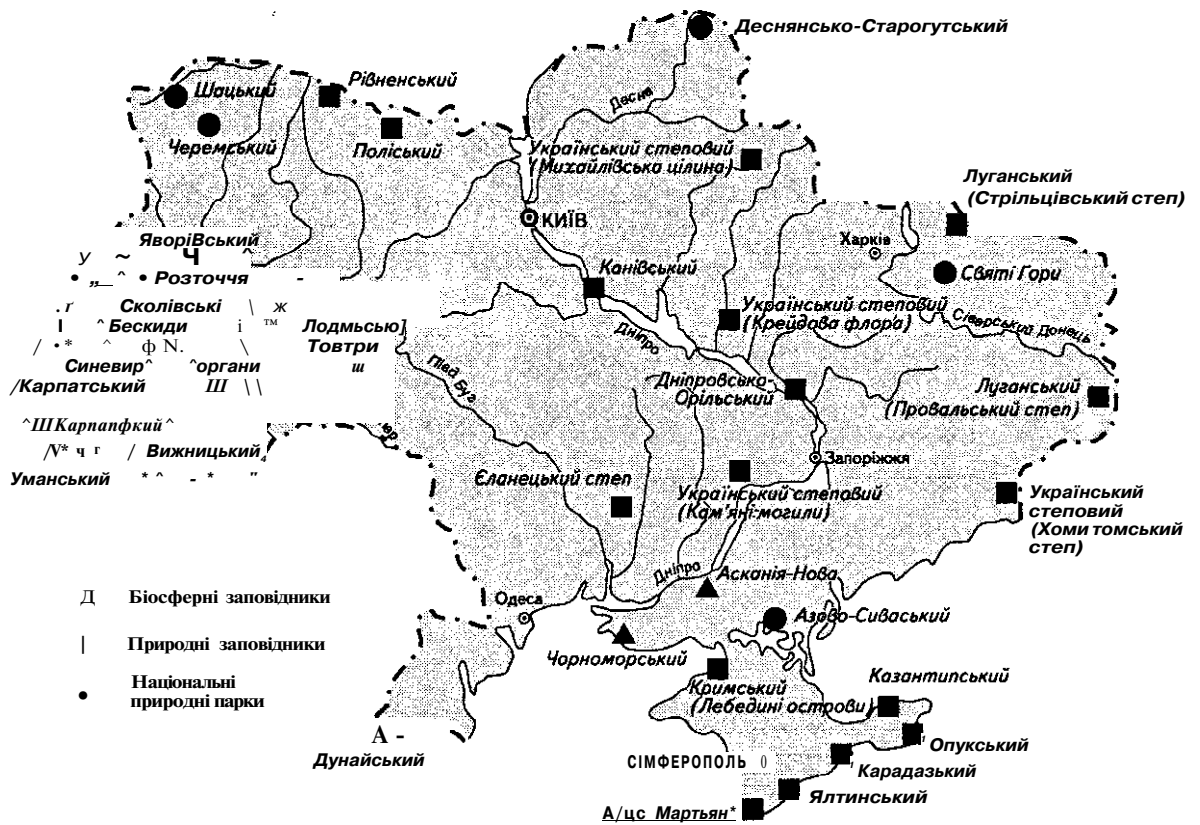


Рис. 2.13

Розташування заповідників і національних природних парків на території України

У заповідниках із нижчим статусом на більшості території вводиться режим обмеженого заповідання, хоч обов'язково є також і ділянки абсолютної заповідності. В Україні 17 таких заповідних територій (рис. 2.13): у Поліссі це Поліський і Рівненський заповідники; в лісостепу — заповідники Канівський, Дніпровсько-Орільський, Розточчя та Медобори; в степовій зоні — Український степовий, Луганський та Єланецький степ; у Карпатах — заповідник Горгани; в Криму — заповідники Карадазький, Кримський, Ялтинський гірсько-лісовий, Казантипський, Опускський і Мис Март'ян; у Прикарпатті — Черемський заповідник.

Крім указаних природних заповідників, в Україні є 54 історико-культурних та історико-архітектурних заповідники. Серед них такі всесвітньо відомі, як Шевченківський у Каневі, Києво-Печерський, Софія Київська, Асканія-Нова тощо.

***Національні природні парки** — це території, що створюються для збереження природних комплексів, які мають екологічну, історичну й естетичну цінність завдяки сприятливому поєднанню природних і культурних ландшафтів, і для використання їх у рекреаційних, виховних, наукових і просвітницьких цілях.* В Україні є 11 національних парків, таких як Шацькі озера, Подільські Товтри, озеро Синевир тощо.

***Заказники** — це території й акваторії, на яких охороняються окремі види рослин і тварин або природні комплекси* (озера, болота, ділянки лісу чи степу з рідкісними видами рослин або тварин, печери, території з унікальними геологічними утвореннями тощо). На території заказників дозволяється обмежена господарська діяльність, але тільки така, що не завдає шкоди об'єктам, які охороняються (наприклад, обмежена заготівля сіна в лісових заказниках, збирання морської трави зостери в приморських заказниках, регламентоване полювання на окремих видів тварин у заповідно-мисливських господарствах). На території України практично в кожній області є принаймні кілька заказників.

***Пам'ятки природи** являють собою окремі невідновлювані природні об'єкти, які мають наукове, історичне чи культурно-естетичне значення, наприклад: водоспад, печера, дуже старе дерево, джерело, рідкісне геологічне відслонення.* Останнім часом до пам'яток природи дедалі частіше почали відносити також невеликі території (площею до кількох сотень квадратних метрів), зайняті популяціями рідкісних та реліктових видів або попу-

ляціями, розташованими на межі ареалу виду. Створення системи таких пам'яток природи сприяє збереженню передусім генетичної різноманітності. На їхній території заборонено будь-яку діяльність, що руйнує чи пошкоджує об'єкти охорони.

Проте навіть розвинена мережа заповідних територій не зможе забезпечити збереження біорізноманітності, якщо не припи-

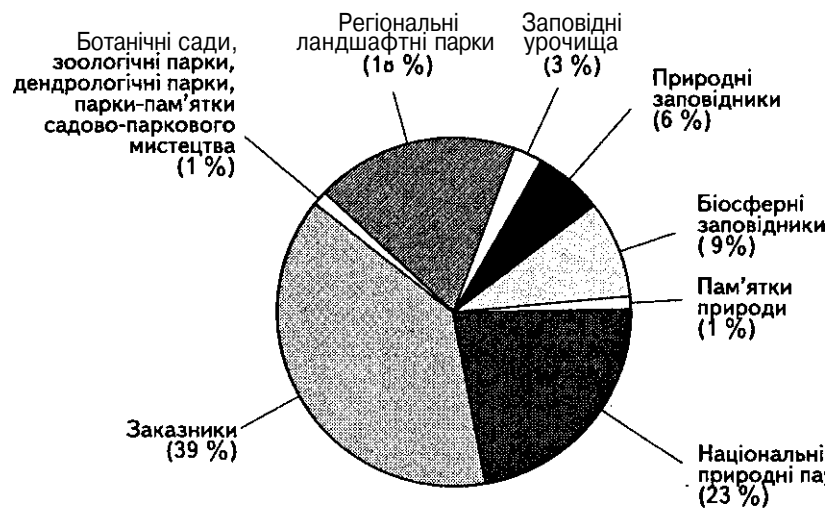


Рис. 2.14

Структура території природно-заповідного фонду України

ниться глобальний вплив на біоту антропогенного забруднення. Навіть у біосферних заповідниках з їхньою налагодженою й суворю системою охорони деградація біоти триває. Наприклад, у Карпатському біосферному заповіднику через кислотні дощі дедалі скорочуються популяції лишайників, занесених до Червоної книги.

У природно-заповідний фонд України (рис. 2.14, 2.15) входять також регіональні ландшафтні парки, заповідні урочища, ботанічні сади, зоологічні, дендрологічні парки, пам'ятки садово-паркового мистецтва тощо. Загалом природно-заповідний фонд України в 2001 р. налічував у своєму складі 6939 територій і об'єктів площею 2508,7 тис. га, що становить 4,16 % території країни.

Біоконсервація належить до галузі новітніх напрямів біоекології. Це система заходів, спрямованих на збереження генетичної й видової різноманітності шляхом збереження популяційних і видових генотипів окремих особин поза природними місцями проживання — в зоопарках, ботанічних садах, у колекціях культур тощо.

Біоконсервація сьогодні розглядається як остання лінія захисту генетичної й видової біорізноманітності. Для цього розвивається мережа зоопарків, створюються колекції рослин у бота-

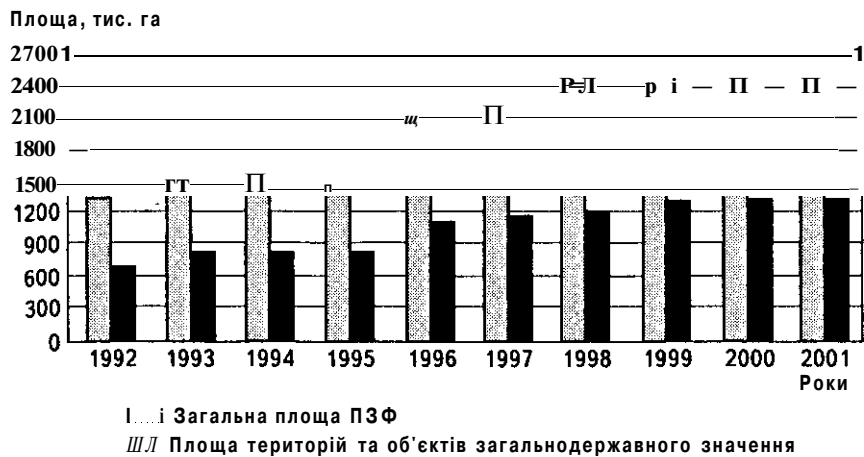


Рис. 215

Зростання площі природно-заповідного фонду (ПЗФ) України (1992—2001)

нічних садах, колекції культур мікроорганізмів, грибів, водоростей, найпростіших, банки насіння, кріоколекції тварин, де гамети й навіть ембріони зберігаються в замороженому стані, організовуються сховища культур тканин рослин і тварин.

Сьогодні людство «законсервувало» для нащадків близько 10 % відомої науці сучасної біоти. Однак біоконсервація поки що не може стати гарантом збереження біорізноманітності. Законсервувати будь-який вид — це складна наукова й технічна задача. Але незмірно складнішою справою є розконсервація виду й повернення його в природу. Вид, випущений «із пробірки» в природу, як правило, поводить непередбачувано: адже він потрапляє до системи з іншими зв'язками. Найчастіше такий вид не

встигає пристосуватися до свого оточення й стає легкою здобиччю для хижаків, субстратом для хвороб, їжею для паразитів. Якщо ж він виявляється здатним протистояти цьому тискові, то зазвичай сам стає агресором: витісняє види аборигенної флори й фауни, стрімко розселяється, створює різні біоперешкоди. Такі наслідки біологи й екологи називають «беззвучними вибухами».

Екологічна **мережа**. Протягом останніх п'яти років в Україні, як і в усьому світі, велике значення надається розвитку екологічної мережі. Концепція екомережі є інтегральною в організації збереження біологічної і ландшафтної різноманітності. Вона поєднує в собі всі попередні системи охорони природи, пов'язує природоохоронну діяльність із різними секторами економіки (аграрним, транспортним, лісовим, туристичним тощо) і є основним елементом стратегії збалансованого розвитку. Це якісно новий підхід до розв'язання споконвічної проблеми людства у відносинах із Природою, спрямований на забезпечення функціонування всіх природних компонентів довкілля як єдиної цілісної системи.

Національна екологічна мережа України розглядається як складова всеєвропейської екомережі, створення якої схвалено Конференцією міністрів довкілля 55 країн Європи в Софії в 1995 р.

У нашій країні набув чинності закон «Про загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000—2015 рр.». Основною метою цього важливого документа є збільшення частки земельного фонду з природними заповідними територіями до рівня, достатнього для збереження біологічної і ландшафтної різноманітності.

Екологічна мережа забезпечить можливість природної міграції та поширення рослин і тварин.

Контрольні запитання й завдання

1. Які функції виконує жива речовина й чим вона відрізняється від неживої?
2. Які основні властивості живої речовини?
3. Що таке біосфера й де проходять її межі?
4. Якщо на Місяці колись побудують космічні станції, чи можна буде стверджувати, що на цій планеті з'явилася біосфера?
5. В якій послідовності та як формувалися геологічні сфери Землі — атмосфера, гідросфера, літосфера?
6. Які є гіпотези виникнення життя на Землі?

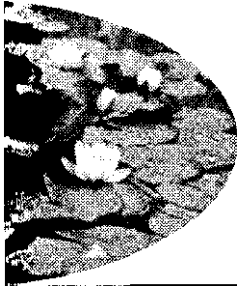
Глава 2 Біоекологія

7. Чим відрізняється біологічний кругообіг речовин від геологічного?
8. Які функції в біологічному кругообізі виконують продуценти, консументи й редуценти?
9. Як виникла киснева атмосфера й на якому етапі розвитку Землі молекулярний кисень становив небезпеку для живої речовини?
10. Як розподіляється, запасується й трансформується сонячна енергія, що надходить на Землю?
11. У чому полягають перший і другий закони термодинаміки?
12. Що таке ланцюг живлення?
13. Чому довжина ланцюга живлення, як правило, становить не більш як 4–5 ланок?
14. Як відбуваються кругообіги макроелементів у біосфері (на прикладах конкретних елементів)?
15. Як взаємодіють геологічний і біологічний кругообіги речовин і як людина впливає на цю взаємодію?
16. Які, на вашу думку, можливі наслідки успішної реалізації розпочатої нині в деяких країнах розробки морських копалин осадових фосфоритів?
17. Що таке екосистема та які її функції?
18. Як здійснюється саморегуляція екосистем?
19. Які основні показники характеризують біогеоценоз?
20. В яких біомах біогеоценози чи біогеоценози мають найвищу продукцію?
21. Що таке евтрофікація й чим природна евтрофікація відрізняється від антропогенної?
22. Що таке сукцесія та які типи сукцесій ви знаєте?
23. У чому суть закону одного процента?
24. Що таке популяція й на які групи поділяють екологічні фактори, від яких залежить популяція?
25. Що таке екологічна ніша?
26. Що таке діапазон толерантності?
27. Що таке стенотопні та евритопні види?
28. Як контролюється чисельність популяцій?
29. Чому, на ваш погляд, зникла стеллерова корова: через те, що мисливці знищили її до останньої особини, чи внаслідок якихось інших причин?
30. Обґрунтуйте можливість існування лохнеського чудовиська.
31. Поясніть, як крива толерантності описує екологічну валентність виду.
32. Види дикої флори й фауни, які розвиваються поряд із людиною, називають синантропними. Обґрунтуйте, чи є синантропні види більш евритопними порівняно з несинантропними. Наведіть приклади синантропних видів.
33. Які види будуть більш інформативними в разі проведення оцінки стану довкілля методом біоіндикації — рідкісні чи масові? Обґрунтуйте ваш висновок.
34. За якими принципами функціонує біосфера (за Д. Чирасом)?
35. Які екологічні закони сформулював Б. Коммонер?
36. Наведіть приклади з повсякденного життя, які ілюструють кожний із законів Б. Коммонера.
37. Визначте, який процент планетарної продукції використовує сьогодні людина й чи порушила вона закон одного процента (вихідні дані для розрахунків на рівні 1970 і 1990 років у тоннах сухої органічної речовини наведено в таблиці).

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

Показник	Роки	
	1970	1990
Біомаса:		
біосфери	$2 \cdot 10^{12}$	$2 \cdot 10^{12}$
людства	$52 \cdot 10^6$	$60 \cdot 10^6$
сільськогосподарських тварин	$265 \cdot 10^6$	$300 \cdot 10^6$
Річна споживана біомаса:		
сільськогосподарських рослин	$1\,200 \cdot 10^6$	$1\,500 \cdot 10^6$
тварин суші	$72 \cdot 10^6$	$80 \cdot 10^6$
водяних тварин	$17 \cdot 10^6$	$20 \cdot 10^6$
Річна біомаса ділової деревини, що добувається	$2\,000 \cdot 10^6$	$3\,000 \cdot 10^6$

38. Зробіть розрахунки завдання 37 за даними поточного року. За процентами споживаної людиною продукції (в 1970, 1990 й поточному роках) побудуйте графік змін інтенсивності використання людиною продукції біосфери та проаналізуйте його.
39. Підготуйте й проведіть дискусію про можливості створення класичної ноосфери.
40. Які висновки можна зробити на підставі результатів експерименту «Біосфера-2»?
41. Чим була зумовлена необхідність прийняття Конвенції про біорізноманітність?
42. Які рівні біорізноманітності розглядає сучасна екологія? В чому специфіка кожного рівня?
43. Як співвідносяться між собою процеси видоутворення й вимирання?
44. Як людина впливає на співвідношення видоутворення й вимирання?
45. Що таке Червона книга?
46. Як класифікуються заповідні території?



3

ГЛАВА

ГЕОЕКОЛОГІЯ

У краплині води
відбивається
Всесвіт.

Давнє арабське
прислів'я

§ 3.1. Деякі риси екологічної системи «Земля»

Із Космосу Земля, здається нам невеличкою крихкою кулькою, загальні контури якої визначаються не людськими діями, а складною системою хмар, океанів, рослинності й ґрунтів. Неспроможність людини узгодити свої дії з цією мінливою системою спричинює докорінну зміну структур, що існують на планеті. Багато з таких змін криють у собі небезпеку знищення життя на Землі.

Із доповіді Міжнародної комісії
з довкілля «Наше спільне майбутнє» (1989)

Космонавт Юрій Гагарін, що першим із людей побачив рідну планету з висоти космічної орбіти, не міг стримати свого захвату й вигукнув: «Яка прекрасна наша Земля!» Оповита тонким блакитним серпанком атмосфери, як коштовний діамант, сяє вона на тлі чорного вакууму Космосу. Ось там, біля полюса, видніються білі крижані поля, ось за ілюмінатором косячного корабля пропливають вершини Гімалаїв, потім простягла безкраї океанічні простори, вкриті білими спіралями циклонів. Ось корабель перетнув межу дня й

ночі — термінатор, і все обгорнула оксамитова чорнота. Але за хвилину очі космонавта призвичаїлися до темряви, і він бачить далеко внизу палахкотіння тропічної грози, а потім, наче жар прогорілого багаття, скупчення вогнів великого міста. І знову корабель наближається до термінатора, мить — і спалахує райдужна смужка атмосфери, з-за Землі вириває кошлате сліпуче Сонце...

Перші люди, які побували в Космосі, розповідають про особливе, ні з чим не зрівнянне почуття, що виникає під час спостереження за нашою Землею здала. Ось що каже, наприклад, американський астронавт Джим Ірвінг, який побував на Місяці: «Глянувши вниз, я побачив свої сліди на місячному пилу, а ось коли підняв голову вгору, то побачив Землю. Вона виявилася зовсім маленькою. Коли ми відлітали від Землі, вона ставала дедалі меншою: величиною як баскетбольний м'яч, потім — як бейсбольний, потім — як м'яч для гри в гольф... Вигляд рідної планети вразив нас. Вона була схожа на різдвяну іграшку, підвішену в Космосі. Така незахищена — здавалося, досить лише доторкнутись — і вона розсиплеться...».

Земля — унікальна планета Сонячної системи, і унікальність її полягає передусім у тому, що на ній існує життя. Поки що ні на знімках інших планет, які передані космічними апаратами, ні в пробах місячного чи марсіанського ґрунту жодних ознак органічного життя не виявлено. (Втім нещодавно в одному з метеоритів, котрий упав на Землю й, як гадають американські вчені, прилетів із Марса, знайдено відбиток скам'янілого мільярди років тому мікроорганізму. Та сьогодні на Марсі умови надто ворожі для життя.)

На Землі життя існує завдяки збігові кількох сприятливих астрономічних факторів: це й велика маса Землі ($6 \cdot 10^{21}$ т), достатня для втримання навколо планети за рахунок гравітації захисного шару атмосфери; це й сильне магнітне поле Землі, що захищає її біосферу від згубної дії космічної радіації; це й наявність великої кількості води, життєво необхідної для живих організмів, тощо. Мабуть, найдивовижніша в цьому розумінні орбіта Землі. Американський учений М. Харт підрахував, що якби відстань між Землею та Сонцем була лише на 5 % меншою або на 1 % більшою, то життя на ній було б неможливим: у першому випадку на планеті було б надто жарко (як на Венері), в другому — надто холодно, й Земля постійно перебувала б в умовах глобального льодовикового періоду (як Марс).

Наша планета дуже активна. Змінюються, хоча й повільно, обриси її материків та океанів, руйнуються, розсипаючися на порох, цілі гірські хребти, здіймаються нові, вивергаються вулкани, стає іншим клімат. Безперервно змінюються важливі параметри навколишнього середовища — температура повітря й води, їхній хімічний склад, вологість ґрунтів і вміст у них необхідних речовин тощо. Безперервно оновлюється жива природа — тварини, рослини, мікроорганізми.

Утворення живої речовини та її розкладання — це дві сторони єдиного процесу, що зветься біологічним кругообігом речовин. Кругообіг хімічних елементів на Землі відбувається переважно за безпосередньої участі живих організмів. Уперше це було доведено В. І. Вернадським і сформульовано ним у законі міграції хімічних елементів: *«Міграція хімічних елементів на земній поверхні та в біосфері в цілому здійснюється або за безпосередньої участі живої речовини (біогенна міграція), або в середовищі, геохімічні властивості якого (вміст O_2 , CO_2 , H_2O й т. д.) зумовлені живою речовиною — як тією, що в наш час складає біосферу, так і тією, що діяла на Землі протягом усієї геологічної історії»*.

З погляду екології, до найважливіших належать кругообіги таких речовин, як кисень, вуглець, вода, азот, сірка, фосфор, що входять до складу живої речовини. Жива речовина істотно прискорила й змінила кругообіги цих речовин у біосфері.

Основний рушій кругообігу речовин у біосфері — енергія Сонця, певну (незначну) роль відіграє також внутрішня енергія Землі. В процесі кругообігу жива речовина поглинає енергію, в процесі ж її розпаду ця енергія повертається в довкілля.

Крім кругообігу хімічних речовин, у природі відбувається й кругообіг енергії. Енергія Сонця, яка засвоюється зеленими рослинами, частково консервується у вугіллі, торфі, нафті, а також витрачається на вивітрювання глибинних гірських порід — базальтів, гранітів тощо. В утворених унаслідок вивітрювання глинах запасується сонячна енергія. В подальшому, за рахунок тектонічних опускань земної кори, глини та інші пухкі осадові породи потрапляють у глибокі зони Землі, де під дією високих тисків і температур із них вивільнюється запасена раніше сонячна енергія, відбуваються процеси їх переплавлення й перетворення на магматичні (вивержені) гірські породи, наприклад граніти, і цикл кругообігу енергії завершується.

Крім кругообігу речовини та енергії, величезну роль у біосфері відіграють *інформаційні зв'язки*. Інформативні сигнали енергетично дуже слабкі й самі собою не можуть викликати якоїсь відчутної реакції, але вони містять важливі відомості в закодованій формі. Такі сигнали сприймаються, розшифровуються (здебільшого автоматично) й ураховуються живими організмами. Здатність сприймати, зберігати й передавати інформацію мають і неживі об'єкти, які здійснюють ці процеси шляхом загального енергоінформаційного обміну. Обробляти, накопичувати й використовувати інформацію окремо від енергії можуть тільки живі організми.

Ефективність інформаційних зв'язків у біосфері вражає. Наприклад, самець метелика шовкопряда вчуває самку на відстані до 2 км. Досліди й розрахунки показали, що така надзвичайно висока чутливість не може базуватися на хімічних сигналах, скажімо на дії якихось пахучих речовин, котрі виділяє самка. Цілком імовірно, відбувається передавання електромагнітних сигналів, причому за типом вибіркості («батько кібернетики» Н. Вінер назвав його «тим, кого це стосується»). Про це свідчить і будова вусиків шовкопряда (як і багатьох інших комах), що нагадують антену.

Загалом навколишнє природне середовище, в якому живе людина, складається з неживого й живого компонентів. До першого належать атмосфера, гідросфера та літосфера Землі, до другого — всі її живі мешканці (рослини, тварини й мікроорганізми).

§ 3,2* і Атмосфера

Ми опинилися в такому самому становищі в забрудненому повітрі, як і риби в забрудненій воді.

**А. Кніс,
американський біолог**

Атмосфера — це газова оболонка, що оточує хж Землю. Наявність атмосфери — одна з найголовніших умов життя на планеті. Без їжі людина може обходитися місяць, без води — тиждень, а без повітря не проживе й кількох хвилин.

Атмосфера, як елемент глобальної екосистеми, виконує кілька основних функцій:

- захищає живі організми від згубного впливу космічних випромінювань та ударів метеоритів;
- регулює сезонні й добові коливання температури (якби на Землі не існувало атмосфери, то добові коливання температури досягали б ± 200 °С);
- є носієм тепла й вологи;
- є депо газів, які беруть участь у фотосинтезі й забезпечують дихання;
- зумовлює низку складних екзогенних процесів (вивітрювання гірських порід, діяльність природних вод, мерзлоти, льодовиків тощо).

Основні компоненти атмосфери: азот (78,084 %), кисень (20,946 %) та аргон (0,934 %). Важливу роль відіграють і так звані малі домішки: вуглекислий газ, метан тощо. Крім того, атмосфера містить водяну пару: від 0,2 % у приполярних районах до 3 % поблизу екватора. Такий хімічний склад атмосфера Землі мала не завжди. Первісна атмосфера Землі була схожа з атмосферами деяких інших планет Сонячної системи, наприклад Венери, й складалася з вуглекислого газу, метану, аміаку тощо. Нинішня киснево-азотна атмосфера — результат життєдіяльності живих організмів.

Маса атмосфери становить приблизно одну мільйонну маси Землі — $5,15 \cdot 10^{18}$ т. Та атмосферне повітря лише умовно можна вважати невичерпним природним ресурсом. Річ у тім, що людині необхідне повітря певної якості, а під впливом її ж діяльності хімічний склад і фізичні властивості повітря дедалі погіршуються. На Землі вже практично не залишилося місць, де повітря зберегло свої первозданні чистоту та якість, а в деяких промислових центрах стан атмосфери вже просто загрозливий для людського здоров'я.

- ш Щонайменше в 60 містах США десятки мільйонів людей дихають повітрям, яке не відповідає сучасним нормам і є шкідливим для їхнього здоров'я.
- \$ На кожного жителя цих міст щорічно випадає близько тонни небезпечних для здоров'я речовин.

Атмосфера складається з таких шарів (знизу вгору): *тропосфера* (до висоти 18 км), *стратосфера* (до 50), *мезосфера* (до

Баланс тепла в атмосфері (цифрами позначено кількість CO_2 , млрд т):
***a* — природна теплиця; *b* — кругообіг вуглецю; *v* — вплив антропогенного фактора**

80), *термосфера* (1000), *екзосфера* (1900), *геокорона* (умовно до 20 тис. км); далі атмосфера поступово переходить у міжпланетний космічний вакуум. Основна маса повітря (90 %) зосереджена в нижньому шарі — тропосфері. Тут же відбуваються найінтенсивніші теплові процеси, причому атмосфера нагрівається знизу, від поверхні океанів і суходолу. Надзвичайно важливе екологічне значення для біосфери має *озоновий шар* у стратосфері, повітря якого збагачене триатомним киснем (O_3). Він розташований на висоті 20—50 км і захищає все живе на Землі від згубної дії «жорсткого» ультрафіолетового випромінювання Сонця.

Крім газів, у повітрі атмосфери містяться ще й домішки так званих аерозолів, тобто дуже дрібних крапель рідин і твердих частинок як природного, так і штучного походження: сірчистих (краплі H_2SO_4), мінеральних (пил із земної поверхні), вуглеводневих (сажа), морських (частинки морських солей) та ін.

• Парниковий ефект. Клімат Землі, що залежить в основному від стану її атмосфери, протягом геологічної історії періодично змінювався: чергувалися епохи істотного похолодання, коли значні території суші вкривалися льодовиками, й епохи потепління (до речі, ми живемо саме в епоху потепління, коли розтанули великі льодовикові щити в Євразії та Північній Америці). Та останнім часом учені-метеорологи б'ють на сполох: *сьогодні атмосфера Землі розігрівається набагато швидше, ніж будь-коли в минулому*. За даними ООН, із кінця XIX до початку XXI ст. глобальна температура на земній кулі підвищилася загалом на $0,6\text{ }^\circ\text{C}$. Середня швидкість підвищення глобальної температури до 1970 р. становила $0,05\text{ }^\circ\text{C}$ за 10 років, а останніми десятиліттями вона подвоїлася. І це зумовлено діяльністю людини: • по-перше, людина підігріває атмосферу, спалюючи велику кількість вугілля, нафти, газу, а також уводячи в дію атомні електростанції; • по-друге, і це головне, в результаті спалювання органічного палива, а також унаслідок знищення лісів у атмосфері нагромаджується вуглекислий газ. *За останні 120 років уміст CO_2 в повітрі збільшився на 17 %*. У земній атмосфері вуглекислий газ діє як скло в теплиці чи парнику: він вільно пропускає сонячні промені до поверхні Землі, але втримує її тепло (рис. 3.1). Це спричинює розігрівання атмосфери, відоме як *парниковий ефект*. За розрахунками вчених, найближчими десятиліттями через парниковий ефект середньорічна температура на Землі може підвищитися на $1,5\text{--}2\text{ }^\circ\text{C}$.

Якщо людство не зменшить обсягу забруднень атмосфери й глобальна температура зростатиме й надалі, як це відбувається протягом останніх 20 років, то дуже швидко клімат на Землі стане теплішим, ніж будь-коли впродовж 100 тис. років. Це прискорить глобальну екологічну кризу.

У чому ж полягає небезпека парникового ефекту? Розрахунки й моделювання на ЕОМ свідчать: підвищення середньорічної температури спричинить зміни таких найважливіших кліматичних параметрів, як кількість опадів, хмарний покрив, океанічні течії, розміри полярних крижаних шапок. Внутрішні райони континентів стануть сухішими, а узбережжя — вологішими, зима буде коротшою й теплішою, а літо — тривалішим і спекотнішим. Основні кліматичні зони в північній півкулі змістяться на північ приблизно на 400 км. Це зумовить потепління в зоні тундри, танення шару вічної мерзлоти й полярних крижаних шапок. У середніх широтах, тобто в головних «хлібних» районах (Україна, Чорнозем'я Росії, Кубань, «зернові штати» США), клімат стане напівпустельним, і врожаї зерна різко скоротяться.

Глобальне потепління призведе до танення льодовиків Гренландії, Антарктиди й гір, рівень Світового океану підвищиться на 6—10 м, при цьому буде затоплено близько 20 % площі суходолу, де сьогодні живуть сотні мільйонів людей, розташовані міста, ферми, сади й поля.

Учені не дійшли єдиної думки про те, за якого підвищення середньорічної температури можуть відбутися ці негативні для людства явища: одні метеорологи вважають критичним значення 2,5 °С, інші — 5 °С.

Останнім часом тривога вчених із приводу парникового ефекту ще посилилася. Виявилось, що, крім вуглекислого газу, парниковий ефект спричинюють також деякі інші гази, що входять до групи малих домішок — метан, оксиди азоту, фреони, — вміст яких в атмосфері через антропогенний фактор стрімко зростає (рис. 3.2).

Моделлю парникового ефекту в масштабах планети може слугувати клімат на Венері. Її щільна (більш як 9 тис. кПа біля поверхні) атмосфера, що на 98 % складається з вуглекислого газу, за рахунок цього явища розжарена до температури 500 °С (за такої температури залізо починає світитися червоним кольором).

Занепокоєна загрозою парникового ефекту світова спільнота намагається запровадити низку запобіжних заходів. У 1992 р.

Конференцією ООН із питань довкілля й розвитку прийнято Рамкову конвенцію про зміну клімату, мета якої — «досягти стабілізації концентрації парникових газів у атмосфері на такому рівні, який не допускав би шкідливого антропогенного впливу на кліматичну систему». Конвенцію підписали практично всі держа-

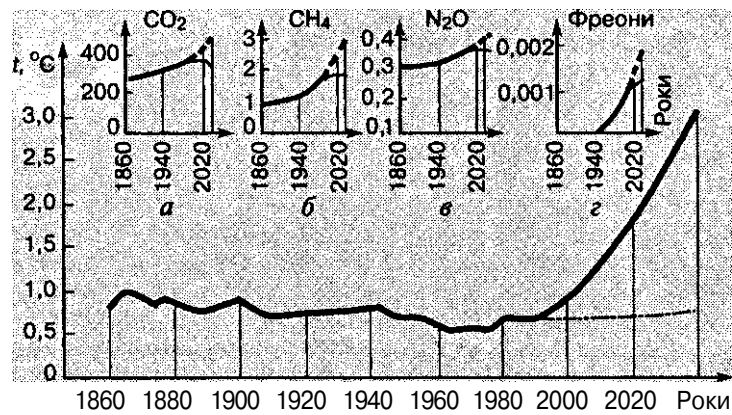


Рис. 3.2

Підвищення температури атмосфери Землі за рахунок збільшення концентрації CO_2 (а), CH_4 (б), N_2O (в), фреонів (г) і сумарно (д):

— підвищення температури й кількості парникових газів у разі зростання антропогенного тиску на довкілля без зміни нинішніх темпів;
 - - - підвищення температури в разі запровадження найсуворіших екологічних обмежень

ви — члени ООН, у тому числі Україна. Згідно з цією Конвенцією і Кіотським протоколом, що є її доповненням, промислово розвинені країни, до яких віднесено й Україну, повинні з 2008 по 2012 р. знизити як мінімум на 5 % порівняно з рівнем 1990 р. загальні викиди шести газів, котрі спричиняють парниковий ефект. Україна має стабілізувати викиди цих газів на рівні 1990 р.

- **Руйнування озонового шару атмосфери** (рис. 3.3). Життя на Землі залежить від енергії Сонця. Надходить ця енергія на Землю у вигляді світла видимого випромінювання, а також інфрачервоного, або теплового, й ультрафіолетового (УФ) випромінювань.

^ 135.....

УФ-випромінювання несе найбільшу енергію і є фізіологічно активним, тобто інтенсивно діє на живу речовину. Весь потік УФ-випромінювання Сонця, що доходить до земної атмосфери, умовно поділяють на три діапазони: УФ(А) (довжина хвилі 400—315 нм), УФ(В) (315-280 нм) і УФ(С) (280-100 нм). УФ(В)- і

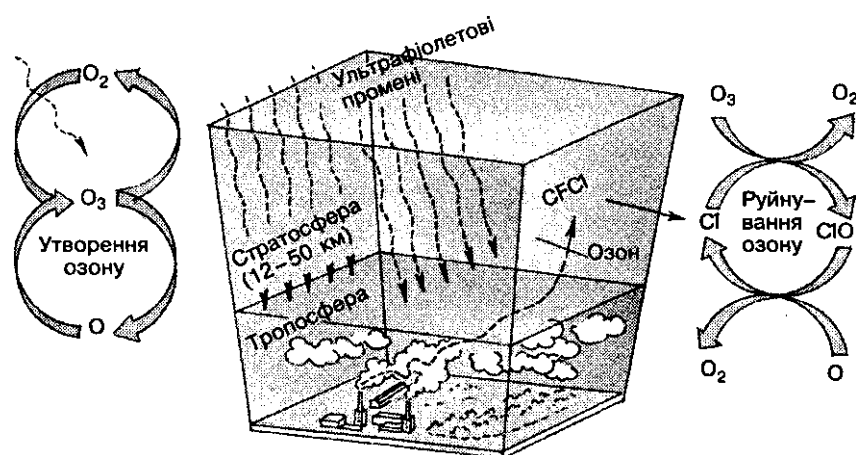


Рис. 1

Руйнування озонового шару атмосфери

УФ(С)-випромінювання, так званий «жорсткий ультрафіолет», надзвичайно шкідливі для всього живого: вони призводять до порушення структури білків та нуклеїнових кислот і врешті-решт до загибелі клітин.

Що ж захищає нас і всю біосферу від згубної дії «жорсткого ультрафіолету»? Озоновий щит Землі.

Як уже згадувалося, на висотах 20—50 км повітря містить підвищену кількість озону. Озон утворюється в стратосфері за рахунок звичайного двоатомного кисню (O_2), що поглинає «жорстке» УФ-випромінювання. Енергія УФ(В)- та УФ(С)-випромінювань витрачається на фотохімічну реакцію утворення озону з кисню ($3O_2 \rightarrow 2O_3$), і тому до поверхні Землі вони не доходять; туди проникає лише істотно ослаблений потік «м'якого» УФ(А)-випромінювання. Від його негативної дії наш організм уміє захищатися, синтезуючи в шкірі шар темного пігменту — меланіну (засмага). Однак ця речовина утворюється досить

повільно. Тому тривале перебування на весняному сонці, коли шкіра ще не насичена меланіном, викликає її почервоніння, головний біль, підвищення температури тіла тощо.

Озоновий шар в атмосфері Землі з'явився на світанку її геологічної історії, коли в повітря став надходити кисень, що вироблявся в процесі фотосинтезу мікроскопічними морськими водоростями. За розрахунками вчених, коли вміст кисню в атмосфері досяг приблизно 10 % сучасного, сформувався озоновий шар, і життя змогло вийти з моря на суходіл (до цього поверхня суші була випалена, стерилізована ультрафіолетом).

Останнім часом учені надзвичайно занепокоєні зниженням вмісту озону в озоновому шарі атмосфери.

- Над Антарктидою в цьому шарі виявлено «діру», в якій вміст озону менший від звичайного на 40—50 %, Площа «діри» з року в рік збільшується й сьогодні вже перевищує площу материка Антарктиди. У результаті підвищився УФ-фон у країнах, розташованих у південній півкулі, ближче до Антарктиди, передусім у Новій Зеландії, Медики цієї країни охоплені тривогою, констатуючи значне зростання захворювань, пов'язаних із підвищенням УФ-фону (рак шкіри й катаракта). Жителі Веллінгтона, столиці Нової Зеландії, які раніше намагалися використати кожний погожий день (їх там буває не так уже й багато) для відпочинку на повітрі, сьогодні побоюються з'являтися на пляжах.

- Тривожні повідомлення надходять також і з північної півкулі: і тут виявлено озонову «діру» (над Шпіцбергенем), щоправда, не таку велику, як антарктична.

Зменшення вмісту озону в атмосфері загрожує зниженням урожаїв сільськогосподарських культур, захворюваннями тварин і людей, збільшенням кількості шкідливих мутацій і т. п. Якщо ж озоновий шар зникне зовсім, то це призведе до загибелі принаймні наземної біоти.

Установлено, що руйнуванню озонового шару сприяють також деякі хімічні речовини (зокрема оксиди азоту): потрапляючи в стратосферу з висхідними повітряними течіями, вони вступають у реакцію з озоном і розкладають його на кисень. Проте вміст оксидів азоту в повітрі невеликий, вони нестійкі й суттєво не впливають на кількість озону в стратосфері.

З'явилося також інше джерело озоноруйнівних речовин — діяльність людини. Сучасна промисловість широко використовує так звані фреони (хлорфторметани) — CFCl_3 , CF_2Cl_2 тощо — як

холодоагенти в рефрижераторах і побутових холодильниках, як аерозольні розбризкувані в балончиках із фарбою, лаком, парфумами, для очищення напівпровідникових схем і т. п. Щорічно в світі випускається кілька мільйонів тонн фреонів. Для людини пари фреонів не шкідливі. Та вони надзвичайно стійкі й можуть зберігатися в атмосфері до 80 років. Пари фреонів із висхідними повітряними течіями потрапляють у стратосферу, де під впливом УФ-випромінювання Сонця розпадаються, вивільняючи атоми хлору. Ця речовина діє на озон як дуже сильний каталізатор, розкладаючи його молекули до кисню. *Один атом хлору здатен розкласти 100 тис. молекул озону!*

- Занепокоєні загрозою руйнування озонового шару керівники багатьох країн світу вживають заходів для його збереження, й у 1985 р. в Монреалі було підписано Протокол про охорону атмосферного озону. Вирішено до 2000 р. скоротити на 50 % споживання фреонів, а згодом і зовсім відмовитися від них, замінивши їх безпечними сполуками. Проте це не реалізовано й сьогодні, оскільки США — головний забруднювач атмосфери — відмовилися підписати зазначений Протокол.

Призводить до руйнування озонового шару й військова діяльність, зокрема запуск балістичних ракет. Їхні двигуни викидають в атмосферу дуже багато оксидів азоту. Під час кожного запуску ракети в Космос в озоновому шарі «пропалюється» величезна «діра», яка «затягується» лише за кілька годин. Світова громадськість дізналася про злочинні дослідження мілітаристів щодо дії на озоновий шар планети (розробка «озонової» зброї).

- У 70-ті роки американські військові розсіяли в стратосфері над одним із безлюдних атолів у Тихому океані спеціальні хімічні речовини, внаслідок чого в озоновому шарі над цим островцем утворилася «діра», яка затягнулася тільки через багато годин. У результаті на атолі загинула майже вся наземна біота: пальми та інші рослини, тварини, мікроорганізми; з хребетних тварин залишилося кілька великих черепах (їх урятував товстий кістяний панцир), але вони осліпли — сітківка їхніх очей була спалена ультрафіолетом.

Руйнування озонового шару відбувається так:

- # активне функціонування хімічної промисловості, яка випускає речовини, що містять хлор і бром, спричинює нагромадження в атмосфері озоноруйнівних газів (ОРГ);

- # *ОРУ* піднімаються на висоту 20—50 км над поверхнею Землі, де розташований озонний шар (особливо сприятливі умови для цього в приполярних районах);
- # сонячні промені діють на техногенні гази, з яких виділяється хлор;
- & хлор руйнує озон, відбираючи один із трьох атомів кисню й перетворюючи його на O_2 ; при цьому кожний атом хлору здатен відокремити атом кисню майже 100 тис. разів.
- ф За останні 15 років спостерігається руйнування озонного шару над континентальною Європою. За прогнозами, в першій чверті XXI ст. озонний шар може стати тоншим на 30 %.
- # За даними екологічного відділу ООН і Всесвітньої метеорологічної ради, відбувається руйнування озонного шару над усією Північною Америкою, Європою, територією колишнього СРСР, Австралією, Новою Зеландією та частиною Південної Америки.
- # Якщо озонний шар зменшиться на 10 %, то це спричинить розвиток раку шкіри додатково у 300 тис. чоловік, катаракти — у 1 млн 750 тис. чоловік. Постане серйозна загроза здоров'ю всього населення Землі, оскільки знизиться опірність людського організму.
- # Після 1991 р. в Чилі неодноразово реєструвалися випадки сліпоти лососяриб, диких кроликів, овець, пов'язані з істотним зростанням інтенсивності ультрафіолетового випромінювання. Водночас із тієї самої причини зменшилася кількість планктону в районі Антарктиди. В районах підвищеного ультрафіолетового опромінення пригнічується ріст рослин, знижується врожайність багатьох культур.

В Україні спостереження за станом озонного шару проводяться на п'яти озонметричних станціях (у Києві, Борисполі, Одесі, Львові й на Карадагу в Криму). За даними цих спостережень, протягом останніх 10 років загальний вміст озону в атмосфері був значно нижчим від кліматичної норми (аналогічна картина спостерігалася для всієї північної півкулі Землі в межах широт 40—60°).

Для виявлення озонних аномалій аналізується відхилення значень загального вмісту озону в одиницях стандартного відхилення σ (рис. 3.4). Якщо ці відхилення становлять від $-2,0\sigma$ до $-2,5\sigma$, то це свідчить про критичну ситуацію, а коли перевищують значення $-2,5\sigma$, то констатується озонна аномалія («діра»).

Як видно з рис. 3.4, протягом 2000 р. озонних аномалій над Україною не спостерігалось, проте було зафіксовано кілька випадків зменшення вмісту озону до критичних значень.

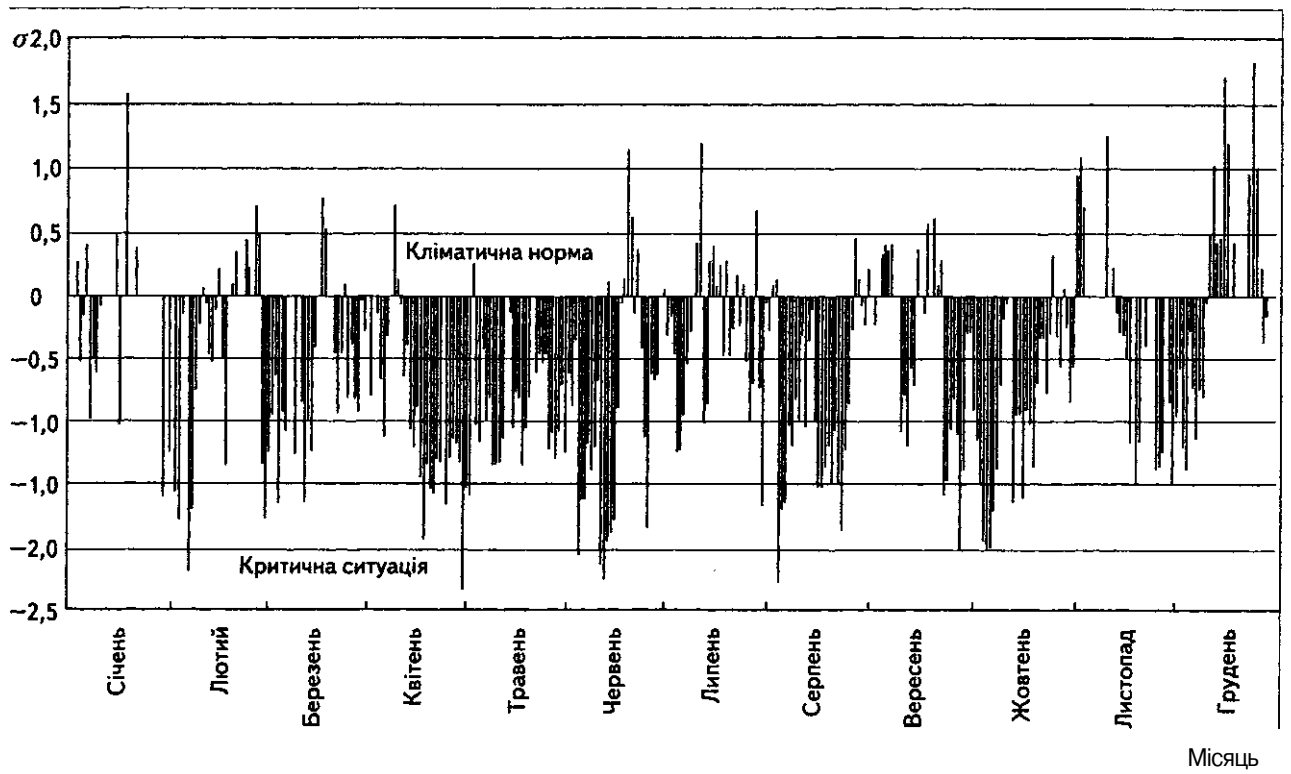
Ж Смог. •> У грудні 1952 р. світові інформаційні агентства передавали тривожні повідомлення про біду, що спіткала Лондон. Через безвітряну й дуже холодну погоду над цим величезним містом утворився так званий *чорний смог* («смог» у перекладі з англійської означає «дим») — скупчення шкідливих газів, причиною якого була посилена робота котелень, що використовували вугілля, мазут і соляріву оливу. В приземному шарі повітря різко (до 10 мг/м³, а подекуди й більше) зріс уміст отруйного оксиду азоту та інших шкідливих сполук. Це призвело до загибелі близько 4 тис. чоловік, а десятки тисяч потрапили до лікарень із захворюваннями легень.

• Над іншим великим містом — Лос-Анджелесом — через велику загазованість його території внаслідок роботи автотранспорту досить часто з'являється так званий *білий смог*. Це явище серйозно загрожує здоров'ю жителів і таких міст, як Нью-Йорк, Чикаго, Бостон, Токіо, Мілан, Мехіко, а найближчим часом може виникнути й у наших великих індустріальних містах, до того ж ще й перевантажених автотранспортом (Київ, Харків, Дніпропетровськ, Одеса, Сімферополь, Запоріжжя та ін.). Утворенню смогу сприяє спекотна безвітряна погода.

ш Сьогодні 400 суперміст світу щороку викидають в атмосферу близько 3 млрд т відходів (газів, аерозолів, пилу та ін.). Це на 500 млн т більше, ніж дають 578 активних вулканів нашої планети.

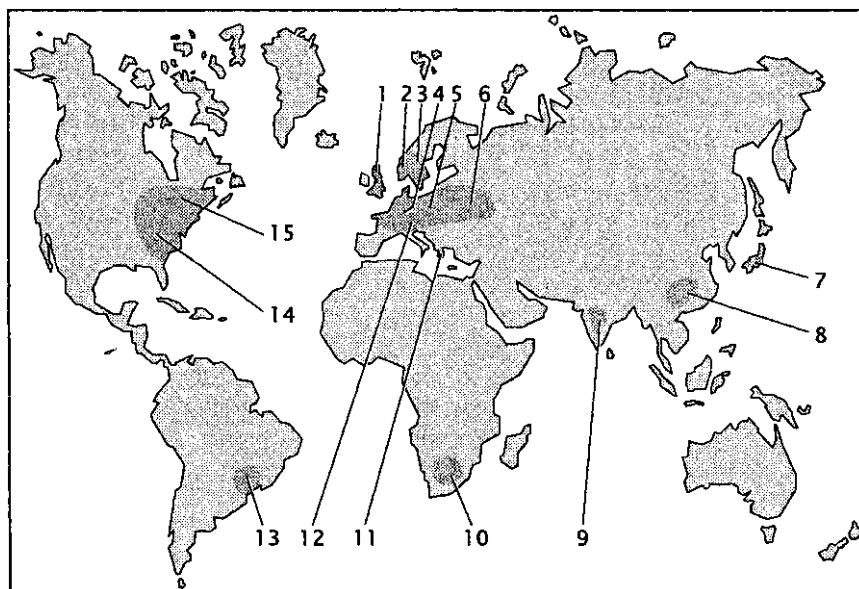
Дослідження вчених свідчать, що смог виникає внаслідок складних фотохімічних реакцій (тому його ще називають фотохімічним смогом) у повітрі, забрудненому вуглеводнями, пилом, сажею та оксидами азоту під дією сонячного світла, підвищеної температури нижніх шарів повітря й великої кількості озону, який утворюється в результаті розпаду діоксиду азоту під впливом олефінів у парах несповна згорілого автомобільного палива.

В сухому, загазованому, теплом повітрі з'являється синюватий прозорий туман, який має неприємний запах, викликає подразнення очей, горла, задишку, спричинює розвиток бронхіальної астми, емфіземи легень тощо. Листя на деревах в'яне, стає плямистим, жовкне. Набагато прискорюються корозія металів, руйнування мармуру, фарб, гуми, швидко псуються одяг, взуття, порушується робота транспорту.



Відхилення від кліматичної норми середньодобових значень загального вмісту озону а в атмосфері над Україною протягом 2000 р.

Кислотні дощі (рис. 3.5). Оксиди сірки й азоту, що викидаються в атмосферу внаслідок роботи теплових електростанцій (ТЕС) та автомобільних двигунів, сполучаються з атмосферною вологою й утворюють дрібні крапельки сірчаної та азотної кис-



Ареали випадання кислотних дощів:

- 1 — Велика Британія (ушкоджено 67 % лісів); 2 — Північна Норвегія (80 % озер стали біологічно мертвими); 3 — Швеція (20 тис. озер закиснені, в 4 тис. не живе риба); 4 — Німеччина (ушкоджено понад 50 % лісів); 5 — Польща (руйнуються залізничні колії, ушкоджено частину лісів); 6 — Україна, Білорусь (сильно ушкоджено ліси Полісся й Карпат); 7 — Японія (в Токіо кисле повітря становить серйозну загрозу для здоров'я людей); 8 — Китай (у деяких районах ушкоджено рисові поля); 9 — Індія (гинуть ліси, руйнуються будинки в Бомбеї і Тадж-Махал); 10 — Південна Африка (руйнуються будинки, ушкоджено овочеві плантації); 11 — Греція (руйнуються Пантеон та інші пам'ятки архітектури); 12 — Швейцарія (в центральних районах Альп загинуло або ушкоджено близько половини хвойних лісів); 13 — Бразилія (в Сан-Паулу завдається шкода здоров'ю населення, руйнуються будівлі); 14 — С Ш А (гинуть хвойні ліси Аппалачів, отруєно воду деяких озер, зростає захворюваність жителів великих міст); 15 — Канада (ушкоджено рідкісні дерева, руйнуються цінні будівлі, в 300 озерах Онтаріо рН води не перевищує 5)

лот, які переносяться вітрами у вигляді кислотного туману й випадають на землю *кислотними дощами*. Ці дощі вкрай шкідливо впливають на довкілля:

- знижується врожайність більшості сільськогосподарських культур через ушкодження листя кислотами;
- з ґрунту вимиваються кальцій, калій і магній, що призводить до деградації рослинності й, як наслідок, — збіднення тваринного світу;
- гинуть ліси (найчутливіші до кислотних дощів кедр, бук і тис);
- отруюється вода озер і ставків, у них гине риба, зникають комахи;
- щезають водоплавні птахи й тварини, що живляться комахами;
- загибель лісів спричинює в гірських районах (таких як Карпати) зсуви та селі;
- прискорюється руйнування пам'яток архітектури, споруд, особливо тих, що побудовані з вапняку, оздоблені мармуром;
- збільшується захворюваність людей (найчастіше хворобами очей, органів дихання тощо).

Взимку поблизу ТЕС і металургійних заводів іноді випадає також *кислотний сніг*, іще шкідливіший, ніж кислотний дощ, що пояснюється більшим вмістом у ньому кислот. Райони випадання такого снігу дістають одразу 4—5-місячну дозу забруднення, а внаслідок його танення навесні відбувається концентрація шкідливих речовин, тому тала вода інколи містить удесятеро більше кислот, ніж сам сніг.

- Більш як 230 озер у горах Адірондак (штат Нью-Йорк) мають критичний рівень забруднення сірчаною та азотною кислотами, принесеними кислотними дощами й снігом.

Ф До небезпечного для водних екосистем рівня закиснена також третина озер штату Флорида, 20 % озер штатів Массачусетс, Нью-Гемпшир, Род-Айленд.

ш У такому самому стані перебувають 20 тис. озер півдня Швеції, сотні озер у Південній Канаді.

а **Ядерна ніч і ядерна зима.** Сьогодні людство, на жаль, здатне спричинити не лише повільні зміни клімату, а й різкі катастрофічні, в результаті чого може бути знищена не тільки сама людина як біологічний вид, а й загалом усе живе на планеті.

Такою катастрофою була б світова ядерна війна. На Землі нагромаджено колосальний ядерний потенціал (за приблизними оцінками, лише в С Ш А й Росії сьогодні зберігається 60 тис. ядерних боеголовок, потужність вибуху кожної з яких набагато перевищує потужність вибуху бомби, скинутої в 1945 р. на Хіросиму). Як свідчить моделювання на ЕОМ, виконане американськими й, незалежно від них, російськими вченими, катастрофічні наслідки для людства мав би навіть ядерний конфлікт із використанням «лише» 1000 Мт тротилу. Цей конфлікт, хоч би де він стався, неминуче спричинить метеорологічну катастрофу глобального масштабу, яка матиме такі наслідки:

- теплове нагрівання атмосфери на 1 °С, що підніме ураганні вітри;
- забруднення атмосфери радіоактивними речовинами, які за короткий час поширяться по всій земній кулі (конфлікт, скажімо, в Європі призведе до випадання радіонуклідів і в Африці, і в Америці);
- виділення горючих газів унаслідок пожеж і руйнування промислових свердловин і газопроводів, що викличе підвищення глобальної температури атмосфери Землі на 4–5 °С у перші ж дні після конфлікту;
- утворення під час ядерних вибухів великої кількості оксидів азоту; їх надходження в стратосферу призведе до руйнування від 40 до 60 % озонового шару, а отже, до збільшення УФ-опромінювання поверхні Землі;
- забруднення атмосфери величезною кількістю пилу й сажі після ядерних вибухів і пожеж.

Найстрашнішим наслідком ядерного конфлікту буде саме цей останній. Спостереження під час випробувальних наземних вибухів показали, що в результаті кожного вибуху ядерного заряду потужністю 1 Мт тротилу в повітря піднімається 5 Мт пилу. Величезна кількість гірських порід випаровується й перетворюється на аерозоль із розмірами частинок 1 мкм. Такий найдрібніший пил надовго зависає в повітрі й надходить у стратосферу. Отже, вибухи потужністю 1000 Мт тротилу піднімуть у повітря 5 млрд т найдрібнішого пилу! Крім того, повітря забрудниться ще й мільярдами тонн сажі та попелу. В містах, де зосереджено багато займистих матеріалів (деревини, пластмас, фарб тощо), все

горітиме, причому пожежі набудуть характеру вогняних смерчів колосальних розмірів.

- Подібні явища спостерігалися під час Другої світової війни в дні масових бомбардувань Гамбурга й Дрездена літаками союзників, коли полум'я від будинків, які горіли, злилося в одну вогняну «форсунку» діаметром у кілометр і заввишки в багато сотень метрів. Уцілілі свідки розповідали: висхідні течії повітря в палаючому Дрездені були такими потужними, що піднімали вгору й усмоктували в ревуче полум'я людей, які металися на вулицях...

Після такого локального ядерного конфлікту пил, попіл і сажа сильними горизонтальними течіями, що є в стратосфері, за один-два тижні затягнуть небо над усією Землею. В результаті прозорість атмосфери зменшиться в 200 разів! На Землі настане «ядерна ніч», що триватиме кілька місяців, упродовж яких загине врожай і зникне практично весь рослинний покрив планети.

Унаслідок сильного заповнення атмосфери приземний шар повітря охолоне на 15–30 °С протягом першого місяця після конфлікту. А в деяких районах, як показало моделювання, температура знизиться на 40–50 °С. Настане «ядерна зима», що триватиме кілька місяців. Це спричиниться тим, що в атмосфері встановиться не властива їй надстійка стратифікація (розшарування), коли нижні її шари сильно охолонуть, а верхні — нагріються, й припиниться вертикальне перемішування повітря.

За кілька місяців темряви й холоду пил і сажа поступово осядуть. Охолодження зміниться нагріванням атмосфери на 20–30 °С вище за норму, що породить повені й селі, передусім у гірських місцевостях. Неоднорідні температурні зміни над суходолом та океаном піднімуть ураганні вітри й снігопади в прибережних районах материків.

Люди, які вціліють після ядерних вибухів, поринуть у пекельний жах ядерної ночі та ядерної зими. Загибель рослин і тварин, радіоактивне забруднення, вихід із ладу енергетичних систем, транспорту й зв'язку, ніч і мороз, ураганні вітри викличуть такий психологічний шок, який людство пережити не зможе. Отже, локальний ядерний конфлікт спричинить глобальну загибель людства, а ймовірно, й усієї біосфери. А той політик, який віддасть наказ натиснути на «ядерну кнопку», сам собі підпише смертний вирок.

Ці результати моделювання зайвий раз переконують у тому, що ядерна зброя має бути безсуперечно заборонена й знищена.

Ми, українці, можемо пишатися тим, що наша держава усвідомила цю істину раніше за інших, заявила про свій без'ядерний статус і звільнила свою територію від ядерної зброї.

Методи боротьби із забрудненнями атмосфери. До основних і найефективніших із них належать *економічні методи*. В багатьох розвинених країнах діє продумана система заохочувальних і заборонних заходів, що допомагають уникнути забруднень. Фірми, які впроваджують безвідходні технології, найновіші системи очищення й т. п., мають істотні податкові пільги, що дає їм переваги над конкурентами. Водночас фірми й підприємства, які забруднюють атмосферу, змушені платити дуже великі податки й штрафи. В багатьох країнах, крім державних санітарно-епідеміологічних служб, за станом атмосфери слідкують також численні громадські організації («зелені» товариства).

- У Швейцарії, наприклад, власник фабрики може отримати листа такого змісту: «Ваша фабрика забруднює повітря понад визначені норми. Якщо Ви не встановите очисні фільтри й не ліквідуєте забруднення, наша екологічна організація розпочне в пресі кампанію проти Вашої продукції, в результаті чого збитки Вашої фірми перевищать ті затрати, які Вам потрібні для поліпшення системи очищення». Як правило, такі попередження діють дуже ефективно, оскільки в цій країні дістати ярлик забруднювача природного середовища значить приректи себе до швидкого економічному краху — ніхто не купуватиме продукції «брудної» фірми.

Величезна увага на Заході приділяється також виховній і просвітницькій роботі.

- У тій же Швейцарії, наприклад, дітям із самого раннього віку пояснюють, що для їхньої країни, де практично немає ніяких корисних копалин, чисте повітря, чисті озера й річки є основним національним багатством. Усьому світові відомі гірські швейцарські курорти з їхнім кришталево чистим повітрям, сліпучобілими лижними трасами, гірськими озерами небесної блакиті. Кожний швейцарець буквально з молоком матері всотує любов до своєї прекрасної країни й для нього блюзнірством є навіть сама думка про те, що можна зазіхнути на цю красу й чистоту.

Вчені Уральського й Сибірського відділень Російської академії наук установили дуже цікавий факт самоочищення повітря земною поверхнею.

Карстові печери й кам'яні осипи на схилах гір є своєрідними природними кондиціонерами: через різницю температур зовнішнього повітря й повітря всередині печери або осипу виникає активний рух (узимку повітря всмоктується крізь тріщини, входи, порожнини, відфільтровується, очищується, а влітку очищене повітря виштовхується назовні; крім того, відбувається добовий обмін повітря в печерах та осипах). За рахунок сезонного «дихання» карстові масиви й гірські осипи поглинають та акумулюють величезні маси забруднювачів атмосфери.

Бережіть карстові печери! Не перетворюйте їх на склади й звалища!

Є також **організаційні, технологічні та інші методи боротьби із забрудненнями атмосфери:**

- зменшення кількості ТЕС за рахунок будівництва потужніших, забезпечених найновішими системами очищення й утилізації (корисного використання) газових і пилових викидів. Як відомо, одна потужна ТЕС забруднює повітря менше, ніж сотня котелень тієї ж сумарної потужності. Гази, що виходять із топку ТЕС, перш ніж потрапити в атмосферу, очищаються в спеціальних установках. Деякі країни навіть мають таким чином економічну вигоду. Наприклад, Франція забезпечує свої потреби в сірчаній кислоті, вловлюючи її з відходних газів ТЕС (власних родовищ сірки, з якої в інших країнах виготовляється сірчана кислота, у Франції немає);
- очищення вугілля від піриту [сірчаного колчедану (FeS_2)] перед його спалюванням у топках ТЕС. Це стає необхідним у зв'язку з використанням для ТЕС вугілля чимраз нижчої якості зі значним умістом піриту (окиснюючися в топках ТЕС, пірит розкладається з виділенням SO_2). В результаті ефективного очищення вугілля від піриту вміст оксидів сірки в димах ТЕС зменшується на 98–99 %;
- заміна вугілля й мазуту для ТЕС екологічно чистішим паливом — природним газом. ТЕС, що працюють на природному газі, викидають в атмосферу тільки CO_2 та оксиди азоту (останні також можна вловити з диму), й не забруднюють повітря іншими шкідливими викидами;
- регулювання двигунів внутрішнього згоряння в автомобілях, установлення на них каталізаторів, що нейтралізують чадний газ (CO) до CO_2 ; заміна екологічно небезпечного етильованого бензину (який забруднює повітря свинцем) менш шкідливим паливом;

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

- озеленення міст і селищ;
- правильне планування житлових і промислових районів у межах міста. Треба розташовувати їх якомога далі один від одного, а між ними обов'язково створювати зони зелених насаджень. Автомобільні траси з напруженим рухом (особливо вантажівок) необхідно планувати в обхід житлових районів;
- використання звукопоглинальних матеріалів під час будівництва житлових і промислових споруд;
- улаштування ліній електропередач (ЛЕП) за межами сіл і міст.

§ 3 ^ i > Гідросфера

Річки треба вважати найважливішою державною цінністю. Тільки так можна вберегти Радість, яку нам дають води, що течуть, і можливість у будь-яку хвилину втамувати спрагу. Адже немає на Землі напою кращого, ніж склянка холодної чистої води.

В. М. Песков,
російський письменник, журналіст

Гідросфера, або водяна оболонка Землі, — це її моря й океани, крижані шапки приполярних районів, річки, озера й підземні води. Запаси води на Землі величезні — $1,46 \cdot 10^9$ км³ (0,025 % її маси). Але це переважно гірко-солоня морська вода, непридатна для пиття й технологічного використання. Прісна вода становить усього 2 % її загальної кількості на планеті, причому 85 % її зосереджено в льодовикових щитах Гренландії та Антарктиди, айсбергах і гірських льодовиках. І лише 1 % прісної води містять річки, озера й підземні води; саме ці джерела й використовує людство для своїх потреб.

Космонавти кажуть, що коли дивитися на Землю з висоти космічної орбіти, то око розрізняє переважно два кольори: білий колір хмар і крижаних полярних шапок і блакитний колір Світового океану, що вкриває 71 % поверхні нашої планети; морська вода — найпоширеніша на Землі речовина.

Вода, як елемент глобальної екосистеми, виконує дуже важливі функції:

- вода — це основна складова частина всіх живих організмів (тіло людини, наприклад, на 70 % складається з води, а деякі організми, такі як медуза або огірок, на 98—99 %);

- з участю води здійснюються численні процеси в екосистемах (наприклад, обмін речовин, тепла);
- води Світового океану — основний кліматоутворюючий фактор, головний акумулятор сонячної енергії й «кухня» погоди для всієї планети;
- вода — один із найважливіших видів мінеральної сировини, основний природний ресурс, що споживається людством (сьогодні води використовується в тисячі разів більше, ніж нафти чи вугілля).

Величезну роль відіграє гідросфера у формуванні поверхні Землі, її ландшафтів, у розвитку екзогенних процесів (вивітрювання гірських порід, ерозія, карст тощо), в перенесенні хімічних речовин, у тому числі й забруднювачів довкілля.

Для багатьох організмів вода — це середовище їхнього життя. Хімічний склад морської води дуже схожий на склад плазми крові людини: містить ті самі хімічні елементи й приблизно в тих самих пропорціях. Це один із доказів того, що предки людини, як і решти ссавців, колись жили в морі.

Солоність океанічних вод становить 35 ‰ (тобто в 1 л води міститься 35 г солей). Найсолоніша вода в Мертвому морі — 260 ‰ (людина вільно лежить на поверхні цієї води, не занурюючися в неї); в Чорному морі солоність води становить 18 ‰, в Азовському — 12 ‰.

Підземні води за своїм хімічним складом дуже різноманітні: від прісних, що використовуються для пиття й водопостачання, до мінералізованих і навіть до ропи із солоністю 600 ‰; деякі мінералізовані підземні води мають лікувальні властивості.

Основне джерело водопостачання для людини — *річковий стік*. Перше місце за цим показником посідає Бразилія з її гігантською повноводою річкою Амазонкою.

Значну проблему для людства становить нерівномірний розподіл річкового стоку по поверхні Землі. Наприклад, Китай готується здійснити найграндіозніший проект століття — повернути великі річки Хуанхе, Янцзи, Хай і Гуай на північ для забезпечення посушливих північних провінцій, у тому числі району Пекіна, водою. Проект розраховано на 50 років. Усі річки планується сполучити каналами, загальна довжина яких перевищить 1000 км. Об'єм води, що перекидатиметься з півдня на північ, — 48 млрд м³/рік. Вартість першого етапу робіт (10 років) оцінюється в 19 млрд доларів США. Вартість усього проекту поки що

неможливо оцінити. Фахівці-екологи вважають, що реалізація цього задуму спричинить екологічні лиха й негативні зміни екосистем регіонального масштабу. Проте, на жаль, економічні фактори сьогодні переважають.

Річковий стік України становить у середньому 83,5 млрд м³, а в посушливі роки зменшується до 48,8 млрд м³. Він розподіляється по території нашої держави нерівномірно: 70 % стоку припадає на Північно-Західний економічний район, де мешкає лише 40 % населення. А на Донецько-Придніпровський і Південний економічні райони, де живе 60 % населення й зосереджені найбільш водоемкі галузі господарства, припадає тільки 30 % стоку. У зв'язку з цим у багатьох районах півдня України відчувається гострий дефіцит води, для ліквідації якого доводиться перекидати її каналами, будувати водосховища тощо.

Головне джерело води для України — річка Дніпро. Крім того, потреби у воді забезпечуються річками Дунай, Дністер, Південний Буг, Тиса, Прут та ін. Стан води й повноводність цих артерій залежать в основному від стану їхніх приток — малих річок, яких в Україні налічується близько 63 тис. їхня роль величезна: досить згадати, що 90 % населених пунктів нашої країни розташовані саме в долинах малих річок і користуються їхньою водою. Однак стан малих річок України сьогодні викликає велику тривогу. За даними Держводгоспу, протягом другої половини ХХ ст. в Україні зникло близько 5 тис. малих водотоків. Це невідворотно веде до деградації великих річок, тому проблема їх збереження та оздоровлення — одна з найгостріших для нашої держави.

Спроби припинити гідротехнічними засобами процес зменшення стоку малих річок не дали очікуваних результатів. Через активне зарегулювання русел річок унаслідок створення водойм, гідротехнічне будівництво та меліоративні заходи на водозборі, обвалування й спрямлення русел, сільськогосподарське використання та урбанізацію заплавл, заміну болотних екосистем штучними сільськогосподарськими моноценозами, постійне необоротне використання вод більшість річкових ландшафтів України опинилися в стані екологічної кризи.

В умовах непорушених ландшафтів поверхневий стік практично не несе в річки забруднень. Саме природні ландшафти, завдяки фільтраційним здатностям природних біоценозів, раніше були ідеальним фільтром. Нині в Україні природні ландшафти або знищені, або перебувають на різних стадіях деградації. А водоохо-

ронні зони, якщо вони є взагалі, зведено до вузьких берегових лісопосадок, які не виконують належним чином функції фільтраторів стоків.

Підземні води України мають не менше значення для забезпечення водою населення: близько 70 % жителів сіл і селищ міського типу задовольняють свої потреби в питній воді за рахунок ґрунтових вод (колодязі) чи глибших водоносних горизонтів (свердловин). Стан підземних вод України в цілому кращий, ніж поверхневого стоку, хоча місцями вони забруднюються стоками промислових підприємств, тваринницьких комплексів тощо. В деяких промислових районах (Донбас, Кривбас) розробка шахт і кар'єрів негативно впливає на якість і запаси підземних вод. У результаті багаторічного відкачування води з цих об'єктів її рівень дуже понизився, а з деяких водоносних горизонтів вода зникла зовсім.

^ Споживання прісної води. Всі галузі господарства стосовно водних ресурсів поділяються на *споживачів* і *користувачів*. Споживачі забирають воду з джерела водопостачання, використовують її для виготовлення продукції, а потім повертають, але вже в меншій кількості й іншої якості. Користувачі воду не забирають, а використовують її як середовище (водний транспорт, рибальство, спорт тощо) або як джерело енергії (ГЕС). Проте й вони можуть змінювати якість води (наприклад, водний транспорт забруднює воду).

Промисловість використовує близько 20 % води, споживаної людством. Кількість води, що споживається підприємством, залежить від того, яку продукцію воно випускає, від системи водопостачання (прямоточна чи оборотна) та від інших причин.

За прямоточної системи вода з джерела надходить на промисловий об'єкт, використовується в процесі виготовлення продукції, потім піддається очищенню й після цього скидається у водостік чи водойму. За оборотної системи відпрацьована вода після очищення не повертається у водойму, а знову використовується в процесі виробництва. Витрата води за такої системи набагато нижча. Наприклад, ТЕС потужністю 1 млн кВт у разі прямого водопостачання (для охолодження агрегатів) споживає $1,5 \text{ км}^3$ води щорічно, а за оборотної системи — лише $0,12 \text{ км}^3$, тобто в 13 разів менше.

Кількість води (м^3), необхідної для виробництва 1 т продукції, називають водоємністю виробництва. За цим показником різні

виробництва дуже відмінні. Наприклад, для виробництва 1 т металопрокату потрібно 10–15 м³ води, а 1 т хімволокна — 2000–5000 м³. До найбільших споживачів води в промисловості належать атомні електростанції. Так, Хмельницька АЕС, розташована у верхів'ях річки Горинь, «випиває» всю воду з цієї річки, яка колись була основним джерелом водопостачання населення й промисловості Рівненської області.

Основний же споживач води — сільське господарство (70 % її загального використання). Це зумовлено передусім збільшенням площ зрошуваного землеробства. Зрошені землі набагато продуктивніші від незрошуваних. Сьогодні в світі площа зрошуваних земель становить 15 % загальної площі сільськогосподарських угідь, а дають ці землі понад 50 % усієї продукції.

Питоме водоспоживання під час зрошення залежить від виду вирощуваних сільськогосподарських культур, клімату, технічного стану зрошувальних систем і способів поливу. Так, норми поливу для зернових культур становлять 1500–3500 м³/га, для цукрового буряку - 2500-6000, а для рису - 8000-15 000 м³/га.

Більша частина води (20–60 %), що використовується для зрошення, безповоротно втрачається (випаровується), певна її кількість повертається назад у водойми у вигляді так званих *поворотних вод*, сильно забруднених солями.

Водопостачання населення (близько 10 % усієї споживаної людством води) задовольняє потреби в питній воді й комунально-побутові (робота підприємств побутового обслуговування, поливання вулиць і зелених насаджень, протипожежні заходи тощо). Є поняття *питоме водоспоживання*, тобто добовий об'єм води (л), необхідний для задоволення потреб одного жителя міста або села. У великих містах світу питоме водоспоживання сьогодні таке (л/добу): Нью-Йорк — 600, Париж — 500, Москва — 400, Київ — 333, Лондон — 263. Для порівняння; в країнах, що розвиваються (Центральна Африка, Близький Схід), цей показник становить лише 10–15 л/добу.

- Забруднення води. В результаті діяльності людей гідросфера змінюється: *кількісно* (зменшення кількості води, придатної для використання) та *якісно* (забруднення).

Серед забруднень розрізняють фізичне, хімічне, біологічне й теплове.

Фізичне забруднення води відбувається внаслідок: накопичення в ній нерозчинних домішок — піску, глини, мулу в результаті змивання дощовими водами з розораних ділянок (полів); надходження суспензій з підприємств гірничорудної промисловості; потрапляння пилу, що переноситься вітром за сухої погоди, тощо. Тверді частинки знижують прозорість води, пригнічують розвиток водяних рослин, забивають зябра риб та інших водяних тварин, погіршують смакові якості води, а іноді роблять її взагалі непридатною для споживання.

Хімічне забруднення відбувається через надходження у водойми зі стічними водами різних шкідливих домішок неорганічного (кислоти, луги, мінеральні солі) та органічного (нафта й нафтопродукти, мийні засоби, пестициди тощо) складу. Шкідлива дія токсичних речовин, що потрапляють у водойми, посилюється за рахунок так званого *кумулятивного ефекту* (прогресуюче збільшення вмісту шкідливих сполук у кожній наступній ланці трофічного ланцюга). Так, у фітопланктоні концентрація шкідливої сполуки часто виявляється в десятки разів вищою, ніж у воді, у зоопланктоні (личинки, дрібні рачки тощо) — в десятки разів вищою, ніж у фітопланктоні, в рибі, яка харчується зоопланктоном, — ще в десятки разів вищою. А в організмі хижих риб (таких, як щука чи судак) концентрація отрути збільшується ще в десять разів і, отже, буде в десять тисяч разів вищою, ніж у воді.

Особливої шкоди водоймам завдають нафта й нафтопродукти, які утворюють на поверхні води плівку, що перешкоджає газообмінові між водою та атмосферою й знижує бміст у воді кисню. В результаті розливу 1 т нафти плівкою покриється 12 км² води. Згустки мазуту, осідаючи на дно, вбивають донні мікроорганізми, які беруть участь у процесі самоочищення води. Внаслідок гниття донних осадів, забруднених органічними речовинами, виділяються шкідливі сполуки, зокрема сірководень, що отруюють усю воду в річці чи в озері.

До основних забруднювачів води належать хімічні, нафтопереробні й целюлозно-паперові комбінати, великі тваринницькі комплекси, гірничорудна промисловість. Серед забруднювачів води особливе місце посідають синтетичні мийні засоби. Ці речовини надзвичайно стійкі, зберігаються у воді роками.

Забруднення води речовинами, що містять фосфор, сприяє бурхливому розмноженню синьозелених водоростей і «цвітінню» водойм, яке супроводжується різким зниженням у воді вмісту

кисню, «заморами» риби, загибеллю інших водяних тварин. Під час «цвітіння» Каховського та інших «рукотворних» морів на Дніпрі стоїть сморід, а хвили викидають на берег трупи риби, що задихнулася.

Біологічне забруднення водою полягає в надходженні до них зі стічними водами різних мікроорганізмів (бактерій, вірусів), спор грибів, яєць гельмінтів і т. д., багато з яких є хвороботворними для людей, тварин і рослин. Серед біологічних забруднювачів перше місце посідають комунально-побутові стоки (особливо, якщо вони не очищені або очищені недостатньо), а також стоки цукрових заводів, м'ясокомбінатів, підприємств з обробки шкір, деревообробних комбінатів. Особливо небезпечне біологічне забруднення водою у місцях масового відпочинку людей (курортні зони на узбережжях морів). Через поганий стан каналізаційних систем та очисних споруд останніми роками нерідко закривалися пляжі в Одесі, Маріуполі та інших містах на узбережжях Чорного й Азовського морів, оскільки в морській воді було виявлено збудників таких небезпечних захворювань, як холера, дизентерія, вірусний гепатит та ін.

Теплове забруднення води відбувається внаслідок спускання у водойми підігрітих вод від ТЕС, АЕС та інших енергетичних об'єктів. Тепла вода змінює термічний і біологічний режим водою і шкідливо впливає на їхніх мешканців. Як показали дослідження гідробіологів, вода, нагріта до температури 26—30 °С, діє на риб та інших мешканців водою пригнічувально, а якщо температура води піднімається до 36 °С, риба гине. Найбільшу кількість теплої води скидають у водойми атомні електростанції.

СІ Очищення стічних вод. Усі природні водойми здатні самоочищатися. **Самоочищення води** — це нейтралізація стічних вод, випадіння в осад твердих забруднювачів, хімічні, біологічні та інші природні процеси, що сприяють видаленню з водою забруднювачів і поверненню води до її первісного стану.

Однак здатність водою до самоочищення має свої межі. Сьогодні у водойми надходить така величезна кількість стічних вод, настільки забруднених різними токсичними для їхніх мешканців речовинами, що багато водою почали деградувати. Тому людство, якщо воно хоче мати майбутнє, мусить негайно вжити спеціальних заходів для очищення забруднених вод і повернення джерел водопостачання до такого стану, за якого вони стали б придатними для використання.

Здатність природних водойм до самоочищення (періодичність природного очищення):

- # Світовий океан — 2500 років;
- \$ підземні води — 1400 років;
- # полярні льодовики — 9700 років;
- \$ гірські льодовики — 1600 років;
- # підземний лід районів вічної мерзлоти — 10 000 років;
- # ґрунтова волога — 1 рік;
- % води озер — 17 років;
- # води боліт — 5 років;
- \$ води в руслах річок — 16 днів;
- # волога в атмосфері — 8—10 днів;
- ^ вода в живих організмах — кілька годин.

До заходів, що мають забезпечити нормальний стан водних об'єктів, належать:

- # нормування якості води, тобто розробка критеріїв її придатності для різних видів водокористування;
- # скорочення обсягів скидання забруднювачів у водойми вдосконаленням технологічних процесів;
- # очищення стічних вод.

Чинними законами України передбачається, що для різних господарських потреб має використовуватися вода певної якості. Недопустимо, наприклад, використовувати питну воду для охолодження блоків ТЕС, забороняється скидати у водойми стічні води, які містять цінні відходи, що можуть бути вилучені із застосуванням раціональної технології. Основний напрям захисту водного середовища — перехід підприємств до роботи за схемою замкненого циклу водопостачання, коли вони після очищення власних стічних вод повторно використовують їх у технологічному циклі, й забруднені стічні води взагалі не потрапляють у водойми.

У сільському господарстві (основний споживач води) слід запровадити сувору економію води, раціональне її використання. Так, заміна суцільного поверхневого поливу на зрошуваних землях дощуванням або краплинним поливом дає змогу збирати ті самі врожаї з меншими (в 5—7 разів) витратами води. Скоротити кількість пестицидів, фосфатів, нітратів, що потрапляють у водойми, можна частковою заміною хімізації сільського госпо-

дарства біологічними методами боротьби зі шкідниками й хворобами рослин, чітким дотриманням сівозмін, уведенням більш продуктивних і стійких до хвороб та шкідників рослин.

Очищення стічних вод — це руйнування або видалення з них забруднювачів і знищення в них хвороботворних мікробів (*стерилізація*). Сьогодні застосовуються два методи очищення стічних вод: у *штучних умовах* (у спеціально створених спорудах) і в *природних* (на полях зрошення, в біологічних ставках тощо). Забруднені стічні води послідовно піддають механічному, хімічному й біологічному очищенню.

Механічне очищення полягає у видаленні зі стічних вод нерозчинних речовин (піску, глини, мулу), а також жирів і смол. Для цього використовуються відстійники, сита, фільтри, центрифуги тощо. Сучасні передові методи із застосуванням найкращих зарубіжних установок дають змогу видаляти зі стічних вод до 95 % твердих нерозчинних забруднювачів.

Хімічне очищення стічних вод здійснюється після їх механічного очищення. В забруднену різними сполуками воду додають спеціальні речовини-реагенти. Ці речовини, вступаючи в реакцію із забруднювачами, утворюють нешкідливі речовини, які випадають в осад і видаляються.

Біологічне очищення стічних вод, як правило, — завершальний етап. Органічна речовина, що міститься у стічній воді, окиснюється аеробними бактеріями до вуглекислого газу й води, а також споживається гетеротрофами-консументами (передусім найпростішими). Чим більше в очищуваній воді є гідробіонтів-гетеротрофів і чим вища їхня біологічна активність, тим інтенсивніше відбувається процес очищення. Крім того, організмифільтратори, поглинаючи й згодом осаджуючи різні суспензії, сприяють їх похованню на дні та освітлюють воду. Біологічне очищення здійснюють у спеціальних гідротехнічних спорудах і установках — на так званих полях зрошення, на полях фільтрації, на біофільтрах, в аеротенках. Іноді ці споруди й установки штучно заселяють спеціально дібраними або виведеними штамми бактерій і культурами найпростіших та водоростей. Комплекс організмів, які беруть участь у процесах біологічного очищення, називають *активним мулом*.

Деякі особливо токсичні стічні води хімічних підприємств узагалі не піддаються очищенню ніякими сучасними методами. Їх доводиться закачувати в підземні сховища, наприклад у відпрацьо-

вані нафтові родовища. Таким чином створюються небезпечні об'єкти, оскільки ніхто не може дати стовідсоткової гарантії, що отруйні води не потраплять колись у підземні водоносні горизонти. Іноді надотруйні стічні води піддають випаровуванню у відстійниках, щоб зменшити масу та об'єм відходів, які необхідно поховати.

III Особливості морських екосистем. Найбільшою екосистемою в межах біосфери Землі є Світовий океан (моря вкривають 70,8 % поверхні планети й містять у собі 1,4 млрд км³ води).

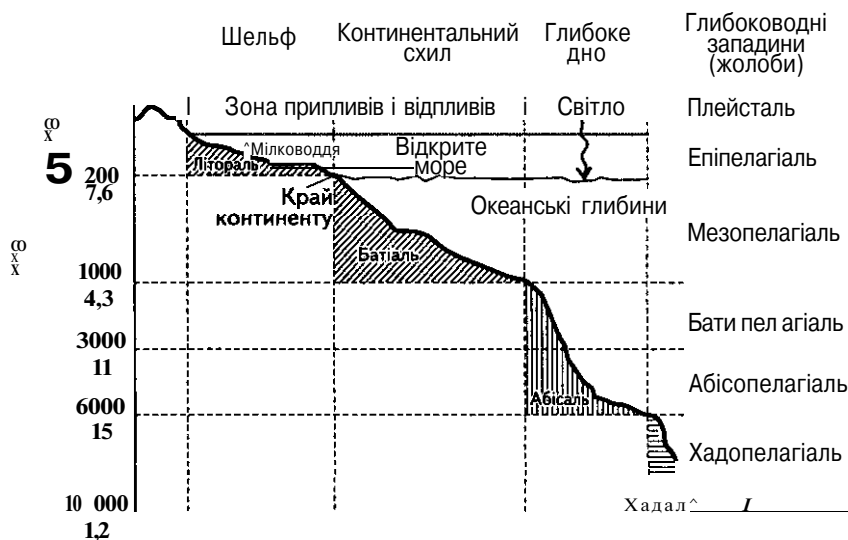


Рис. 3.6

Схема розподілу океанського простору з різними екологічними факторами

З погляду екології, океанський простір поділяють (Д. Гайнріх, М. Гергт, 1998) за глибиною на епіпелагіаль, мезопелагіаль, батипелагіаль, абісопелагіаль та хадопелагіаль (від мілководдя до найбільших океанських глибин у 5–7 км та океанських жолобів — 7–11 км) (рис. 3.6).

Батіаль, абісаль та хадал є життєвими просторами глибинних (пелагіальних) організмів, а неретичні життєві простори близькі до узбережжя.

Достатні світлові умови для фотосинтезу забезпечуються лише в 10 % морської води, 90 % води перебуває в абсолютній темряві, й морські організми отримують поживні речовини завдяки опусканню загиблих організмів і їх решток із верхніх шарів. Оскільки абсорбційна система продуцентів пристосована до різних світлових зон, вони можуть існувати в морських екосистемах на глибинах до 200 м.

В океанській глибинній зоні (понад 140–300 м) коливання температури невеликі, тому тут живуть стенотермні види. Тварини одного виду можуть пристосовуватися до температури води через її вплив на певній фазі розвитку. Для екології мають значення зони температурних перепадів (термокліни), які відокремлюють теплі й холодні шари. Властивості зависання планктону залежать від густини води, у зв'язку з чим на термокліні відбувається флуктуація цих організмів.

Солоність морських вод у середньому становить 35 ‰. Вміст поживних солей незначний і є важливим фактором, що стримує ріст біомаси.

Солоність морських вод коливається залежно від пори року та географічного положення (вплив температур повітря, річкового стоку, танення льоду). За вмістом солей розрізняють оліго-, мезо-, полігалінні та морські зони. Солоната вода через осмотичний тиск становить екологічну проблему для організмів. Більшість видів віддають перевагу зонам зі стабільним умістом солей (вони стеногалінні). Естуарії і літоральні зони населяють еврігалінні види.

На життя морських організмів великий вплив справляють різні морські течії (дрейфуючі — спричинені вітрами, компенсаційні, глибинні, підйомні, градієнтні, припливно-відпливні та ін.).

Гідростатичний тиск, що зростає з глибиною (кожні 10 м водяного стовпа збільшується на 1 атм, або 10^5 Па), також впливає на функціонування гідробіонтів, але фізіологію пристосування морських організмів до тиску майже не досліджено. Хоча відомо, що тиск спричиняє зміну інтенсивності обміну речовин (через підвищення вмісту CO_2 у протоплазмі), що під його впливом деформується білок, підвищується активність плавання.

Такі фактори, як освітленість, солоність, механічні сили водних мас, зумовлюють чіткий розподіл морських організмів за зонами умов життя (мілководні, середньоглибинні, глибоководні).

Дуже важливу екологічну роль у Світовому океані відіграють корали, які виконують таку саму очищувальну функцію, що й тропічні ліси. Корали (коралові поліпи) мають біологічне походження, ростуть від морського дна вгору зі швидкістю 0,1–3 см на рік, живуть колоніями в угрупованні з зеленими водоростями в прозорій теплій чистій воді на глибинах до 70 м. Найсприятливіші для тропічних коралів температури — 25–28 °С. За нижчих і вищих температур вони гинуть, як і внаслідок зменшення чистоти й прозорості води (від пилових бур, підняття мулу з дна та ін.). Ріст коралових рифів гальмують організми, які їх поїдають (риби-папуги, колючі морські зірки, бурильні губки).

Продуктивність морських водних мас змінюється в дуже широкі межі. У відкритому морі вона порівнянна з продуктивністю пустель, а в зонах підйомних течій та літоралі — з продуктивністю степів і саван.

Найбільшу біомасу одного виду на Землі має криль (рачки) — 400–500 млн т.

Найбільшими хребетними тваринами є сині кити, (довжина — 32 м). Вони — планктонофільтрувальні, живляться переважно рачками.

До продуцентів належить фітопланктон (діатомові, джугиткові, синьозелені водорості, коколітофори й силікофлягелати), до первинних консументів — зоопланктон (70 % його — рачки).

Найближчими десятиліттями біомаса Світового океану відіграватиме велику роль у житті людства, якщо воно своєю діяльністю не спричинить деградації морських екосистем (як це відбувається на континентах). Тому їх охорона, як і водних екосистем суші, — одне з найпріоритетніших завдань сьогодення.

85 Охорона вод Світового океану. Стан вод Світового океану сьогодні викликає велику тривогу. Його забруднюють переважно річки, з водами яких щороку надходить понад 320 млн т заліза, 6,5 млн т фосфору та ін. Дуже багато забруднень потрапляє в океан також з атмосфери: 200 тис. т свинцю, 1 млн т вуглеводнів, 5 тис. т ртуті й т. д. Майже третина мінеральних добрив, що вносяться в ґрунт, вимивається з нього дощовими водами й виноситься річками в моря та океани; лише азоту й фосфору таким шляхом потрапляє у Світовий океан близько 62 млн т щорічно. Ці речовини викликають бурхливий розвиток деяких водоростей, що вже неодноразово спричиняло появу «червоних припливів»,

виникнення різних інших типів «цвітіння» води. Під час «цвітіння» водорості виділяють у воду високоотруйні токсини, що призводить до масової загибелі інших гідробіонтів.

До найшкідливіших забруднювачів Світового океану належать нафта й нафтопродукти. Щорічно їх потрапляє сюди 5—10 млн т, здебільшого в результаті втрат під час добування нафти з морських родовищ, аварій танкерів, берегового стоку тощо.

- Так, унаслідок аварії танкера «Екссон валдіз», що сталася в 1990 р. поблизу узбережжя Аляски, в море потрапило 40 тис. т нафти. Величезні нафтові плями рознесли морськими течіями й вітром далеко від місця аварії, забруднивши великі ділянки узбережжя материка та островів і спричинивши загибель тисяч тюленів, морських птахів, риби тощо.

- В 1991 р. під час війни між Кувейтом та Іраком (відомої як операція «Буря в пустелі») нафта, що видилася з підірваних танкерів і нафтопроводів, покрила 1550 км² поверхні Перської затоки й 450 км берегової смуги, де загинуло багато морських черепах, птахів, крабів та інших тварин.

Нафтова плівка на поверхні моря пригнічує життєдіяльність морського фітопланктону — одного з головних постачальників кисню в земну атмосферу, порушує тепло- й вологообмін між океаном і атмосферою, губить мальків риб та інші морські організми.

Більш як половину біологічної піраміди, яку вінчає людина, становлять морські організми. Якщо вони загинуть, піраміда завалиться, зникне всяка основа життя на суші й у повітрі... Наземне життя дедалі більше залежить від життя в океані: мертвий океан — мертва планета.

Т. Хейєрдал

Моря й океани забруднюються також твердими відходами — промисловими й побутовими. Їх у Світовому океані нагромадилося вже понад 20 млн т. Більшість із них містять сполуки важких металів та інші шкідливі речовини, які згубно діють на морську біоту.

У Світовий океан потрапило дуже багато радіоактивних речовин унаслідок випробувань атомної зброї, роботи атомних реакторів військових підводних човнів і криголамів, скидання контейнерів із відходами атомних електростанцій тощо.

Загальне радіоактивне забруднення Світового океану з вини людини становить $1,5 \cdot 10^7$ Кі, тоді як чорнобильська аварія «збагатила» біосферу на $5 \cdot 10^7$ Кі, тобто у Світовому океані сьогодні міститься 300 Чорнобилів!

Найсильнішого забруднення зазнає мілководна зона Світового океану. Шельф океану — це район, де багато морських організмів проводить значну частину свого життя; до того ж саме тут рибалки заробляють собі на хліб насущний, а мільйони людей відпочивають.

Глобальні кліматичні зміни, зокрема потепління морських вод, спричиняють негативні процеси в морських екосистемах.

- Так, восени 2002 р. в центральній частині Японського моря виявлено медуз-мутантів незвичайних розмірів. Одна з найбільших медуз була діаметром 3 м і масою понад 150 кг (вид *Stomolopus pomurai*). Екземпляри близько 1 м у діаметрі тисячами потрапляють у рибальські сітки. Потепління клімату призвело також до появи в Німеччині тропічних фімелів (фіолетові фімелі — теслі).

Проблема захисту Світового океану нині стала однією з найактуальніших, вона стосується всіх країн, навіть тих, що не мають безпосереднього виходу до океану. З огляду на це ООН розробила й ухвалила кілька важливих угод, які регулюють судноплавство, рибальство, видобування корисних копалин із морських родовищ тощо. Найвідомішою з них є угода, підписана більшістю країн світу в 1982 р., — «Хартія морів».

§ 3 . 4 ^ Л ітосфера

*Земля й вода, якщо тільки вони безсовісно не пограбовані,
можуть знову й знову давати все необхідне для життя.*

С. Юделл,
американський еколог

*Літосфера — це зовнішня тверда оболонка Землі,
Літосфера охоплює всю земну кору й частину верхньої
мантії; вона складається з осадових, вивержених і метаморфічних порід.*

Літосфера, як елемент глобальної екосистеми, виконує важливі функції:

- на її поверхні живе більшість рослинних і тваринних організмів, у тому числі й людина;
- верхня тонка оболонка літосфери на материках — це ґрунти, що забезпечують умови життя для рослин і є основним джерелом отримання продуктів харчування для людей;
- літосфера — це й «комора» корисних копалин — енергетичної сировини, руд металів, мінеральних добрив, будівельних матеріалів тощо.

У літосфері періодично відбувалися й відбуваються грізні процеси — виверження вулканів, землетруси, зсуви, селі, обвали, ерозія земної поверхні, які призводять до небезпечних екологічних ситуацій на певних ділянках планети. Іноді ці процеси спричинюють глобальні екологічні катастрофи.

Нижня межа літосфери нечітка й визначається за різким зменшенням в'язкості порід, збільшенням їхньої щільності та іншими геофізичними характеристиками. Товщина літосфери на континентах і під океанами різна й становить відповідно 25—200 та 5—100 км. Найглибші шахти, пройдені людиною, сягають 3—4 км, а найглибша в світі свердловина (пройдена на Кольському півострові) — трохи більше за 12 км. Про склад і будову глибших зон літосфери нам відомо лише на основі непрямих методів (сейсмо- та електророзвідка, гравіметрія тощо).

#3 Охорона ґрунтів. Ґрунти — органо-мінеральний продукт багаторічної спільної діяльності живих організмів, води, повітря, сонячного тепла й світла. Це природні утворення, які характеризуються родючістю — здатністю забезпечувати рослини речовинами, необхідними для їхньої життєдіяльності.

Найродючіші й найпотужніші ґрунти — чорноземи — формувалися протягом багатьох тисячоліть у зонах лучних степів, де був сприятливий клімат (тепле літо, кількість опадів — 500—600 мм/рік), оптимальні умови для розвитку багатой трав'янистої рослинності. Найбільші в світі запаси чорноземів зосереджені на території України. Про їхню цінність свідчить хоча б такий факт: у роки Другої світової війни німецькі окупанти вивозили український чорнозем залізничними ешелонами до Німеччини. Сьогодні, на жаль, запаси та якість цього неоціненного природного ресурсу в нашій державі істотно знизилися, що пояснюється вар-

варською, непродуманою їх експлуатацією, ерозією, засоленням, відчуженням земель під кар'єри та промислові споруди тощо.

Дуже важливим компонентом ґрунту є *гумус (перегній)* — органічна речовина, що утворилася з решток відмерлих рослин під впливом діяльності мікроорганізмів, які переробляють їх, розкладають, збагачують вуглекислим газом, водою, сполуками азоту та іншими речовинами. Ґрунтоутворення — важлива частина біологічного кругообігу речовин та енергії. Ґрунт забезпечує рослини калієм і вуглецем, азотом і фосфором тощо. Родючість ґрунту залежить від кількості цих речовин у гумусі, гумусу в ґрунті й товщини шару ґрунту. Найкращі чорноземи містять до 9 % гумусу.

Ґрунти становлять величезну цінність не лише тому, що це основне джерело отримання продуктів харчування; крім того:

- вони беруть активну участь в очищенні природних і стічних вод, які фільтруються крізь них;
- ґрунтово-рослинний покрив планети — це регулятор водного балансу суші, оскільки він поглинає, втримує й перерозподіляє велику кількість атмосферної вологи;
- це й універсальний біологічний фактор, і нейтралізатор багатьох видів антропогенних забруднень.

Тому користуватися ґрунтом, землею слід розумно й бережно. В гонитві за врожаєм ґрунти розорюються дедалі глибше й частіше, в них у неймовірних кількостях вносяться мінеральні добрива й пестициди. В результаті на величезних площах степової і посушливої зон ґрунти втратили здатність убирати й пропускати воду, їхня структура деградувала, вони перенасичені шкідливими хімічними сполуками. Повсюдно родючість ґрунтів катастрофічно зменшується.

За останні 35—40 років уміст гумусу в ґрунтах України зменшився на 0,3—0,4 %. За розрахунками Української академії аграрних наук, щорічні втрати гумусу становлять від 0,6 до 1 т/га. Це наслідок використання недосконалих технологічних схем у сільському господарстві та істотного зменшення внесення органічних добрив, що пов'язане із занепадом тваринництва.

Потрібні термінові заходи для відтворення структури й родючості ґрунтів — їх нейтралізація, розсолення, збагачення гумусом тощо. Як наголошується в одній з останніх доповідей ООН, подальше існування нашої цивілізації поставлене під загрозу через широкомасштабну загибель родючих земель, що зростає.

Нині охорона й раціональне використання земельних ресурсів — одна з найактуальніших проблем.

Великих збитків сільському господарству завдає *ерозія ґрунтів*. Цьому негативному явищу сприяє активне утворення ярів у результаті діяльності людини — вирубування лісів на схилах, знищення трав'яного й чагарникового покривів, неправильного розорювання землі тощо. Спричинюють ерозію й пилові бурі, коли в умовах посухи вітри видувають мільйони тонн ґрунтів, в одних місцях зносячи сантиметри й навіть десятки сантиметрів верхнього родючого шару й перетворюючи багаті угіддя на безплідну пустелю, а в інших — засипаючи поля, сади, луки, дороги й будівлі шаром пилу та піску інколи завтовшки 2—3 м. Вітрова й водна ерозії цілком знищують ґрунти або істотно зменшують вміст у них азоту, фосфору, калію, мікроелементів — усього того, від чого залежить родючість. Активізують ерозію ґрунтів часті оранки, культивації, боронування, ущільнення, трамбування колесами й гусеницями важкої сільськогосподарської техніки.

До основних заходів задля відновлення ґрунтів на оголених ділянках належать насадження лісозахисних смуг, екологічно обґрунтоване зрошення земель, запровадження сівозмін, періодична консервація угідь (коли земля «відпочиває»).

Одне з найбільших лих після ерозії ґрунтів — їх *засолення*, основна причина якого полягає в неправильному зрошенні. Протягом останніх десятиліть тисячі гектарів посушливих земель у степових районах, пустелях і напівпустелях, де проводилось інтенсивне зрошення й спочатку значно підвищувалася врожайність, згодом стали непридатними для використання через «білу отруту» (так місцеві жителі називають сіль), якою забиваються всі пори ґрунту та його поверхня в результаті випаровування зрошувальних вод. Раніше, до масового зрошення, на великих територіях росли дикі трави, чагарники, а на розумно зрошуваних землях постійно була високою врожайність полів і садів. А тепер через перезволоженість, надлишок води в ґрунтах та їхню засоленість гинуть дерева, поля, сади, виноградники, плантації бавовнику. В сусідніх із полями селищах вода заливає льохи, якість питної води істотно погіршилась, особливо навколо каналів, що спостерігається в Середній Азії вздовж Каракумського каналу, й у нас на півдні України, поблизу Північно-Кримського, Каховського та Краснознам'янського каналів.



Я Охорона земної поверхні. Площа суші на Землі становить 148 млн км²; 10 % цієї площі припадає на льодовики Антарктиди й Гренландії. Решта території — вичерпні ресурси поверхні Землі: 33,1 % цієї території займають сільськогосподарські угіддя, 30,1 % — ліси, 36,8 % — так звані «інші» землі (площі, зайняті населеними пунктами, промисловими підприємствами, транспортними магістралями тощо, а також болота, гори, тундри, пустелі). Через діяльність людини структура земної поверхні постійно змінюється: зменшуються площі сільськогосподарських угідь і лісів, розширюються площі «інших» земель. Берегти землю — це означає розумно, по-хазяйськи її використовувати, щоб слугувала вона довго, багатьом прийдешнім поколінням.

Чималі витрати земельних ресурсів пов'язані з промисловим і цивільним будівництвом, спорудженням військових об'єктів (аеродромів, баз, полігонів, складів тощо), видобуванням корисних копалин.

Сільськогосподарські землі — найцінніша частина земельних ресурсів, оскільки вони забезпечують людство продуктами харчування. Більша частина сільськогосподарських земель відводиться під рілля, решта — під площі багаторічних насаджень (плантації, сади, виноградники, лісосмуги), луки й пасовиська. Населення Землі, що швидко примножується, вимагає збільшення кількості продуктів харчування, основний постачальник яких — орні землі. А можливостей для розширення їхніх площ майже не залишилося. Навпаки, в багатьох країнах спостерігається неухильне скорочення орних земель. Тому єдиний спосіб задовольнити дедалі більші потреби в продуктах харчування — це інтенсифікація сільськогосподарського виробництва, тобто одержання вищого врожаю з тих самих площ. У світі є певний досвід у цій справі.

• Наприклад, у 50—60-ті роки в деяких країнах Азії й Латинської Америки відбувалася так звана «зелена революція», коли за сприяння спеціалістів ООН було введено високоврожайні сорти рису, пшениці, сої, інших культур, застосовано нові технології вирощування, меліорації і т. д., що дало змогу різко (в 3—5 разів і навіть більше) підвищити врожайність основних сільськогосподарських культур. Індія, наприклад, не лише забезпечила своє населення рисом, але навіть стала експортувати його.

Сьогодні в посушливих районах Землі спостерігається дуже небезпечне явище *дезертизації*, або *спустелювання* (рис. 3.7). Причини його — вразливість природи в цих зонах, надмірне

Нині охорона й раціональне використання земельних ресурсів — одна з найактуальніших проблем.

Великих збитків сільському господарству завдає *ерозія ґрунтів*. Цьому негативному явищу сприяє активне утворення ярів у результаті діяльності людини — вирубування лісів на схилах, знищення трав'яного й чагарникового покривів, неправильного розорювання землі тощо. Спричинюють ерозію й пилові бурі, коли в умовах посухи вітри видувають мільйони тонн ґрунтів, в одних місцях зносячи сантиметри й навіть десятки сантиметрів верхнього родючого шару й перетворюючи багаті угіддя на безплідну пустелю, а в інших — засипаючи поля, сади, луки, дороги й будівлі шаром пилу та піску інколи завтовшки 2—3 м. Вітрова й водна ерозії цілком знищують ґрунти або істотно зменшують вміст у них азоту, фосфору, калію, мікроелементів — усього того, від чого залежить родючість. Активізують ерозію ґрунтів часті оранки, культивації, боронування, ущільнення, трамбування колесами й гусеницями важкої сільськогосподарської техніки.

До основних заходів задля відновлення ґрунтів на оголених ділянках належать насадження лісозахисних смуг, екологічно обґрунтоване зрошення земель, запровадження сівозмін, періодична консервація угідь (коли земля «відпочиває»).

Одне з найбільших лих після ерозії ґрунтів — їх *засолення*, основна причина якого полягає в неправильному зрошенні. Протягом останніх десятиліть тисячі гектарів посушливих земель у степових районах, пустелях і напівпустелях, де проводилось інтенсивне зрошення й спочатку значно підвищувалася врожайність, згодом стали непридатними для використання через «білу отруту» (так місцеві жителі називають сіль), якою забиваються всі пори ґрунту та його поверхня в результаті випаровування зрошувальних вод. Раніше, до масового зрошення, на великих територіях росли дикі трави, чагарники, а на розумно зрошуваних землях постійно була високою врожайність полів і садів. А тепер через перезволоженість, надлишок води в ґрунтах та їхню засоленість гинуть дерева, поля, сади, виноградники, плантації бавовнику. В сусідніх із полями селищах вода заливає льохи, якість питної води істотно погіршилась, особливо навколо каналів, що спостерігається в Середній Азії вздовж Каракумського каналу, й у нас на півдні України, поблизу Північно-Кримського, Каховського та Краснознам'янського каналів.

II Охорона земної поверхні. Площа суші на Землі становить 148 млн км²; 10 % цієї площі припадає на льодовики Антарктиди й Гренландії. Решта території — вичерпні ресурси поверхні Землі: 33,1 % цієї території займають сільськогосподарські угіддя, 30,1 % — ліси, 36,8 % — так звані «інші» землі (площі, зайняті населеними пунктами, промисловими підприємствами, транспортними магістралями тощо, а також болота, гори, тундри, пустелі). Через діяльність людини структура земної поверхні постійно змінюється: зменшуються площі сільськогосподарських угідь і лісів, розширюються площі «інших» земель. Берегти землю — це означає розумно, по-хазяйськи її використовувати, щоб слугувала вона довго, багатьом прийдешнім поколінням.

Чималі витрати земельних ресурсів пов'язані з промисловим і цивільним будівництвом, спорудженням військових об'єктів (аеродромів, баз, полігонів, складів тощо), видобуванням корисних копалин.

Сільськогосподарські землі — найцінніша частина земельних ресурсів, оскільки вони забезпечують людство продуктами харчування. Більша частина сільськогосподарських земель відводиться під рілля, решта — під площі багаторічних насаджень (плантації, сади, виноградники, лісосмуги), луки й пасовиська. Населення Землі, що швидко примножується, вимагає збільшення кількості продуктів харчування, основний постачальник яких — орні землі. А можливостей для розширення їхніх площ майже не залишилося. Навпаки, в багатьох країнах спостерігається неухильне скорочення орних земель. Тому єдиний спосіб задовольнити дедалі більші потреби в продуктах харчування — це інтенсифікація сільськогосподарського виробництва, тобто одержання вищого врожаю з тих самих площ. У світі є певний досвід у цій справі.

• Наприклад, у 50—60-ті роки в деяких країнах Азії й Латинської Америки відбувалася так звана «зелена революція», коли за сприяння спеціалістів ООН було введено високоврожайні сорти рису, пшениці, сої, інших культур, застосовано нові технології вирощування, меліорації і т. д., що дало змогу різко (в 3—5 разів і навіть більше) підвищити врожайність основних сільськогосподарських культур. Індія, наприклад, не лише забезпечила своє населення рисом, але навіть стала експортувати його.

Сьогодні в посушливих районах Землі спостерігається дуже небезпечне явище *дезертизації*, або *спустелювання* (рис. 3.7). Причини його — вразливість природи в цих зонах, надмірне

використання земель під пасовиська (худоба виїдає й витоптує слабкий трав'янистий покрив), вирубування на паливо нечисленних дерев і кущів. У результаті різко активізується деградація фунтів і територія спустелюється. Так, за останні 50 років площа пустелі Сахара збільшилася на 650 тис. км². Спеціалісти ООН підраховали, що у світі кожної хвилини на безплідну пустелю перетворюється 44 га землі!

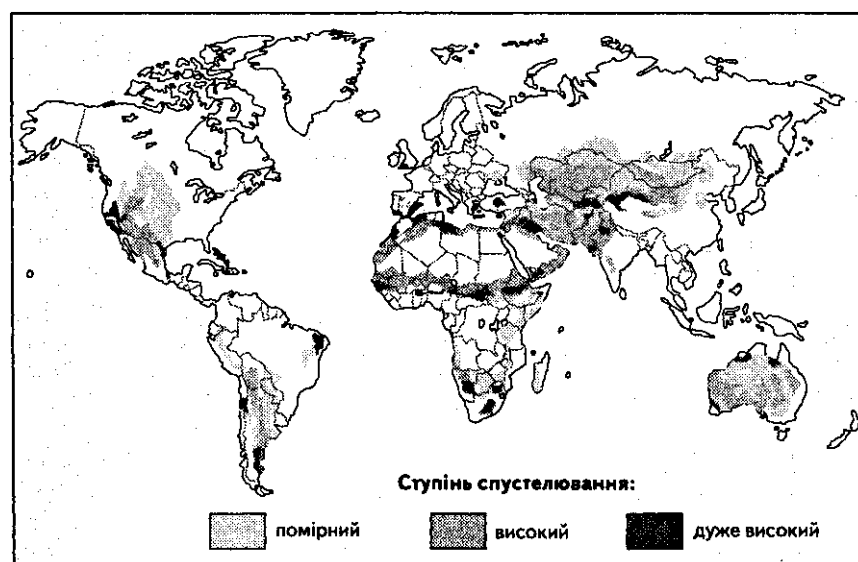


Рис. 3.7

Спустелювання материків

Ліс — надзвичайно важлива складова частина біосфери:

- це один із основних поглиначів вуглекислого газу й виробників кисню, постачальник дуже цінних матеріалів (деревини, сировини для хімічної промисловості, продуктів харчування тощо), поглинач пилових і газових забруднень атмосфери, захисник поверхні Землі від водної ерозії та суховіїв;
- це середовище життя багатьох звірів, птахів, комах;
- ліс має величезне оздоровче значення, оскільки деякі дерева — біла береза, сосна, ялиця та інші — продукують особливі леткі

речовини — *фітонциди*, які вбивають хвороботворні мікроби й роблять повітря цілющим;

- і, нарешті, ліс діє на людину заспокійливо, сприяє пробудженню в неї творчої наснаги, добрих, піднесених почуттів.

Ліс — це особливий, незмірно добрий і безконечно щедрий організм, який не просить нічого для підтримки свого існування й великодушно розсипає продукти власної життєдіяльності; він бере під захист усі живі істоти й пропонує затінок навіть лісорубові, який губить його.

С. Гаутама,
основоположник буддизму

Відповідно до норм лісового законодавства, прийнятих більшістю країн, ліси поділяються на три групи:

1) *ліси, що виконують водоохоронні* (заборонні смуги по берегах річок, озер і т. д.), *захисні* (протиерозійні ліси, державні лісозахисні смуги), *санітарно-гігієнічні* та *оздоровчі* (ліси заповідників і національних парків) *функції*;

2) *ліси захисного* та *обмежено експлуатаційного значення* — лісові масиви в густонаселених районах і місцевостях з обмеженими лісовими ресурсами;

3) *ліси експлуатаційні* — тайга, тропічні ліси.

У лісах першої та другої груп (а саме такі є на території України) забороняється заготівля деревини, тут допускаються лише так звані санітарні рубки, коли вирубаються тільки хворі й усохлі дерева. А взагалі в лісоводів є давнє добре правило: «Зрубав дерево — посади два нових!»

«Інші» землі поділяються на дві групи:

1) *малоприсади для сільського господарства землі* — пустелі, гори, тундра, яри тощо; деякі з них можуть бути освоєні, але з великими матеріальними й фінансовими затратами;

2) *заселені й забудовані території*, тобто такі, що вже не можна використати якось інакше.

III Рекультивация порушених земель. У результаті господарської діяльності людини утворюються **порушені землі**, що втратили свою господарську цінність, а іноді навіть стали джерелом забруднення природного середовища. Найбільше порушують землю відкриті гірничі виробки (кар'єри). В Криворізькому регіоні, наприклад, великі площі колись родючої землі перетворено залізорудними кар'єрами на ділянки «місячного ландшафту», де

не може зберегтися жодна рослина чи жити яка-небудь тварина. Землі порушуються також відвалами пустих порід, шлаків, звалищами сміття й побутових відходів поблизу великих міст.

Кар'єри, терикони, звалища, крім того, що вони займають великі площі земної поверхні, становлять джерело забруднення атмосфери й гідросфери: з них вітрами розноситься пил, деякі терикони димлять, викидаючи в повітря оксиди сірки; забруднені води з відвалів потрапляють у водоносні горизонти й водотоки. Через інтенсивне відкачування з шахт і кар'єрів підземних вод знижується їхній рівень на прилеглих територіях, інколи ж (поблизу великих кар'єрів) підземні води й зовсім щезають.

Згідно з чинним законодавством порушені землі мають бути відновлені *рекультивацією*. Зокрема, рекультивацію кар'єрів повинні здійснювати ті гірничодобувні підприємства, що їх створили.

Рекультиваційні роботи виконуються в два етапи: технічна рекультивація, потім біологічна.

У ході *технічної рекультивації* порушені землі готують для подальшого використання: планують їхню поверхню (найглибші частини кар'єрів засипають пустими породами, виположують їхні стінки); знімають, перевозять і складають у бурти родючий ґрунт (це роблять до початку проходки кар'єра); будують дороги, гідротехнічні й меліоративні споруди. Якщо відвальні породи містять шкідливі для рослин речовини (сульфіди, солі важких металів тощо), то на них після планування накладають шар нейтральної породи (глини, піску тощо). Після планування відвали мають пройти стабілізацію (один-два роки), коли під дією сили ваги й зволоження відвальні породи ущільнюються.

Біологічна рекультивація передбачає комплекс робіт для поліпшення фізичних та агрохімічних властивостей ґрунтів на рекультивованих землях (вапнування, піскування, внесення мінеральних добрив тощо). Знятий раніше родючий ґрунт, що зберігався в буртах, наноситься на поверхню спланованих і стабілізованих відвалів.

Розрізняють кілька видів рекультивації залежно від того, як саме передбачається використовувати порушені землі.

Сільськогосподарська рекультивація здійснюється в районах розвиненого сільського господарства, на великих за площею відвалах чи кар'єрах. Це найдорожчий вид рекультивації, бо до земель, де мають вирощуватися сільськогосподарські культури,

ставляться найвищі вимоги. Зокрема, кут нахилу місцевості не може перевищувати 3°.

Лісогосподарська рекультивация проводиться там, де є можливість відновити ділянки лісу з цінними сортами дерев. Її вартість і вимоги до агрохімічних характеристик ґрунту нижчі, ніж за сільськогосподарської рекультивации.

Водогосподарська рекультивация стосується здебільшого тих кар'єрів, які після відпрацювання заповнюються ґрунтовими й дощовими водами. Такі штучні озера впорядковуються, в них запускається риба, їхні береги озеленюються тощо.

Рекреаційна (від лат. *гесгеаИо* — відновлення сил, відпочинок) *рекультивация* виконується неподалік міст і великих населених пунктів з метою створення зон відпочинку. Здебільшого вона поєднується з водогосподарською й лісогосподарською рекультивацией (озера в кар'єрах упорядковують, на їхніх берегах споруджують пляжі, бази відпочинку, висаджують дерева, кущі й т. д.).

Санітарно-гігієнічна рекультивация здійснюється для консервації порушених земель, припинення шкідливої дії кар'єрів, відвалів на природне середовище (скажімо, аби звалище не забруднювало повітря й підземні води), якщо з якихось причин використання порушених земель вважається недоцільним.

Будівельна рекультивация — це підготовка порушених земель під спорудження житлових будинків, спортивних майданчиків, промислових підприємств, складів і т. д. Кар'єри при цьому засипаються відвальними породами, їхні стінки виположуються, підводяться дороги, теплотраси, виконуються меліоративні роботи (дренаж тощо).

- Охорона земних надр. Надра Землі використовуються людиною з різною метою, зокрема для:
 - видобування корисних копалин;
 - зберігання рідких і газоподібних корисних копалин у природних і штучних сховищах;
 - будівництва різних споруд, сховищ і навіть цілих заводів;
 - прокладання транспортних комунікацій (метро, трубопроводи);
 - поховання токсичних промислових і стічних вод.

Головний напрям використання надр — це, звичайно, видобування мінеральної сировини.

Серед численних видів діяльності людини є два, що мають особливе значення, оскільки від них залежить саме існування суспільства: це праця сільського трудівника, фермера, котрий виробляє продукти харчування, та праця гірника, шахтаря, який видобуває з надр Землі енергетичну й мінеральну сировину, без чого неможливе функціонування всіх інших галузей господарства. При цьому, якщо збільшення виробництва продуктів харчування прямо пропорційне зростанню чисельності населення, то підвищення енергоємності й матеріаломісткості сучасного виробництва набагато випереджає його. Як свідчать статистичні дані, при збільшенні населення в 4,5 раза потреба в енергії зростає у 12 разів, а матеріалів, що видобуваються з надр Землі, — в 9 разів.

За даними ООН, сьогодні з надр Землі щорічно видобувається близько 20 млрд т корисних копалин. При цьому разом із корисними копалинами з надр на поверхню піднімається ще більше пустих порід (за оцінками, 150 млрд т щороку). Всього ж, як вважають учені, за всю історію людства, починаючи від бронзового віку, було виплавлено 16 млрд т різних металів, у тому числі впродовж останніх 45 років — 11 млрд т.

§ Від середини XVI до середини XX ст. споживання людством заліза зросло в 5 тис. разів, і темпи його видобування подвоюються кожні 10 років.

Приріст видобутку урану: 1980 р. — 40—50 тис. т; 1985 р. — 85—100 тис. т; 2000 р. — 800 тис. т.

За сучасної технології видобування й переробки корисних копалин лише 1—5 % речовини, що добувається з надр, використовується у вигляді продукції, вся решта йде у відвали й відходи.

На скільки ж років людству вистачить земних запасів корисних копалин і які вони, ці запаси? За даними науки геохімії, у верхній десятикілометровій товщі літосфери 99 % її маси становлять 12 хімічних елементів: О, Бі, АІ, Бе, Са, Їа, К, М%, Н, Ті, С і СІ. Решта елементів містяться в дуже невеликих кількостях. Тим часом людство використовує всі елементи таблиці Менделєєва, але в різних кількостях. За останні десятиліття величезного значення для економіки всіх країн набули нафта, газ, алюміній, титан, хром, нікель, кобальт, уран, манган, свинець та олово. Міжнародні експерти вважають, що за таких темпів споживання, які характерні зараз для найрозвиненішої країни світу — США, розвідані запаси цих корисних копалин на материках будуть вичерпані за кілька десятиліть (деяких — за одне-два століття).

ф За даними ООН, ресурси 18 економічно найважливіших мінералів опинилися на межі цілковитого вичерпання, навіть за умови введення рециклічності й відновлення. Серед них — золото, срібло, ртуть, свинець, сірка, олово, цинк, вольфрам.

Щоправда, слід урахувувати й додаткові фактори.

- *Не всі ще родовища корисних копалин відкрито й узято на облік.* Особливо це стосується шарів літосфери глибше за 3—4 км, вивчених дуже погано. Крім того, *величезні запаси мінералів містить Світовий океан.* Тут є родовища нафти й газу, залізоманганові й фосфоритові конкреції, розсіпні родовища золота, платини, алмазів, рідкісних металів тощо. Сьогодні ці багатства використовуються дуже мало.

- У зв'язку з вичерпанням багатьох родовищ у деяких випадках *стає економічно вигідним переробляти так звані некондиційні руди* — з низьким умістом корисних компонентів, які раніше йшли у відвали.

- Так, до Другої світової війни в Криворізькому залізорудному районі залізо добувалося з руд, що містили не менше ніж 50 % цього елемента, бідніші руди йшли у відвали. Після війни кондиційними стали вважатися руди з умістом 46 % заліза. Тому стало економічно вигідним переробляти відвали, яких тут нагромадилася величезна кількість.

- Інший приклад. У США є великі запаси бітумінозних пісковиків, з яких можна добувати нафту. Але за нинішніх цін на нафту на міжнародному ринку добування її з пісковиків економічно нерентабельне. «Нафтова криза», що вибухнула в 70-ті роки ХХ ст., змусила вчених США впритул заходитися розробляти технологію добування палива з бітумінозних пісковиків. Було вкладено великі кошти в наукові дослідження, в результаті чого собівартість нафти, що добувається таким способом, удалося знизити в кілька разів. Нафта зі звичайних родовищ дедалі дорожчає, й у разі збільшення її собівартості вдвоє, порівняно з цінами 1990 р., стане економічно вигідно добувати її з пісковиків.

- Великі можливості економії та раціонального використання ресурсів криють у собі й родовища, які розробляються сьогодні у світі. Йдеться передусім про *зниження кількісних і якісних втрат корисних копалин під час їх видобування.* Кількісні втрати зумовлені тим, що частина руди чи вугілля залишається під землею —

в ділянках між блоками й між шахтами, в так званих охоронних ціликах (ствіпах породи, не вилученої в процесі розробки для запобігання обвалам покрівлі). Якісні втрати спричинюються тим, що під час видобування корисної копалини частина руди змішується з пустими породами, в результаті чого вміст металу в руді виявляється нижчим, зростає зольність вугілля тощо.

У разі видобування корисних копалин відкритим способом (кар'єрами) втрати значно менші (10—12 %), ніж при підземному, шахтному способі (30—40 %). Однак не кожне родовище можна розробляти відкритим способом, а крім того, при цьому виникають інші порушення природного середовища. Чималу економію ресурсів дає застосування *новітніх технологій видобування корисних копалин*: свердловинного гідродобування й вилуговування, підземного виплавляння сірки, газифікації вугілля в надрах та ін. Дуже перспективними вважаються *мікробіологічні методи добування корисних копалин*: виведено такі штами бактерій, які, розкладаючи сульфідні та інші сполуки металів із дуже бідних руд, переводять їх у розчинну у воді форму, звідки вони після цього можуть бути вилучені економічно вигідним способом (так тепер добувають *Ti*, *Mn*, *Al*, *Fe*, *Pb*, *Zn*, *Ag*, *Cu*).

• *Важливий напрям економії мінеральної сировини — використання вторинних ресурсів.* Наукові розрахунки свідчать, що повторно можна використовувати майже 70 % основних металів. Сьогодні ж промисловість економічно розвинених країн використовує в кращому разі лише 30—40 % міді, заліза та інших металів, решта безповоротно втрачається, нагромаджується у звалищах, розсіюється, забруднюючи біосферу. Слід урахувати, що для добування сировини із вторинних ресурсів потрібно набагато менше затрат, у тому числі й енергетичних, ніж для видобування тієї ж сировини з первинних руд. Наприклад, у разі добування скла переплавлянням битих скляних виробів, пляшок тощо витрати електроенергії вчетверо менші, ніж при добуванні його з піску, поташу та ін. Переробка вторинних ресурсів дає прибуток.

• Так, американські підприємства переробляють старі пластикові пляшки від напоїв у все що завгодно — від стовпчиків для огорож до теплих прокладок у зимові куртки.

• Гори спрацьованих автомобільних шин перетворюються на паси для вентиляторів, на автодеталі й навіть на нові шини.

• Алюміній, добутий зі старих банок від пива, виявляється вдвоє дешевшим від алюмінію, який виплавляється з бокситів.

• > Близько 70 % газет,

що виходять у США, друкуються на папері, виготовленому зі старих газет.

• Дедалі ширше в господарстві починають використовуватися замітники дефіцитних ресурсів. • Так, у машинобудуванні 1 т полімерних матеріалів може замінити 3 т дефіцитної бронзи. • Полімерами замінюють свинець, мідь, олово та інші гостродефіцитні метали. • Важкі багатотонні опори для верстатів-велетнів, які раніше виготовлялися з чавуну, сьогодні з успіхом замінюють бетонними. • > Застосування нових конструкційних матеріалів — *композитів* — дало змогу конструкторам найбільшого в світі українського літака «Мрія» знизити його масу на 3 т, а це забезпечує за період експлуатації кожної такої машини економію 18 тис. т (!) дефіцитного авіаційного палива.

Взагалі у світі спостерігається тенденція до зменшення обсягів використаних природних ресурсів. Металургійні гіганти типу тих, що досі діють в Україні, поглинаючи мільйони тонн руди, коксу й випускаючи мільйони тонн низькоякісного чавуну і сталі, є вчорашнім днем промисловості. Економіка найрозвиненіших країн світу дедалі більше базується на малотоннажному виробництві, а основними галузями стають складне сучасне машинобудування, електроніка, обчислювальна техніка. Тому одним із головних завдань, що постають перед нашою молодого державою, є докорінна перебудова структури промисловості, а саме — зменшення частки важкої індустрії й військово-промислового комплексу та збільшення частки виробництва наукоємкої продукції й товарів народного споживання. Це істотно знизить енергоємність і матеріаломісткість виробництва, послабить залежність України від зовнішніх поставок ресурсів, передусім паливно-енергетичних, і, нарешті, поліпшить екологічну обстановку в країні (відомо, як забруднюють природу старі промислові гіганти).

Зменшення обсягів видобутку мінеральних ресурсів із надр Землі досягається також їх комплексним використанням. Практично всі родовища твердих корисних копалин комплексні, тобто, крім основного компонента, містять цілу низку супутніх. Так, поліметалічні руди, крім основних металів (Си, РЬ і N5), містять ще Аи, А§, Рu \$п, \У, Мо, Со, Аб, їїе, Ва, Ссі, Бе, Те, Іп, Ле та ін. Іноді супутні корисні компоненти виявляються ціннішими за основні.

Більшість залізних руд також є багатокомпонентними. Це стосується, наприклад, залізних руд нашого Криворіжжя, які, крім

Є, містять також V, Сіл, Со, №, ве, Р, 8, В, Та, N5 і 2л. Не всі ці компоненти сьогодні вилучаються з криворізьких руд, хоча спеціальні технології у світі напрацьовані.

Значно порушують земну поверхню гірничі розробки — шахти, кар'єри, свердловини. Підземні розробки спричинюють утворення порожнин і тріщин у гірських породах, просідання ґрунту, обвали та зсуви порід, осушення водоносних горизонтів. Із гірських порід виділяються шкідливі гази (метан, сірководень), трапляються раптові прориви підземних вод, явища так званого «гірського удару» й т. д. Проходка кар'єрів супроводжується великими штучними пониженнями рельєфу, по краях кар'єрів розвиваються зсуви та обвали, в районах кар'єрів і шахт істотно знижується рівень підземних вод. Навколо родовищ, які розробляються, утворюються відвали пустих порід, терикони, що займають великі площі родючих земель. Поверхневі водотоки забруднюються мінералізованими водами, які відкачуються із шахтних горизонтів.

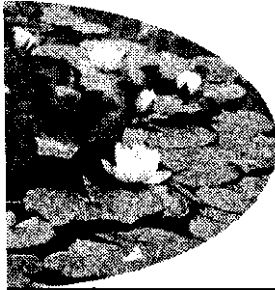
Відомі способи якщо не запобігання цим екологічним порушенням, то принаймні пом'якшення їхніх негативних наслідків. Головним напрямом тут має стати якнайширше впровадження маловідходних або (в ідеалі) безвідходних технологій. Суть їх полягає в тому, що з надр Землі слід брати якомога менше, а з того, що взято, вилучати якомога більше корисних компонентів.

Контрольні запитаній й завдання

1. Які основні риси екологічної системи «Земля»?
2. Наведіть приклади речовинних, енергетичних та інформаційних зв'язків у живій природі.
3. Проаналізуйте кругообіг речовин у невеличкому озері.
4. Які антропогенні забруднювачі повітря найнебезпечніші й чому?
5. Які основні причини парникового ефекту? Чому він небезпечний для людини?
6. Як відбувається руйнування озонного шару?
7. Як утворюються кислотні дощі? Якої шкоди вони завдають природі?
8. Що таке «ядерна ніч» і «ядерна зима»?
9. Які є методи боротьби із забрудненнями атмосфери?
10. Як можна зменшити забруднення атмосфери автомобільними викидами?
11. Які функції води як елемента глобальної екосистеми?
12. Розкажіть про основні джерела води в Україні.
13. Що таке поворотні води й чому вони небезпечні для водойм?

Глава 3 Гзоекологія

14. Назвіть основні джерела забруднення водойм.
15. Що таке самоочищення води?
16. Що таке замкнений цикл водопостачання?
17. Як здійснюється очищення забруднених вод? Чи можна сучасними методами очистити забруднену воду на 100 %?
18. Чому нафта й нафтопродукти вважаються одними з найнебезпечніших забруднювачів Світового океану?
19. Які функції літосфери як елемента глобальної екосистеми?
20. До яких наслідків призводять ерозія й засолення ґрунтів?
21. Які основні причини спустелювання?
22. Яке значення для біосфери має ліс?
23. Запропонуйте варіанти рекультивациі великого кар'єру.
24. Які є можливості економії й раціонального використання природних ресурсів?



4

ГЛАВА

ТЕХНОЕКОЛОПЯ

Сила у того, хто
знає.

А. Парікчай,
індійський філософ

§ 4 ^ 1 ^ Основні техногенні забруднювачі й методи їх контролю

У світі широко використовується близько 60 тис. хімічних речовин, та лише кілька сотень із них досить повно досліджено.

З доповіді Міжнародної комісії з довілля «Наше спільне майбутнє» (1989)

Частина біосфери, охоплена впливом діяльності людини, її технічних засобів, об'єктів, які працюють або споруджуються, називається техносферою. Вона почала формуватись у XVIII—XIX ст. водночас із бурхливим розвитком науки та техніки й до другої половини XX ст. стала силою планетарного масштабу. Це пов'язано з активізацією діяльності людини й появою нових факторів негативного впливу на природу: розвиток атомної енергетики, розробка нових видів озброєнь, хімізація сільського господарства, подальший розвиток усіх видів транспорту, гірничодобувної, металургійної промисловості, машинобудування та освоєння космічного простору. В результаті збільшилося забруднення всіх компонентів довкілля — повітря, води, ґрунтів, продуктів харчування. В біосфері почалися проце-

си міграції речовин, спричинені виробничою діяльністю людини, утворився третій вид кругообігу речовин у природі (крім геологічного й біологічного) — технологічний. Виникла необхідність детально вивчати, класифікувати різні техногенні забруднення довкілля, передбачати їх, уміти запобігати їм, зменшувати, нейтралізувати, нарешті, боротися з наслідками різних негативних дій людини на природу. Це зумовило розвиток багатьох нових напрямів у сфері прикладної екології, які узагальнено називають «техноекологією».

• **Основні техногенні забруднювачі природного середовища** — це різні гази, газоподібні речовини, аерозолі, пил, які викидаються в атмосферу об'єктами енергетики, промисловості й транспорту, радіоактивні, електромагнітні, магнітні й теплові випромінювання та поля, шуми й вібрації, «збагачені» шкідливими хімічними сполуками промислові стоки, комунальні й побутові відходи, хімічні речовини (передусім пестициди й мінеральні добрива), що у величезній кількості використовуються в сільському господарстві, нафтопродукти.

Сьогодні довкілля забруднюють більше ніж 7 тис. хімічних сполук, що виділяються в процесі промислового виробництва, багато з яких — токсичні, мутагенні й канцерогенні.

До найпоширеніших і найнебезпечніших забруднювачів повітря належать діоксид азоту, бензол, води — пестициди, нітрати (солі азотної кислоти), ґрунту — поліхлоровані дифеніли, соляна кислота. Кількість техногенних забруднювачів зараз величезна й, на жаль, продовжує зростати. Особливу небезпеку становлять важкі метали, які дедалі в більшій кількості нагромаджуються в ґрунті, воді й продуктах харчування.

Щорічно: в результаті згоряння палива в атмосферу планети викидається приблизно 22 млрд т діоксиду вуглецю й 150 млн т сірчистих сполук; світова промисловість скидає в річки понад 160 км³ шкідливих стоків; у ґрунти вноситься близько 500 млн т мінеральних добрив і 4 млн т пестицидів. За останні 50 років використання мінеральних добрив збільшилося в 45 разів, а отрутохімікатів — у 10 разів, і хоча врожайність при цьому підвищилася тільки на 15–20 %, проте в багато разів зросла забрудненість природних вод, ґрунтів і продуктів харчування.

У найзагальнішому вигляді забруднювачі й забруднення довкілля класифікуються так:

- за походженням — механічні,

хімічні, фізичні, біологічні; матеріальні, енергетичні; • за тривалістю дії — *стійкі, нестійкі, напівстійкі, середньої стійкості*; • за впливом на біоту — *прямої й непрямой дії*; • за характером — *навмисні (заплановані), супутні, аварійно-випадкові*.

Механічні забруднювачі — це різні тверді частинки або предмети (викинуті як непотрібні, відпрацьовані, невикористані) на поверхні Землі, в ґрунтах, воді, в Космосі (пил, уламки машин та апаратів).

Хімічні забруднювачі — тверді, газоподібні й рідкі речовини, хімічні елементи та сполуки штучного походження, які надходять у біосферу й порушують природні процеси кругообігу речовин та енергії (особливо небезпечні — хімічна зброя).

Фізичні забруднення — це зміни теплових, електричних, електромагнітних, гравітаційних, світлових, радіаційних полів у природному середовищі, шуми, вібрації, які створює людина.

Біологічні забруднення — поява в природі в результаті діяльності людей нових різновидів живих організмів (наприклад, вірусу СНІДу), підвищення патогенності паразитів та збудників хвороб, а також спровоковане людиною катастрофічне розмноження окремих видів (наприклад, унаслідок необґрунтованої інтродукції, порушень карантину тощо).

До **матеріальних** належать різні атмосферні забруднення, стічні води, тверді відходи, до **енергетичних** — теплові викиди, шуми, вібрації, електромагнітні поля, ультразвукове, інфразвукове, світлове, лазерне, інфрачервоне, ультрафіолетове, іонізуюче, електромагнітне випромінювання.

До **стійких** належать забруднювачі, які довго зберігаються в природі (пластмаси, поліетилен, деякі метали, скло, радіоактивні речовини з великим періодом напіврозпаду тощо).

Нестійкі забруднювачі швидко розкладаються, розчиняються, нейтралізуються в природному середовищі під впливом різних факторів і процесів.

Навмисні забруднення — це зумисні (заборонені) протизаконні викиди й скиди шкідливих відходів виробництва у водні об'єкти, повітря й на земельні ділянки, цілеспрямоване знищення лісів, пасовиськ, перевиллов риби, браконьєрство, утворення кар'єрів, неправильне використання земель, природних вод і т. д.

Супутні забруднення — це поступові зміни стану атмосфери, гідросфери, літосфери й біосфери в окремих районах, регіонах і планети в цілому в результаті діяльності людини (спустелювання,

висихання боліт, зникнення малих річок, поява кислотних дощів, парникового ефекту, руйнування озонового шару).

Нижче наведено короткі характеристики найбільш поширених і небезпечних забруднювачів довкілля.

Оксид вуглецю (СО), або **чадний газ**, не має кольору й запаху, утворюється в результаті неповного згоряння кам'яного вугілля, природного газу, деревини, нафти, бензину. Якщо в повітрі міститься 1 % СО, то це вже негативно впливає на біоту, а 4 % для багатьох видів є летальною дозою. *Один автомобіль викидає в повітря близько 3,65 кг СО за добу; щільність потоків автомобілів на основних магістралях Києва сягає 50–100 тис. машин за добу, щогодинний викид у повітря СО становить 1800–2000 кг.*

Оксиди азоту (NO, NO²), що в 10 разів небезпечніші для людини, ніж СО, викидаються в повітря переважно підприємствами, які виробляють азотну кислоту й нітрати, анілінові барвники, целулоїд, віскозний шовк, а також паливними агрегатами ТЕС і ТЕЦ, металургійними заводами й спричинюють утворення кислотних дощів. *На територіях, що межують із основними автомагістралями Києва (10–30 км), концентрації NO₂ в 10–30 разів перевищують гранично допустимі (ГДК), бензпіренів — у 3–10 разів.*

Аміак (NH₃), що застосовується для виробництва, зокрема азотної кислоти, подразнює дихальні шляхи людей і тварин.

Шкідливі вуглеводні (ароматичні, парафіни, нафтени, бензпірени) містяться у вихлопних газах автомобілів (недосконалість процесів згоряння бензину в циліндрах двигунів), картерних газах, випарах бензинів. Дуже шкідливі також сажа (оскільки добре адсорбує забруднювачі), ненасичені (олефінові) вуглеводні (етилен та інші), які становлять 35 % загальної кількості вуглеводневих викидів і є однією з причин утворення смогів — фотохімічних туманів у містах-гігантах. *У вихлопних газах автомобілів міститься близько 200 шкідливих компонентів, найнебезпечніші з яких — бензпірени, оксиди азоту, сполуки свинцю та ртуті, альдегіди.*

Діоксид сірки (SO₂), або **сірчистий газ**, виділяється під час згоряння палива з домішкою сірки (вугілля, нафта), переробки сірчанних руд, горіння териконів, виплавляння металів.

Триоксид сірки (SO₃), або **сірчаний ангідрид**, утворюється внаслідок окиснення SO₂ в атмосфері під час фотохімічних і каталітичних реакцій і є аерозолем або розчином сірчаної кислоти

в дощовій воді, яка підкиснює ґрунти, посилює корозію металів, руйнування гуми, мармуру, вапняків, доломітів, спричинює загострення захворювань легень і дихальних шляхів. Нагромаджується в районах хімічної, нафтової й металургійної промисловості, ТЕЦ, цементних і коксохімічних заводів. Український шкідливий також і для рослин, оскільки легко засвоюється ними й порушує процеси обміну речовин і розвитку.

Сірководень (H_2S) і **сірковуглець** (CS_2) викидаються в повітря окремо й разом з іншими сірчистими сполуками, але в менших кількостях, ніж SO_2 , підприємствами, які виробляють штучне волокно, цукор, а також нафтопереробними й коксохімічними заводами. Характерна ознака цих забруднювачів — різкий, неприємний, подразнювальний запах. Мають високу токсичність (у 100 разів токсичніші, ніж SO_2). В атмосфері H_2S повільно окиснюється до SO_3 . Потрапляє в атмосферу також у районах діяльності вулканів. Крім того, в природних умовах сірководень — це кінцевий продукт сульфатредуючих бактерій — на дні боліт і річок, озер, морів і навіть у каналізаційних системах.

Сполуки хлору з іншими елементами концентруються навколо хімічних заводів, які виробляють соляну кислоту, пестициди, цемент, суперфосфат, оцет, гідролізний спирт, хлорне вапно, соду, органічні барвники тощо. В атмосфері містяться у вигляді молекулярного хлору й хлористого водню.

Сполуки фтору з іншими елементами нагромаджуються в районах виробництва алюмінію, скла, кераміки, фарфору, сталі, фосфорних добрив. У повітрі вони містяться у вигляді фтористого водню (HF) або пилуватого флюориту (CaF_2). Сполуки фтору надзвичайно токсичні, до них дуже чутливі комахи; Фтор нагромаджується в рослинах, а через рослинний корм — в організмі тварин.

Свинець (Pb) — токсичний метал, який міститься у вихлопних газах автомобілів, свинцевих фарбах, матеріалах покриттів, ізоляційній електрокабелів і водопроводів, різних прокладок та ін.

В організмі людини міститься в середньому близько 120 мг свинцю, який розподілений по всіх органах, тканинах, кістках. Із кісток він виводиться дуже повільно (десятьки років)! Органічні сполуки свинцю надходять в організм людини крізь шкіру, слизові оболонки, з водою та їжею, а неорганічні — дихальними шляхами. Сьогодні житель великого міста щодня вдихає близько 20 м^3 повітря з вихлопними газами, до компонентів яких належить свинець, отримує його з їжею (до 45 мкг), і в організмі затримується до 16 мкг

свинцю, котрий проникає в кров і розподіляється в кістках (до 90 %), печінці й нирках. Іноді загальна кількість свинцю в організмі городянина становить 0,5 г і більше, тоді як його ГДК в крові — 50—100 мкг/100 мл.

Кадмій (Ссї) — одна з найотруйніших речовин. Його ГДК — 0,001 мг/л. • Так, у 1956 р. в Японії тяжке захворювання кісток, відоме як ітай-ітай, було викликане хронічним отруєнням людей кадмієм, що містився в рисі. Цей рис вирощувався неподалік гірничодобувного комбінату, який сильно забруднював околиці відходами з умістом кадмію. В організм японців, котрі мешкали поблизу, щодня потрапляло до 600 мкг цієї отрути!

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), у наш час у США щодоби в організм дорослої людини потрапляє майже 50—60 мкг кадмію, у Швеції — 15—20, в Японії — до 80 мкг. Рятуює лише те, що основна маса кадмію виводиться з організму дуже швидко, а залишається всього близько 2 мкг (за добу). Підвищений уміст кадмію спостерігається в морських фосфоритах, морських рослинах і кістках риб, у деяких поліметалічних рудах. Нагромаджується він у золі під час спалювання сміття на звалищах.

Ртуть (Н%) — високотоксична речовина, особливо ртутеорганічні сполуки — метилртуть, етилртуть та ін. В докільля потрапляє з відпрацьованих люмінесцентних ламп, батарейок тощо.

«Нові» забруднювачі, винайдені людиною, яких природа раніше не знала й не мала часу підготувати до них екосистеми, за своєю фізико-хімічною структурою чужі всьому живому й не можуть перероблятися, втягуватися в обмінні процеси. До таких небезпечних забруднювачів належать поліхлорбіфеніли (ПХБ), полібромні біфеніли (ПББ), поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПВВ) — їх виробляють понад 600 видів, нітросоаміни, вінілхлориди (містяться в різних плівках, поліетиленових упаковках, пакетах, трубах), майже всі синтетичні пральні порошки. Більшість із цих речовин є канцерогенними, вони впливають на генетичний апарат людей. Прихований період хвороб (а це дуже небезпечно!) від отруєння такими речовинами становить 10—15 років.

Якщо не вжити термінових заходів до зменшення забруднень докільля, то, за розрахунками спеціалістів, через 50 років, зважаючи на зростання виробництва, вміст оксиду заліза в ґрунтах і водах планети подвоїться, сполук цинку й свинцю збільшиться в 10 разів, ртуті, кадмію, стронцію — в 100, арсену (миш'яку) — в 250 разів!

Важливо наголосити: за сучасних умов атмосферне повітря, води, ґрунти водночас забруднюються кількома шкідливими речовинами. Кожна з них, узята окремо, може мати концентрацію, меншу за ГДК (тобто не становить небезпеку для здоров'я), але сукупна дія всіх забруднювачів дає сильний негативний ефект, як і в разі, коли набагато перевищується ГДК якогонебудь токсиканта. Це явище називають *ефектом підсумовування дії шкідливих речовин*, або *синергічним ефектом*. Прикладом може бути сукупна сильна негативна дія діоксиду сірки й сірководню, ацетону й фенолу, ацетальдегіду й вінілацетату, діоксиду азоту й формальдегіду, сірчистого газу й діоксиду азоту, суміші сильних кислот (НС1, Н²80⁴, НNO₃), метанолу й етанолу, «помірної» радіації й деяких важких металів, радіації й пестицидів, радіації й шуму.

Лі Методи визначення якості та обсягів забруднень. Для з'ясування ступеня забруднення довкілля та впливу того чи іншого забруднювача (полютанта, токсиканта) на біоту й здоров'я людини, оцінки шкідливості забруднювачів і міри їхньої небезпечності, проведення екологічних експертиз довкілля в межах районів, регіонів чи окремих об'єктів сьогодні в усьому світі використовують такі поняття, як гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин, гранично допустимі викиди (ГДВ) і скиди (ГДС), гранично допустимі екологічні навантаження (ГДЕН), ступінь екологічної витривалості ландшафту (СЕВЛ), максимально допустимий рівень забруднення (МДРЗ), кризова екологічна ситуація (КЕС), санітарно-захисні зони (СЗЗ) та ін.

Гранично допустимі концентрації визначаються головними санітарними інспекціями в законодавчому порядку або рекомендуються відповідними установами, комісіями на підставі результатів складних комплексних наукових досліджень, лабораторних експериментів, а також відомостей, добутих під час і після різних аварій і катастроф на виробництвах, воєн, стихійних лих, із використанням матеріалів тривалих медичних спостережень на шкідливих підприємствах.

Використовують два нормативи ГДК шкідливих речовин: 1) максимальна разова доза, яка не викликає рефлекторних реакцій у людини; 2) середньодобова ГДК — максимальна доза, що не шкідлива для людини в разі тривалої (впродовж місяців, років) дії.

III За даними ВООЗ, у чистому й здоровому довіллі продуктивність праці підвищується на 10—15 %. Людині, яка перебуває в зеленій зоні, для відновлення сил після важкого робочого дня потрібно на 60 % менше часу, ніж в індустріальному місті.

В Україні стан довілля контролюється кількома відомствами. Основний контроль здійснюється Міністерством екології і природних ресурсів, Міністерством охорони здоров'я, санітарно-епідеміологічними службами, гідрометслужбою та їхніми відділами в областях і районах, а додатковий контроль — службами комунального господарства, рибнагляду, геології та охорони надр, товариствами охорони природи, «зеленими» організаціями.

В основу нормування всіх забруднювачів покладено визначення ГДК у різних середовищах. У нормативних документах різних країн ГДК забруднювачів у воді, повітрі й ґрунтах, на жаль, часто відрізняються, хоча й неістотно (за рідкісним винятком, наприклад, норми вмісту діоксинів).

ГДК полютанта — це такий його вміст у природному середовищі, за якого не знижується працездатність і не погіршується самопочуття людей, не завдається шкода їхньому здоров'ю в разі постійних контактів, а також відсутні небажані негативні наслідки для нащадків.

Визначаючи ГДК, ураховують не лише ступінь впливу полютанта на здоров'я людей, а й також його дію на свійських і диких тварин, рослини, гриби, мікроорганізми й природні угруповання в цілому.

Новітні дослідження свідчать, що нижніх безпечних меж впливу канцерогенів та іонізуючої радіації немає. Будь-які дози, що перевищують звичайний природний фон, шкідливі.

За наявності в повітрі або воді кількох забруднювачів їхня сукупна концентрація має не перевищувати одиницю (1).

Для визначення максимальної разової ГДК використовують різні високочутливі тести, за допомогою яких виявляють мінімальні впливи забруднювачів на здоров'я людини в разі короткочасних контактів (вимірювання біопотенціалів головного мозку, реакції ока тощо). Для з'ясування наслідків тривалих впливів полютантів проводять експерименти на тваринах, використовують дані спостережень під час епідемій, аварій, додаючи до певного граничного значення коефіцієнт запасу, який знижує ГДК ще в кілька разів.

Для різних середовищ значення ГДК одних і тих самих токсикантів різні, як і максимальні разові та середньодобові ГДК одних і тих самих забруднювачів.

На сьогодні визначено близько 3 тис. ГДК для забруднювачів води (близько 1500), повітря (близько 1000) і ґрунтів (близько 300), що найчастіше трапляються в оточенні людини, хоча необхідно знати принаймні 20 тис. ГДК різних забруднювачів, які виробляє людина й які негативно впливають на її здоров'я та існування.

Якщо жабу кинути в посудину з гарячою водою, вона намагатиметься виплигнути звідти різким стрибком. Та коли посадити жабу в посудину з холодною водою й повільно її нагрівати, жаба загине, не помітивши поступового зростання температури... Як би й нам не опинитися в становищі жаби, що не помітила перегріву.

О. В. Яблоков

Для всіх об'єктів, що забруднюють атмосферу, обчислюють і встановлюють *гранично допустимі викиди*, тобто кількість шкідливих речовин, яка не має бути перевищеною під час викидів у повітря за одиницю часу, аби концентрація забруднювачів повітря навколо об'єкта (на межі санітарної зони) не перевершувала встановленої ГДК. Для того щоб, за законом про охорону довкілля, контролювати якість димогазових викидів різних підприємств і об'єктів, здійснюються обов'язкова інвентаризація всіх джерел забруднення атмосфери, їх екологічна паспортизація й періодична екологічна експертиза. Перевіряється відповідність затвердженим екологічним стандартам розмірів санітарно-захисних зон (їх п'ять класів — завширшки від 5–50 до 1000 м і більше, залежно від ступеня небезпечності токсикантів, які викидаються підприємством), їхнього стану, стану очисних установок, ефективності їхньої роботи тощо.

Оцінюючи екологічні ситуації при складанні екологічних карт, використовують такі поняття, як екологічне навантаження, рівень техногенного навантаження.

Розрізняють кілька видів екологічних ситуацій: *критичні (кризові), складні, помірної складності, близькі до нормальних (початково негативні) та нормальні (умовно нормальні)*.

Наприклад, кризові екологічні ситуації склалися в 30-кілометровій зоні навколо Чорнобильської АЕС, в Аральському та Азовському морях, містах Нижній Тагіл, Ангарськ, Кемерово,

Єреван, Донецьк, Дніпродзержинськ, Лисичанськ, Луганськ. У складних екологічних ситуаціях перебувають Москва, Київ, Ялта, Одеса, Кривий Ріг, Нікополь, більшість обласних центрів України та ін.

Близькі до нормальних екологічні ситуації складаються в районах, де концентрація промисловості й населення на 1 км² ландшафту найменша, а природні ресурси вичерпані на 40–50 % (Карпати, Полісся).

а **Контроль шумових, вібраційних та електромагнітних забруднень.** Під *шумом* розуміють усі неприємні й небажані звуки та їх поєднання, які заважають нормально працювати, сприймати необхідні звукові сигнали, відпочивати. Шум — одна з форм фізичного (хвильового) забруднення природного середовища. Адаптація до нього практично неможлива. Шумове забруднення підлягає обов'язковому жорсткому контролю.

Звукові хвилі, або *звук*, — це механічні коливання, які поширюються у твердих, рідких і газоподібних середовищах. До найважливіших фізичних характеристик звуку належать: швидкість, звуковий тиск, інтенсивність звуку та його спектральний склад. У зв'язку зі слуховими відчуттями, що викликаються чутними звуками, користуються такими характеристиками, як гучність звуку, його висота й тембр.

Інтенсивність, або *сила*, *звуку* визначається зміною звукового тиску в навколишньому повітряному середовищі (це енергетична характеристика), а *гучність звуку*, тобто міра сили слухового відчуття, залежить також і від частоти звуку. Звуковий діапазон частоти, який сприймає вухо людини, становить 16 Гц—20 кГц (чутний звук). Звукові коливання з частотою, нижчою за 16—20 Гц, називають інфразвуковими, вищою за 20 кГц — ультразвуковими.

Спектр — це складові звуку, прості гармоніки коливань, які мають певну частоту, фазу та амплітуду.

Рівень звукового тиску виражає сукупний тиск складних звуків, а октавні слухові рівні визначають частину різних частотних смуг спектра.

Для визначення рівня звукового тиску розроблено логарифмічну шкалу, кожен ступінь якої відповідає зміні інтенсивності шуму в десять разів і називається белом (Б) на честь винахідника телефона американського вченого А. Белла. На практиці викори-

стовують зручнішу одиницю — децибел (дБ), яка в десять разів менша від бела. Для вимірювання інтенсивності шуму розроблено спеціальні прилади — шумоміри.

Збільшення якоїсь частоти вдвоє сприймається нами як підвищення тону звуку на певну величину (октаву). Звичайна розмова між людьми ведеться в межах частот 250 Гц—10 кГц та інтенсивності звуку приблизно 30—60 дБ.

Як і для хімічних забруднювачів, встановлено нормативи шумів. Допустимим вважається такий шум, тривала дія якого не спричинює зниження гостроти сприйняття звуку й забезпечує задовільну розпізнаваність мови на відстані 1,5 м від того, хто говорить. Допустимі межі в різних мовах становлять 45-85 дБ.

Унормовано також шумові характеристики місць перебування людей. Наприклад, рекомендуються такі діапазони звукового тиску всередині приміщень: для сну, відпочинку — 30—45 дБ; для розумової праці — 45—55; для лабораторних досліджень, роботи з персональним комп'ютером — 50—65; для виробничих цехів, магазинів, гаражів — 56—70 дБ.

Шум тим небезпечніший, чим вища тональність звуків. Так, низькочастотні шуми навіть до 100 дБ особливої шкоди органам слуху не завдають, а високочастотні стають небезпечними вже за рівня 75—80 дБ.

Останнім часом проблемі шуму надають великої ваги. Є багато способів боротьби з ним: використання шумопоглинальних екранів, фільтрів, матеріалів, зміна технології виробництва, запровадження безшумних механізмів і деталей, зміна режиму, динаміки та особливостей транспортних потоків у містах.

Вібрації — це механічні коливання, що виникають під час роботи різних технічних пристроїв, вузлів, агрегатів. У техніці розрізняють корисну й шкідливу вібрації. *Корисна вібрація* збуджується навмисне спеціальними вібраційними машинами й використовується, наприклад, під час укладання бетону, трамбування, штампування й т. д. *Шкідлива вібрація* виникає спонтанно, під час циклічної роботи будь-яких механізмів.

Значення вібрацій як фактора забруднення природного середовища залежить від їхньої потужності й частоти. Слабкі вібрації помітної шкоди біоті й довкіллю не завдають. Навпаки, в деяких випадках вони стимулюють розвиток рослин і тварин,

використовуються в медицині (наприклад, під час масажу). Сильні вібрації, як шкідливі, так і корисні, з технічного погляду, негативно впливають на довкілля й біоту, в тому числі й на людину.

Електромагнітні поля. Інтенсивний розвиток електроніки й радіотехніки призвів до забруднення природного середовища електромагнітними випромінюваннями. Головне їхнє джерело — радіо-, телевізійні й радіолокаційні станції та центри, високовольтні лінії електропередач і підстанції, електротранспорт, телевізори й комп'ютери (особливо — телевізійні зали, студії, комп'ютерні центри, де зосереджено багато цієї техніки).

Останніми роками в країнах, де дуже широко використовуються теле- й комп'ютерна техніка, помітно зросла захворюваність осіб, які протягом тривалого часу працювали з нею. Тому переглядаються й стають жорсткішими нормативи режиму роботи, застосовуються спеціальні захисні екрани, сітки тощо. Та, незважаючи на це, виявляється дедалі більше даних про різні негативні дії комп'ютерів на здоров'я людини, які необхідно вивчати, нормувати і обов'язково враховувати в майбутньому. Зокрема, персональні ЕОМ і відеотермінали — це джерела м'якого рентгенівського, ультрафіолетового, інфрачервоного, електромагнітного випромінювань. Крім того, ЕОМ — джерело утворення магнітних полів і, в разі тривалої роботи, — значної іонізації повітря.

;1 Екологічний моніторинг. У зв'язку зі збільшенням негативного впливу на довкілля всіх видів людської діяльності останніми роками виникла потреба в організації періодичних і безперервних довгострокових спостережень, оцінках становища в цілому. Контролюються екологічні умови як навколо окремих об'єктів-забруднювачів, так і в межах районів, регіонів, континентів, усієї планети. Склалася ціла система таких досліджень, спостережень і операцій, яку назвали екологічним моніторингом.

Основна мета моніторингу — об'єктивна оцінка стану довкілля, його складових у межах досліджуваних територій, аби залежно від цієї оцінки приймати правильні рішення щодо охорони природи, раціонального використання її ресурсів.

У 1975 р. під егідою ООН створено глобальну систему моніторингу.

Найважливіші питання екологічного моніто-

- *за чим спостерігати* (за якими об'єктами, геосистемами, екосистемами, елементами геосфер або техносфер)?
- *як спостерігати* (ЯКІ МЕТОДИ, масштаби спостережень, за-

т *коли спостерігати* (які природні чи ТЕХНОГЕННІ цикли, ритми/явища відслідковувати, в які періоди доби, місяця[^]

І І І І І[^]

які основні екологічні параметри фіксувати (які типи забруднювачів, їх концентрації в повітрі, воді, ґрунті)?

які висновки щодо поліпшення екологічної ситуації можна зро-

Сьогодні під *екологічним моніторингом* (від лат. *monitor* — що попереджає, остерігає) розуміють *систему спостережень, оцінки й контролю стану довкілля для вироблення заходів на його захист, раціональне використання природних ресурсів, передбачення критичних екологічних ситуацій та запобігання їм, прогнозування масштабів можливих змін.*

Організація, нагромадження, обробка й поширення даних моніторингу мають забезпечити необхідною інформацією для розв'язання управлінських задач на різних рівнях — від окремого об'єкта (хімічного заводу, тваринницької ферми, аеродрому й т. д.) до великого регіону чи всієї планети, бо всі три рівні пов'язані між собою.

Дані екологічного моніторингу стають ефективним інструментом охорони природи лише в тому разі, якщо вони доступні широким масам населення завдяки засобам масової інформації (це підтверджує досвід Німеччини, С Ш А, Швеції, Японії, Норвегії та інших країн).

Дані моніторингу мають допомагати в пошуку шляхів оптимізації взаємин людини й природи.

На локальному рівні — це стеження за конкретними об'єктами, їхнім ресурсо- та енергоспоживанням, складом та обсягами забруднень довкілля, контроль за дотриманням законів про охорону природи, станом звалищ, зберіганням мінеральних добрив і отрутохімікатів, забороненими (таємними) викидами й скидами відходів.

На регіональному рівні (басейни великих річок, водосховищ, географічні або економічні райони чи регіони) — це виявлення шляхів міграції забруднювальних речовин (повітряні, водні), з'ясування обсягів токсикантів, що мігрують, головних джерел забруднення середовища в регіоні, вибір постійних станцій екологічного контролю, визначення першорядних екологічних завдань, складання регіональних планів охорони природи.

На глобальному рівні — це спостереження за станом озонного шару, розвитком парникового ефекту, формуванням і випаданням кислотних дощів, станом гідросфери планети (особливо в разі аварій на морях та океанах), лісовими пожежами, утворенням і рухом ураганів, піщаних бур та інших стихійних і техногенних катастрофічних явищ глобального масштабу.

Станції стеження розміщуються в екологічно чистих районах.

Спостереження за станом довкілля можуть бути наземними (за безпосереднього контакту) й за допомогою літаків, гелікоптерів, супутників, космічних кораблів, метеорологічних ракет. Вони можуть відрізнятися завданнями, методиками, обсягом робіт, мати хімічний, фізичний, біологічний, комплексний характер, бути геологічними, географічними, медичними й т. д.

Нині виконуються всі види екологічного моніторингу на всіх рівнях у всьому світі. Міжнародне співробітництво допомагає здійснювати глобальний екологічний моніторинг, а його дані опрацьовуються в спеціальних міжнародних центрах і передаються для вивчення та ухвалення рішень у спеціальні екологічні міжнародні організації при ООН, урядам найбільших країн світу.

З 1991 р. в межах України виконується програма системного екологічного моніторингу (СЕМ «Україна»), в якій беруть участь близько 30 різних організацій нашої держави, в тому числі інституту Національної академії наук України, Міністерство екології і природних ресурсів України, Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків чорнобильської катастрофи, Міністерство охорони здоров'я та ін.

§ЛіЗг>^' Енергетика

Альтернатива нестримному нарощуванню енергетичних біцепсів існує. Вона полягає в підвищенні енергоефективності: краще менше, та краще.

**А. Шейндлін,
російський академік, енергетик**

Розвиток людської цивілізації базується на енергетиці. Від стану паливно-енергетичного комплексу залежать темпи науково-технічного прогресу й виробництва, а отже, життєвий рівень людей. Як уже зазначалося, темпи зростання виробництва енергії у світі сьогодні є вищими за темпи приросту населення, що зумовлюється індустріалізацією, збільшенням енергозатрат на одиницю продукції в сільському господарстві, в гірничорудній промисловості й т. д.

Джерела енергії, які використовує людство, поділяються на *відновлювані* — енергія Сонця, вітру, морських припливів, гідроенергія річок, внутрішнього тепла Землі — й *невідновлювані* — викопне мінеральне паливо та ядерна енергія. Перші не порушують теплового балансу Землі, оскільки під час їх використання відбувається лише перетворення одних видів енергії на інші (скажімо, енергія Сонця перетворюється спочатку на електроенергію й тільки потім переходить у тепло). Зате використання других спричинює додаткове нагрівання атмосфери й гідросфери. Це небезпечно, бо може призвести до зміни рівня води у Світовому океані, що, своєю чергою, змінить співвідношення площі суші й водного дзеркала, вплине на клімат Землі, на тваринний і рослинний світ (див. гл. 3).

Отже, є теплова межа, яку людство не повинне переступати, інакше це матиме для нього катастрофічні наслідки. За розрахунками вчених, небезпечної межі буде досягнуто в разі використання невідновлюваних джерел енергії в кількості, яка перевищить 0,1 % потужності потоку сонячної енергії, що надходить на Землю, тобто більш як 100 млрд кВт. Сьогодні на базі невідновлюваних джерел виробляється енергії в 10 разів менше за гранично допустиму кількість. *Якщо темпи збільшення виробництва енергії залишаться такими самими, то теплової межі буде досягнуто приблизно в середині XXI ст.* А людство ще й нарощує темпи, і

нині 70 % усієї енергії воно отримує за рахунок спалювання вугілля, нафти й газу плюс 7 % — за рахунок роботи атомних електростанцій.

В енергетичних розрахунках застосовується спеціальна одиниця — вироблена маса палива (умовного): 1 т умовного палива еквівалентна 1 т кам'яного вугілля, або 2,5 т бурого вугілля, або 0,7 т нафти, або 770—850 м³ природного газу (залежно від його складу й відповідно до теплоти згоряння). Теплота згоряння 1 кг умовного палива дорівнює 29,3 ГДж.

У масштабних прогнозних розрахунках використовується також умовна одиниця Q, що дорівнює 36 млрд т умовного палива. За даними геологів, світові розвідані запаси вугілля становлять 17,7Q, нафти — 3Q, газу — 2Q, урану — 3,7Q.

Якщо мінеральне паливо й далі спалюватиметься сьгоднішніми темпами, то, за розрахунками, всі його запаси будуть вичерпані через 130 років.

Необхідно наголосити, що спалювання мінеральної сировини — вкрай нераціональний спосіб використання природних ресурсів. Нафта, наприклад, — дуже цінна сировина для хімічного синтезу (сьогодні з неї отримують безліч потрібних матеріалів — синтетичні тканини й каучук, пластмаси, добрива, фарби й тисячі інших). Ще видатний російський хімік Д. І. Менделєєв з обуренням говорив: «Нафта — не паливо, топити можна й асигнаціями!»

Крім вуглеводневого палива й урану, в природі є ще одне невідновлюване джерело енергії. Це дейтерій, або важкий водень, — потенційне паливо для термоядерних електростанцій майбутнього. Запаси його у Світовому океані оцінюються в 1900Q.

Запаси енергії відновлюваних джерел становлять: вітру — 0,4Q, морських припливів і хвиль — 0,2—0,3Q, внутрішнього тепла Землі — 0,2Q, сонячного випромінювання — 2000Q.

Паливна проблема — одна з найзлободенніших для незалежної України. За даними вчених, наша держава забезпечена власним вугіллям на 95 %, нафтою — на 8 % і природним газом — на 22 %.

III Вплив на довкілля ТЕС. Виробництво електроенергії на ТЕС супроводжується виділенням великої кількості теплоти, тому такі станції, як правило, будуються поблизу міст і промислових



центрів для використання (утилізації) цієї теплоти. Зважаючи на обмеженість світових запасів мінерального палива, вчені й технологи продовжують працювати над поліпшенням параметрів енергоблоків, підвищенням їхніх коефіцієнтів корисної дії (ККД), що забезпечує ощадливіше витрачання палива. Так, істотну економію палива дає збільшення одиничної потужності енергоблоків. Сьогодні на ТЕС установлюються енергоблоки потужністю 1000—1200 МВт. Сучасна технологія дає змогу підвищити цю потужність до 3000 МВт, що заощадить кілька процентів палива. Подальше зростання потужності блоків (до 5000 МВт) можливе в разі запровадження так званих криогенних генераторів, які охолоджуються зрідженим гелієм.

Знизити питому витрату палива вдається також підвищенням ККД генераторів ТЕС. Нині максимальне значення ККД становить близько 40 %, але в принципі його можна збільшити до 60 % за рахунок упровадження перспективних магнітогідродинамічних (МГД) генераторів, дослідні зразки яких сьогодні випробовуються в ряді країн.

Спалювання мінерального палива супроводжується сильними забрудненнями довкілля. Розглянемо головні з них.

Забруднення атмосфери газовими й пиловими викидами. Під час спалювання вуглеводневого палива в топках ТЕС, а також у двигунах внутрішнього згоряння виділяється вуглекислий газ, концентрація якого в атмосфері збільшується приблизно на 0,25 % за рік. Це спричинює розігрівання атмосфери за рахунок парникового ефекту (див. гл. 3). З труб ТЕС і вихлопних труб автомобілів у атмосферу викидаються також оксиди сірки й азоту, внаслідок чого випадають кислотні дощі (див. гл. 3). Атмосфера забруднюється й дрібними твердими частинками золи, шлаку, не повністю згорілого палива (сажа) (табл. 4.1).

Для зменшення шкоди від цих забруднень вдаються до таких технологічних заходів: • вугілля перед його спалюванням у топках ТЕС очищають від сполук сірки; • вловлюють із диму ТЕС оксиди сірки й азоту, пропускаючи його крізь спеціальні поглиначі; • частинки золи й сажі вловлюють за допомогою установок типу «Циклон» та іншими способами; • для зменшення токсичності вихлопних газів автомобілів застосовують регулювання двигунів, переходять на «екологічно чисті» марки палива, встановлюють на автомобілях спеціальні каталізatori, що допалюють чадний газ до вуглекислого, і т. д.

Таблиця 4.1

Характеристика органічного палива

Вид палива	Теплотворна здатність, кДж/кг	Кількість повітря, що витрачається на згорання 1 кг палива, м
Торф	3 591	4,01
Буре вугілля	5122	5,50
Антрацит	7 426	7,98
Кокс	6 503	6,55
Мазут	10 405	10,64
Бензин	10 300	11,77

Примітка. Практично кількість повітря, що необхідна для згорання 1 кг палива, виявляється більшою за вказану, тому наведені значення треба помножити на коефіцієнт «запасу» (для твердого палива — 1,5–3, для рідкого — 1,15–1,2; для газоподібного — 1,08–1,2).

Радіоактивне забруднення. У викопному вугіллі й пустих породах містяться домішки природних радіоактивних елементів (урану, торію та ін.). Після спалювання вугілля ці елементи концентруються в частинках золи, яка виявляється більш радіоактивною, ніж вихідне вугілля й пусті породи (сланці тощо). Таким чином відбувається радіоактивне забруднення атмосфери й земної поверхні. Щоправда, воно не настільки небезпечне, як радіоактивне забруднення від АЕС (див. нижче), оскільки у вугіллі й вугільних породах містяться радіоактивні ізотопи, що існують у біосфері впродовж мільярдів років, і до них живий світ пристосувався. Більшість рослин і тварин не нагромаджують ці ізотопи у своєму організмі, на відміну від штучних радіонуклідів, які викидаються АЕС. Розроблені методи очищення відходних газів ТЕС від частинок золи дають змогу зменшити це забруднення в 100–200 разів і звести його в такий спосіб майже до фоновому рівня.

Забруднення земної поверхні відвалами шлаків і кар'єрами. Після спалювання в топках ТЕС вугілля залишається багато твердих відходів (шлаку, золи). Вони забирають великі площі землі, забруднюють підземні й поверхневі води шкідливими речовинами. Ще більші ділянки землі порушуються величезними вугільними кар'єрами. Так, шлакові відвали й терикони пустих порід лише в Донбасі займають площу понад 50 тис га, і вона дедалі збільшується.

Зменшення шкоди від такого забруднення досягається утилізацією (корисним використанням) шлаків і пустих порід, з яких виготовляють будівельні матеріали, засипають ними яри, болота й кар'єри під час рекультивації. Ефективними є й економічні санкції, зокрема введення високої платні за порушення земель, особливо родючих. Завдяки цим обмеженням у більшості західних країн відмовилися від кар'єрного способу видобування корисних копалин у сільськогосподарських районах, оскільки платня за землю виявляється вищою, ніж та вигода, яку може дати відкритий спосіб розробки родовища порівняно з шахтним. В Україні питання про відведення сільськогосподарських земель під будівництво великого кар'єру або ТЕС вирішує найвищий законодавчий орган країни — Верховна Рада.

^ Вплив на довкілля АЕС. За даними Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ), у 26 країнах світу експлуатується 416 ядерних енергоблоків, які виробляють близько 16 % усієї електроенергії. Деякі країни основну ставку зробили саме на АЕС. Наприклад, у Франції АЕС виробляють більш як 70 % електроенергії. Але інші країни (Швеція, Данія, Австрія, Філіппіни) заявили про свій намір цілком відмовитися від АЕС і демонтувати ядерні блоки, які працюють там. Палкі суперечки особливо посилилися після катастрофи на Чорнобильській АЕС у 1986 р. Одні вчені, енергетики й політичні діячі обстоюють думку, що без атомної енергетики людство не зможе обійтися, і слід лише зробити все можливе, щоб звести ризик аварії на АЕС до мінімуму. Як доказ на користь атомної енергетики наводяться дані про те, що АЕС використовують мало «палива» порівняно з ТЕС (добова витрата мазуту на тепловій електростанції потужністю 2000 МВт становить 8,3 тис. т, вугілля — 10 тис. т, а урану на атомній — 180 кг). Вітчизняні енергетики-атомники протягом тривалого часу доводили також, що електроенергія, яку виробляють АЕС, дешевша від тієї, яку виробляють ТЕС, і що АЕС, мовляв, менше забруднюють навколишнє середовище, ніж ТЕС.

Противники АЕС (їх значно побільшало після аварії на Чорнобильській АЕС і розсекречення матеріалів, пов'язаних із діяльністю Мінатоменерго колишнього СРСР) наполягають на якнайшвидшій забороні цього способу добування енергії як шкідливого й небезпечного для біосфери.

Сьогодні доведено: твердження про «дешевизну» атомної енергії (вважалося, що в колишньому СРСР вона коштувала в три

рази менше, ніж у розвинених країнах Заходу) — це навмисна фальсифікація. Річ у тім, що проектувальники вітчизняних АЕС не вносили у вартість «атомного» кіловата такі затрати, як переробка й поховання радіоактивних відходів, а за оцінками спеціалістів, вони становлять понад 75 % вартості всього паливного циклу АЕС. Не враховувалася також вартість демонтажу АЕС, а втім АЕС через 25—30 років роботи має бути зупинена, розібрана або похована, оскільки радіоактивність її агрегатів та обладнання перевищить норми. А вартість демонтажу, за оцінками західних фахівців, дорівнює вартості її будівництва. Не були враховані й інші затрати, пов'язані з експлуатацією АЕС, зокрема зумовлені вимогами стосовно безпеки її роботи (на АЕС, що функціонують у розвинених країнах, ці вимоги були набагато жорсткіші, ніж на радянських). Доведено, що вартість «атомного» кіловата насправді втричі вища, ніж «газового», й удвоє, ніж «вугільного». Як пишуть німецькі експерти в цій галузі, «атомна енергія дешева лише там, де безпека стоїть на другому плані, й доти, доки людство мириться з тим, що його сьогоденне марнотратство щодо електроенергії загрожує майбутнім поколінням пекельним радіоактивним жахом».

Найголовніше ж полягає в тому, що атомна енергетика настільки згубно впливає на біосферу, а потенційна небезпека аварії на АЕС така велика (адже це — техніка, й не можна дати стопроцентної гарантії її безвідмовності), що обстоювати цей спосіб добування енергії недопустимо й аморально.

Паливний енергетичний цикл АЕС передбачає видобування уранової руди й вилучення з неї урану, переробку цієї сировини на ядерне паливо (збагачення урану), використання палива в ядерних реакторах, хімічну регенерацію відпрацьованого палива, обробку й поховання радіоактивних відходів. Усі ці операції (рис. 4.1) супроводжуються небезпечним радіоактивним забрудненням природного середовища.

Жоден із запропонованих методів зберігання радіоактивних відходів нині не є задовільним. Проблему необхідно вирішити до того, як різко збільшиться кількість атомних електростанцій, що закриваються.

**Висновки експертів «Ренд корпорейшн»,
одного з провідних «мозкових» трестів С Ш А**

Забруднення починається на стадії видобування сировини, тобто на уранових рудниках. Після вилучення урану з руди зали-



шаються величезні відвали слабо радіоактивних пустих порід — до 90 % добутої з надр породи. Ці відвали забруднюють атмосферу радіоактивним газом радоном, небезпечним для біоти (наприклад, медики довели, що внаслідок вдихання повітря з підвищеним умістом радону в ссавців розвивається рак легень).

Кількість радіоактивних відходів зростає на стадії збагачення уранової руди, з якої виготовляють твели — спеціальні елементи, що виділяють тепло, котрі надходять потім на АЕС. У реактор типу РБМК (сумнозвісний після аварії на Чорнобильській АЕС) завантажуються близько 180 т таких твелів, які в результаті роботи реактора перетворюються на високорадіоактивні відходи. АЕС — це, по суті, підприємство, яке поряд з електроенергією виробляє величезну кількість укрив небезпечних речовин. *Лише в США нагромадилося близько 12 тис. т таких відпрацьованих твелів, а на початку XXI ст. до них додасться ще 40 тис. т цього пекельного матеріалу.*

Відпрацьовані твели кілька років зберігаються на території АЕС у спеціальних басейнах із водою, поки трохи знизиться їхня радіоактивність, після чого в особливих контейнерах спеціальними поїздами їх перевозять на фабрику для регенерації ядерного палива. Тут твели обробляють, вилучаючи з них уран, який іще не «вигорів», і виготовляють із нього нові твели.

Прихильники атомної енергетики довго переконували у великій перевазі АЕС: мовляв, відпрацьоване паливо можна багаторазово переробляти й знову використовувати в реакторі, доки не «вигорить» весь уран. Насправді вже після другого такого циклу регенерації залишки палива у твелах насичуються великою кількістю сторонніх ізотопів і продуктів розщеплення, а це неможливе використання їх у реакторі втретє. «Вигоряє» лише 2 % урану, який був у твелі першого циклу. А сам твел стає надзвичайно небезпечним радіоактивним матеріалом, який потрібно десь зберігати сотні й тисячі років.

Радіація має дуже негативну особливість: усе, що контактує з радіоактивною речовиною (і машини, і контейнери, і обладнання, і приміщення, і навіть одяг персоналу), саме стає радіоактивним, а отже, небезпечним. Радіацію неможливо зупинити, «вимкнути» чи знищити. Всі ці відпрацьовані радіоактивні матеріали необхідно десь надійно зберігати, поки не розпадуться радіоактивні ізотопи. Але серед них багато таких, період напіврозпаду яких обчислюється тисячами років! У процесі зберігання контей-

Розвідка родовищ урану

РАДІОАКТИВНІ ЖАЗРУШЕННЯ



ВІДКРИТА ОБМЕЖЕНА СИСТЕМА (Сильне забруднення)

КУДИ?!

Рис. 4.1

Основні стадії процесів ядерної енергетики й забруднення довкілля радіоактивними речовинами

нерам з відходами не можна контактувати з підземними водами, сховища необхідно вентилювати (сотні років!), бо за рахунок виділення з відходів тепла контейнери нагріваються до температури 200 °С і можуть розтріскатися. Крім того, ці сховища треба надійно охороняти (сотні років!), щоб до них не проникли сторонні люди або зловмисники.

Сьогодні на всіх АЕС України нагромаджено до 70 тис. м³ радіоактивних відходів, 65,5 млн т — у видобувній та переробній урановій промисловості, 5 тис. м³ — в Українському державному об'єднанні «Радон» та 1,1 млрд м³ відходів міститься в зоні відчуження ЧАЕС. Близько 85–90 % радіоактивних відходів належать до категорії низько- та середньоактивних.

Сказане цілком стосується й самих АЕС. Через 25–30 років експлуатації все їхнє обладнання, апаратура, місткості, приміщення, транспортні засоби й т. д. стають настільки радіоактивними, що їх необхідно демонтувати й поховати на сотні років. А для поховання лише одного реактора потрібно близько 40 га землі.

Немає жодного іншого енергоносія, використання якого залишало б хоч приблизно стільки відходів, скільки дає ядерна енергетика, і немає таких відходів, які за ступенем небезпечності хоча б приблизно нагадували продукти розщеплення.

**Е. Гауль,
німецький учений-атомник**

Аналіз, здійснений провідними фахівцями світу в галузі енергетики, показав, що найближчими десятиліттями атомна енергетика все ще відіграватиме значну роль у житті людства, а для деяких країн (Франція, Японія, Китай та ін.) буде основним джерелом енергозабезпечення. Низка важливих факторів, насамперед економічних, не дозволяє в найближчій перспективі відмовитися від атомної енергетики й в Україні. Тож постає необхідність підвищувати екологічну безпеку галузі.

Досвід переконливо свідчить, що однією з основних проблем, пов'язаних із використанням атомної енергії, є поховання ядерних відходів. Ця проблема з часом стає гострішою й із регіональної переростає в глобальну. В країнах, де функціонує багато атомних електростанцій (США, Франція, Велика Британія, Китай, Росія, Японія), нині нагромаджено величезну кількість як твердих, так і рідких ядерних відходів, що становлять чимдалі серйознішу небезпеку для довкілля. Атомні енергетичні компанії змушені витрачати дедалі більші кошти на розширення площ ядерних схо-

вищ і поховань, на забезпечення їх безпеки, на переробку відходів ядерного палива (ВЯП), яка, на думку вчених, пов'язана з великим ризиком для навколишнього природного середовища.

У розвинених країнах (США, Японія) опрацьовуються різні проекти поховання та знешкодження ВЯП, навіть такий, як будівництво могильника на Місяці. Найреальнішими з них вважаються спорудження великого підземного сховища в надрах гори Юкка на півдні США (в пустелі Невада, в 140 км від Лас-Вегаса), а також поховання ВЯП у спеціальних сховищах у Сибіру (Новосибірська область), на що Росія погоджується, незважаючи на гучні протести громадськості.

Вартість першого із зазначених проектів — 58 млрд доларів. Наукові дослідження, на які було витрачено майже 7 млрд доларів, тривали 20 років і завершилися вибором саме г. Юкка, де можна буде поховати близько 80 тис. т ядерних відходів, запобігти їх негативному впливові на довкілля, здійснювати багаторічний екологічний моніторинг і розмістити відповідні служби науково-технічного забезпечення й контролю. Сьогодні ВЯП зберігаються в більш як 130 різних сховищах по всій території США. Американські фахівці гарантують надійність сховища ВЯП у пустелі Невада на 10 тис. років. Єдина небезпека — це привабливість об'єкта для терористів.

В Україні за роки незалежності не вдалося створити замкненого циклу виробництва палива для АЕС і поховання ядерних відходів.

Проблема поховання ВЯП для нашої держави не менш гостра, ніж для США. Була спроба організувати сховища ВЯП у соляних шахтах м. Артемівська (Донбас), є проекти поховання в надрах Українського кристалічного щита — в спеціально створених сховищах у гранітних товщах. В Інституті геологічних наук НАНУ ведуться пошукові роботи (вони триватимуть до 2005 р.) найбезпечнішого, з усіх поглядів, місця поховання ВЯП. А поки що ВЯП наших АЕС відправляються на тимчасове зберігання в Росію, звідки ці відходи Україна повинна забрати назад у 2010 р.

АЕС виробляють сотні видів радіоактивних речовин, яких раніше не було в біосфері, й до яких живі істоти не пристосовані. Так, після аварії на Чорнобильській АЕС в атмосферу було викинуто близько 450 видів радіонуклідів. Серед них багато довгоіснуючих, таких як цезій-137 (період напіврозпаду 80 тис. років) і стронцій-90 (період напіврозпаду 20 тис. років). Вони за своїми хімічними влас-



тивостями подібні до калію й кальцію, які відіграють велику роль у біохімічних процесах. Живі організми не можуть відрізнити ці ізотопи від калію та кальцію й нагромаджують їх, що є причиною найнебезпечнішого внутрішнього опромінення, яке викликає тяжкі захворювання й шкідливі мутації.

Штучний елемент плутоній (період напіврозпаду перевищує 20 тис. років!), який нагромаджується в атомних реакторах, — це найтоксичніша речовина з усіх, що будь-коли створені людиною: 450 г плутонію (за об'ємом це кулька розміром з апельсин) достатньо, щоб убити 10 млрд людей; 1 мкг цієї речовини викликає рак легень у людини. А нині на Землі в ядерних боеголовках, відпрацьованих твелах та інших відходах АЕС накопичено тисячі тонн цієї суперотрути.

Нагромадження в природі невластивих для неї радіоактивних речовин у край шкідливо діє на біосферу. В зонах, забруднених унаслідок аварії на ЧАЕС, уже сьогодні спостерігаються масові аномалії: у рослин — гігантизм листя дерев, такі зміни деяких рослин, що важко визначити їх вид; у тварин — народження нежиттєздатних мутантів (поросят без очей, лошат із вісьмома кінцівками тощо); у людей і тварин — пригнічення функцій імунної системи, в результаті чого ускладнився перебіг таких захворювань, як грип, запалення легень, збільшилася смертність від «звичайних» захворювань.

«Мирний атом» загострив питання про відповідальність учених, змусив замислитися про такі поняття, як совість, людяність, порядність, про те, чи маємо ми право заради сьогоднішніх ілюзорних вигід ризикувати здоров'ям і життям майбутніх поколінь.

*Всемогутність і безсилля людини продемонстрував Чорнобиль.
І застеріг: не захоплюйся своєю могутністю, людино, не жартуй із нею. Бо ти й причина, ти й наслідок.*

Г. О. Медведєв,
російський публіцист

До сказаного слід додати, що АЕС спричинюють також велике теплове забруднення, особливо гідросфери. Лише мала частина теплоти, що виділяється під час роботи реакторів, може бути утилізована й перетворена на електроенергію. Лєвова ж її пайка у вигляді гарячої (45 °С) води й пари викидається у водойми та в повітря. Вище вже наводився приклад Хмельницької АЕС, яка використовує для охолодження своїх реакторів усю воду річки Горинь.

С Термоядерна енергетика. У зв'язку з величезною потенційною небезпекою АЕС для біосфери вчені та енергетики сьогодні покладають надії на інший спосіб добування енергії, а саме з допомогою термоядерних електростанцій (ТЯЕС). І хоча в світі поки що не діє жодна ТЯЕС, є переконання (особливо на Заході), що цей спосіб добування енергії стане основним у ХХІ ст. й витіснить АЕС і ТЕС.

На ТЯЕС енергія добуватиметься не за рахунок розщеплення важких ядер урану, а внаслідок злиття легких ядер ізотопів водню (дейтерію й тритію) та утворення з них ядер гелію. Такі реакції живлять енергією Сонце й незліченну кількість інших зірок у Всесвіті.

Нині над розробкою промислових термоядерних реакторів працюють учені багатьох країн: Європейського Союзу, США, Росії, Японії, Канади. Як вважає більшість учених, зайнятих цією проблемою, перший прототип комерційного термоядерного реактора планується створити в першій чверті ХХІ ст.

Цей спосіб добування електроенергії матиме безумовні переваги над тими, що використовуються сьогодні на ТЕС і АЕС:

- ТЯЕС характеризуватимуться високим ступенем безпеки роботи, бо конструкція термоядерного реактора така, що за будь-якого її пошкодження чи порушення режиму автоматично припиняється термоядерна реакція й вимикається реактор;
- у термоядерному реакторі водночас міститиметься лише кілька грамів «палива» — дейтерію й тритію, що є відносно низько-радіоактивними (порівняйте з 180 т урану, який завантажуються в реактор АЕС!);
- запаси одного з компонентів палива для ТЯЕС — дейтерію — на Землі величезні: їх достатньо, аби забезпечити електроенергією людство на кілька мільйонів років (наприклад, дейтерію, що міститься у 500 л води з будь-якої водойми, достатньо для задоволення всіх енергетичних потреб однієї людини протягом усього її життя);
- внаслідок термоядерної реакції не утворюються радіонукліди — продуктом реакції є нерадіоактивний газ гелій;
- ТЯЕС не забруднюватимуть атмосферу речовинами, здатними спричинити кислотні дощі, парниковий ефект або руйнування озонового шару.

Проте в ТЯЕС будуть і недоліки:

- теплота, яка у великій кількості виділяється внаслідок термоядерної реакції, за законами термодинаміки, не може бути цілком перетворена на електроенергію й спричинює підігрівання атмосфери й гідросфери Землі; тому на розвиток термоядерної енергетики накладається те саме обмеження, що й на використання інших невідновлюваних джерел енергії, — це тепловий рубіж;
- робота термоядерного реактора супроводжується дуже потужним нейтронним потоком, а отже, відбувається радіоактивне забруднення конструкцій, тому по певному часі необхідно його розбирати й ховати (як і реактори АЕС);
- до компонентів «палива» для ТЯЕС, крім дейтерію, належить літій, запаси якого на Землі дуже невеликі, а родовища небагаті й трапляються дуже рідко, або тритій, що виробляється штучно, з великими затратами енергії.

II Вплив на довкілля ГЕС. У наш час ГЕС виробляють близько 20 % електроенергії у світі. Деякі країни з гірським рельєфом і швидкими річками (Норвегія, Таджикистан, Киргизстан) свої потреби в електроенергії задовольняють переважно за рахунок ГЕС.

Гідроенергетичний потенціал України становить 44,7 млрд кВт • год, проте лише 21,5 млрд кВт • год припадає на ресурси, які технічно можливо використати (46 % їх сконцентровано в басейні Дніпра, по 20 % — у басейнах Дністра й Тиси, 14 % — інших річок). Щодо економічно доцільних для використання гідроенергоресурсів, то вони загалом не перевищують 16—17 млрд кВт • год (61 % зосереджено в басейні Дніпра, 22 % — Тиси, 17 % — Дністра). Отже, за запасами гідроенергоресурсів Україна посідає досить скромне місце серед інших держав світу, Європи та СНД.

Установлена потужність ГЕС України становить 4,7 млн кВт, 98 % якої припадає на гідроелектростанції Дніпровського каскаду та Дністровської ГЕС.

Порівняно з ТЕС і АЕС гідроелектростанції мають низку переваг:

- вони зовсім не забруднюють атмосферу;
- поліпшують умови роботи річкового транспорту;
- працюючи в парі з ТЕС, беруть на себе навантаження під час максимального (пікового) споживання електроенергії;

- агрегати ГЕС вводяться в дію дуже швидко, на відміну від агрегатів ТЕС, яким потрібно кілька годин для розігрівання й виходу на робочий режим (або ж треба утримувати один з агрегатів ТЕС у «гарячому» режимі, витрачаючи дефіцитне паливо).

Разом із тим ГЕС, особливо ті з них, що побудовані на рівнинних річках, завдають шкоди довкіллю.

- На Дніпрі, наприклад, водосховищами затоплено величезні площі найродючіших у Європі земель: Київським — 922 км², Канівським — 675, Кременчуцьким — 2250, Дніпродзержинським — 567, Дніпровським — 410, Каховським — 2155 км². У сумі це становить майже 7000 км² — чверть території Бельгії! Важко уявити, скільки сільськогосподарської продукції недоодержала Україна через це. Із затоплюваних ділянок довелося відселити жителів сотень сіл, прокладати нові дороги й комунікації тощо. Пішло під воду багато історичних і ландшафтних пам'яток.

- У місцевостях, розташованих поблизу водосховищ, піднімається рівень ґрунтових вод, заболочується територія, виводяться із сівозмін великі площі землі.

- На водосховищах тривають обвали берегів, які на окремих ділянках відступили вже на сотні метрів.

Греблі перетворили Дніпро на низку застійних озер, що мають слабкий водообмін та погану самоочищуваність і стають уловлювачами промислових забруднень.

Дуже потерпають від гребель мешканці річок — планктон і риба. Риба не може проходити крізь греблі до місць своїх звичних нерестовищ, які до того ж стають непридатними для нересту через заглиблення. Багато риби й планктону гине в лопатях турбін. Водосховища, забруднені стоками й добривами, що змиваються з полів, улітку нерідко «цвітуть», що спричинює масову загибель риби та інших мешканців водойм.

Якщо підрахувати всі ці збитки від будівництва й роботи ГЕС на рівнинних територіях, стає зрозуміло, що твердження про «найдешевший кіловат», який нібито дають ГЕС, не відповідає дійсності. Очевидно, що великі ГЕС раціонально будувати лише в гірських районах. Можливо, в майбутньому нам чи нашим нащадкам доведеться спускати воду з деяких «рукотворних морів» на тому ж Дніпрі.

і! Альтернативні джерела енергії — це енергія вітру, морів та океанів, внутрішнього тепла Землі, Сонця.

Енергія вітру. За оцінками вчених, загальний вітроенергетичний потенціал Землі в 30 разів перевищує річне споживання енергії людством. Однак використовується лише мізерна частка цієї енергії. Так було не завжди. За даними статистики, до революції в кожному другому селі України працював вітряк. Але парова машина, а потім двигун внутрішнього згоряння витіснили цих скромних трудівників. Добре відомо також, що до появи пароплавів усі морські перевезення здійснювалися вітрильниками.

Можливості використання енергії вітру в різних місцях Землі неоднакові. Для нормальної роботи вітроелектричних двигунів швидкість вітру в середньому за рік має бути не меншою ніж 4–5 м/с, а краще, коли вона становить 6–8 м/с. В Україні до таких зон належать узбережжя Чорного моря, особливо Крим, а також Карпати й південні степові райони.

Піонером будівництва вітроелектростанцій (ВЕС) був видатний український учений та інженер, один з основоположників космонавтики Ю. Кондратюк. Побудована ним у 1931 р. поблизу Севастополя ВЕС потужністю 100 кВт більш як 10 років забезпечувала місто електроенергією.

Сьогодні на Заході, особливо в Данії та США, серійно випускаються ВЕС потужністю від 1,5 до 100 кВт, діє також кілька експериментальних потужністю до 30 тис. кВт.

У донецькому Приазов'ї споруджується найбільша в Україні ВЕС — Новоазовська. В степу вже змонтовано комплекс із 15 генераторів. Планується, що до 2005 р. потужність цієї прибережної станції досягне 50 МВт. Цього цілком достатньо, щоб забезпечити електроенергією найбільший в області Новоазовський сільськогосподарський район, де розташовано більш як сто оздоровниць і баз відпочинку. Цікаво, що в цій частині Приазовської низовини понад триста днів на рік напористо дме «калмик» — стабільний вітер із Калмицьких і Сальських степів (своєрідна «вітрова труба», за визначенням синоптиків).

Услід за Новоазовською планується спорудження подібних ВЕС у Володарському й Першотравневому районах.

Вітроелектростанції не забруднюють довкілля. Єдиний негативний фактор — низькочастотний шум (гудіння) під час роботи ВЕС та ще одиничні випадки загибелі птахів, які потрапляють у лопаті вітродвигунів.

Думки інженерів і вчених повертаються й до, здавалося б, давно забутих вітрильників. • Відомий океанолог Ж.-І. Кусто на-

прикінці 80-х років сконструював і випробував вантажне судно, в якого, крім дизельного двигуна, є й вітрила. Щоправда, цей вітрильник мало схожий на оспівані бригантини минулих віків — його вітрила являють собою вертикальні напівциліндричні конструкції з алюмінієвого сплаву, якими керує комп'ютер. Використання цих вітрил під час трансокеанічного плавання дає змогу економити значну (до 70 % за сприятливого вітру) кількість палива.

Енергія морів та океанів. Світовий океан містить колосальні запаси енергії.

По-перше, це енергія сонячного випромінювання, поглинута океанською водою, яка виявляється в енергії морських течій, хвиль, прибою, різниці температур різних шарів води. По-друге, це енергія тяжіння Місяця й Сонця, що спричинює морські припливи й відпливи. Використовується цей екологічно чистий потенціал іще дуже мало.

Першими об'єктами такої енергетики можна вважати морські хвильові електростанції, які акумулюють енергію вертикальних коливань води. Хвиля метрової висоти забезпечує від 25 до 35 кВт енергії, навіть хвиля заввишки всього 35 см може обертати спеціальну турбіну й давати електричний струм. • Одна з перших хвильових електростанцій потужністю 350 кВт ось уже близько 30 років успішно діє поблизу норвезького міста Бергена. • Збудовано також перші морські електростанції, що утилізують енергію припливів і відпливів, — на узбережжі Ла-Маншу у Франції потужністю 240 тис. кВт і в Кольській затоці (Росія) потужністю 400 кВт. • А на тихоокеанському острові Науру діє електростанція потужністю 100 кВт, яка використовує (за принципом термопари) різницю температур нагрітого тропічним сонцем поверхневого шару води й холодного придонного.

Енергія внутрішнього тепла Землі. З глибиною підвищується температура в земній корі (в середньому на 30 °С на 1 км, а у вулканічних районах — набагато швидше). За оцінками геологів, до глибин 7—10 км загальна кількість теплоти в 5000 разів перевищує теплоємність усіх видів мінерального палива, що є на Землі. Теоретично лише 1 % цього тепла достатньо, аби забезпечити людство енергією на найближчі 4000 років. Та на практиці це джерело енергії використовується ще дуже мало. Найкращі результати досягаються в районах активної вулканічної діяльності (Ісландія, Камчатка, Гавайські острови), де близько до поверхні



є термальні води. Крізь свердловини гаряча водяна пара надходить у турбіни, що виробляють електроенергію. Відпрацьована гаряча вода йде на обігрівання теплиць, житла тощо. В холодній Ісландії в таких оранжереях вирощують овочі й навіть банани, а столиця країни Рейк'явік уже понад 40 років уся забезпечується теплом за рахунок цього джерела.

В Україні досі немає установок такого типу, хоч у нас є перспективні зони для застосування геотермальної енергії — Карпати, Закарпаття та Крим.

У разі споживання геотермальної енергії постає проблема відпрацьованих підземних вод. Вони сильно мінералізовані, і їх не можна спускати у водостоки. Тому відпрацьовані води знову закачують у підземні горизонти для повторного використання. З деяких таких розсолів добувають йод, бром, літій та деякі інші елементи.

Енергія Сонця. Сонце — найпотужніше джерело екологічно чистої енергії, і людство має зосередити свої зусилля на розробці методів її утилізації. Основна перешкода полягає в розсіяності сонячної енергії: на широтах України, наприклад, на кожний квадратний метр поверхні за рік надходить лише близько 1900 кВт сонячної енергії. Утилізація сонячної енергії стримується також високою вартістю установок, а отже, й порівняно високою собівартістю електроенергії.

Сонячну енергію можна застосовувати для добування електроенергії, побутового тепла, високотемпературного тепла в промисловості, на транспорті. Найбільших успіхів досягнуто в таких країнах, як США, Франція, Туркменистан, причому переважно в галузі так званої «малої» енергетики.

Для добування електроенергії від Сонця застосовується кілька методів, найперспективніший з яких полягає в безпосередньому перетворенні сонячного випромінювання на електрику за допомогою напівпровідникових фотоелектричних генераторів (сонячних батарей). ККД найсучасніших їх типів сьогодні становить 25—30 %. Через високу вартість такі батареї поки що використовуються мало — на космічних супутниках і станціях, у ретрансляторах, навігаційних маяках, телефонних станціях у пустельних місцевостях, для живлення невеликих радіостанцій, у мікрокалькуляторах, електронних іграшках тощо.

Електроенергію від Сонця добувають також за допомогою паротурбінних генераторів. • Одну з таких сонячних електро-

станцій (СЕС) потужністю 1200 кВт споруджено в Криму поблизу Керчі. В центрі круга діаметром 500 м встановлено 70-метрову башту з парогенератором на верхівці. Її оточують 1600 рухомих дзеркал (геліостатів). Стежачи за допомогою ЕОМ за рухом Сонця, вони відбивають його промені на парогенератор, нагріваючи в ньому воду до утворення пари температурою 300 °С. Пара подається на турбіну з електрогенератором.

СЕС не забруднюють довкілля. Щоправда, для майбутніх потужних СЕС на сонячних батареях знадобляться великі площі. Але на нашій планеті — близько 20 млн км² пустель, де землі непридатні для сільського господарства, потік сонячної енергії найпотужніший, а кількість хмарних днів протягом року мінімальна. Щоб задовольнити енергетичні потреби людства, треба розмістити батареї на площі від 1 до 3 млн км², тобто достатньо зайняти лише 5—15 % площі пустель.

Сонячна енергія використовується також для добування побутового тепла (100—150 °С), яке йде на опалювання приміщень, приготування їжі, опріснення води тощо. • Розроблено досить зручні пристрої для таких потреб (наприклад, параболічне дзеркало-піч діаметром 1,5 м, у фокусі якого вода в трилітровому чайнику закипає за 10 хв.). • Для промислових цілей (плавлення проб металів, вирощування кристалів із розплаву і т. п.) створено сонячні печі, у фокусі дзеркала яких температура сягає 3800 °С. Одна з таких установок діє у Франції.

Сонячна енергія може застосовуватися й на транспорті — для енергоживлення автомобілів, невеликих суден і навіть літаків. Із площі в кілька квадратних метрів (дах мікроавтобуса) можна зібрати енергію для живлення автомобільного акумулятора. • > В 1982 р. такий автомобіль, не витративши й краплі бензину, перетнув Австралію, подолавши за два місяці відстань у 4000 км. • На літаку, верхню площину крила якого було вкрито сонячними батареями, здійснено переліт через Ла-Манш.

• На півдні Австралії будується екологічно чиста *сонячно-вітрова електростанція*, або так званий «сонячний комин», потужністю 200 МВт. Вона, до речі, стане найвищою спорудою у світі. Конструктивно це буде бетонна труба заввишки 1 км, оточена скляним кожухом. За принципом дії ця електростанція подібна до ГЕС, але рушієм її турбін буде не вода, а висхідний потік нагрітого сонцем повітря. Нагріте сонцем у скляному кожусі повітря підніматиметься вгору трубою й надаватиме рух



генераторам електростанції. Спорудження станції має завершитися в 2005 р. Вона забезпечить екологічно чистою електроенергією близько 200 тис. мешканців цього району. Вночі генератори станції діятимуть від гарячого повітря, що нагріватиметься в спеціальних водяних колекторах, які протягом дня запасатимуть тепло за рахунок нагрівання сонцем.

Біоенергетичні технології. Життя та діяльність людей супроводжуються утворенням великої кількості органічних відходів (побутове сміття, каналізаційні стоки, відходи виробництва сільськогосподарської продукції — солома, лушпиння й т. д., деревообробки — тирса, обрізки, гілки, хвоя тощо). Звалища навколо великих міст забирають величезні площі (так, поблизу Нью-Йорка воно за об'ємом уже дорівнює 25 пірамідам Хеопса!), забруднюють повітря й воду. А тим часом розроблено технології, що дають змогу добувати з цих відходів енергію (сконструйовано, наприклад, установки, в яких відходи спалюються, даючи тепло й електроенергію), а також різні корисні матеріали (скло, метали та ін.).

Є й інша перспективна технологія переробки відходів — за допомогою метанобактерій. Ці мікроорганізми активно розмножуються в будь-яких органічних рештках, продукуючи в результаті своєї життєдіяльності цінну енергетичну сировину — біогаз (суміш метану й чадного газу). Технологія добування біогазу дуже проста. Бетонні місткості або колодязі будь-якого об'єму заповнюють гноєм, сміттям, листям, тирсою й т. п. Місткість має бути щільно закритою, щоб не було доступу кисню. Газ, який утворюється в результаті бродіння, відводиться в приймальний пристрій або безпосередньо в газову плиту. Після процесу бродіння залишається добриво — незаражене, без запаху, цінніше за гній.

Сьогодні така технологія широко застосовується в Китаї та Індії, де функціонують мільйони подібних установок. А в Румунії проведено успішні дослідження з використання біогазу як палива для тракторів.

Останнім часом дедалі ширше розробляються технології добування палива для двигунів внутрішнього згорання з органічних речовин, що продукуються рослинами. • Так, у Бразилії з відходів виробництва цукру з цукрової тростини добувають технічний спирт, що використовується як паливо для автомобілів (причому вартість цього палива нижча, ніж бензину, а забруднення повітря в результаті його згорання — менше). • В Австралії успішно виготовляють так звану «зелену нафту» — продукт пере-

робки спеціальних мікроскопічних водоростей, які вирощуються в штучних басейнах.

Для України особливе значення має технологія добування палива з ріпакової олії. Ріпак, ця невибаглива рослина, дає до 1 т олії з гектара, причому його можна вирощувати на землях, непридатних ні для чого іншого, наприклад на полях зрошення, де нейтралізуються каналізаційні стоки, й навіть на землях 30-кілометрової зони відчуження навколо Чорнобильської АЕС, бо, як з'ясували вчені, радіонукліди не нагромаджуються в ріпаковій олії. Її можна або безпосередньо заливати в баки дизелів (які, щоправда, в цьому разі треба модернізувати), або ж із неї можна виготовляти спеціальне дизельне паливо — «блакитний ангел», котре за всіма характеристиками подібне до солярової оливи, але при цьому екологічно чистіше й дешевше; нарешті, цю олію можна додавати в солярову оливу (до 20 %), що не змінює ні енергетичних, ні екологічних показників двигунів.

Воднева енергетика. До дуже перспективних джерел добування теплової та електричної енергії належить водень, який має високу теплотворну здатність, може успішно замінювати природний газ і при цьому є екологічно чистим паливом, оскільки в результаті його згоряння утворюється лише водяна пара. Отже, переведення ТЕС та інших споживачів газового палива на водень зменшило б викиди в атмосферу вуглекислого газу й інших шкідливих сполук. Широке використання водню як джерела енергії до останнього часу стримувалося його вищою вартістю порівняно з природним газом, незважаючи на те, що є численні методи добування водню. Але нещодавно в деяких країнах, зокрема в США, розроблено технології добування водню з глюкози або глюкозовмісних речовин, таких як крохмаль і целюлоза (деревина). Після обробки глюкози або її полімерів спеціальними ферментами, добутими з бактерій, вона перетворюється на глюкуронову кислоту, і при цьому виділяється водень. За повідомленнями преси, нині зазначені технології ще недосконалі (вихід водню поки що становить тільки 12 % від теоретично можливого), і тривають інтенсивні роботи в цій перспективній галузі. До речі, глюкуронова кислота — відхід виробництва — є цінною сировиною для хімічної промисловості.

III Енергозбереження, впровадження нових технологій, що потребують менших затрат енергії, мають стати основними орієн-

тирами подальшого розвитку економіки. За розрахунками вчених, зниження питомої енергоємності національного продукту України вдвоє дасть змогу зберегти споживання енергії в першій чверті ХХІ ст. на теперішньому рівні. І це завдання цілком реальне. Україна імпортує 55 % необхідних для неї енергоресурсів, тоді як за умови використання всіх потенційних засобів енергозбереження вона могла б економити 48 % енергоресурсів і стала б практично незалежною від зовнішніх їх джерел. У США завдяки великій увазі, яку було приділено енергозбереженню після нафтової кризи 1973 р., споживання енергоресурсів за десять років після кризи зменшилося на кілька процентів, валовий же національний продукт країни за цей період зріс на 25 %.

Проте до останнього часу заклики до ощадливого, господарського використання сировини, енергоресурсів, які періодично з'являються на шпальтах преси, лунають у виступах учених, не давали бажаних результатів: коли все було «наше» й нічого «мого», коли виробник був відчужений від власності — не існувало жодних стимулів економити що б то не було. Доти, доки земля й усе, що є на ній, не матиме справжнього хазяїна, заклики до збереження ресурсів залишаться «голосом волаючого в пустелі».

А втім у нас є величезні резерви для економії енергії. Так, у більшості країн на освітлення витрачається близько 13 % виробленої електроенергії. А в Україні цей показник у 1,5 раза вищий, ніж у західних країнах. Причина полягає в тому, що в нас використовуються переважно дуже неекономні джерела світла — лампи розжарювання, які перетворюють на світло лише 5—8 % енергії. В розвинених же країнах застосовуються люмінесцентні лампи, ККД яких дорівнює 20 %, а найновіших типів — до 30 %. Розрахунки свідчать, що перехід на застосування таких ламп дав би змогу заощадити близько 70 % електроенергії.

Надзвичайно багато електроенергії споживає наша побутова техніка. Якби вітчизняні телевізори, пылососи, пральні машини тощо мали такі самі показники, як найкращі світові зразки побутової техніки, то Україна могла б відмовитися від усіх АЕС на її території.

Фахівці стверджують, що споживання енергії можна скоротити:

- у побуті — на 34 %;
- на транспорті — на 24 %;
- у малому товарному виробництві — на 22 %;
- у промисловості — на 13—33 %.

Зі споживаної в побуті енергії 79 % припадає на опалення приміщень (зниження температури повітря в помешканнях лише на 1 % дасть змогу економити 5 % енергії на опалення), 15 % — на теплові процеси (нагрівання води, приготування їжі, прання тощо), 5 % споживається побутовою технікою, 1 % витрачається на освітлення, роботу телевізора та радіоприймача.

«Оживити» цифри допоможуть такі приклади. 1 кВт • год енергії можна використати по-різному:

- ПО год голитися електробритвою;
- 50 год слухати радіо;
- на 17 год залишити горіти електричну лампочку потужністю 60 Вт;
- 12 год дивитися кольоровий телевізор;
- 2 год прибирати квартиру пилососом;
- 5 хв приймати душ.

Автомобіль «Жигули» витрачає 8—10 л бензину на 100 км, тоді як більшість західних легкових автомобілів — від 4,3 до 5,9 л, а шведська компанія «Вольво» розробила модель, що споживає лише 3,6 л на 100 км. Неважко уявити, яку економію дефіцитного палива мала б наша країна, якби наблизила характеристики своїх автомобілів до цих показників.

Україна успадкувала від колишнього СРСР надзвичайно не-ефективну, енергоємну й матеріаломістку промисловість. Наприклад, для вироблення 1 т цементу ми витрачаємо 274 кг умовного палива, а японці — 142. Питомі затрати енергії в чорній металургії Японії на 20—30 % нижчі, ніж у нас, причому, хоч як це парадоксально, переважно за рахунок упровадження таких передових технологій, як безперервне розливання сталі, сухе гасіння коксу, утилізація тепла газів доменних печей. Ці технології були розроблені у нас, японці придбали ліцензії на їх застосування й мають від них неабияку вигоду, а у вітчизняній металургії вони практично не впроваджені.

До великих споживачів енергії належить сільське господарство. Такі незграбні «динозаври», як трактор К-700, не лише поглинають величезну кількість палива, а й сильно порушують ґрунти своєю багатотонною масою. Величезну кількість палива споживають наші зернозбиральні комбайни, які до того ж залишають на полі багато зерна.

Щоб виробити 1 кг засобів хімічного захисту рослин, ми витрачаємо близько 4 л умовного палива, а на 1 га саду за чинних

норм обприскування — більш як 1 т. А тим часом селекціонери вивели сорти яблунь та інших фруктових дерев, що стійкі проти грибкових захворювань і потребують лише профілактичної обробки й утрое менше хімікатів.

Інший аспект цієї проблеми — морально-етичний. Марнотратство енергетичних і матеріальних ресурсів багато в чому зумовлене ставленням до природи та її багатств як до чогось такого, що призначене задовольняти наші примхи. Мало хто з людей замислюється: чи доцільно викидати на смітник іще цілком придатні речі заради модніших або таких, що мають вишуканіший дизайн, оточувати себе безліччю маловживаних, а то й зовсім непотрібних предметів. Адже на їх виготовлення витрачаються дорогоцінні ресурси, енергія, праця людей.

Час звикати до тези, на яку ми всі маємо зважати: природу не зберегти без обмеження споживання. Гвідаю, насамперед це стосуватиметься хімічної промисловості, енергетики, автотранспорту. Доведеться починати жити бідніше.

**М. М. Амосов,
видатний український кардіохірург**

Уся система реклами ґрунтується на використанні цих споживацьких інстинктів: нас настирливо закликають купувати новий одяг «престижних» моделей, нові автомобілі, меблі й т. д., й т. п. І для багатьох людей сенсом життя стала гонитва за «благами». Ніяка економія ресурсів та енергії не допоможе, якщо людина не усвідомить необхідності самообмеження своїх матеріальних потреб і задоволення натомість потреб духовних.

Споживацька психологія — це не просто марнотратство, це — велике лихо і для людства, і для природи. Останнім часом вона поширюється не лише на речі, а й на людей і тварин, яких викидають на «звалище життя»! Перших — як тільки вони починають працювати менш ефективно, других — тільки-но набридають забави. Люди втрачають здатність цінувати людей як особистостей. За даними ВООЗ, щорічно майже 75 млн молодих жінок позбавляють життя своїх ненароджених дітей, а тисячі народжених залишають на вулицях. Хазяї кидають напризволяще тисячі кішок і собак.

Коли видатного вченого — астронома й мудреця В. А. Амбарцумяна якийсь недобррозичливець запитав на лекції: «А для чого взагалі потрібна ваша астрономія?», той відповів: «Людина відрізняється від свині тим, що інколи піднімає голову вгору й дивиться на зорі».

§ 4 * 3 ^ Промисловість

Спочатку скористайтеся принципом Чистого Виробництва, а потім приймайте рішення про впровадження будь-яких технологій.

Із матеріалів иБЕР

Промисловість, або індустрія, належить до тих галузей матеріального виробництва, без яких неможливе існування сучасної цивілізації. В індустрії більшості країн світу зайнята основна частина працездатного населення, промислові підприємства постачають сировину й випускають основні види продукції. Від розвитку промисловості великою мірою залежать економіка країни, її обороноздатність, задоволення потреб населення, національний дохід і т. д.

За характером виробництва промисловість поділяється на добувну та обробну; за призначенням і продукцією, що випускається, виокремлюють дві групи промисловості: «А» (виробництво засобів виробництва) і «Б» (виробництво предметів споживання).

Незалежна Україна успадкувала від СРСР спотворену систему промисловості, в якій неприродно велику частину займають гірничодобувна, металургійна й хімічна галузі, що складаються з «соціалістичних супергігантів» із застарілими технологіями виробництва, надзвичайно матеріаломісткого й енергоємного, що, як правило, дає продукцію низької якості й дуже забруднює довкілля. А тим часом у розвинених країнах світу на перше місце виходять наукоємні виробництва — мікроелектроніка, обчислювальна техніка, випуск надчистих матеріалів тощо.

Гострота екологічної проблеми в Україні багато в чому зумовлена посиленням антропогенним навантаженням на природне середовище саме через нераціональну структуру економіки, в котрій основну роль відіграють такі «брудні» галузі, як металургійна, мінерально-сировинна й паливно-енергетична. Сьогодні на межі екологічної кризи опинилися Придніпров'я, Придністров'я, Донбас, Кривбас, Північний Крим, узбережжя й акваторії Чорного та Азовського морів. Це є наслідком незадовільного вирішення найважливіших природоохоронних завдань, наро-

щування виробничих потужностей без урахування можливих наслідків для довкілля, невиконання промисловими підприємствами природоохоронного законодавства, відсутності дійових економічних важелів, недостатньої уваги до управління охороною природи.

Займаючи менше ніж 3 % території колишнього СРСР, Україна виробляла майже 20 % його суспільного продукту. Питомо вага виробництва засобів виробництва (групи «А») в промисловості України перевищує 70 %. Десятиліттями в республіці пріоритетними були такі ресурсомісткі й енергоємні галузі, як гірничо-металургійна, енергетична, нафтохімічна.

Наші вироби, такі як рудний концентрат, агломерат, чавун, сталь, прокат, машини, прилади, електроніка, зерно, м'ясо, цукор, не найкращі у світі. Однак для їх виробництва витрачаємо в середньому в 5 разів більше енергії, ніж це роблять за кордоном.

**І. Р. Юхновський,
український фізик,
громадський діяч**

До того ж підприємства роками не модернізувалися, виробничі процеси застаріли. Так, на металургійних підприємствах Донбасу з 31 прокатного стану 16 спрацьовані на 100 %, обладнання цехів — на 75–95 %; 48 % коксових батарей вичерпали свій граничний термін дії. Морально та фізично зношені й застарілі підприємства особливо сильно забруднюють природне середовище й становлять небезпеку для нього.

Серед промислових підприємств найбільше забруднюють довкілля гірничо-металургійні. Недаремно список найзабрудненіших міст світу очолюють такі російські металургійні центри, як Нижній Тагіл, Магнітогорськ і Челябінськ, і наші — Дніпродзержинськ, Маріуполь, Запоріжжя. Найбільшої шкоди ці підприємства завдають повітряному басейнові, спричинюючи появу кислотних дощів, земельним ресурсам через утворення кар'єрів, відвалів-шламонагромаджувачів і т. п. (1 га металургійних шламів у відвалах отруєє близько 5 га сусідніх земель, виділяючи в атмосферу сірчисті та інші гази й пил), а крім того, відбувається сильне теплове забруднення середовища.

Великої шкоди довкіллю завдають гірничодобувні підприємства України (табл. 4.2).

Дуже забруднюють атмосферу також нафтохімічні комбінати, а хімічні й целюлозно-паперові отрують і повітря, і воду.

Таблиця 4.2

Порівняльна характеристика впливу на природне середовище України розробки різних видів мінеральної сировини

Гірничодобувний регіон	Площа порушеної денної поверхні, км ²	Об'єм припливу шахтних вод за добу, 10 ⁶ м ³	Розвиток небезпечних геологічних процесів	Об'єм нагромаджених відходів, млн м ³	Характер забруднення ґрунтів
Донбас (кам'яне вугілля)	15 000	2,5	Просідання, підтоплення, зсуви, карст, ерозія	1050,0	Комплексний (важкі метали, нафтопродукти, хімічні сполуки)
Львівсько-Волинський (кам'яне вугілля)	150	0,06	Просідання, підтоплення, карст	0,05	Комплексний (важкі метали, хімічні сполуки)
Дніпровський (буре вугілля)	20	0,24	Зсуви, підтоплення	Незначний	Комплексний (важкі метали, нафтопродукти)
Дніпровсько-Донецька западина (нафта і газ)	Незначна	Відсутні	Незначні, локальні	Відсутні	Комплексний, локальний (нафтопродукти)
Кривбас (залізо)	170	0,13	Просідання, зсуви, підтоплення, карст	1,6	Комплексний (важкі метали, нафтопродукти, хімічні сполуки)
Передкарпаття (сірка)	150	0,13	Просідання, зсуви, підтоплення, карст, суфозія	Понад 50,0	Висока забрудненість (хімічні сполуки, сірка, солі)

За висновками «Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні в 2000 році», до екологічно найнебезпечніших об'єктів належать АЕС, водойми, нафто-, газо- та аміакопроводи, підприємства з виробництва та використання хлору, металургійні, хімічні комбінати, а також нагромаджені промислових і побутових (зокрема твердих) відходів.

Основні застосовувані способи очищення й знезараження забруднених повітря й води (див. гл. 3) досить дорого коштують і не дають стопроцентного результату, оскільки з наближенням до

цієї межі кожний процент досягнутого очищення обходиться дедалі дорожче, що економічно себе не виправдовує. Тому в більшості західних країн є така практика: забруднені повітря й води очищуються до певного ступеня (визнаного економічно прийнятним), після чого змішуються з природно чистими повітрям або водою так, аби вміст забруднень не перевищував ГДК, і така суміш викидається в атмосферу (водойму).

Проте у зв'язку з невинним зростанням обсягів промислового виробництва забруднення відбувається такими темпами, що невдовзі для розбавлення вже не вистачатиме ні повітря, ні води. І це не перебільшення.

Наприклад, у високорозвиненій промисловій країні Німеччині розроблено й упроваджено досить прогресивні методи вилучення сірчистих газів із димів металургійних і целюлозно-паперових підприємств. Завдяки цьому вміст SO_2 у промислових викидах за період з 1980 по 1993 р. вдалося зменшити на 65 %. Але кількість шкідливих викидів зростає такими темпами, що, за прогнозами, в найближчому майбутньому на території цієї країни в повітря буде викинуто 36 млн т NO_2 і 17 млн т SO_2 . Наявними способами очищення й тими, що розробляються нині, сумарний викид цих шкідливих газів удасться скоротити до 29 млн т. Для розбавлення цієї кількості забруднень до норми необхідно буде 260 млн km^3 повітря, що дорівнює 500-метровому його шару над усією Землею!

Оскільки повітря забруднюють промислові підприємства не однієї лише Німеччини, то висновки можуть бути однозначні: *індустріальний шлях розвитку, який сьогодні проходить більшість країн світу й який базується на прогресуючому використанні природних ресурсів, веде у глухий кут. Якщо людство хоче мати майбутнє, воно мусить відмовитися від сучасних промислових технологій, хай навіть і найперевішних, і забезпечених суперсучасними методами очищення. Для подальшого нарощування промислових потужностей та обсягів виробництва Земля вже надто мала.*

Як альтернативу, здатну пом'якшити шкідливі наслідки суперіндустріалізації й відсунути в часі останню межу індустріального етапу розвитку людства, можна розглядати перехід до безвідходних виробництв, що ґрунтуються на замкнених циклах споживання води й повітря. Успіхи в цьому напрямі є, зокрема й в Україні. За даними Національної академії наук (НАН) України, на початку 90-х років у нашій країні діяло більш як 150 підприємств, цехів

і виробництв, які використовували оборотну (замкнену) систему водопостачання (Стахановський завод феросплавів, Верхньодніпровський гірничо-металургійний комбінат та ін.).

Великі перспективи, в тому числі й для промислового виробництва, обіцяє впровадження переробки вторинних ресурсів у набагато повніших обсягах, ніж це робиться сьогодні (див. гл. 3).

1% Проблема утилізації відходів. Через некероване зростання чисельності населення, активний розвиток виробництва й збільшення споживання, а також відсутність ефективних технологій переробки відходів сьогодні на нашій планеті нагромадилася така їх кількість, що це стало загрожувати здоров'ю людей і довкіллю. Уряди багатьох країн світу навіть не мають об'єктивної інформації щодо обсягів накопичених відходів і викидів, про ступінь їхньої токсичності та особливості впливу на живі організми.

• За даними ООН, щорічно 5,2 млн чоловік, у тому числі 4 млн дітей, умирають від хвороб, пов'язаних із неправильним або недостатнім вилученням відходів і стічних вод у районах великих міст. • Активно збільшується кількість твердих побутових відходів. Так, у 80-х роках у колишньому СРСР за рік нагромаджувалося понад 60 млн т різноманітного міського сміття. Лише для того, щоб вивезти його з міст на звалища, витрачалося більш як 350 млн крб. Кількість відходів рік у рік зростає на 5–6 %. У США на збирання й перевезення твердих побутових відходів та на їх переробку щороку витрачаються мільярди доларів. Тільки в Нью-Йорку за рік накопичується стільки сміття, що ним можна вкрити площу в 341 га шаром завтовшки 4 м! У Німеччині щороку викидається стільки сміття, що ним можна було б заповнити товарний потяг завдовжки 1800 км.

Щорічно лише в Західній Європі утворюється близько 150 млн т шкідливих відходів. У 2000 р. приблизно 20 тис. промислових підприємств США виробили більш як 40 млн небезпечних відходів. В Україні їх нагромаджено понад 25 млрд т і при цьому близько 500 млн т додається з кожним роком.

Основна маса відходів в Україні утворюється на підприємствах гірничопромислового, хіміко-металургійного, машинобудівного, паливно-енергетичного, будівельного, целюлозно-паперового та агропромислового комплексів. Найнебезпечнішими серед цих

відходів є сполуки важких металів, нафтопродукти, непридатні до застосування пестициди.

Нині в Україні умови зберігання та утилізації відходів, як правило, не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам, що є одним із факторів інтенсивного забруднення поверхневих і підземних вод, ґрунту, повітря. В більшості областей України немає полігонів для централізованого зберігання та утилізації відходів. За браком коштів і вільних земель можливості для будівництва сучасних звалищ обмежені. Проте позитивним прикладом є нещодавно збудований полігон побутових відходів у Дніпропетровську. Він має ефективну систему захисту ґрунтових вод, до якої входять ізолювальні шари глини та спеціальної (завтовшки 2 мм) пластикової плівки, й обладнаний свердловинами для контролю стану ґрунтових вод. Безпосередньо на полігоні здійснюється попереднє сортування сміття, з якого відбираються металобрухт, скло, папір та пластмаси. В майбутньому на полігоні передбачається добування біогазу.

Раніше більша частина відходів (крім скла й металобрухту) спалювалася. Тепер це заборонено, оскільки під час спалювання виділяється багато небезпечних для здоров'я людей речовин. У розвинених країнах переробляється від 30—50 % (Західна Європа) до 60—75 % (США, Японія) твердих побутових відходів, у країнах, що розвиваються, — 7—10 %, у Росії та Україні — лише 3—5 %. *За прогнозами спеціалістів, до 2025 р. кількість відходів зросте в 4—5 разів, а вартість їх переробки та зберігання — у 2—3 рази. Тому утилізація відходів стала глобальною екологічною проблемою.*

Значну проблему становить забруднення твердими відходами морів. Італійські фахівці-екологи в 1999 р. надали таку інформацію для природоохоронців: викинута в море скляна пляшка розкладатиметься 1000 років, папір — 3 місяці, сигаретні недопалки — 5 років, поліетиленові пакети — 10—20, нейлонові вироби — 30—40, металеві банки — 500, полістирол — 1000 років!

Особливої актуальності набула проблема транспортування, зберігання, переробки й поховання радіоактивних відходів. Через те, що сьогодні її не вирішено, призупинився розвиток атомної енергетики: за останні 5 років у світі не введено в дію жодного ядерного реактора, і навіть Франція (як уже зазначалося, вона колись зробила основну ставку на розвиток саме ядерної енергетики) 5 лютого 1998 р. оголосила про закриття найближчим часом

свої найбільшій АЕС. Сьогодні у світі щорічно утворюється ^{лизи} ^^и ^{ко} 10^{тис} - м³ радіоактивних відходів. Проблеми їх перерв^{Г14} ^^и поховання приділялася велика увага на Всесвітньому екол^{Г14} ^^и му ф^{РУ}мі В Ріо-де-Жанейро (1992), що ще раз підтверд^Д ^^и злобод^{енність} - яліід^а ^^и дедалі загострюється проблема відходів в Україні. З³ ^^и ^{на} в^к о^{ло} великих міст щороку поглинають близько 1500 г^з ^^и яка унаслідок цього стає небезпечним джерелом^{оТ} Р^ЄН^{то} ^^и д⁰ВКі^{ля}. Зі звалищ у повітря та ґрунтові води потрапляє а^{ня} ^^и хоксичних речовин — важких металів, продуктів розкл^а ^^и лаків, Ф Рб, гуми, пластмас. Звалища — це розсадник х^е Р^а ^^и твори^І* бактерій; тут утворюються токсичні гази, вин^{**}ка^а ^^и небезпечні для природи пожежі. вчасні ^^и проблему звалищ можна вирішити, збудувавши °У^{иза} ^^и відхо^і* Р^є Р^бні заводи з ефективними технологіями ути^Н ^^и спалювання, виготовлення корисних речовин (хоча нині ^^и д^Н ^^и наяв^иих технологій не можна вважати екологічно чистою)^{*} ^^и гостра достала проблема рекультивзації звалищ і викорИ^с ^^и тисяч гектарів звільнених від сміття площ землі. Це ^^и а^а ^^и здійснити лише за умови взаємодопомоги країн, співробітН^{**}Ц^и | взаємоконтролю й дотримання відповідних міжнародних У^У конвенцій.

^ Міжнародна торгівля відходами. В Декларації

ООН^{ООН} про^{ООН} довкіл^{ля} записано: держави відповідають за те, щоб діяльН^{*СТ1} ^^и іхніх територіях не завдавала шкоди довкіллю й в інших ^^и у вах. А-^{на} жал^ь > Д^е й принцип часто порушується, і не ті^ь ^^и випадках транскордонного перенесення шкідливих V^{e4} В^{йд} ^^и повіт(?^{яними} течіями або річками з одного регіону в ін^н ^^и ОстаН^{н,м}* часом поширилася торгівля токсичними відходаМ^и ^^и набуЛ^а міжнародних масштабів.

щоб обминути законодавчі акти, які забороняють б³ ^^и рольИ^е поховання токсичних відходів, а також не витратити в^н ^^и ких ^^и ошт^{ів} на їх утилізацію, виробники з розвинених ^^и Р^{авляють} в^п ^^и перегіР^{авством} ^^и відходи в держави з недосконалим еколо^{Г1} ^^и закон^о Д^{авством} а^о ж у ті країни, де є впливові злочинні е^{ем} ^^и ти (м#Фі^н)> котрі заради наживи йдуть на все, навіть на погіР^ш ^^и ня ст^н У Довкілля у власній країні.

Експорт токсичних відходів стримує розвиток екол⁰ ^^и чистИ* технологій і виробництв.

я?

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

- У 1990 р. близько 25 хімічних підприємств Західної Європи та США звалили понад 11 тис. т ртутно-свинцевих відходів у Іспанії, в районі Амадена, переправили 8 тис. контейнерів із токсичними речовинами в Нігерію.

- Організації «Грінпіс» відомо про тисячу з лишком спроб експорту смертоносних відходів по всьому світові.

- Сформувалася міжнародна мафія, що наживає величезні капітали на цьому брудному бізнесі. Часто платня за дозвіл на поховання відходів у кілька разів перевищує національний доход невеликих країн Африки, Азії, Південної чи Центральної Америки, і їхні керівники погоджуються на злочини проти довкілля.

Нині майже 90 держав заборонили ввезення на свою територію токсичних відходів. Україна не ввійшла до їхнього числа.

- Тому лише за останні роки здійснено близько 40 спроб поховати на її території токсичні речовини (230 т промислових відходів, понад 100 т хімікатів, непридатних для використання, 390 т пластикових упаковок і т. д.).

- З 1994 р. в Україну у великій кількості почали надходити імпортні пестициди, багато з яких заборонені на Заході, а в нас використовуються через відсутність відповідних законів, низькі вимоги до якості пестицидів, жадобу та екологічну неосвіченість деяких наших бізнесменів. Те саме стосується окремих продуктів харчування, що у величезній кількості ввозяться в Україну із західних країн, Туреччини, Китаю й т. д. Багато з них, за даними санепідслужб України, не мають сертифікатів якості, прострочені або не відповідають вітчизняним стандартам. До цих неякісних товарів останнім часом додалася ще й небезпечна трансгенна продукція.

- Токсичні відходи завозилися й у Росію, наслідком чого було отруєння ґрунтів, людей у кількох регіонах; порушено судові позови проти деяких іноземних компаній.

Зрозуміло, що необхідно вдосконалювати наше екологічне законодавство, посилити контроль за імпортом токсичних речовин і відходів, залучивши до цього широку громадськість. Та все ж найкращий спосіб позбутися відходів — це взагалі не виробляти їх.

Сільське господарство

Упродовж своєї тривалої історії людство не мало вірнішого союзника, захисника й друга, ніж його земля. Почуття синівської відданості матінці-землі стало передаватися генетично, з покоління в покоління. І якими ж тільки словами наші предки її не величали! Вона для них і вічна, і свята, і рідна, і годувальниця!

**І. Друїде,
молдовський письменник**

Сільське господарство — одна з найважливіших галузей матеріального виробництва, що забезпечує нас продуктами харчування рослинного й тваринного походження, а багато галузей промисловості — сировиною.

Коли за часів неолітичної революції (7—8 тис. років до н. е.) землероби почали вирощувати перші окультурені рослини, населення Землі становило близько 4 млн чоловік. Сьогодні така кількість людей народжується за 10 днів. *Якщо подібні темпи зростання населення планети збережуться й у майбутньому, то, аби нагодувати його, працівникам сільського господарства треба буде лише протягом перших двох десятиліть XXI ст. виробити стільки продуктів харчування, скільки їх було вироблено за всі попередні 10 тис. років історії цивілізації.*

Одна з провідних галузей сільського господарства — це рослинництво. Серед кількох сотень культурних рослин, що вирощуються на різних материках, основну масу харчової продукції дають такі рослини, як рис, пшениця, кукурудза, картопля, овес, ячмінь, цукрова тростина, соя, сорго, маніок, батат. Слід наголосити, що в природі є величезна кількість їстівних рослин, які або взагалі сьогодні не споживаються людьми, або ж використовуються вкрай мало, переважно нечисленними місцевими племенами. Лише в зоні вологих тропічних лісів ботаніки й етнографи зібрали відомості про 80 тис. видів таких рослин! Оскільки площа тропічних лісів скорочується з катастрофічною швидкістю, ми в найближчому майбутньому можемо втратити це величезне багатство, так і не встигнувши скористатися ним.

Інша небезпека, що чатує на людство, — це збіднення генетичного фонду рослин і тварин. Так, відомо 28 видів пшениці (5 дикорослих і 23 культурних). Протягом історії з цих видів

селекціонери вивели 22 тис. сортів. Звичайно ж, рільники висівають найурожайніші сорти. І як наслідок, величезні площі землі займають генетично одноманітні рослини, так звані *монокультури*. Вони дають змогу за короткий час досягти максимальних урожаїв. Але будь-які несприятливі зміни в природному середовищі (кліматичні, наприклад, або поява нових збудників хвороб чи шкідників) можуть завдати величезної шкоди монокультурі, а то й цілком знищити її на величезних площах. Історія сільського господарства багата на подібні приклади.

• У 1970 р. в С Ш А врожай кукурудзи на половині плантацій від Флориди до Техасу загинув від навали нового патогенного гриба. Оскільки більшість полів було засіяно кукурудзою одного сорту, а він виявився вразливим саме для цього гриба, епідемія поширилася зі швидкістю лісової пожежі, й загальні збитки фермерів становили 1 млрд доларів. •> У 1845 р. в Ірландії врожай картоплі — основного продукту харчування місцевих жителів — був знищений грибковим захворюванням, збудника якого випадково завезли з Мексики. Тоді від голоду померло близько 1 млн ірландців, багато хто назавжди виїхав до С Ш А та інших країн.

Упровадження монокультур, зведення тропічних лісів, урбанізація, будівництво великих водосховищ, що заливають тисячі гектарів родючих земель, інші негативні прояви людської діяльності призводять до небезпечного збіднення генофонду (або так званої «генетичної ерозії») планети. *За підрахунками ботаніків, до середини ХХІ ст. можуть зникнути 250 тис. видів рослин.*

Гонитва за максимальними врожаями, порушення правил агротехніки, застосування важких сільськогосподарських машин, непродумана меліорація, перевипас худоби тощо призводять до втрати основного багатства людства — родючих ґрунтів. Учені встановили, що для утворення ґрунтового шару завтовшки 18 см природі потрібно в середньому від 1400 до 7000 років. Людина ж здатна виснажити, знищити шар ґрунту такої товщини за один-два сезони. *Підраховано, що порівняно з тими 1,5 млрд га земель, які використовуються тепер для вирощування сільськогосподарських культур, майже 2 млрд га за історичний період було втрачено, виведено із сівозмін, перетворено на пустелі. В наш час через вітрову й водну ерозію, будівництво міст, доріг, аеродромів, кар'єрів, промислових об'єктів у світі щомісяця втрачається від 5 до 7млн га родючих земель.*

Величезної шкоди завдано землям України: • за останні 25 років загублено майже 500 тис. га сільськогосподарських угідь; на 9 % знизився вміст гумусу в ґрунті; • від водної ерозії потерпає 29 % орних земель; • 10 млн га земель на півдні країни періодично уражаються пиловими бурями.

Спеціалісти ООН виокремили головні небезпеки, що нависли над сільським господарством основних регіонів Землі:

- Європа — промислове забруднення земель, знищення лісів;
- Північна Америка — поширення монокультур;
- Південно-Західна Азія — перенаселення, перевипас худоби, загроза генофондові;
- Південно-Східна Азія — загибель тропічних лісів, «генетична ерозія»;
- Південна Америка — зведення тропічних лісів, зникнення традиційних сортів культурних рослин;
- Африка — перенаселення, знищення тропічних лісів, перевипас худоби, спустелювання.

Ще одна серйозна проблема полягає в перехімізації сучасного сільського господарства. На зміну перевіреним віками схемі землекористування — земля—зерно—гній—земля — прийшла неприродна, виснажлива для ґрунтів схема: земля—зерно—мінеральні добрива—зерно—більше мінеральних добрив і т. д. При цьому культурні рослини засвоюють усього близько 40 % хімічних поживних речовин, що містяться в мінеральних добривах. Решта ж 60 % вимивається з ґрунту й потрапляє у водойми, забруднюючи їх. Надмірне застосування мінеральних добрив, зокрема азотних, призводить до збільшення вмісту нітратів у продуктах харчування, а це небезпечно для здоров'я людини.

Для захисту врожаю від шкідників сучасне сільське господарство застосовує дедалі більше хімічних засобів боротьби — так званих пестицидів хлороорганічного, фосфороорганічного та іншого складу. Навантаження їх на ґрунт стає нестерпним. Так, вирощуючи озиму пшеницю, інколи вносять близько 6—10 кг пестицидів на 1 га землі, а під овочеві культури — 45—50, плодіві — 165 кг/га! Але ж на отруєній землі не може вирости неотруєний колос або плід!

Величезна кількість речовин, які пропонує сучасна хімія сільському господарству, — мінеральні добрива, пестициди, антибіотики, гормони, стимулятори та інгібітори розвитку, кормові

дріжджі й багато інших — урешті-решт потрапляють в організм людини й загрожують не лише нам, а й нашим нащадкам. До того ж комахи та інші шкідники сільського господарства швидко адаптуються до хімічних засобів боротьби з ними, з'являються різновиди шкідників, на які отрута вже не діє, тому доводиться збільшувати її дозу або застосовувати нові, ще отруйніші засоби.

- Близько 500 видів шкідників уже виробили імунітет проти одного або кількох видів отрутохімкатів, частина — до всіх без винятку. За прогнозами вчених, у найближчому майбутньому всі основні вороги врожаю (шкідники, бур'яни, збудники захворювань) стануть несприйнятливими до хімічних засобів захисту рослин. То навіщо ж отруювати землю?

Розуміючи, що подальше нарощування хімізації й так уже перехімізованого сільськогосподарського виробництва завело в глухий кут, деякі аграрні організації, фермери як на Заході, так і в нас стають на шлях так званого *альтернативного сільського господарства*. Його прихильники мають намір домогтися вирішення таких завдань:

- «екологізації» й «біологізації» сучасного землеробства, тобто воно має стати нешкідливим для природного середовища й забезпечувати споживача чистими продуктами харчування;
- розвитку землеробства на основі максимальної утилізації всіх відходів, що утворюються в господарстві;
- підвищення рентабельності господарства, забезпечення його виживання.

Суть альтернативного землеробства полягає в цілковитій або частковій відмові від синтетичних мінеральних добрив, пестицидів, регуляторів росту й харчових добавок. Комплекс агротехнічних прийомів базується на строгому дотриманні сівозмін, уведенні в них бобових культур для збагачення ґрунту азотом, застосуванні гною, компостів і сидератів, проведенні механічних культивувань і захисті рослин біологічними методами.

При цьому ґрунт розглядається майже як живий організм зі складними фізико-хімічними й біологічними процесами. Прихильники альтернативного землеробства вважають, що удобрювати слід не рослини, а ґрунт, і виходять із принципу: «Від здорового ґрунту — до здорових рослин, тварин і людини». Таке дбайливе ставлення до землі-годувальниці здавна було притаманне українському землеробові й збереглося донині серед справжніх трудівників сільського господарства України.

Прихильники альтернативного землеробства для підживлення рослин використовують тільки «натуральні» добрива: крім гною та компосту, ще й кістяне борошно, вапняк, розмелений до борошна базальт, глауконітовий пісок, золу водоростей, рибну емульсію тощо. Для боротьби зі шкідниками й хворобами також вдаються тільки до природних засобів — тютюновий пил, часник, піретрум, відвари кропиви, полину. Заохочується широке застосування біологічних методів боротьби зі шкідниками, зокрема за рахунок розведення комах, бактерій і вірусів — ворогів цих шкідників.

Незважаючи на нижчу врожайність і вищу трудомісткість альтернативного землеробства, його продукція має дедалі більший попит у населення: люди згодні доплачувати за гарантію високої якості й безпечності.

§ 4.5 **Транспорт**

*Цивілізоване людство нині в чомусь схоже на дитину,
що отримала до свого дня народження занадто багато іграшок.*

Дж. Томе он,
англійський фізик

Наш час характеризується небаченими масштабами транспортних перевезень — як вантажних, так і пасажирських. Значна їх частина є безпосередньою складовою процесу виробництва — промислового й сільськогосподарського. Надзвичайна мобільність властива й людям: зростають швидкості й вантажопідйомність автомобілів, літаків, суден. Відповідно збільшуються й масштаби шкоди, якої вони завдають природі (табл. 4.3). Пригадаймо, що один з екологічних законів Б. Коммонера стверджує: за все потрібно платити. І за зростання обсягу вантажоперевезень, за швидкість і комфорт люди розплачуються здоров'ям, оскільки забруднюються практично всі земні сфери. • Так, лише один сучасний реактивний пасажирський літак протягом восьмигодинного польоту з Європи в Америку «з'їдає» від 50 до 75 т кисню, викидаючи натомість в атмосферу десятки тонн вуглекислого газу, оксидів азоту та інших шкідливих сполук. • Легковий автомобіль «Волга» забирає з повітря

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

кисню в сто разів, а вантажівка ЗИЛ-130 — у 200 разів більше, ніж одна людина.

Таблиця 4.3

Внесок різних видів транспорту в забруднення атмосфери Землі

Вид транспорту	Масова частка викидів, %				
	CO	вуглеводнів	SO ₂	NO _x	аерозолів
Автомобільний	89,5	82,1	72,6	44,4	78,5
Залізничний	0,4	2,6	7,7	ПД	7,1
Водний	2,2	6,4	2,2	33,3	–
Повітряний	1,4	2,6	1,0	–	7,1
Інші	6,5	6,3	16,5	11,2	7,3

Автомобілі є винуватцями 40 % забруднень атмосфери великих міст, таких як Київ. За даними статистичної служби, в Києві в 1965 р. було 10 автомобілів на тисячу жителів, у 2000 р. — 150. За розрахунками розробників генплану забудови Києва, в 2020 р. на кожну тисячу киян припадатиме 300 автомобілів. *Підраховано, що якби всі вихлопні труби автомобілів, котрі «бігають» вулицями Києва, з'єднати в одну, то утворився б жахливий кратер діаметром 25 м, з якого вивергається 110 тис. т шкідливих газів на рік.* Становище погіршується ще й тим, що автомобільні викиди концентруються в приземному шарі повітря — саме в зоні нашого дихання. До того ж вітчизняні автомобілі екологічно набагато «брудніші» від багатьох західних моделей: вони витрачають більше палива на 100 км шляху, отож дужче забруднюють повітря. Втім, багато які іномарки, що заповнили наші вулиці, являють собою вже зношені екземпляри, двигуни яких спрацьовані й тому сильно забруднюють повітря. До цього часу в нас використовується переважно вкрай шкідливий етильований бензин, який забруднює повітря свинцем. Двигуни автомобілів часто бувають погано відрегульованими, тому в їхніх вихлопних газах міститься багато CO, сажі тощо.

Мережа автомобільних доріг і залізниць займає великі площі землі, яку можна було б використати раціональніше, скажімо, для вирощування сільськогосподарських культур або лісу. *Так, для прокладання навіть найпростішої дороги завширшки 4 м на кожні 2,5 км траси треба вирубати 1 га лісу!* А що вже казати про

сучасні шестисмугові швидкісні хайвеї! Дорожні насипи часто є причиною підтоплення ґрунтовими водами й заболочування прилеглих ділянок. На дорогах гине багато диких тварин, які потрапляють під колеса машин, птахів, що зіштовхуються з ними в польоті.

Водне середовище дуже забруднюють великотоннажні вантажні судна, особливо нафтові танкери. Аварії таких танкерів уже призводили не до однієї екологічної катастрофи — згадаймо аварії танкерів «Амоко кадіс» біля узбережжя Франції (1978 р.) чи «Екссон валдіз» поблизу узбережжя Аляски (1990 р.). Зростання обсягів перекачування нафти, нафтопродуктів, природного газу тощо системами трубопровідного транспорту пов'язане зі збільшенням діаметра труб і застосуванням дедалі більших тисків при перекачуванні, що загрожує великомасштабними аваріями (приклади — вибух бензопроводу в Челябінській області в 1995 р. чи забруднення величезної площі земель нафтою, яка витекла з пошкодженого нафтопроводу в республіці Комі на півночі Росії в 1994 р.).

Негативно впливають на озоновий шар атмосфери висотні польоти літаків, запуски космічних кораблів і військових балістичних ракет. *Підраховано, що в результаті 100 запусків поспіль космічного корабля «Спейс Шаттл» майже щент зруйнувався б захисний озоновий шар Землі.*

Не можна не згадати про посилення негативного впливу на довкілля ще одного виду транспорту — трубопровідного. Лінії потужних сталевих трубопроводів, які транспортують газ, нафту, аміак, промислові відходи та інші речовини, на сотні й тисячі кілометрів простяглися вздовж доріг, перетинаючи десятки річок, долин, гірські райони й морське дно в найрізноманітніших куточках планети. Вони споруджені на Алясці й у Сибіру, вони пролягли від Тюмені до Уралу й від Уралу до центру Європи, вони перетинають Карпати й Альпи, простягаються вздовж узбереж Каспію, Чорного, Середземного, Північного морів і Балтики, узбереж Тихого океану й Атлантики, вони є в Америці й Азії, Африці й Австралії. І всюди останніми роками лінії трубопроводів стали зонами особливого екологічного ризику.

Незважаючи на високу міцність, ці могутні трубопроводи (діаметр труб — переважно понад 1—1,5 м, їхня товщина — 1,5—2 см, тиск усередині — кілька атмосфер) із часом просідають (особливо — в зонах мерзлих або різнопородних тріщинуватих ґрунтів, під вагою й через різницю температур), тріскаються на

стиках, кородують унаслідок підвищеної кислотності повітря чи несприятливих кліматичних умов. У місцях пошкодження труб на прилеглі території виливається велика кількість забруднювальних речовин, а оскільки це трапляється далеко від населених пунктів, у лісі, в горах, то через неможливість оперативно ліквідувати аварію шкода, завдана довкіллю, буває величезною. Газовикиди часто супроводжуються вибухами й пожежами, нафта нищить водні екосистеми й пернатих. А в останні роки багато аварій і нещасть було пов'язано із зумисними пошкодженнями нафтопроводів — викраданням нафтопродуктів (Україна, Тюмень).

§ 4.6. і Військова діяльність

Неможливо допустити, аби щось, створене заради ненависті, могло бути міцним. Тільки творення, а не нищення, може дати силу для вільної думки.

М. К. Реріх,
видатний громадський діяч,
живописець, археолог, мандрівник

Найбільшою ганьбою людської цивілізації є війни. Вчені підраховали, що за останні 6 тис. років люди жили в мирі лише 292 роки. Вони «звикли» до воєн і досі ще не дуже глибоко усвідомили, що в сучасній світовій війні, якщо її розпалить, переможців не буде.

Будь-яка військова діяльність урешті-решт завдає шкоди біосфері, й передусім людині, тому за своєю суттю вона має антиекологічний характер.

За оцінками вчених, війни забрали життя більш як 3,6 млрд чоловік. У цих війнах знищено матеріальні цінності на фантастичну суму 115,13 квінтільйонів (!) доларів (цієї суми вистачило б, щоб забезпечити сучасне населення Землі всім необхідним на кілька тисяч років!). Але ніякими сумами неможливо оцінити втрати культурних цінностей, знищених під час воєн: бібліотек із накопиченими впродовж віків знаннями, шедеврів архітектури, творів мистецтва й т. д.

• У Першу світову війну (1914—1918 рр.) було втягнуто 38 країн. Бойові дії велися на території площею 4,1 млн км².

Із мобілізованих 74 млн чоловік загинуло 9,5 млн, іще 20 млн померло від ран і хвороб. Уперше застосовано хімічну зброю, якою уражено 1,3 млн чоловік.

• Друга світова війна (1939—1945 рр.) охопила вже 61 держа-ву й понад 80 % населення Землі. Воєнні дії велися на території площею 22,6 млн км². Із мобілізованих 110 млн чоловік загинуло 55 млн. Матеріальні збитки становили понад 316 млрд доларів (у цінах 1938 р.). Вперше застосовано атомну зброю проти мир-ного населення японських міст Хіросима й Нагасакі, здійснено перші спроби ведення бактеріологічної війни японськими міліта-ристами.

Вже під час Другої світової війни стало зрозуміло: гинуть не лише люди, гине або стає непридатним середовище їхнього жит-тя. І хоча спеціальної мети — завдати противникові екологічної шкоди — тоді не ставилося, деякі воєнні дії можна розцінювати саме так (руйнування німцями дамб у Голландії, знищення лісів і посівів у Польщі, Норвегії, Франції й СРСР, штучне створення вогняних смерчів авіацією союзників при бомбардуванні Гамбур-га й Дрездена).

Схоже на те, що дві світові війни нічому не навчили людей. Після 1945 р. відбулося принаймні 150 «локальних» воєнних конфліктів, які забрали життя більш як 20 млн чоловік. Кілька разів (у 1948, 1954, 1961, 1962, 1973 рр.) світ стояв біля небезпечної межі, за якою мог-ла спалахнути пожежа третьої світової війни. На щастя, цього не сталося.

Дедалі зростають так звані «небойові втрати» у війнах, тобто загибель мирного населення. Якщо в Першій світовій війні жертви серед мирного населення становили 5 % у загальній масі втрат, то в Другій світовій — уже 50 %. А в деяких сьгоднішніх локальних конфліктах, за даними ООН, на кожного загиблого солдата припа-дало дев'ять загиблих мирних жителів.

Сьгоднішня війна жахлива тим, що противники так і не побачать облич одне одного. Після натискання червоної кнопки решту дороблять автомати.

**Є. О. Євтушенко,
російський поет**

Сучасна війна й підготовка до неї стають дедалі дорожчими. Розробка, виготовлення й випробування нових видів зброї лягає непосильним тягарем на економіку країн світу. *Так, за даними*

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

ООН, світ сьогодні витрачає 1 трлн доларів щорічно на розробку та виготовлення зброї, утримання армій і фінансування воєнних конфліктів. За офіційними даними США, на виготовлення й випробування ядерної зброї тільки з 1943 по 1997 р. ними було інвестовано 5,5 трлн доларів.

Про розміри сум, які витрачаються на військові потреби, порівняно з тим, що можна було б здійснити на ці гроші, дають уявлення цифри, наведені нижче (дані ООН).

<i>Військові потреби</i>	<i>Цивільні потреби</i>	<i>Вартість проекту, млрд (у доларах)</i>
Американська програма створення винищувача «Стеле»	2/3 Програми США для отримання чистої води	68
Щорічні військові витрати Німеччини	Очищення Північного моря (німецької його частини)	ю,7
Військові витрати країн—членів ЄЕС за 10 днів	Установлення 80 тис. ручних насосів у країнах, що розвиваються, для забезпечення питною водою	12

На військові потреби у світі щорічно витрачається 2—3 % енергетичних ресурсів, 3—4 % запасів нафти. До 3 % території розвинутих країн відводиться під військові бази, склади, полігони тощо, причому це переважно родючі землі або лісові масиви. На планеті військові займають близько 42 млн га суші. Витрати на військові потреби у світі в 2,5 рази перевищують витрати на охорону здоров'я і в 1,5 рази — на освіту. І це в той час, коли мільйони людей недоїдають, не отримують медичної допомоги, п'ють забруднену воду й живуть у жахливих умовах. На підготовку до війни витрачаються найкращі матеріали, застосовуються новітні технології, використовується розум найталановитіших учених. Усе це відволікає від вирішення найболючіших екологічних проблем людства.

Але найбільша небезпека полягає в злочинних планах сучасних мілітаристів використати для війни потаємні, глибинні сили природи. Розробляються й уже частково апробуються способи безпосереднього впливу на природу з метою агресії, методи зміни клімату, впливу на газообмін і тепловий



баланс атмосфери та гідросфери, створюється «геофізична» зброя. На шпальти світової преси потрапили дані про досліді військових, спрямовані на провокування землетрусів на території противника, вивержень вулканів, утворення тайфунів, «дір» в озоновому шарі Землі й т. д.

Розроблено безпрецедентні за силою ураження отрути й зразки бактеріологічної зброї. •> Так, 1 г ботулотоксину достатньо, щоб умертвити 8 млн чоловік. • У разі розпилення над населеним пунктом 1 г устричної отрути миттєво загине 1,5 тис. чоловік, а 1 г політоксину (отрута, виділена з безхребетних) достатньо для знищення 100 тис. чоловік. • Є відомості, що під завісою секретності у військових біологічних лабораторіях досліджуються принципово нові препарати, проти яких немає вакцин: отрута мексиканських павуків, різновиди бацил чуми, на які не діють перепади температури та наявні антибіотики.

• Не можна не згадати ще про один жахливий факт, що став широко відомим світовій громадськості: це розробка секретними військовими лабораторіями (й навіть цілими науковими інститутами) різних методів і засобів (хімічних, електромагнітних та інших) впливу на психіку людей. Є свідчення того, що вже винайдено (і випробувано!) методи, устаткування й препарати, які дають змогу масово впливати на психіку людей, обертати їх на «зомбі». Цей вид зброї — найбільш нелюдський і протиприродний.

• Своєрідною лабораторією для вироблення методів сучасних воєнних дій і випробувань новітньої зброї стала війна США в Індокитаї (1964—1975 рр.). Там було скинуто понад 21 млн авіабомб і випущено 229 млн снарядів загальною масою 15 млн т, що втричі перевищує кількість боеприпасів, використаних на всіх фронтах Другої світової війни. Над В'єтнамом, деякими районами Лаосу й Камбоджі було розсіяно близько 100 тис. т різних хімікатів з метою знищити ліси, посіви рису тощо. В результаті загинула рослинність на 360 тис. га сільськогосподарських земель, загублено 70 % гаїв кокосових пальм, знищено тропічні ліси на колосальних площах. Особливо небезпечним виявився дефоліант «ейджент оранж», від якого гинули не лише дерева, а й потерпіло близько 2 млн чоловік, у тому числі й 60 тис. американських солдатів, котрі мали справу з хімікатом.

У 1971 р. військові США почали застосовувати у В'єтнамі авіабомби масою 7 т з метою утворення майданчиків для посадки гелікоптерів. Розриваючися за метр від поверхні землі, така

бомба не утворює вирви, але буквально «здуває» всю рослинність у радіусі 65 м. Тут же почали застосовуватися надпотужні (масою 33 т) бульдозери, здатні викорчувувати й згрібати дерева будь-якого розміру. За кілька років такими бульдозерами було зрізано 325 тис. га тропічних лісів (2 % території країни).

Знищення рослинності істотно вплинуло на екологічний баланс В'єтнаму. Посилилася ерозія й підвищилася кислотність ґрунтів, отрутохімікати порушили їхній мікробний склад. Із 150 видів птахів, які мешкали у В'єтнамі, залишилося тільки 18. Рівнинні тропічні ліси тут зможуть відновитися не раніше, ніж через 100 років, а в гірських районах, де колись росли ліси, ґрунти дощенту змито, й рослинності тут ніколи не буде.

- Під час війни в Перській затоці (1991 р.) воячина Саддама Хусейна розглядала знищення екосистеми Кувейту вже як ефективний засіб ослаблення противника. Відступаючи, іракська армія підірвала динамітом і підпалила близько 700 потужних нафтових свердловин. У результаті цього жахливого експерименту спалахнула найстрахотливіша за всю історію людства пожежа: 6 млн барелів (близько 1 млн т) нафти шодня, згоряючи, перетворювалися на задушливий чорний дим. Фонтани полум'я, які сягали висоти 100 м, щоденно викидали в атмосферу 50 тис. т діоксиду сірки (головний компонент кислотних дощів), 199 тис. т сажі, 80 тис. т вуглекислого газу. Цю пожежу вдалося загасити аж через півроку. Дим від Кувейту доходив до Кашміру (за 2 тис. км), де випадали чорні дощі. На поверхні як пустелі, так і Перської затоки утворилися гігантські озера й плями нафти, загинуло безліч морських тварин (риби, крабів, лангустів, черепах), птахів. Високотоксичні забруднювачі повітря (озон, кислі аерозолі, канцерогенна сажа тощо) спричинили масові отруєння й захворювання людей.

Непоправної шкоди біосфері завдали наземні, підземні й підводні випробування ядерної зброї, які проводили США, Радянський Союз, Велика Британія, Франція й Китай. *З 1945 по 1981 р. у світі було здійснено 1315 ядерних вибухів.* Величезна кількість радіоактивних речовин, викинутих в атмосферу, ще й досі осідає в усіх куточках земної кулі. Не меншої шкоди завдали й ще завдадуть радіоактивні відходи військового виробництва, скидання в моря та океани відпрацьованих ядерних реакторів підводних човнів, тисяч контейнерів із радіоактивними відходами, атомні підводні човни, що потрапили на дно океанів після

пожеж і аварій. *За офіційними даними США, їхня військова промисловість лише протягом 80-х років виробила 450 тис. т шкідливих відходів, що перевищує загальну кількість відходів американських хімічних компаній, разом узятих.*

З огляду на те, що на військових складах нагромаджено колосальні запаси зброї, вибухових речовин, боєприпасів, у тому числі хімічних і ядерних, велику тривогу викликає проблема їх охорони, знешкодження, обслуговування тощо. Особливо гострою вона є на території колишнього СРСР, де запанували безлад, крадіжки, безвідповідальність військових і т. д. Прикриваючися завісою секретності, військові власті не давали жодної інформації про стан цих складів. Але в наш час існування супутникової розвідки таку інформацію приховати неможливо. • Світовій громадськості відомо про катастрофу на складах ракет у Североморську 13 травня 1984 р., коли вибухи ракетних сховищ стали причиною поранень і смерті сотень військовослужбовців. • > Приблизно в той самий час у Білорусі (в районі Бобруйська) прогрімів потужний вибух на складах військового аеродрому. • А в травні 1992 р, поблизу Владивостока зайнялися й почали вибухати склади з тисячами тонн артилерійських снарядів. Пожежа й вибухи тривали дві доби (було знищено 9 підземних сховищ і 7 наземних складів боєприпасів).

Від діяльності військових дуже потерпіла й природа України. • Так, розташовані поблизу Білої Церкви (в Узині) та неподалік Прилук бази стратегічних бомбардувальників забруднили авіаційним паливом ґрунти й навіть підземні води: воду з колодязів у цих місцевостях пити неможливо — вона наполовину складається з гасу; нафтопродукти витікають із балок і ярів. • > Така сама картина спостерігається навколо військових аеродромів і ракетних баз поблизу Луцька, Бродів, Червонограда, деяких сіл на Житомирщині, Чернігівщині, Сумщині. • Військові полігони, стрільбища, станції стеження руйнують чудову українську природу в Медоборах, Криму (район Карадагу) та в інших місцях.

Новий етап у розвитку проблеми «екологія—війна» пов'язаний з освоєнням людиною космічного простору. Не секрет, що від самого початку практична космонавтика потрапила до рук військових; абсолютна більшість виконуваних нею програм і діючих супутників мають воєнне призначення. Запускаються сотні супутників-«шпигунів», розробляються нові види так званої «космічної» зброї — лазерні гармати з ядерною начинкою для

знищення ворожих ракет тощо. Вже відомі випадки зараження ділянок Землі внаслідок падіння супутників із плутонієвими генераторами. Близький космічний простір сьогодні заповнюють тисячі супутників, які відпрацювали свій строк, деталей ракет-носіїв та інше «космічне сміття», що вже стало загрозою під час польотів, а ядерні вибухи, які в 60-ті роки провадив колишній СРСР у верхніх шарах атмосфери, спричинили істотні порушення магнітосфери й радіаційних поясів Землі.

Україна проголосила намір стати без'ядерною державою й значно скоротити свої збройні сили. Виконати це надзвичайно складно, враховуючи нинішню економічну кризу, яку переживає наша країна, а також те, що за часів СРСР на її території нагромаджено багато зброї, боєприпасів, військової техніки. Актуальним є також прийняття закону про обмеження впливу мілітаристичної пропаганди, особливо на молодь. Це стосується, зокрема, й дитячих іграшок, і жорстоких військових сюжетів у мультфільмах, дитячих книгах та іграх.

Ще одна серйозна проблема, пов'язана з військовою діяльністю, — це «підвищена мінна небезпека» на планеті, як її названо в недавній резолюції ООН. Йдеться про те, що на території країн, де останніми роками відбувалися «локальні» військові конфлікти, залишилося дуже багато мін. Експерти ООН оцінюють їхню загальну кількість у 100 млн (!), із них 50 млн — на землі Камбоджі, 10 млн — в Афганістані, 9 млн — в Анголі й т. д. Близько 90 % цих мін — протипіхотні, тобто такі, від яких гинуть або калічаться люди, здебільшого мирні жителі. *За оцінками міжнародної гуманітарної організації «Оперейшн хендікеп інтернейшнл», за останні 15 років, підірвавшись на мінах, загинуло далеко за 1,5 млн чоловік, а втричі більше покалічилося. Серед цих жертв багато дітей.*

«Завдяки» зусиллям військових учених і конструкторів сучасні міни стають чимдалі небезпечнішими. Так, винайдення надзвичайно потужних вибухових речовин дало змогу зробити міни мініатюрними. Маса сучасної протипіхотної міни становить усього 9—10 г, але, вибухаючи, вона здатна скалічити людину. Ці міни розсіюються на місцевості з літака або гелікоптера, тисячами закидаються за допомогою артилерійських чи ракетних установок на 10—20 км. Наприклад, один залп німецької ракетної системи «Ларс» розсіює 160 тис. протипіхотних мін на площі 16 км² на віддалі 15 км від установки.

Ці міни не мають жодних металевих деталей і тому не виявляються міношукачами. Розмінування місцевості від сучасних мін — дуже небезпечна й дорога справа. Якщо сучасна міна-«малятко» коштує лише 3 долари, то витрати на розмінування, в тому числі на підготовку персоналу, матеріально-технічне забезпечення й допоміжні матеріали, сягають 300—1000 доларів на одну міну! Такі витрати, котрі обчислюються загалом багатьма мільйонами доларів, не під силу країнам, що розвиваються, й тому великі території лісів, родючих земель не використовуються, а це ще більше загострює там соціально-економічні проблеми. Саме розмінування не лише потребує великих коштів, а й не обходиться без людських жертв. • Наприклад, у Кувейті, де під час війни в Перській затоці було встановлено близько 7 млн мін, загинуло 84 спеціалісти з розмінування.

1 березня 1999 р. набув чинності Договір про заборону розробки, нагромадження й застосування протипіхотних мін. Його вже підписали 130 країн, у тому числі й Україна.

Наприкінці ХХ ст. у світі з'явилася нова страшна зброя, яка за своєю руйнівною силою не має аналогів. Застосування такої зброї спричинило 6 глобальні катастрофи — як соціально-економічні, так і екологічні. Вона здатна викликати землетруси, урагани, повені, смерчі. В її основі лежить ідея використання високочастотного радіовипромінювання (ВЧРВ) величезної концентрації для передавання вибухової енергії на необмежені відстані з метою руйнування всяких об'єктів. Ця ідея належить американському фізику хорватського походження Ніколі Теслі (1856—1943), геніальному вченому, видатному винахідникові й людині виняткових здібностей: він пам'ятав усю таблицю логарифмів і міг зачитувати будь-яку сторінку зі щойно прочитаної книжки.

Ідею передавання величезних вибухових енергій на далекі відстані Н. Тесла виношував для суто оборонних цілей. Він вважав, що широке впровадження винайдених ним технологій і техніки зробить війни як такі безглуздими, бо країна, котра володітиме його розробками, буде захищеною від усіх видів зброї.

Проте геніальний задум Н. Тесли обернувся лихом для людства. В 60-ті роки колишній СРСР і США почали активну реалізацію ідеї використання ВЧРВ для знищення «агресивних» об'єктів, розгорнувши широкомасштабні й високовартісні наукові дослідження та експерименти. Як радянськими, так і американсь-

кими вченими-фізиками було розроблено теоретичні основи модифікації іоносферної плазми потужним короткохвильовим радіовипромінюванням (розігрівання плазми до надвисоких температур). При цьому в іоносфері (верхній шар атмосфери, що впливає на поширення радіохвиль) мають відбуватися значні зміни, природу яких іще недостатньо вивчено, але жахливі наслідки цілком прогнозовані. Тож ідеться про розробку нового виду страшної геофізичної зброї, принцип дії якої ґрунтується на розігріванні іоносферної плазми.

Уже в 80-х роках американці спорудили в Норвегії (член НАТО) поблизу м. Тромс нагрівальний радіокомплекс потужністю до 2 МВт, а в колишньому Радянському Союзі створено аналогічний комплекс «Сура» потужністю 0,8 МВт. У 90-х роках, після розвалу СРСР, у Росії дослідження й експерименти в цій сфері було припинено, а в США, навпаки, активізовано. В 1999 р. на Алясці введено в дію першу чергу ще одного нагрівального радіокомплексу HAARP потужністю 3,6 МВт: на площі 13 га встановлено 180 антен короткохвильового діапазону, заввишки 24 м, з найсучаснішим радіообладнанням для спостереження та впливу на нижню частину іоносфери в полярних зонах (можуть розігріти іоносферну плазму до надвисоких температур). Якраз цей шар атмосфери («атмосферний коридор») використовується як відбивач радіохвиль при здійсненні далекого зв'язку й саме в ньому за допомогою ВЧРВ є змога не лише внеможливити керування космічними польотами, системами, ракетами, літаками, а й цілком знищити власне ракети, літаки, супутники, космічні комплекси.

На території Гренландії американці завершують спорудження третього нагрівального радіокомплексу потужністю вже 10^6 Вт! (Радіовипромінювання одного лише HAARP потужністю 3,6 МВт у діапазоні своїх частот більш як на 12 порядків перевищує природний фон радіовипромінювання. Тому навіть наукові випробування такого комплексу можуть бути катастрофічними для нашої планети.)

Фахівці вважають, що установки в Норвегії, Гренландії та на Алясці створять систему-контур, яка повністю «покриє» територію Євразії разом із Китаєм. «Бойовими» факторами цієї системи можуть бути плазмові утворення, складні топологічні структури з потужним магнітним зарядом. Із підводного човна в районі Північного полюса надсилається радіоімпульс, який має розігріти

іоносферну плазму, а потім згенеровані плазмові утворення збираються в канал і відправляються в «потрібному напрямі» за допомогою антенних комплексів, розміщених на Алясці, в Гренландії та Норвегії. В районах, куди спрямовані енергетичні потоки небаченої потужності, відбуваються аварії та деструкції енергомережі на величезних територіях, зупинення виробництв і систем життєзабезпечення, техногенні катастрофи, аварії на нафто- й газопроводах, АЕС, сховищах, військових базах. Можуть змінитися рози вітрів на великих висотах, погодні умови, виникнути катастрофічні природні явища. Нарешті, радіохвилі наднизьких частот, які відбиваються від іоносферного шару, можуть стати психотропною зброєю.

Розробники системи самі визнають, що використання комплексів ВЧРВ типу HAARP може мати катастрофічні екологічні наслідки: непередбачувані зміни магнітного поля Землі, посухи, повені, виверження вулканів, землетруси. Отже, за їх допомогою можна за кілька років знищити не лише економіку будь-якої держави, а й регіональні екосистеми.

Тому необхідні гласність і контроль з боку як ООН, так і всіх природоохоронних організацій світу, за розробкою й випробуванням високочастотних радіовипромінювальних систем, хоч би під яким офіційним прикриттям і хоча б де вони проводилися, бо на карті — доля не лише окремих держав, а й біосфери та всього людства.

§ 4 , 7 ^ Наукова діяльність

Наука без совісті нівечить душу.

**Ф. Рабле,
французький
письменник-гуманіст (XVI ст.)**

Вираз «Ми живемо у вік науки» від частого вживання сприймається вже як журналістський штамп. Нерідко повторюється також висловлювання про те, що в наш час наука стала безпосередньою продуктивною силою. Дійсно, під впливом науки життя людини радикально змінилось,

особливо протягом кількох останніх століть. Але сподівання наших предків на те, що наука стане для людства панацеєю від усіх бід, не справдилися. Зокрема, якщо проаналізувати, який процент від загальних витрат на потреби науки припадає на дослідження життєво важливих для людини проблем, то стає моторошно. Адже лєвова пайка грошей, виділених на розвиток науки, поглинається військово-промисловим комплексом. Найкращі вчені з найсучаснішим науковим обладнанням працюють над винайденням нових і вдосконаленням наявних видів озброєнь, тобто над прискоренням світової екологічної катастрофи! Таж саме лише відволікання сил і ресурсів від розв'язання екологічної проблеми невідворотно наближає катастрофу для всієї цивілізації.

Будь-яка наукова діяльність ґрунтується на природній, генетично зумовленій людській цікавості, прагненні зрозуміти суть явищ, досягнути добро і зло, докопатися до істини. За Біблією, всі лиха людей почалися тоді, коли наші предки Адам і Єва скуштували заборонений плід із дерева пізнання добра і зла, за що й були вигнані з раю. Отже, цю допитливість ми успадкували від першолюдєй. Та мають бути межі задоволення людської цікавості.

Передусім потрібні обмеження морально-етичного плану. Зокрема, ніколи, ні за яких умов, незважаючи навіть на високогуманну, на перший погляд, мету, поставлену перед собою вченим, він не повинен проводити досліджень, пов'язаних зі смертю чи скаліченням живих людєй. Жахливі приклади дослідів на живих людєях — в'язнях концтаборів, які здійснювалися нацистськими «вченими», переконливо свідчать про це. Донедавна медичні й біологічні експерименти робилися на високоорганізованих тваринах, таких як мавпи, собаки, кролики й т. д. Сьогодні в світі дедалі ширшого розмаху набуває громадський рух за повсюдну заборону подібних досліджень.

Нині, як ніколи, мораль учених має бути високою, бездоганною. Це особлива форма моральності, коли людина усвідомлює свою причетність до долі всього людства. Вчений повинен уміти передбачати результати своєї роботи, її можливий вплив на подальший розвиток подій у світі. На жаль, не в усіх учених є такий «внутрішній світлофор», який умикає червоне світло перед явно неморальним, потенційно небезпечним науковим дослідженням. Історія науки багата подібними фактами. Коли, наприклад, одного з творців атомної бомби Е. Фермі запитали, як

поєднується робота над нею із совістю, він відповів: «До чого тут совість? Це просто хороша фізика!» Відомо, до чого сьогодні привела людство ця «хороша фізика»...

Після Хіросими, як пише американський учений А. Маклейш, стало очевидно, що наука служить не людству, а істині — *своїй власній істині*, й що закон науки — це не закон добра, тобто того, що люди розуміють під словом «добро», — моралі, порядності, людяності, — а закон можливого: «Те, що можливо пізнати, наука повинна пізнати. Те, що можливе для техніки, техніка зробить».

Прозріння до людей іноді приходять надто пізно. •> Американський льотчик, який скинув атомну бомбу на Хіросиму, усвідомивши скоєне, побачивши на власні очі пекельну радіоактивну пустелю та обгорілих дітей, котрі конали в страшенних муках, пережив такий психологічний шок, що невдовзі кинув службу в авіації й пішов у монастир...

• Показовою щодо цього є й доля видатного фізика, «батька водневої бомби» А. Д. Сахарова. Нещодавно було опубліковано уривки з його щоденника п'ятдесятих років, коли він захоплено працював над створенням і випробуванням водневої бомби. В цих записах є все, що завгодно: безсонні ночі вченого, який б'ється над вирішенням чергової технічної проблеми, роздратування через перешкоди, що постійно виникали й заважали досягти бажаних результатів, радість, коли під час випробування бомби все відбулося так, як він чекав («Навіть краще!»), і т. д. Немає лише одного: докорів совісті, роздумів людини, яка випускає з посудини пекельного джина, моральної оцінки скоєного. Прозріння прийшло до А. Д. Сахарова пізніше, коли він, нарешті, зрозумів, у чії руки він передав свій диявольський винахід. Тільки тоді академік, обласканий радянською системою, став на шлях боротьби з нею й продовжував цю подвижницьку діяльність до кінця своїх днів.

У виникненні наших сьогоднішніх проблем головним є людський фактор. Якщо раніше ми дивилися на техніку безпеки як на спосіб захисту людини від можливих дій шкідливих чинників і машин, то сьогодні треба техніку захищати від людини, в руках якої зосереджені приголомшливі потужності. Захищати від людини в будь-якому розумінні: від помилок конструктора, проектанта, будівельника, оператора... Ми ні з чим не впораємось, якщо не відновимо морального, вихованого на найвизначніших гуманітарних ідеях, на прекрасній літературі й високому

мистецтві ставлення до виконуваної роботи, хоч би якою вона була: медична, хімічна, реакторна чи біологічна.

**В. О. Легасов,
російський фізик-атомник**

Про моральну відповідальність ученого за потенційно небезпечне відкриття розмова точиться віддавна. Так, один китайський алхімік писав тисячу років тому: «Було б найстрашнішим гріхом відкрити воїнам таємницю твого мистецтва! Стережися! Нехай навіть мурашка не пробереться туди, де ти працюєш». А великий учений Леонардо да Вінчі (1452—1519) писав в одному зі своїх манускриптів: «Чому я не повідомляю про свій спосіб залишатися під водою стільки часу, скільки можна залишатися без їжі? Цього я не обнародую через злих людей, які цей спосіб використали б для вбивства на дні моря, проломлюючи дно кораблів і затоплюючи їх разом із людьми, що на них перебувають».

Парадокс людського розуму полягає в тому, що майже всі великі відкриття науки, задумані з найліпшими намірами, починали використовувати зовсім не так, як того хотів автор. Кажуть, що «добрими намірами вимощена дорога до пекла». За прикладами далеко ходити не треба. •> Розвиток хімії дав у руки вченим засоби добування нових речовин: фарб, пластмас, синтетичних тканин, добрив і... отруйних газів для війни. •> Мікробіологія допомогла виявити збудників хвороб, що косили людей тисячами, розробити методи боротьби з цими збудниками, а також... методи створення нових, іще небезпечніших мікробів для війни. • Проникнення в глибинні таємниці будови матерії, розщеплення атомного ядра призвели до винаходу атомної бомби. Приклади можна продовжувати: їх безліч. Кожний учений повинен пам'ятати про таку можливість і знайти мужність «закрити» небезпечний винахід, якщо час для його мирного використання ще не настав і є велика вірогідність застосування винаходу на шкоду людям.

Парадокс полягає в тому, що хоч би над якою проблемою працював учений, він урешті-решт обов'язково отримує зброю.

**К. Воннегут,
німецький письменник**

Друге велике обмеження для істинного вченого полягає в тому, що всі наукові відкриття, крім того ефекту, на який він розраховував, можуть мати й інші, часто зовсім несподівані й відда-

лені наслідки. Тому треба, аби запровадженню кожного винаходу, кожного відкриття передували ретельний аналіз, розрахунок усіх, навіть найменш імовірних сторонніх ефектів. •> Прикладом може бути розробка методів генетичної інженерії, що вважається одним із найвидатніших відкриттів біологічної науки кінця ХХ ст. Цей метод дає генетикам, селекціонерам, мікробіологам майже фантастичні можливості, скажімо, отримувати такі сорти рослин і породи тварин, які жодними іншими методами отримати було неможливо, створювати культурні рослини з дивовижними властивостями, навіть вбудовувати в геном рослини гени тварин, і навпаки. Але ж випадкове потрапляння в біосферу (наприклад, у результаті аварії в лабораторії) нових, генетично модифікованих мікроорганізмів може мати абсолютно непередбачувані й навіть катастрофічні наслідки (спалахи епідемій, перед якими організми рослин, тварин чи людей будуть беззахисні).

Фантастичні успіхи біології і генетики та розвинені на їх основі технології можуть мати далекосяжні екологічні, економічні, політичні, соціальні, правові й навіть етичні наслідки. «Зелена революція», що здійснюється за допомогою біотехнологій, уже сьогодні змушує звертати пильну увагу на сумісність їх застосування зі стратегією екологічно безпечного розвитку земної цивілізації. Водночас конфліктогенність, що наростає у світі, висуває ще один тип загрози з боку сучасної біології — використання біотехнологічного потенціалу у вигляді біологічної зброї для досягнення групових, корпоративних або національних інтересів.

Спостерігається певна ейфорія і брак об'єктивності в палких прихильників біотехнологій, які під враженням від надзвичайних досягнень не зважають на потенційну небезпеку біотехнологічної продукції і тривалий латентний (прихований) період розвитку її негативних наслідків.

За прогнозом учених Римського клубу, в разі збереження наявних тенденцій у взаєминах суспільства й природи вже через 30–40 років може розпочатися масова деградація людства.

З різних видів антропогенних забруднень довкілля, якими опікується екологія, сферу проблем біологічної безпеки визначає біологічне забруднення, що відбувається через свідоме або випадкове вселення нових видів, які безперешкодно розмножуються за відсутності в них природних ворогів і витісняють місцеві види живих організмів. Об'єктом біобезпеки є біота — жива речовина біосфери, а компонентами біологічного забруднення — живі

організми. Якісна відмінність цього виду забруднення від інших полягає у здатності його компонентів до розмноження, адаптації і передавання спадкової інформації в довкіллі, що надає характерові його впливу таких рис, як мобільність і агресивність і робить його особливо небезпечним. Досягнення молекулярної біології і генетичної інженерії настільки розширили поле біологічних ризиків — і якісно, і кількісно, що в цілому біологічне (в тому числі генетичне) забруднення сьогодні характеризують як новий вид забруднення, котрий висуває на порядок денний проблему виживання людини як біологічного виду.

Розвиток нових біотехнологій, які дають змогу розщеплювати молекули ДНК у певних місцях і зшивати фрагменти ДНК в єдину молекулу, вможливив спочатку імплантування в геном живого організму чужих генів бактерій, рослин, тварин і людини, а згодом і створення нових гібридних молекул ДНК. Отже, основні процедури генетичної інженерії зводяться до того, що з набору отриманих фрагментів ДНК, які містять потрібні гени, складається компактна генетична структура — рекомбінантна (гібридна) ДНК, котра потім вводиться в клітину чужого організму. Після отримання нової генетичної інформації в організмі починається синтез відповідного продукту, закодованого в цій генетичній структурі. В результаті таких маніпуляцій, власне, створюється вже новий організм із новими ознаками. Такий організм називають *трансгенним*, або *генетично модифікованим*, або, за останньою термінологією, *живим зміненим організмом* (ЖЗО).

Генетична інженерія як система експериментальних методів і засобів дає змогу конструювати в лабораторних умовах генетичні структури, що являють собою практично будь-які комбінації як природних, так і штучно створених генів. До головних завдань генетичної інженерії належать: виявлення генів та їх асоціацій, які контролюють господарсько цінні ознаки живих організмів; розробка методів перевірки на присутність генетичного матеріалу збудників інфекційних хвороб, методів діагностики прихованих генетичних захворювань і запобігання їх поширенню; контроль генетичних наслідків застосування біотехнологій та ін. Основні напрями розвитку біотехнологічної індустрії, що їх визначають мікробіологія й генетична інженерія, це вирощування мікроорганізмів, вироблення ліків, харчових добавок, виведення видів сільськогосподарських рослин і тварин із цінними властивостями

та розробка технологій очищення навколишнього природного середовища.

Широкомасштабне надходження ЖЗО в довкілля й практичне їх застосування розпочато в 1995 р. Понад 95 % ЖЗО становили сільськогосподарські трансгенні рослини. Основні аргументи прихильників ЖЗО на користь вирощування трансгенних культур і виробництва на їх основі продуктів харчування:

- трансгенні рослини мають вищі показники продуктивності, більшу стійкість до шкідників, бур'янів і хвороб і тому можуть давати вищі врожаї, ніж традиційні культури. Підвищення врожайності за допомогою трансгенів — шлях до вирішення проблеми забезпечення продуктами харчування в умовах швидкого зростання населення Землі;
- завдяки стійкості трансгенних рослин до шкідників, бур'янів і хвороб потрібне менш інтенсивне використання гербіцидів, інсектицидів і фунгіцидів, що зменшує забруднення довкілля (наприклад, вбудовування гена земляної бактерії *Bacillus thuringiensis* — природного пестицида — наділяє рослину власним захистом);
- генетична модифікація рослин може здійснюватися в напрямі підвищення вмісту певних поживних речовин і вітамінів;
- біотехнології дають змогу виводити сорти рослин, пристосованих до таких екстремальних умов, як посуха або холод;
- генетична модифікація рослин може здійснюватися для створення нових біологічних відновлюваних джерел енергії;
- трансгенні рослини й продукти харчування" можуть стати корисними для здоров'я людини й сільськогосподарських тварин, якщо в їхньому складі будуть ЖЗО-інгредієнти, в які вбудовані вакцини проти різних хвороб;
- їжа з ЖЗО-інгредієнтами може бути смачнішою й дешевшою.

Нині спостерігається однобічне й неадекватне ставлення до запровадження трансгенної продукції, яка має не лише позитиви, а й ще не до кінця усвідомлені екологічні ризики. Відповідно перед системою екологічної освіти стоять завдання висвітлення негативних проявів і потенційних ризиків використання ЖЗО й формування об'єктивного та зваженого підходу в цьому питанні з позицій біологічної безпеки. Негативи у формуванні екологічної свідомості та екологічній освіті в Україні, на жаль, починаються з перших підручників із біології, де генетична інженерія й



біоіндустрія подаються як носії небаченого прогресу, що обіцяють людству самі тільки вигоди. З погляду об'єктивності й прагматичності, задля національної безпеки слід розглядати й ураховувати аргументи не лише прихильників, а й противників поширення ЖЗО.

Критика поширення ЖЗО починається з указання на недоліки, притаманні самим методам імплантації рекомбінантних ДНК у клітини реципієнта. Через недосконалість сучасних методів немає стопроцентної гарантії, що спеціально сконструйовані гени — носії бажаної ознаки — потрапляють у призначене для них місце в ланцюжку ДНК клітини-реципієнта. На думку багатьох учених, таке перенесення може мати непередбачені наслідки. Адже відомо, що основна маса ознак проявляється як результат взаємодії багатьох генів, і, крім того, один і той самий ген може брати участь у формуванні кількох ознак організму.

За своєю метою генетична інженерія нагадує селекцію, але на відміну від традиційної селекції вона дає змогу переходити міжвидові границі й «змішувати» навіть рослинні й тваринні гени. В природі такі процеси не відбуваються. Постають законні запитання: наскільки безпечні такі маніпуляції і яких наслідків можна очікувати в разі порушення збалансованих природних процесів? На сьогодні відомі такі основні властивості ЖЗО, які відповідальні за потенційні ризики для довкілля та людини: алергенність, стійкість до антибіотиків, токсичність, мутагенність та ін.

Поки що людство не усвідомило, до якої небезпечної межі воно підійшло, частково розкривши генетичні секрети. Сьогодні ще не досліджено, як вплине засадження територій трансгенними рослинами на процеси загального кругообігу речовини, енергії та інформації в межах агроландшафтів. Загальновизнано, що трансгенні рослини й продукти харчування, вироблені з них, по суті є носіями генетичного забруднення довкілля. Деякі з ризиків уже визначено, але сучасних знань у галузі екології та біології недостатньо, аби сповна зрозуміти наслідки взаємодії трансгенних рослин із тим навколишнім природним середовищем, у яке вони потрапляють. Безсумнівно одне: використання ЖЗО вимагає надзвичайної обережності, оскільки є потенційний ризик втрати існуючого генофонду біосфери.

У багатьох країнах проводяться інтенсивні роботи з виведення трансгенних тварин, у геном яких вбудовуються різноманітні генетичні конструкції. ДНК-технології якісно змінюють ситуацію

в сільському господарстві, відкриваючи нові шляхи селекцій тварин. Дослідження здійснюються на різних видах сільськогосподарських тварин — велика рогата худоба, коні, свині, вівці, кози, кролики та ін. Розвиваються різноманітні напрями селекції трансгенних тварин із новими корисними ознаками: підвищення продуктивності тварин; отримання молока з потрібними технологічними властивостями; продукування лікарських біологічно активних речовин; підвищення стійкості проти інфекційних хвороб; біологічне моделювання патології людини; створення трансплантатів органів людини.

Громадськість у європейських державах виявляє більшу, ніж в інших країнах стурбованість із приводу впровадження біотехнологій у сільське господарство. В Європі харчові продукти з умістом ЖЗО-інгредієнтів не дістали такого поширення, як, наприклад, у США, де близько 60 % продуктів харчування містять генетично модифіковані складові. Це пояснюється тим, що Адміністрація США з контролю за харчовими продуктами та фармацевтичними препаратами довго стверджувала: генетично модифікована їжа нічим не відрізняється від традиційної, а отже, не потребує спеціального вивчення. Проте останнім часом цей підхід піддається конструктивній критиці.

В Україні вже споживається генетично модифікована продукція, що надходить з інших країн, у тому числі з тих, де посіви трансгенних культур не легалізовані. Найбільшу підозру викликають продукти, що містять такі інгредієнти, як соєвий білок, соєва олія, соєвий соус, кукурудзяний крохмаль, кукурудзяна олія, кукурудзяний сироп, лецитин, масло канола та бавовняна олія.

Можливість умісту незадекларованих інгредієнтів у продуктах харчування спонукає до введення спеціального маркування продуктів із ЖЗО. Таке маркування вже стало обов'язковим у країнах ЄС та в деяких країнах Азії. Опитування харчових компаній США, проведене з ініціативи «Грінпіс», показало, що значна кількість їхніх продуктів без маркування, за свідченням самих компаній, або виготовляється з трансгенних культур, або ж може містити ЖЗО-інгредієнти.

Нині в Україні не вимагається маркування продуктів харчування на вміст ЖЗО-інгредієнтів і не здійснюється їх відповідний контроль. Обов'язковому маркуванню підлягає лише посівний матеріал, призначений для державного випробування. Тому український споживач зараз не має найменшого уявлення ні про

трансгенні культури, ні про саме маркування. Насамперед маркування потрібне споживачеві, щоб він міг на підставі відповідної інформації робити свій вибір. Адже сьогодні навіть розробники трансгенів не можуть гарантувати абсолютної безпечності нових генетичних структур.

Згідно з директивами ЄС обов'язковому маркуванню підлягають продукти харчування з умістом ЖЗО-інгредієнтів понад 1 %. Ставлення до сучасної ідеології цього маркування неоднозначне. Деякі фахівці вважають, що введення однопроцентного порога може розглядатися фірмами-виробниками як надання їм права на генетичне забруднення продукції, вільної від ЖЗО-інгредієнтів, до рівня цього порога.

Надходження ЖЗО в довкілля вже створює проблеми на ринках харчових продуктів. За повідомленням Німецької організації захисту прав споживачів (Stiftung Warentest), із 82 проаналізованих зразків продуктів у супермаркетах у 31 були сліди забруднення живими зміненими організмами. При цьому три з них належали до сертифікованих продуктів, вироблених в органічному секторі сільського господарства. Постають серйозні проблеми — захисту цього виду господарства від вторгнення чужих організмів, а також порушення права людини на споживання їжі без ЖЗО-інгредієнтів.

Виникнення й поширення органічного сектора сільського господарства (органічне землеробство, скотарство, садівництво, рослинництво) для виробництва продуктів харчування з меншим умістом пестицидів і синтетичних добрив сьогодні сприймається як альтернатива вирощуванню трансгенних культур. За прогнозами ООН, обсяг продажу продуктів, вироблених в органічному секторі, зросте з 5 млрд євро в 1997 р. до 25—30 млрд євро в 2005 р. Ця тенденція стимулюється вимогами споживачів, які хочуть вживати більш якісну й безпечну їжу. Подібний рух почався в США: розробляються стандарти органічного землеробства, впроваджується Національна програма органічного сільського господарства.

Проблеми забезпечення належного рівня захисту в галузі передавання, обігу й використання ЖЗО, а також їх транскордонного переміщення зумовили розроблення Картахенського протоколу про біобезпеку як додатка до Конвенції про біологічну різноманітність. Ще однією причиною його появи були обмежені можливості багатьох країн, зокрема тих, що розвиваються, впли-

вати на характер і масштаб відомих і потенційних ризиків, пов'язаних із ЖЗО. Картахенським протоколом дозволяється імпорт ЖЗО за умови доведення їх безпечності. В ст. 16, п. 4 зазначається, що до початку запланованого використання ЖЗО має пройти достатній період спостереження, який відповідав би його життєвому циклу або тривалості процесу відтворення. На жаль, за такого способу доведення безпечності ЖЗО не враховується специфіка потенційних ризиків від вивільнення їх у довкілля, не визначаються й не оцінюються ймовірності можливих негативних віддалених наслідків. Хоча метою Протоколу було гарантування безпеки під час поводження з ЖЗО, питання щодо фармацевтичних препаратів для людини, виготовлених із застосуванням ЖЗО, залишилося поза його увагою.

Проблему відповідальності за використання ЖЗО й відшкодування збитків, завданих унаслідок цього, на основі міжнародного права в рамках Картахенського протоколу вирішено не було. Слід також зауважити, що С Ш А — світовий лідер використання ЖЗО й упровадження інтенсивних та екстенсивних підходів до застосування біотехнологій, виявляючи нестримне бажання нагодувати голодних усього світу генетично модифікованою їжею, чомусь досі не ратифікували самої Конвенції про біологічну різноманітність і не підписали Картахенського протоколу про біобезпеку. Цікаво, що С Ш А пообіцяли керуватися цим Протоколом у міжнародній торгівлі за умов його ратифікації їхніми торговими партнерами.

Де кілька транснаціональних компаній — «Monsanto», «Novartis», «Syngenta», «Aventis», «Dupont», «Asta Zeneca» — контролюють майже дві третини світового ринку пестицидів, чверть комерційного ринку зернових і практично весь ринок трансгенного зерна. Зіткнувшись зі стурбованістю європейської спільноти з приводу поширення продуктів з умістом ЖЗО, ці біотехнологічні гіганти стали вкладати багатомільйонні кошти в організацію рекламної кампанії, мета якої — переконати європейців у безпечності й корисності трансгенних рослин і продуктів, вироблених із них.

Цікаво, що ці транснаціональні компанії навіть заявляють права інтелектуальної власності на трансгенні рослини, стаючи, таким чином, власниками живих організмів (у 1980 р. Верховний суд С Ш А ухвалив рішення про видачу патента на генетично модифіковану бактерію, яка поглинає мастило). Екологи вважають, що володіти «патентом на життя» протиприродно й аморально.



Виведення трансгенних рослин, стійких до гербіцидів, комах, вірусів або хвороб, біотехнологічні фірми здійснюють у комплексі з розробкою хімікату, до якого майбутня рослина буде толерантною. Відповідно споживач змушений використовувати лише пестицид певного виду, а отже, купувати й насіння, і пестицид разом в одній фірми. Залежність споживача від такої фірми посилюється, коли договірними умовами передбачається, що в подальшому споживач повинен використовувати лише посівний матеріал, закуплений у неї. Відбувається злиття насінневих та біотехнологічних компаній. Для забезпечення свого абсолютного ексклюзивного права на посівний матеріал деякі фірми створюють трансгенні культури з обмеженою здатністю давати насіння.

Коли проводиться рекламна кампанія, мета якої — отримання патенту на новий біотехнологічний продукт, то завжди наголошується на його надзвичайній корисності та унікальності. Проте маркувати цей продукт на вміст у ньому ЖЗО розробники не вважають за потрібне, заявляючи, що їхній продукт нічим не відрізняється від інших.

Специфіка використання трансгенних рослин полягає в тому, що їх оцінка й випробування в країні-імпортері забирають кілька років, а це, звичайно, не влаштовує фірму-експортера, яка сподівається на швидкий прибуток. Це спонукає такі фірми лобювати свої інтереси через чиновницький апарат і впливати на прийняття поспішних урядових рішень, що призводить до впровадження ЖЗО з порушенням правил біологічної безпеки. Самі ж фірми не здійснюють повноцінних випробувань ЖЗО й не визначають, які наслідки може мати використання нових біотехнологій для сільського господарства в цілому.

ш у 1994 р. в США з'явилися перші дозволені до вирощування генетично модифіковані помідори, а в 1995 р. — соя, в 1997 р. в США налічувалося вже 1274 біотехнологічні компанії з річним прибутком 16 млрд доларів. У 1998 р. було зареєстровано 20 біотехнологічних продуктів, виготовлених із трансгенних рослин (12 — компанії «Monsanto»). До 2002 р. тільки компанія «Monsanto» запропонувала ринкові близько 35 нових продуктів. У 2000 р. в галузі біотехнології рослин було зареєстровано більш як 600 патентів США.

ш У 1992 р. трансгенні культури вирощувалися в одній країні, в 1996 р. — в шести, а в 2002 р. — в 17.

Зростання обсягів реалізації трансгенних культур: 1995 р. — 75 млн доларів США; 1996 р. — 225; 1997 р. — понад 670, а в

1999 р. — 21—23 млрд доларів США. За п'ять років ринок трансгенних культур збільшився майже в 30 разів! За прогнозом, загальний обсяг продажу в 2005 р. становитиме 8 млрд доларів США, а в 2010 р. — 25 млрд доларів США.

У зв'язку з розвитком біотехнологій сьогодні зростає небезпека поширення біологічної зброї. У сучасній добре обладнаній лабораторії молекулярної біології таку зброю можна створити протягом кількох днів. Досягнення генної інженерії та молекулярної біології вможливають винайдення зброї з великим латентним періодом її дії, аби забезпечити тривале поширення збудників хвороби до виявлення перших тривожних симптомів. Для цього можуть використовуватися штучні генетичні структури, які містять гени токсинів, що мають пептидну або білкову природу (токсини кобри, блідої поганки, рицин, ботулотоксин та ін.). На сьогодні, наприклад, розшифровано 430 генів, які кодують амінокислотні послідовності змійних отрут. Крім того, можуть використовуватися гени, які кодують токсини комах, рослин, грибів. За біологічну зброю можуть правити також генетичні конструкції, здатні запускати спотворену імунну відповідь організму людини чи тварини шляхом вироблення суперантигенів, білкових антигенів, цитокінів, що спричиняють аутоімунні захворювання. Відповідно виникає й новий вид терору — *біологічний* — навмисне переміщення мікроорганізмів, рослин чи тварин туди, де їх раніше не було, що призводить до порушення природної гармонії або появи нових захворювань.

Із розвитком біотехнологій змінюються традиційні уявлення про біологічну зброю та біологічну безпеку. Нині біологічна зброя — це не лише засоби масового ураження населення певними збудниками особливо небезпечних інфекцій (бактерії, віруси, гриби, токсини чи отрути біологічного походження), а й засоби ураження сільськогосподарських рослин і тварин. На думку фахівців, створення нових видів біологічної зброї для застосування в аграрному секторі буде одним із пріоритетних напрямів у ХХІ ст. Така зброя має певні нові «переваги», адже виявити факт застосування «аграрного десанту» дуже важко, оскільки все це виглядає як природне ураження рослин чи тварин патогенами, шкідниками, грибковими або іншими захворюваннями.

Знищення врожаю або агроєкосистем є досить ефективним засобом досягнення певних цілей: унаслідок виникнення голоду або загострення продовольчої проблеми країна, що постраждала,

в подальшому потрапляє в економічну залежність. Отже, в цьому разі біологічна безпека тісно переплітається з економічною.

Неможливість виявлення джерела зараження через великий латентний період розвитку ураження і вчасного діагностування причини порушення нормального функціонування організму дозволяє прогнозувати збільшення частоти застосування таких видів зброї, як індивідуального, так і масового ураження. При цьому визначити, було насилля над природою чи ні, дуже складно, оскільки наслідки теракту проявляються через тривалий час. Щодо нових типів біологічної зброї, то на сьогодні відповідних засобів стримування її застосування й нерозповсюдження, як у технічному, так і в міжнародному плані, немає.

Епідемія губчатоподібної енцефалопатії («коров'ячий сказ»), яка викликається патологічним модифікованим білком пріоном, почавшись у Великій Британії, поширилася в інших країнах, незважаючи на вжиті заходи. В Європі почастишали випадки хвороби Крейтцфельда—Якоба інфекційного походження в людей. ВООЗ виявляє стурбованість із приводу того, що в Україні не вживаються заходи для запобігання поширенню пріонової інфекції, оскільки епідемія губчатоподібної енцефалопатії зачепила нашу сусідку Польщу. Європейське регіональне бюро ВООЗ звертає увагу всіх країн на те, що існує небезпека поширення трансмісійної губчатоподібної енцефалопатії. Фахівці застерігають, що через 10—15 років ця інфекційна хвороба може стати найпоширенішою на планеті.

Нагальним завданням для України в галузі біологічної безпеки є організація суворого епізоотичного та епідеміологічного контролю за пріоновими захворюваннями, запровадження системи їх моніторингу та діагностики.

Сьогодні процес законотворення в Україні, на жаль, не має того належного концептуального та методологічного підґрунтя, яке визначало б орієнтири біологічної безпеки на шляху до стійкого розвитку країни. Єдиним правовим актом у сфері використання ЖЗО є постанова Кабінету Міністрів «Про затвердження тимчасового порядку ввезення, державного випробування, реєстрації та використання техногенних сортів рослин в Україні» (1998). Розвиток правового поля в цій сфері зумовив появу проекту закону України «Про державну систему біобезпеки під час здійснення генетично-інженерної діяльності», де біобезпека визначається як «сукупність умов та заходів, що забезпечують

запобігання можливому шкідливому впливові генетично-інженерної діяльності на здоров'я людини й довкілля».

Як складова національної безпеки біобезпека ще не набула в Україні системного характеру, і нею опікуються різні установи та відомства: Міністерство екології і природних ресурсів, Міжвідомча комісія з питань біобезпеки при Міністерстві освіти і науки, Головне санітарно-епідеміологічне управління Міністерства охорони здоров'я, Державна комісія з випробування та охорони сортів рослин Міністерства аграрної політики та ін. Основи забезпечення та розбудови системи біологічної безпеки потрібно визначити й узагальнити в законі України «Про біологічну безпеку». Сьогодні актуальним є врахування транснаціонального характеру біологічної безпеки, її виокремлення, окреслення її меж і визначення місця у сфері екологічної безпеки.

Нові розробки в природничих науках пов'язані з використанням дедалі більших обсягів речовин, енергії, що збільшує ризик аварій, несподіваних, побічних ефектів і т. п. • Є дані, що сильні збурення в магнітосфері Землі, поява над Петрозаводськом у 1977 р. світних плазмових куль та інші несподівані явища сталися безпосередньо після проведення в цьому районі великомасштабного геофізичного експерименту, в ході якого в земну кору спрямовувались імпульсні розряди електричного струму напругою в сотні мільйонів вольт.

Для проведення деяких сучасних досліджень ученим уже стає «тісно» на Землі. • > Так, розробка нових установок для радіоастрономічних досліджень потребує винесення однієї з антен у Космос, оскільки на Землі вони надто «близько» будуть розташовані (діаметра земної кулі для цього виявляється замало). Новітні наукові дослідження потребують дедалі більших коштів. • Наприклад, пілотований політ на Марс, що планується на 30-ті роки ХХІ ст., обійдеться щонайменше в 100 млрд доларів США. Тому проведення таких експериментів набуває міжнародного характеру — одній державі, хоч би якою багатою й розвиненою вона була, це не під силу.

Великий німецький філософ І. Кант сказав колись, що він знає лише два чуда у світі: зоряне небо над головою і внутрішній світ людини. Дослідження цього другого чуда — феномена людини, її психічного світу, таємниць мозку, таємниць духовного життя — сьогодні виходять на перший план. Дехто з учених прогнозує, що ці дослідження переважатимуть над усіма іншими в новому тисячолітті.

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

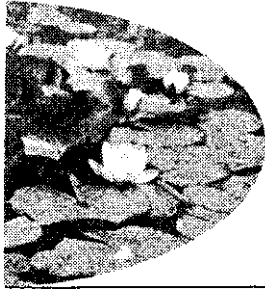
Протягом останніх десятиліть дуже знизився престиж наукової праці. Близько 90 % молодих наукових співробітників сьогодні незадоволені змістом і оцінкою своєї роботи. Це спричинило «відплив інтелекту» за межі України, а також у підприємства й структури, які не мають нічого спільного з наукою. А тим часом саме фундаментальні дослідження визначають перспективи розвитку науки й техніки на 10–20 років уперед і є основою науково-технічного прогресу.

Контрольні запитання й завдання

1. Як класифікують основні техногенні забруднювачі довкілля?
2. Які речовини належать до найнебезпечніших забруднювачів довкілля?
3. Що таке синергійний ефект?
4. Які є види нормування забруднень довкілля?
5. Які міста України мають критичні та складні екологічні ситуації?
6. Що таке шум і в чому полягають особливості шумового забруднення?
7. Як вібрації впливають на довкілля?
8. Які особливості електромагнітного забруднення довкілля?
9. Що таке екологічний моніторинг і які його найважливіші завдання?
10. Які джерела енергії використовуються людством і в якому напрямі має розвиватися сучасна енергетика?
11. В чому полягає негативна дія на довкілля ТЕС?
12. Яку небезпеку криє в собі радіоактивне забруднення?
13. Обґрунтуйте необхідність згортання ядерної енергетики й розвитку вітрової, сонячної та біоенергетики.
14. У чому полягає перевага термо-ядерної енергетики над ТЕС та АЕС?
15. Які переваги й недоліки ГЕС?
16. Які види енергетики не завдають шкоди довкіллю?
17. Наведіть приклади енергозбереження.
18. Які промислові підприємства найбільше забруднюють довкілля?
19. Чому промисловість України становить небезпеку для довкілля?
20. Що таке безвідходне виробництво? Наведіть приклади.
21. Що вам відомо про міжнародну торгівлю відходами?
22. В чому виявляється негативний вплив антропогенного фактора в сільському господарстві?
23. В чому полягає небезпека вирощування монокультур?
24. Чи спостерігали ви ерозію землі? Наведіть приклади.
25. Що таке «генетична ерозія»?
26. До яких наслідків призводить перехімізація в сільському господарстві?
27. Що таке альтернативне землеробство?
28. Схарактеризуйте роль транспорту в поглибленні екологічної кризи.

Глава 4 Техноекологія

29. Поміркуйте, чому не можна збирати гриби в межах 100-метрових смуг обабіч великих автомагістралей.
30. Чи можна створити екологічно чистий транспортний засіб? Запропонуйте свій проект або хоча б викладіть основні принципи його конструкції.
31. Порівняйте екологічні ризики в разі перевезення 1000 тт нафти на відстань 1000 км такими видами транспорту:
 - автомобільним;
 - залізничним;
 - трубопровідним.
32. Дайте оцінку військовій діяльності з погляду екології.
33. Які наслідки для довкілля мають війни й підготовка до них?
34. Наведіть приклади екологічних катастроф, спричинених війнами.
35. Чому протипіхотні міни ООН прирівняла до зброї масового ураження?
36. Що вам відомо про нову геофізичну зброю?
37. Мілітаристи мріють створити «абсолютну» зброю, тобто таку, від якої в противника не буде захисту. На вашу думку, чи може бути створена така зброя в принципі?
38. Кому з «великих» завойовників історичного минулого ви присвоїли б ганебне звання Головного Екологічного Злочинця Землі?
39. Якими моральними принципами повинні керуватися вчені у своїй роботі?
40. Дайте моральну оцінку відомому вислову «Наука потребує жертв».
41. У чому полягає потенційна небезпека широкого впровадження біотехнологій?
42. Які негативні наслідки для біосфери й людини можуть мати:
 - дослідження Космосу;
 - дослідження Світового океану;
 - розробка нових хімічних засобів боротьби зі шкідниками сільськогосподарських рослин;
 - широке впровадження комп'ютерної техніки;
 - впровадження мобільного телефонного зв'язку?



5

ГЛАВА

СОЦІОЕКОЛОГІЯ

Лише зрозумівши
природу,
людина зрозуміє
саму себе.

Р. Едберг,
шведський
письменник

§ 5,1

Правила й закони соціоекології

Взаємозв'язки економіки та екології в тому вигляді, в якому їх «виговорила» людина, несумісні, як геній і лиходійство. Врятуватися й урятувати майбутнє планети й людей можливо, вже зараз, із дитячого садка, почавши виховання дітей за законами творення, а не руйнування.

В. П. Астаф'єв,
російський письменник

Сучасне суспільство наблизилося до важливого етапу, коли необхідний перехід від епохи доєкологічної до епохи екологічної. Існування нашої цивілізації, її подальша доля цілковито залежать від того, наскільки й як скоро стануть «екологічними» наші свідомість, поведінка, культура. Настав час об'єднати моральність і логіку мислення для збереження людини та її «дому» — біосфери. Це може увінчатись успіхом лише за умови найширших екологічних виховання та освіти з новими підходами, на базі нової системи освіти, що потребує активного долучення до соціально-екологічних знань. Перетворенням

*

має бути охоплена вся емоційна сфера людини, в кожній особистості повинно сформуватися почуття високої відповідальності перед живим світом сьогодення й майбутнього. Треба розвивати нові глобально-політичні, правові та економічні механізми управління активністю людства. Подальший розвиток цивілізації має відбуватися з додержанням *правила соціально-екологічної рівноваги* (за М. Ф. Реймерсом): *суспільство розвивається доти й остільки, доки й оскільки зберігає рівновагу між своїм тиском на середовище та відновленням цього середовища — природним і штучним.*

Нині фактично відбувається *всесвітня гуманітарно-екологічна революція*, яка замінила науково-технічну революцію (умовно — 1960—1990 рр.), що прийшла свого часу на зміну революції промислової (умовно 1820—1960 рр.).

Сьогодні економічний розвиток може бути успішним лише за врахування екологічних обмежень. Раніше ж єдиним критерієм розвитку вважався економічний прибуток. Крім того, релігія, звичаї, законодавство визначали й диктували правила поведінки людей усередині суспільства й стосовно природи. Ці правила сформувалися на підставі уявлень про особливе становище людини, її всездозволеність у природному середовищі (якнайширше розселення, неконтрольоване розмноження, необмежене споживання природних ресурсів).

Життя показало, що недотримання екологічних обмежень призводить до непомірних витрат на реанімацію й штучне відтворення понівеченої або загубленої природи. Та сповна відновити природно-ресурсний потенціал людство вже неспроможне. Починаються конкуренція, боротьба націй, народів і релігій за життєвий простір, природні ресурси, ринки збуту. Точиться боротьба й за шляхи розвитку. В Європі перемає західний християнський вибір вільного ринку та римського права. В Азії ж обстановка щодо цього залишається досить напруженою. Як зауважує М. Ф. Реймерс, для вирішення проблеми необхідні глибока перебудова культури й моралі, а також зміна міжнародного права, формування глобальних соціоекологічних взаємозв'язків і правил, нових законів культурного управління розвитком людства. Ці закони мають створюватися на глибоких знаннях взаємодій між суспільством і природою, суспільством і людиною, між різними соціальними, релігійними та етнічними групами людей, різними культурами.

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

М. Ф. Реймерс сформулював кілька *правил і законів соціальної екології*, які потрібно знати й виконувати:

- *правило соціально-екологічної рівноваги* (про нього сказано вище);
- *принцип культурного управління розвитком* (в основу нових екологічних культури й моралі мають бути покладені ідеї природоцентризму та коеволюції);
- *правило соціально-екологічного заміщення* (переходи до більш екстенсивних і технологічних типів господарювання стають причиною екологічних криз, а ці останні провокують кризи соціально-економічні, що переходять у політичні);
- *закон соціально-екологічної необоротності* (розвиток людства не може рухатися від пізніших фаз до початкових);
- *закон ноосфери В. Л. Вернадського* (в тому значенні, що коли людство не почне розумно регулювати свої чисельність і тиск на природу, зважаючи на її закони, то вид *Homo sapiens* зникне).

В історії багато прикладів того, як в окремих регіонах ресурсно-екологічна криза переростала в соціально-економічну й політичну. Нині людство стоїть на порозі чергової кризи, та вже не регіональної, а глобальної ресурсно-екологічної, здатної викликати набагато тяжчі для людини й біосфери наслідки, ніж попередні (такі, наприклад, як крах цивілізації Майя, цивілізації Центральної й Середньої Азії).

Для людей настав час управляти не природою, а собою* своїми потребами* звичками, правилами поведінки^

§ 5»2«^ Екологічна освіта

Головна мета освіти — не підготувати молодих людей до кар'єри, а виховати в них пошану до життя.

Н. Кузен,
американський еколог

Серед узагальнювальних розділів сучасної екології (біоекологія, геоекотологія, техноекотологія) нині головна роль належить соціоекотології. Саме в цьому блоці екологічних наук зосереджені такі найважливіші напрями, як

екологічна освіта, екологічна культура, екологічне право, урбо-екологія, екологічний менеджмент, економіка природокористування й, насамкінець, локальна, регіональна та глобальна екополітика.

У попередніх главах неодноразово наголошувалося на важливості для людства екологічного виховання та освіти. Сьогодні цій проблемі в усьому світі приділяється велика увага. Можна сказати, що наш час — це період тотального екологічного всеобучу, коли основи екологічних знань викладають усім, починаючи з дитячого віку — в школах та інститутах, на різних семінарах і курсах, по радіо й телебаченню — та закінчуючи підвищенням рівня екологічної освіти керівників усіх рангів у всіх країнах, на всіх континентах.

У розвинених державах розроблені та вдосконалюються різні програми й концепції розвитку екологічної освіти, програми й плани підготовки спеціалістів-екологів сучасного рівня. Буквально за кілька останніх років видано багато посібників і підручників, науково-популярної й публіцистичної літератури, знято фільми й розроблено рекомендації еколого-освітнього змісту. В більшості країн світу екологія стала обов'язковою дисципліною в усіх школах і вищих закладах освіти, в багатьох вищих навчальних закладах створено кафедри або факультети екологічного профілю, проведено сотні екологічних національних і міжнародних семінарів, конференцій, з'їздів.

Велику еколого-просвітницьку роботу провадять у всьому світі організації «зелених», товариства з охорони природи, серед них такі відомі, як «Грінпіс», «Легамбіенте» та ін.

Ці важливі для цивілізації процеси екологізації свідомості населення, формування нового — екологічного світогляду, нової — екологічної культури цілком характерні й для України.

За останні п'ять років у нашій державі також розроблено програми й концепції розвитку екологічної освіти й виховання, видано посібники й підручники з екології, створено десятки кафедр і факультетів екологічного профілю в інститутах та університетах, започаткувалося багато журналів загальноекологічного, еколого-економічного, еколого-географічного змісту («Ойкумена», «Світ у долонях», «Пролісок», «Паросток», «Рідна природа» та ін.).

Ще в 1975 р. учасники Міжнародного семінару з екологічної освіти (Белград, Югославія) запропонували *глобальну схему екологічної освіти*. Відповідно до цієї схеми головною метою еколо-

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

гічної освіти має бути формування в населення планети усвідомлення того, що виникла життєво важлива глобальна проблема довкілля й усього, що з ним пов'язане, усвідомлення того, що довкіллям необхідно опікуватися й що для цього треба мати відповідні знання, досвід, уміння, мотивації та зобов'язання як для індивідуальної, так і для колективної роботи задля порятунку біосфери та запобігання майбутнім екологічним катастрофам.

Хто обчислить ту велику шкоду й той жахливий спадок, який ми залишаємо майбутньому через затримку та слабе поширення освіти, через неправильне витрачання коштів, через обмеження вільної, благородної людської особистості?

В. І. Вернадський

У 1977 р. на Міжнародній конференції (Тбілісі) завдання й мету екологічної освіти було конкретизовано:

- сприяти чіткому усвідомленню того, що суспільство розвивається за тісних взаємозв'язків усіх природних і соціальних процесів;
- забезпечити кожній людині можливість здобути знання, право, досвід і умови їх реалізації, необхідні для захисту довкілля та його поліпшення;
- розробити нові алгоритми поведінки окремої людини, груп людей і суспільства як єдиного цілого стосовно довкілля.

Сьогодні активно розвиваються як *формальна екологічна освіта* (в школах, вищих навчальних закладах, інститутах підвищення кваліфікації), так і *неформальна* (за допомогою засобів масової інформації, кіно, музеїв, виставок, заходів природоохоронних товариств тощо).

Особливе значення розвитку екологічної освіти й культури надається в усьому світі останніми роками, коли стало очевидно, що одними з головних причин невиконання ухвал міжнародних екологічних форумів, угод і конвенцій з охорони природи є саме низька екологічна культура більшості населення планети, низький рівень екологічної освіти й свідомості, зокрема осіб, які приймають важливі рішення. Тому в період з 1997 по 2003 р. на багатьох міжнародних зібраннях активно обговорювалися проблеми екологічної освіти й виховання та їхня роль в еколого-збалансованому розвитку людства (Нью-Делі, 1997; Париж,

1998; Цюріх, 1999; Брюссель, 1999; Дакар, 2000; Йоганнесбург, 2002 та ін.).

У 2002 р. Міністерством освіти і науки Швеції разом із Міністерством охорони навколишнього середовища цієї країни за завданням Європейської економічної комісії ООН розроблено проект «Стратегії освіти з еколого-збалансованого розвитку й екологічної освіти ЄЕК ООН». У 2003 р. спеціальними робочими групами ЄЕК ООН закладено теоретичні основи стратегії щодо освіти задля стійкого розвитку та намічено шляхи її реалізації.

В усьому світі поширюються такі поняття, як «екологічна філософія життя», «екологічні пріоритети», «екологічний імператив», «екологічна парадигма» (система цінностей, підходів, принципів). Ці поняття обґрунтовуються й використовуються в системі екологічної освіти.

Сьогодні в світі екологічна освіта визнається одним із основних факторів екологізації всіх видів людської діяльності. Вона розглядається як самостійна й нагальна проблема, як важливий інструмент управління, головний важіль для вдосконалення моделі виробництва і споживання з урахуванням можливостей біосфери.

Період з 2005 по 2015 р. на Всесвітньому саміті в Йоганнесбурзі рекомендовано об'явити десятиліттям освіти задля еколого-збалансованого розвитку.

У цей самий період в Україні також відбулася низка важливих подій, пов'язаних із розвитком екологічної освіти: наприкінці 2001 р. затверджено Концепцію екологічної освіти України, на початку 2002 р. — план заходів з її реалізації, наприкінці 2002 р. до Верховної Ради подано проект Закону України про екологічну освіту.

У 2001 р. в нашій країні створено перший спеціалізований вищий навчальний заклад — Одеський державний екологічний університет, базовий з підготовки кадрів для Міністерства екології і природних ресурсів України.

§ 5.3. Економіка природокористування

Замислюючи щось зробити, ми маємо враховувати вплив цієї дії на сім наступних поколінь.

Головний закон
племені ірокезів

Уперше поняття «природокористування» було запропоноване російським екологом Ю. М. Куражковським у 1959 р. За його визначенням, **природокористування** — це регулювання всіх типів використання природних ресурсів для господарства та охорони здоров'я.

М. Ф. Реймерс визначає **природокористування** як сукупність усіх форм експлуатації природно-ресурсного потенціалу й заходів для його збереження (видобуток і переробка природних мінеральних та біологічних ресурсів, їх відновлення, охорона природних умов життя, природних систем тощо).

Розвиток продуктивних сил, зростання обсягів природокористування й темпів забруднення довкілля за одночасного вичерпання природних ресурсів, погіршення здоров'я працездатного населення, зниження продуктивності праці — все це зумовило формування **економіки природокористування** — нової галузі науки, що вивчає методи найефективнішого впливу людини на природу для підтримання динамічної рівноваги, кругообігу речовин у природі. Витрати, пов'язані з підтриманням цієї рівноваги, йдуть на збереження економічно найсприятливіших умов відтворення матеріальних благ як нині, так і в майбутньому.

Оскільки довкілля виконує такі життєво важливі функції, як забезпечення людей природними ресурсами, природними послугами (рекреація, туризм, естетичні задоволення), поглинання відходів і забруднень, то, реалізуючи заходи з охорони природи й використання її ресурсів, слід знати економічну вартість цього й ціну шкоди, заподіяної природі антропогенними забрудненнями та впливами.

Критерієм ефективності людської діяльності до середини ХХ ст., як згадувалося в попередніх главах, було одержання максимальних благ за мінімальних затрат і неконтрольованої, хижацької експлуатації природних ресурсів, а основним принципом

ставлення до природи — панування над нею й цілковите її підкорення людині.

Після об'єктивного аналізу причин екологічних катастроф і величезних економічних втрат від нерозумного господарювання, яких людство зазнало останніми десятиліттями й раніше, стало зрозуміло, що принципи природокористування мають бути інакшими, якщо ми хочемо вижити.

Забруднення — це насамперед економічна проблема, яку слід визначати економічними термінами.

Л. Рафф,
американський економіст

Тому провідним принципом природокористування в наш час став *еколого-економічний*, за якого критерій ефективності господарювання формулюється так: *одержання максимальних матеріальних благ з мінімальними затратами й мінімальними порушеннями природного середовища*. Але це потребує вкладання великих коштів у природоохоронну сферу, що завжди суттєво знижує прибутковість виробництва.

Тому, як і раніше, стикаються екологічні та економічні інтереси, й, на жаль, здебільшого другі перемагають: вирубуванню лісів віддають перевагу над їх використанням для рекреації, розвитку туристичного бізнесу — над збереженням рідкісного ландшафту чи озера, а морських нафтопромислів — над збереженням морських екосистем і т. д. При цьому здійснити порівняльну економічну оцінку різних природних ресурсів нині та у віддаленому майбутньому буває досить важко. Сьогодні вартість природних благ і послуг або взагалі не визначено, або її занижують, що часто призводить до прийняття антиекологічних рішень, до спотвореної оцінки економічного розвитку через традиційні показники валового національного продукту, ріст якого часто супроводжується деградацією довкілля.

Нині розроблено кілька підходів до визначення економічної цінності природних ресурсів і послуг. Найбільш комплексний підхід ґрунтується на загальній економічній вартості, в яку входять вартості зруйнування природи, її відновлення та охорони.

Для еколого-економічної оцінки проектів і програм будівництва застосовують метод зіставлення затрат і вигід і керуються трьома критеріями: чистою поточною вартістю, внутрішньою нормою окупності та співвідношенням витрат і майбутніх вигід.

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

Основні завдання економіки природокористування:

- визначення збитків, завданих економіці (державі), галузі, підприємству, району, окремому приватному господарству чи конкретній особі через нераціональне природокористування, порушення законів, норм або правил охорони природи;
- визначення розміру затрат, необхідних для ліквідації в найближчому й віддаленому майбутньому наслідків негативних техногенних впливів на довкілля;
- оцінка абсолютної та відносної ефективності затрат на охорону й відновлення природи, вибір оптимальних варіантів природоохоронної діяльності й використання природних ресурсів;
- розробка економічних методів управління природоохоронною роботою й способів стимулювання природоохоронної діяльності та екологізації виробництва.

Треба, щоб економіка природокористування поступово переходила в економіку природозберегання.

Природокористування, як згадувалося вище, може бути раціональним і нераціональним.

Раціональне природокористування — це вискоєфективне, екологічно обґрунтоване господарювання, яке не призводить до різких змін природно-ресурсного потенціалу, а підтримує й підвищує продуктивність природних комплексів чи окремих об'єктів, облагороджує їх. Воно спрямоване на забезпечення умов існування людства й стабільного одержання матеріальних благ.

Нераціональним вважається таке природокористування, в результаті якого природа втрачає здатність до самовідтворення, самоочищення й саморегулювання, порушується рівновага біосистем, вичерпуються матеріальні ресурси, погіршуються рекреаційні, оздоровчі та курортні умови, естетичні характеристики ландшафтів, умови проживання загалом. Це, як правило, екстенсивне, хижацьке господарювання, перепромисел, перевипас, переабруднення повітря, води й ґрунтів промисловими, транспортними, енергетичними викидами та отрутохімікатами. Нераціональне природокористування може бути як навмисним, так і випадковим, або супутнім (наприклад, спустошення, зруйнування чи пожежі, пов'язані з воєнними діями).

Нераціональне природокористування може бути зумовлене планово-економічними й проектними прорахунками, тимчасови-

ми й вимушеними позиками у природи (перехідні періоди будівництва нових держав, великі стихійні лиха, війни тощо), недбалими обліком та оцінкою природних ресурсів, недосконалістю природоохоронного законодавства, вузьковідомчими підходами в розвитку економіки, недосконалістю технологій виробництв, браконьєрством, самовільною забудовою та ін.

Що ми позичили в наших дітей? Усе, що успадкували від наших батьків. Життя. Мову, якою говоримо і без якої й не були б людьми. Дороги, що ведуть від міста до міста й далі — до інших країн та інших народів. Ліси й гаї, ріки, озера, річки й струмки... Тож хіба не зобов'язані ми залишити нашим дітям хоча б не менше?

**Б. Мієрвалдіс,
латиський письменник**

Показниками збитків від забруднення довкілля слугують: підвищення рівня захворюваності населення; зниження продуктивності сільського господарства; прискорення зношування основних фондів та ін. Вартість відновлення природи визначається за необхідними затратами на рекультивацію ландшафтів, відновлення водойм або сільськогосподарських угідь, озеленення тощо. Та при цьому часто неможливо оцінити погіршення соціального клімату, порушення рівноваги в екосистемах, загибель від техногенного впливу унікальних геологічних пам'яток чи ландшафтів, зникнення багатьох видів рослин і тварин.

Особливо складно оцінити наслідки антропогенних негативних впливів на природу, коли треба дати довгостроковий прогноз збитків від нераціонального природокористування. Затрати на охорону природи сьогодні можна обчислити досить просто й порівняно точно на підставі чинних стандартів і нормативів із застосуванням низки формул (їх наведено в нових підручниках і посібниках з економіки природокористування).

Природоохоронні заходи мають не тільки економічний ефект (заощадження витрат на лікування та соціальне страхування хворих, підвищення продуктивності праці, збільшення біопродуктивності, облагородження ландшафту тощо), а й соціальний — поліпшення настрою людей, зменшення їх міграції, стримування конфліктів, зниження злочинності й т. д.

До найважливіших проблем економіки природокористування належить правильна (об'єктивна) оцінка природних ресурсів.

Це слід знати

- Збільшення обсягів виробництва в 10 разів потребує збільшення обсягу знань у 100 разів!
- Використання газу замість нафтопродуктів на автотранспорті дало б змогу Україні щорічно заощаджувати близько 10 млн т палива (тобто близько 20 млн т нафти) й істотно знизити забруднення повітря,
- На утримання звалищ і смітників витрачається близько 25 % вартості виробітку продукції.
- В Україні назбиралося кілька мільярдів тонн металобрухту. Цього досить, щоб забезпечити роботу підприємств чорної металургії на десятки років (у Німеччині близько 75 % сталі виробляють із металобрухту).
- У Японії переробляється більш як 70 % відходів, в Україні 3–5 %.

Зі Економічна оцінка природних ресурсів — *це грошове вираження їхньої народногосподарської цінності*. Треба, щоб ціну мали земля, природні води, ґрунти, повітря, корисні копалини, ліс, тваринний і рослинний світ, рекреаційні об'єкти. Нормативи плати за використання природних ресурсів визначаються з урахуванням їхнього географічного положення, поширення, якості, можливості відтворення, доступності, комплексності, продуктивності, можливості утилізації відходів, умов переробки.

Для оцінки вартості природних ресурсів використовують такі показники: • трудові затрати на залучення ресурсу в суспільне виробництво (видобуток мінеральної чи біологічної сировини); • ефект використання ресурсу у виробництві (цінність одержаних із ресурсів матеріалів, предметів, вигід); • прогнозовані затрати праці на відновлення ресурсу (якщо це можливо); • прогнозовані витрати на погашення збитків, завданих природному середовищу під час освоєння даного ресурсу.

Оцінка ресурсів може бути індивідуальною та комплексною.

Розрізняють три види *індивідуальних оцінок*: 1) оцінки суспільної корисності природних ресурсів; 2) вартісні оцінки (податки, ціни); 3) ринкові ціни (ліцензії). Вони виконуються для кожного окремого елемента довкілля, і їхні значення не завжди збігаються.

Виконуючи укрупнені екологічні оцінки негативного впливу людини на довкілля, користуються таким поняттям, як екологічні збитки від забруднення окремих компонентів природи — води, повітря, земельних ресурсів. *Екологічні збитки* — це зменшення корисності довкілля в результаті його антропогенної трансформації (насамперед забруднення). Їх обчислюють за сумою різних затрат суспільства, пов'язаних зі змінами довкілля й поверненням його до колишнього стану, затрат на компенсацію ризику для здоров'я людей.

Для укрупнених оцінок екологічних збитків вдаються до спеціальних формул, за якими можна з'ясувати шкоду земельним ресурсам, шкоду від викидів у атмосферу або у водні об'єкти. Їх наведено в таких документах, затверджених Міністерствам України:

- Інструкція про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього природного середовища;
- Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів;
- Методика розрахунку збитків, заподіяних рибному господарству внаслідок порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища;
- Методика розрахунку розміру відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті понаднормативних викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря.

Плата за природні ресурси — це затрати підприємства, пов'язані з використанням якихось природних ресурсів, і визначені відповідно до прийнятої в країні методики розрахунку; при цьому ресурси поділяють на ті, що закупаються у когось, такі, що беруть безпосередньо у природи, ті, що є власністю виробництва. Ціна таких ресурсів різна. ~

Екологічні податки бувають кількох видів: • платежі рентного характеру (наприклад, за використання території для відходів); • податки і (або) штрафи за забруднення понад установлену норму; • податки за фактичний обсяг забруднень. При цьому податок за забруднення середовища має бути досить високим, щоб підприємствам було вигідніше охороняти довкілля, ніж забруднювати його.

Екологічні ліцензії (ЕЛ) — це цінні папери, що дають право на викиди конкретного забруднювача на конкретний проміжок часу

й у конкретних обсягах. Ці права можуть продаватися державним органом підприємствам і одним підприємством іншому. Ціна ЕЛ залежить від добового часу, сезону, обстановки в регіоні.

Торгівля квотами на забруднення — найгнучкіший з усіх відомих методів економічного регулювання якості природного середовища.

Додатком до ЕЛ є страхування екологічної невизначеності.

Останнім часом вводяться *ліцензії на родовища* — цінні папери, що дають право на видобування й продаж корисних копалин.

У ході комплексної економічної оцінки природоохоронних заходів передбачається виконання таких процедур:

- визначення чистого економічного ефекту;
- оцінка варіантів очищення промислових стічних вод;
- оцінка варіантів очищення атмосферних забруднень;
- оцінка варіантів переробки відходів;
- оцінка технологічних рішень;
- оцінка конструкторських рішень;
- екологічна експертиза проектів;
- оцінка ризику аварій.

В Україні, як і в інших державах, розпочато формування системи економічного регулювання природоохоронної діяльності:

- вводяться платежі за використання природних ресурсів та забруднення природного середовища;
- створюються екологічні фонди, банки;
- розпочато торгівлю екологічними ліцензіями, квотами тощо.

У зв'язку з тим, що в період переходу до ринкової економіки виникають великі складнощі та труднощі не лише економічного характеру, а й екологічного, треба враховувати таке:

- ринок може бути використаний для ефективного обмеження руйнування природи;
- сам механізм стихійних ринкових попиту й пропозиції не забезпечує захисту природи — необхідне втручання ззовні;
- ринкові розцінки на підставі наукових екологічних нормативів можуть використовуватися для регулювання природокористування;
- економіку слід розвивати згідно з плановою стратегією, яка передбачає позаринкові форми контролю;

- для дійового екологічного управління економічним розвитком потрібні політично організовані сили, які представляють загальні й довгострокові інтереси всього населення й спроможні протистояти вузьким інтересам підприємців і тих, хто — прямию чи опосередковано — має зиск від виробництв-забруднювачів.

М. Ф. Реймерс сформулював 15 законів природокористування, серед яких можна назвати;

- Закон вичерпності природних ресурсів;
- Закон зростання наукоємності суспільного розвитку;
- Закон зниження природно-ресурсного потенціалу;
- Закон сукупної дії природних факторів;
- Закон спадної (природної) родючості;
- Закон зростання темпів обігу залучених природних ресурсів;
- Закон неминучих ланцюгових реакцій «жорсткого» управління природою;
- Закон територіальної екологічної рівноваги;
- Закон спадної віддачі.

§5,4» ^ Правові засади природокористування

Ступінь цивілізації вимірюється не лише кількістю кіловат, що їх виробляють енергоустановки. Вона вимірюється також низкою моральних і духовних критеріїв, мудрістю людей, які просувають уперед цивілізацію, намагаються забезпечити їй довговічність у найсприятливішому для її процвітання середовищі, у цілковитій гармонії із законами природи, від яких людина ніколи не звільниться.

**Ж. Дорст,
французький зоолог,
громадський діяч**

Закони про охорону природи. Правову основу охорони природи становлять закони внутрішньодержавної й міжнародної ваги. В них наводяться обов'язкові для всіх громадян вимоги, націлені на забезпечення нормальних умов

функціонування екосистем біосфери та раціональне використання людиною природних ресурсів. Виконання цих законів забезпечується різними методами: від виховних і просвітніх до штрафів, адміністративних і кримінальних покарань порушників.

Екологічне право — це порівняно молода, але дуже важлива галузь юриспруденції, що розвивається, покликана законодавчо забезпечити права людини на здорове середовище проживання та раціональне природокористування.

Основний законодавчий акт у галузі охорони природи в нашій державі сьогодні — *Закон України про навколишнє природне середовище*, затверджений Верховною Радою 1 липня 1991 р. Закон складається з 14 розділів, у яких викладено загальні положення, екологічні права та обов'язки громадян, функції рад народних депутатів, а також повноваження органів управління у сфері охорони природи, висвітлено питання спостереження, прогнозування, обліку та інформації в галузі охорони довкілля, питання екологічної експертизи, контролю й нагляду, регулювання використання природних ресурсів, економічних механізмів забезпечення охорони природи. Наведено також положення про заходи, пов'язані з екологічною безпекою, надзвичайними екологічними ситуаціями, про відповідальність за порушення природоохоронного законодавства та про міжнародні зносини України у сфері охорони довкілля.

Незважаючи на потужну правову базу, поки що не визначено правових норм прямої дії багатьох положень указанного Закону, а це ускладнює його виконання й робить малоефективним. Тому до нього слід розробити й ухвалити пакет із кількох десятків супутніх законів і підзаконних актів, які б чітко регламентували застосування всіх положень основного Закону.

До важливих державних документів природоохоронного напрямку належать також: Земельний кодекс України (1992), Водний кодекс України (1995), закони України «Про екологічну експертизу» (1995), «Про природно-заповідний фонд України» (1992), Лісовий кодекс України (1994), кодекси України «Про надра» (1994), «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» (1995), «Про плату за землю» (1996), «Про відходи» (1998), «Про зону надзвичайної екологічної ситуації» (2000), «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру» (2000), «Про об'єкти підвищеної небезпеки» (2000), «Про екологічну мережу» (2001).



Останніми роками в Україні прийнято низку законів і постанов Кабінету Міністрів із питань метрології, стандартизації та сертифікації в галузі природокористування й охорони довкілля з метою наближення до світових норм, особливо норм країн — членів Європейського Союзу. З 1990 по 2002 р. Верховною Радою України було ухвалено понад 25 природоохоронних законів, зміцнюється Державна екологічна інспекція, завершується створення екологічної прикордонної служби.

Загалом в Україні сьогодні сформовано одну з найрозвиненіших у Європі систему екологічного законодавства, визначено основні напрями державної політики в галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів і піклування про екологічну безпеку, розроблено кілька проектів природоохоронних програм для найнеблагополучніших районів.

Стає загальновизнаним, що одним із найсуттєвіших проявів мудрості сучасної людини є її екологічна компетентність.

М. М. Кисельов,
український філософ

Цілу низку законів і нормативних актів, спрямованих на охорону природи й раціональне використання її ресурсів, було прийнято регіональними міжнародними організаціями, такими як СНД, ООН, Європейська економічна співдружність, Організація країн — експортерів нафти (ОПЕК) та ін. До таких найважливіших документів належать міжнародно-правові акти ООН, ухвалені більшістю країн світу, Декларація та Програма Дій Людства в ХХІ столітті (Ріо-де-Жанейро, 1992), Конвенція з морського права (1984), Монреальський Протокол про обмеження використання речовин, що руйнують озоновий шар (1987), та ін.

Ф Система екологічних стандартів — найважливіша складова частина природоохоронного законодавства. Недотримання стандартів карається законом.

Екологічні стандарти — єдині й обов'язкові для всіх об'єктів даного виду та рівня системи норм і вимог щодо ставлення до навколишнього природного середовища.

Є стандарти міжнародні, державні, галузеві й стандарти підприємств.

Стандарти з охорони природи об'єднано під загальним номером 17: 17.1 — Охорона природи. Гідросфера; 17.2 — Охорона природи. Атмосфера й т. д.

До найважливіших нормативів якості довкілля належать гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у природних середовищах. На підставі ГДК розробляються нормативи гранично допустимих викидів (ГДВ) і скидів (ГДС) шкідливих речовин у повітря й воду. Через зміни загального екологічного стану довкілля ГДК, ГДВ і ГДС найбільш небезпечних і поширених забруднювачів уточнюються кожні 3–5 років з урахування посилення негативного ефекту від їхньої спільної дії.

Для безлічі забруднювачів ГДК ще не встановлено, бо кількість нових шкідливих речовин зростає надзвичайно швидко. Для багатьох природних об'єктів (надра, флора, фауна тощо) ГДК не розроблено, для інших (вода, повітря) — є багато, хоча контролюється тільки приблизно десята частина їх. В одних випадках ГДК непередбачено суворі, в інших — навпаки, м'які. Зокрема, рибогосподарські ГДК важких металів для всіх поверхневих вод єдині, тимчасом як у жорстких водах їхня токсичність нижча за рахунок конкуренції з Ca^{2+} і Mg^{2+} (катоїнами, що зумовлюють жорсткість води). Тому вчені пропонують різні ГДК, наприклад для алюмінію, залежно від жорсткості води:

Жорсткість води, ммоль екв./л	ГДК (Al^{3+}), мг/л
<2,6	<0,05
2,6-7,1	<0,1
>7,1	<0,5

Для всіх ґрунтів ГДК важких металів однакові, хоча стійкість ґрунтів до забруднення різна. Так, радіонукліди краще затримуються чорноземами й суглинками, ніж піщаними ґрунтами. За високого вмісту в ґрунті фосфатів, карбонатів, сульфідів катіони важких металів утворюють з ними малорозчинні сполуки, втримуючися в ґрунті (вони малодоступні для рослин і не потрапляють у підземні води).

Вартість розробки ГДК у середньому становить 50 тис. доларів. Щороку розробляються ГДК приблизно для 50 сполук, тоді як протягом цього часу в довкілля потрапляє близько 2500 сполук.

Оскільки ГДК визначаються не лише в дослідях на мишах і пацюках, а й на мавпах, свинях (до речі, їхній організм найбільше схожий на людський), кішках, собаках, морських свинках, то любителі тварин у всьому світі протестують проти використання їх у таких жорстоких експериментах. Крім того, час експерименту

обмежений, тоді як дія певного забруднювача може тривати досить довго, тому добуті апроксимацією дані не зовсім коректні. Слід зазначити й те, що кожен організм має свої особливості, а ГДК, визначені в досліджах на мишах або пацюках, переносять на людину просто перерахунком (міліграм на кілограм маси тіла).

Останнім часом ГДК й летальні дози визначають на інших представниках живого світу, зокрема комахах, бактеріях, а також на клітинах людини. Результати, добуті на бактеріях чи окремих клітинах, напевно, істотно відрізнятимуться від тих, які були б отримані для людини.

:Л Система екологічного контролю. На державних і міждержавних рівнях створено організації, зобов'язані стежити за виконанням законів про охорону природи й здійснювати моніторинг природного середовища та окремих його компонентів.

В Україні контроль за станом природного середовища й виконанням природоохоронних актів здійснюють Міністерство екології і природних ресурсів, Міністерство охорони здоров'я, Державний комітет з гідрометеорології, Міністерство з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків чорнобильської катастрофи, система державних санітарно-епідеміологічних станцій та ін.

У 1989 р. опубліковано міжнародний документ «Правові принципи охорони навколишнього середовища й стійкого розвитку», підготовлений на завдання ООН спеціальною Комісією міжнародної групи експертів-юристів. Він являє собою звід правових принципів охорони довкілля та стійкого розвитку людства. Найголовніші положення цього документа:

- всі люди мають право на довкілля, сприятливе для їхнього здоров'я й добробуту;
- держави охороняють і використовують довкілля та природні ресурси в інтересах сучасного й майбутніх поколінь;
- держави підтримують екосистеми та екологічні процеси, необхідні для функціонування біосфери, зберігають біологічну різноманітність;
- держави встановлюють відповідні норми охорони довкілля, здійснюють моніторинг змін його якості, а також публікують усі дані з цього приводу;
- держави здійснюють попередні екологічні оцінки чи вимагають їх виконання у зв'язку із запропонованими видами діяльності,

які можуть істотно вплинути на довкілля або на використання природних ресурсів;

- держави своєчасно інформують усіх осіб, яких може стосуватися запланована діяльність, надаючи їм доступ до інформації, і забезпечують відповідну процедуру в адміністративних і судових справах;
- держави забезпечують умови, за яких збереження природного середовища розглядається як невід'ємна частина планування їхнього розвитку, й надають допомогу у сфері охорони довкілля іншим державам, особливо тим, що розвиваються.
- держави виявляють добру волю у взаємовідносинах з іншими державами для здійснення зазначених прав та зобов'язань.

Особливість глобальних проблем полягає в тому, що жодна країна окремо не може з ними впоратися.

О. В. Яблоков

Виконання екологічних регіональних (міжнародних) і національних законів перевіряється за допомогою системи екологічного контролю, яка постійно дає інформацію про стан екосистем і здоров'я людей у тому чи іншому районі планети чи в окремій державі. В систему екологічного контролю входять різні види екологічного моніторингу, екологічна паспортизація об'єктів людської діяльності та екологічна експертиза. Останнім часом для екологічного контролю дедалі ширше використовуються геоінформаційні системи (ГІС) і технології.

Геоінформаційні системи й технології — це сучасні комп'ютерні технології для картографування й аналізу об'єктів природи, а також подій, що відбуваються на планеті, в нашій життєдіяльності; це важливий засіб розуміння стану довкілля й управління ним. У світі ГІС розробляються з початку 70-х років ХХ ст. і широко використовуються в ландшафтній архітектурі й генеральному плануванні.

Геоінформаційні системи дають змогу швидко й комплексно інтерпретувати накопичену інформацію, маніпулювати нею, оперативно її поновлювати та аналізувати, поєднувати з прийняттям управлінських рішень на різних рівнях: локальному, регіональному, глобальному.

Як образно-знакові геоінформаційні моделі дійсності ГІС основуються на автоматизації інформаційних процесів, базах картографічних і аерокосмічних даних. ГІС дають змогу обробляти

значний обсяг фактичних і картографічних даних, аналізувати їх узгоджено з конкретними об'єктами й територіями. Головна цінність такої інформаційної системи з позиції управління полягає в можливості прив'язки всіх даних до об'єкта з координатами x , y , (z), автоматичного збільшення чи зменшення масштабу карт. При геоекологічному менеджменті ГІС істотно полегшують процес прийняття рішень.

В Україні перші спроби створення ГІС здійснено наприкінці 70-х років ХХ ст. Одна з них — це розробка містобудівної інформаційної системи для Києва, в якій планувалося звести інформацію про природні умови системи місто—передмістя, представити узагальнені дані про об'єкт, скласти мікрокліматичну карту, виконати розрахунки температури, швидкості вітру, поширення зон викидів промислових підприємств на певній площі за різних метеорологічних умов.

Нині в Україні ГІС-технології набули широкого розвитку. Державними установами розроблено векторні тематичні карти масштабу 1 : 200 000 для всієї країни та 1 : 50 000 для окремих територій.

ГІС широко впроваджуються в управління заповідними територіями. Так, у Канаді в штаті Альберта створюється ГІС для заповідників; було визнано, що вона ефективна для менеджменту в 41 сфері, в тому числі для аналізу власності на землю, управління фінансами, екологічної оцінки територій, визначення стабільності екосистем тощо.

В Україні є практика застосування ГІС в управлінні заповідними територіями — Карпатського національного природного парку, заповіднику Розточчя; розроблено менеджмент-план водно-болотних угідь Сиваша.

Згідно із законом України «Про природно-заповідний фонд» території природно-заповідного фонду можуть використовуватися в природоохоронних, науково-дослідних, просвітницьких, рекреаційних цілях та для здійснення моніторингу, де ГІС-технології також доцільні.

Екологічна експертиза — це оцінка впливів на довкілля й здоров'я людей усіх видів господарської діяльності та відповідності цієї діяльності чинним нормам і законам з охорони навколишнього природного середовища, вимогам екологічної безпеки суспільства.

За українським природоохоронним законодавством [Закон України про екологічну експертизу (1995)], проведення експертизи обов'язкове для будь-якої діяльності, що впливає на довкілля, для будь-якого проекту нововведень технологій, для будівництва, реконструкцій і т. д.

Основні завдання експертизи — сприяти додержанню природоохоронних законів та оцінювати рішення щодо підтримання й відновлення довкілля.

Діють екологічні експертизи кількох типів: *державні, громадські, відомчі, змішані*. За призначенням вони бувають *первинні та вторинні*, за масштабами — *локальні (об'єктні), районні, регіональні (обласні й міжобласні), державні, міждержавні*. Процес експертизи передбачає оцінку й аналіз технологій, техніки, проектів підприємств, проектів перетворення природи, стану здоров'я людей, якості повітряного середовища, води, продуктів харчування, виявлення аномалій фізичних полів тощо.

Державна екологічна експертиза (як і інші види експертиз) має спиратися на принципи обов'язковості її проведення, наукової обґрунтованості, законності висновків, незалежності, об'єктивності, позавідомчості, широкої гласності та участі громадськості.

Державна екологічна експертиза здійснюється експертними комісіями Міністерства екології і природних ресурсів України та його підрозділами на місцях, міжгалузевими комісіями, а громадська експертиза — громадськими комісіями із залученням спеціалістів.

У завдання екологічної експертизи входить також контроль за дотриманням історико-культурних та етнічних інтересів населення. (Під рукотворними морями на Дніпрі загинули родючі землі, сади, села, культурні та історичні пам'ятки, яких уже не повернеш; непоправне сталося й після аварії на ЧАЕС.)

Найсуворішій державній екологічній експертизі підлягають:

- нафтопереробні підприємства; великі нафтоховища;
- ТЕС потужністю понад 300 МВт, АЕС, греблі на великих водосховищах;
- установки з виробництва й переробки азбесту; склади боєприпасів;
- автомагістралі, залізниці, великі аеропорти; торгові морські порти тощо.

Екологічний паспорт — це комплексний документ, що містить у собі характеристику взаємовідносин будь-якого об'єкта (підприємства, ферми, підстанції, навчального закладу) з навколишнім природним середовищем. У ньому є загальні відомості про об'єкт, використовувану сировину (її вид, обсяги, екологічність), споживану енергію, займану площу, кількість працівників, про технологічні схеми виробництва (роботи), види продукції, про схеми природоохорони (очистка викидів і скидів забруднювальних речовин), про зберігання відходів (їхню токсичність, кількість, утилізацію) тощо.

Екологічний паспорт складається з двох частин: перша містить характеристику виробництва, а друга — природоохоронні заходи, спрямовані на зменшення чи усунення негативного впливу на довкілля.

У першій частині паспорта зазначають:

- назву об'єкта і його продукцію;
- місце розташування (наявність поблизу інших об'єктів, житлових будинків, автомагістралей, лікувальних і навчальних закладів тощо);
- обсяги використання земель (територія об'єкта й відвали відходів), води, енергії, сировини;
- технологічні схеми виробництва основної продукції (дані про небезпечні речовини й процеси, наявність альтернативних технологій);
- обсяги газоподібних викидів та стічних вод, їхню температуру, хімічний склад, очищення, складування відходів та умови зберігання;
- санітарну зону об'єкта.

У другій частині вказують природоохоронні заходи, їхню вартість, терміни здійснення, ефективність (впровадження екологічніших технологій, утилізація відходів тощо).

Останнім часом активно розвиваються нові напрями — екологічний аудит, екологічний менеджмент, екологічний маркетинг та ін.

?? Екологічний аудит — це екологічне обстеження підприємства, постановка «діагнозу» його «здоров'я», перевірка здатності виробничих систем до самоочищення й випуску екологічно чистої продукції. Це інструмент, за допомогою якого оцінюється



екологічна ефективність управління підприємством з метою збереження навколишнього природного середовища.

Характерні особливості екологічного аудиту — його незалежність, конфіденційність, об'єктивність, компетентність, ліцензійність та відповідність цілям, що визначаються замовником під час укладання договору на проведення аудиту.

Екологічний аудит організовується з ініціативи керівника чи власника об'єкта, має характер самоконтролю й сприяє здійсненню природоохоронних заходів та узгодженню дій державних і громадських органів, місцевих органів влади та підприємств. У сферу екоаудиту входять система екоменеджменту підприємства, його виробничі площі та прилеглі території на відстані 5 км по периметру, будівлі та обладнання, допоміжні технологічні процеси.

Екологічний аудит є обов'язковим у разі приватизації чи страхування підприємства, розробки природоохоронних заходів, надання підприємству фінансової допомоги з екологічних фондів.

Екоаудит дає змогу без додаткового державного асигнування підвищити ефективність природоохоронних заходів і державного екологічного менеджменту.

III Екологічний маркетинг — це управлінська функціональна діяльність у складі загальної системи менеджменту підприємства, спрямована на визначення, прогнозування та задоволення споживацьких потреб таким чином, щоб не порушувати екологічної рівноваги в довкіллі й не завдавати шкоди здоров'ю людей.

У завдання екологічного маркетингу входить вивчення попиту на екологічно безпечну продукцію, технології створення нових очисних об'єктів, освоєння природних ресурсів, установлення цін на товари та послуги екологічного призначення. Вивчається також конкурентоспроможність екологічно безпечної продукції тощо.

й Екологічний менеджмент — це підсистема загальної системи управління будь-яким об'єктом, діяльністю, виробництвом, яка гармонізує роботу й розвиток підприємства, галузі в навколишньому середовищі й екологічному правовому полі. Екологічний менеджмент є частиною загальної системи менеджменту, яка передбачає організаційну структуру, планування, розподіл відповідальності, практичну діяльність, процедури, процеси й ресурси, необхідні для розробки, впровадження й досягнення основних цілей екологічної політики, її коригування, оновлення, розширення (залежно від змін екологічної ситуації).

Екологічний менеджмент не відмінє й не замінює державного та виробничого екологічного управління, а доповнює його як самостійна ініціативна діяльність виробництва. Це не лише ринковий інструмент, що сприяє розвитку виробництва й одержанню додаткових прибутків, а й фактор сучасної екологічної культури. Рівень екологічного менеджменту свідчить про рівень екологізації підприємства, його відповідність сучасним вимогам еколого-економічно збалансованого розвитку.

Сьогодні екологічний менеджмент — нова важлива дисципліна, котру слід викладати в усіх вищих навчальних закладах України й яка є невід'ємним елементом базових екологічних знань кожного спеціаліста, бо стосується системної екологізації будь-якого виробництва, виду людської діяльності, екологічної політики, що має забезпечити гармонійний розвиток суспільства.

У 1993 р. європейськими країнами було погоджено й опубліковано вимоги до створення Схеми екологічного менеджменту й аудиту (EMAS), а з 1995 р. підприємства дістали можливість бути сертифікованими згідно з EMAS. Мета розробки EMAS полягає в оцінці й поліпшенні екологічних показників діяльності промислових підприємств і створенні умов для надання екологічної інформації.

Проте більшість експертів вважає, що майбутнє — за всесвітньою системою стандартів, підготовлених Міжнародною організацією стандартизації (ISO). Їй належать стандарти серії ISO—14 000 у галузі екологічного менеджменту, спрямовані не на кількісні параметри (обсяги викидів, концентрації речовин тощо) і не на технології (вимоги використовувати чи не використовувати певні технології), а на застосування найкращої доступної технології.

Документи, що входять у систему, можна умовно поділити на три групи:

- принципи створення й використання систем екологічного менеджменту;
- інструменти екологічного контролю й оцінки;
- стандарти, орієнтовані на продукцію.

Офіційно стандарти ISO—14 000 є добровільними. Передбачається, що вони забезпечуватимуть поліпшення екологічної ситуації на трьох рівнях:

- організаційному (через екологізацію діяльності корпорацій);

- національному (завдяки створенню доповнення до національної нормативної бази й компоненти державної екологічної політики);
- міжнародному.

Держстандарт України першим серед країн колишнього СРСР увів стандарти ISO—14 000 у ДСТУ, і з 1 січня 1998 р. вони набули чинності на території України як добровільні національні стандарти в галузі систем управління навколишнім природним середовищем.

Система екологічного менеджменту в нашій країні регламентується законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» (1991). Державний екологічний менеджмент передбачає:

- дотримання природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення здійснення природоохоронних заходів;
- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Завдяки впровадженню систем екологічного менеджменту екологічна діяльність починає відповідати інтересам керівництва підприємства, підвищуються економічність виробництва, екологічний імідж підприємства та його конкурентоспроможність на світовому ринку.

Економічний механізм управління природокористуванням передбачає:

- формування системи екологічних обмежень (ліміти шкідливих викидів у атмосферу, скидів стічних вод у поверхневі водойми, розміщення відходів, використання ресурсів);
- створення системи економічних важелів зменшення негативного впливу на довкілля;
- розвиток економічного стимулювання — пільгового оподаткування, екологічного страхування, надання природних ресурсів під заставу;
- створення системи фінансування природоохоронних заходів.

До джерел формування системи екологічного фінансування належать платежі, грошові стягнення, страхування. *Платежі* бувають трьох видів:

- за спеціальне використання природних ресурсів;
- за погіршення якості природних ресурсів;
- за забруднення довкілля.

На розмір нормативу плати за використання природних ресурсів впливають їх поширення, розташування, якість, доступність, можливість переробки, відтворення й утилізації.

Вартісна оцінка природних ресурсів ґрунтується на двох показниках: витрати на підготовку й використання та прибуток виробника.

Повітря безкоштовне. Вартість води залежить від її якості й водозабезпеченості регіонів, тому диференціюється за басейнами й коливається в широких межах. Визначаючи вартість ґрунту, враховують вид землекористування та характеристики ґрунту.

Плата за забруднення довкілля поширюється на:

- викиди в атмосферу шкідливих речовин;
- скиди забруднень у поверхневі водойми, територіальні та внутрішні морські води, в підземні горизонти та систему каналізації;
- розміщення відходів.

Для конкретного підприємства визначаються гранично допустимі викиди (ГДВ) і скиди (ГДС) кожного із забруднювачів. На підставі цих лімітів формуються платежі за забруднення довкілля. За понаднормативні викиди й скиди та розміщення відходів плата збільшується в 5 разів порівняно з нормативною. Враховують і клас небезпечності відходів. Розміщення 1 т відходів коштує:

- I класу (надзвичайно небезпечні) — 55 грн.;
- II класу (високонебезпечні) — 2 грн.;
- III класу (помірно небезпечні) — 0,5 грн.;
- IV класу (малонебезпечні) — 0,2 грн.

Платежі за викиди пересувними джерелами обчислюють відповідно до виду й кількості спаленого палива, а також коригувальних коефіцієнтів, що враховують народногосподарське значення населеного пункту та кількість жителів у ньому.

Платежі за скиди обчислюють на підставі затверджених лімітів, виходячи з фактичних обсягів скидів, нормативів збору та коригувального коефіцієнта (регіонального або басейнового), що враховує територіальні екологічні особливості й еколого-економічні умови функціонування водного господарства (для Азовського й Чорного морів він становить 2; для Дніпра — від Каховської ГЕС до Чорного моря — 1,8; для Дунаю, Сіверськог

Дінця, Міусу та Кальміусу — 2,2; для Дніпра — від кордону до Києва, Прип'яті, Десни — 2,5; для Дністра й річок Криму — 2,8; для західних річок Тиси й Пруту — 3).

Сума збору за розміщення відходів залежить від фактичних обсягів відходів, затверджених лімітів та коригувальних коефіцієнтів, що враховують віддаленість звалищ від населеного пункту й характер облаштування місця розташування відходів (полігони, де забезпечується захист атмосферного повітря й поверхневих вод від забруднення, та звалища, де не задовольняються ці умови).

Одним із важливих важелів економічного управління природокористуванням є фінансування — надання коштів на певні природоохоронні заходи у вигляді бюджетних чи власних коштів підприємства, банківських кредитів, коштів екологічних фондів та екологічного страхування. Останнє дає змогу пом'якшити наслідки аварій через стихійне лихо або технологічні помилки: страхові компанії можуть відшкодувати збитки, створити умови для запобігання аваріям тощо.

До заходів економічного стимулювання належать також:

- податкові пільги, які повністю або частково дорівнюють природоохоронним витратам;
- звільнення від оподаткування екологічних фондів і природоохоронного майна;
- заохочувальні ціни й надбавки на екологічно чисту продукцію;
- пільгове кредитування для підприємств, що охороняють довкілля;
- екологічний податок на продукт, у процесі вироблення якого завдається шкода довкіллю;
- екологічні премії за використання природозберігаючих технологій та ін.

§ 5.5 ^ Культура й релігія

Думайте, яке синє небо, тим наблизитеся до вічності. Думайте, яке щастя проходити під промінням сузір'я, будучи осереддям променів десятків тисячоліть.

М. К. Реріх

На відміну від тварин, які пасивно пристосовуються до умов природи, людина намагається перетворити світ. Це неможливо без пошуку ідеального, без піднесення, без потягу до творчості. Людина жадає вічності, шукає в ній свою мету й натхнення. Ще 25—30 тис. років тому, в епоху палеоліту, наші далекі пращури створили на стінах печер цілі «галереї» з прекрасних зображень тварин — мамонтів, бізонів, коней, ведмедів тощо, серед яких вони жили, на яких полювали, звички яких добре знали. Ось зображення стада бізонів, які пасуться. Могутній гривастий бізон-самець грізно пригнув рогату голову, готовий кинутися на невидимого ворога. Інший бізон реве, високо задерши голову. Здається, його могутній рик ось-ось зазвучить під склепінням печери... Мчить галопом кінь (такі коні вимерли десятки тисяч років тому), поряд із ним скаче лошатко... Ось підкрадається до здобичі печерна левиця...

Художники та скульптори кам'яного віку майстерно передавали не тільки пропорції тіла тварини, її позу, а й, так би мовити, характер. Ось, наприклад, невеличка скульптура з мамонтової кістки, знайдена в одній із печер Франції (рис. 5.1). Могутній бізон повернув голову назад, щоб полизати свій бік. Та бідолаха ніяк не може дотягтися до місця, яке, мабуть, свербить. Він присів, витягнув уперед і задні, й передні ноги, якнайдалі висунув язик... Добродушно-комічний вигляд має цей грізний велетень. Так реалістично зобразити тварину міг лише той, хто жив у злагоді з природою, хто відчував себе її невід'ємною частиною.

А ось унікальна за своєю реалістичністю голівка дівчинки (рис. 5.2), вирізана з мамонтової кістки невідомим талановитим майстром 25 тис. років тому. Її сміливо можна поставити в один ряд із такими творіннями людського генія, як скульптурні портрети єгипетської цариці Нефертіті, створені Тутмесом, живописний портрет Мони Лізи («Джоконда») Леонардо да Вінчі.

Сьогодні можна стверджувати, що зв'язки людей із природним середовищем викривлені, порушена традиція природокористування, а це згубно вплинуло не тільки на природу, а й на всі сфери людського буття, насамперед на культуру. Практичні знання нині випереджають духовний розвиток людини — звідси й

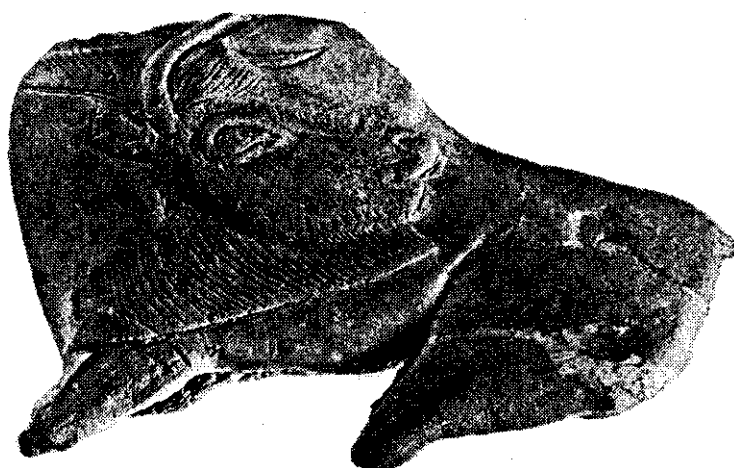


Рис. 5.1

Бізон. Скульптура (фото музею національних старожитностей Сен-Жермен-ан-Лен, Франція)

спад культури, що виразно простежується. А трагедія України полягає ще й у тому, що тоталітарна система породила псевдокультуру «соціалістичного реалізму», а справжню культуру українського народу безжалісно нищила.

Українському народові здавна було притаманне ставлення до природи, як до чогось материнського, рідного. Ось, наприклад, текст замовлянь язичницьких часів: «Добрий день тобі, сонечко ясне! Ти святе, ти ясне-прекрасне; ти чисте, величаве й поважане; ти освітлюєш гори й долини, й високі могили — освіти й мене перед усім світом: добротою, красою, любощами й милостями... Яке ти ясне, величне, прекрасне, щоб і я такою була ясною, величною, прекрасною перед усім світом». Образ природи злитий із душею української нації, тому відродження нації — це і є відродженням природи.

Про величезне значення зв'язку природа—людина попереджали й релігії. Так, зороастризм — релігія давніх народів Середньої Азії, Азербайджану, Афганістану та Ірану, що виникла в першому тисячолітті до нашої ери й реформувалася Заратустрою в VI ст. до н. е., містила в собі елементи екологічної етики. Вона проповідувала охорону ґрунтів, розумний випас худоби, охорону лісів від вирубування. Заратустра вчив, що весь матеріальний світ — гори, озера, земля, небо, вітер і річки — священний. Віл, як і людина, має душу, що прагне справедливості. Людина й тварина нерозривно пов'язані між собою: страждання одних породжують страждання інших. Згідно з його вченням, Бог створив людину, щоб вона оцінила красу природи, полюбила її й перейнялася до неї повагою. Людина має злитися з природою, щоб знайти безсмертя.

Біблія провіщає такі Божі кари, як вигнання з раю, потоп, розділення єдиної людської душі, віддалення народів один від одного через наділення їх різними мовами. А в Об'явленнях св. Івана Богослова пророкуються страшні природні катаклізми: «...і велика зоря спала з неба, палаючи, як смолоскип. І спала вона на третину річок та на водні джерела. А ймення зорі тій Полин. І стала третина води, як полин, і багато людей помирало з води, бо згіркла вона...» (чи не про чорнобильську біду йдеться?), «...і померла третина морського створіння, що мають життя...», «...І дано йому (сонцю) палити людей огнем. І спека велика палила людей...» (руйнування озонного шару?), «...і висохла вода в річці...» й т. д.

Найвеличніший і наймогутніший із законів Природи — це закон гармонії. На ньому тримається грандіозна будова Космосу.

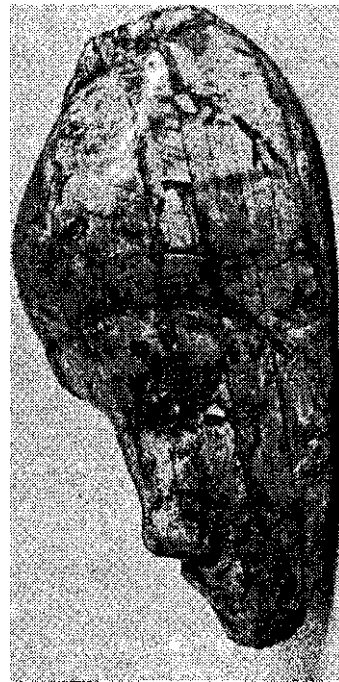


Рис. 5.2
Голівка ганки,
вирізана з мамонтової кістки
(знайдена в Чехії)

Навіть стихійні, жорстокі за своїми наслідками природні катастрофи виникають через тяжіння Природи до рівноваги, до гармонії. Втручання людини в цю гармонію не завжди дає позитивні результати й не завжди має розумний характер. Воно стало особливо небезпечним у наш час. Людині часто невтямки, що кожна жива істота, цілий Всесвіт підвладні єдиним строго визначеним космічним ритму й порядку. Порушення їх (навіть незначне) призводить до великих, а часом і фатальних помилок, за які всі ми згодом тяжко розплачуємося. Недопустимо порушувати цю гармонію, сутність якої розкривають для людей у Біблії десять заповідей і Нагірна проповідь Ісуса Христа.

І у витворах Природи — хай то буде сніжинка, чи кристал, чи рослинка, чи струмок, який тече між трав'янистими берегами, — криється краса гармонії. Божественну гармонію краси несуть у собі й шедеври людської культури — і Парфенон, і Тадж-Махал, і вірші великих поетів, і гімалайські пейзажі М. К. Реріха. Йому, до речі, належить безсмертний вислів «Краса врятує світ».

Цілковитим невігласом постає людина, котра говорить із приводу якоїсь тварини чи рослини: «Що в ній хорошого?» Якщо природний механізм хороший у цілому, то й кожна його частина хороша, розуміємо ми це чи ні... Гармонія з Природою схожа на гармонію з другом — ви не можете потискувати йому праву руку й рубати ліву

Л. Одно

Вірні християни вважають, що нині, на початку третього тисячоліття, наблизився час другого пришествя Ісуса Христа. Дехто з видатних релігійних мислителів говорить, що цей великий день може настати швидше, ніж ми гадаємо! Сьогодні кожна особистість мусить знайти й посісти своє, відведене саме їй місце в будівлі світової гармонії, відчути себе індивідуальністю, а не безликою істотою серед юрби собі подібних.

Нині дедалі більшого значення для людства набуває *екологічна етика* як самостійний і особливий елемент духовної культури кожної особистості. Без додержання вимог екологічної етики неможливі екологічно правильне регулювання взаємозв'язків людства та природи, екологічна культура людини.

Основою екологічної етики є екологічні мислення та світогляд, які, своєю чергою, формуються в процесі екологічної освіти й виховання. Екологічна освіта — одна з найважливіших галузей педагогіки — будується на базі цілісної системи уявлень про при-

роду, біосферу, про умови її збереження та раціональне використання. Вплив цієї системи на кожну людину має тривати все її життя. Тоді в кожній людині з'явиться екологічна компетентність — знання екологічних законів, правил і норм, принципів поведінки в довкіллі, які утримають її від екологічно аморальних учинків, спрямують її природоохоронну діяльність.

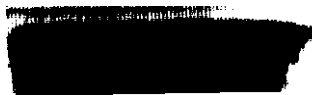
Сенс людського життя — в досягненні краси, гармонії, в самовираженні. Якщо кожний із нас щодня робитиме щось досконаліше, ніж учора, й робитиме це свідомо, то це його зосередження неминуче відобразиться в його свідомості, а сума зосередженостей змінить його поведінку на краще. Всі наші вчинки несуть відбиток наших думок, тому ми відповідальні у своїх думках — не лише перед собою, а й перед людьми. Тому необхідно намагатися позбутися поганих думок, не допускати їх, а навпаки, прагнути позитивних. Спробуйте — насправді це дуже просто.

С. М. Реріх,
російський художник

Екологічна етика сьогодні — це самостійний розділ етики, присвячений моральному кодексові природокористування, моральним нормам взаємин людини й природи з урахуванням знань екологічних законів. Це — одна з основ раціонального управління процесами, що відбуваються в біосфері, для її збереження.

Еколого-етичні знання сприяють розумінню того, як впливає на долю особистості й суспільства науково-технічний прогрес, а також усвідомленню місця людини й усього людства в біосфері та Космосі.

Сьогодні виникло нове, дещо незвичне поняття — *екологія душі*. Під ним розуміють виховання з раннього дитинства гуманного ставлення до всього навколо, до Матері-Природи, відродження найкращих народних звичаїв, обрядів, любов до рідної мови, пісні, поетичного слова. Десятиліттями тоталітарна система нещадно витравлювала найкращі риси українського народу: почуття господаря рідної землі, любов до Батьківщини, поважання вікових традицій і звичаїв. Для цієї системи патріот України становив загрозу, їй потрібне було стадо манкуртів, безликих виконавців волі «керівної й спрямовуючої» сили. В результаті маємо покалічену мову-суржик, спустошені й зарослі бур'яном храми, зведені до примітиву «культурні запити» деякої частини молоді,



Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

що обмежуються придбанням модного одягу та записів чергового шлягера чергової ж поп-зірки.

Могутність країни не в самому лише матеріальному багатстві, а й у душі народу. Чим ширша, вільніша ця душа, тим більшої величі й сили досягає держава. А що виховує широчінь духу, як не ця дивовижна природа? Її потрібно берегти, як ми бережемо саме життя людини.

**П. І. Чайковський,
великий російський композитор**

Отже, відновлення природи й виховання нової людини — це дві взаємопов'язані проблеми сьогодення.

§ 5.6 [^] Урбоекологія

Велике місто — це місце, де й переваги, й вади сучасної технологічної цивілізації виступають зримо й найсильніше.

**П. Селф,
американський еколог,**

До найхарактерніших рис розвитку людської цивілізації належить *урбанізація* (від лат. *urbanus* — міський), що проявляється в зростанні населення міст і відповідному зменшенні чисельності сільського населення. Ця фаза розвитку людства, яку можна назвати індустріально-міською, триває всього 200—300 років, а техногенне перетворення ландшафтів у містах досягло вже критичного рівня. Доміські екосистеми за цей час максимально перероблені й антропозовані. На початку ХХ ст. в містах проживало 13 % населення Землі, в середині століття — 28 %, а на початку ХХІ ст. — вже близько 50 %. Швидко зростає кількість міст-«мільйонерів», а чисельність жителів у найбільших із них — мегаполісах — сьогодні становить: у Мехіко — 27,5 млн, Шанхаї — 25,8, агломерації Токіо—Йокогама — 23,8, Пекіні — 22,8, Сан-Паулу — 21,5, Нью-Йорку — 19,5 млн. У великих містах зараз проживає більшість міського населення (в Росії, наприклад, 71,3 %).

В Україні міське населення становить 68 %. Понад третина (33,7 %) усіх міських жителів України зосереджена в чотирьох

областях: Донецькій, Луганській, Дніпропетровській і Запорізькій. Частка мешканців Києва в міському населенні України — 7,8 %.

Ніде суперечність між людиною та природою не досягає такої глибини, як у великому місті. Російський еколог М. Гершензон пише: «...великі міста донині є лише паразитами біосфери, якщо поцінувати їх з погляду того, що називається "життєвими ресурсами" (вода, повітря, їжа)». Причому чим більше місто, тим більшої шкоди воно завдає Матері-Природі. Неконтрольоване зростання населення мегаполісів супроводжується істотним зниженням якості життя в них (зменшення кількості та зниження якості послуг, погіршення водопостачання, збільшення кількості неочищених стоків і твердих відходів, зростання забрудненості повітря й т. д.). Особливо це стосується великих міст у країнах, що розвиваються (Калькутта, Карачі, Бомбей, Лагос, Мехіко та ін.).

Проблемами міст, міського населення опікується особлива галузь екології — *урбоекологія*.

Як же пояснюється нестримне зростання міст, особливо великих? Чому люди тягнуться до міста? Вчені гадають, що це зумовлено передусім соціально-економічними факторами. У великих містах сконцентровано матеріально-технічне виробництво, вони є місцями нагромадження й розподілу речовини, енергії та інформації, центрами духовного життя суспільства. У великих містах створюються кращі можливості для задоволення індивідуальних матеріальних і духовних запитів, причому чим більше місто, тим ширший спектр послуг, які воно може надати людині.

Водночас у місті, як ніде, людина відокремлена й у просторі, й духовно від інших членів суспільства. Міський житель може десятки років жити в одному й тому самому багатоквартирному будинку й не бути знайомим із сусідами. Людина у великому місті, за образним висловом Джека Лондона, перебуває в «людській пустелі».

Таке поєднання протилежних рис великого міста відображує протилежність начал людської психології. З одного боку, людині притаманні крайній індивідуалізм, здатність бачити опору лише у власному «Я», а з іншого — подолання відчуження людини від суспільства, розкриття її здібностей та їх розвиток можливі лише в процесі спілкування з іншими людьми, участі у спільній справі. Така двоєдність різних начал є фундаментальною властивістю живої природи, вона характерна не тільки для міських поселень

людей, а й для популяцій суспільних комах і колоніальних тварин, таких як мурашки, терміти, бджоли, ховрахи, піщанки та ін. Тому урбоекологи часто використовують «міські» поселення термітів, мурашок або піщанок як моделі для вивчення особливостей розвитку великих людських поселень.

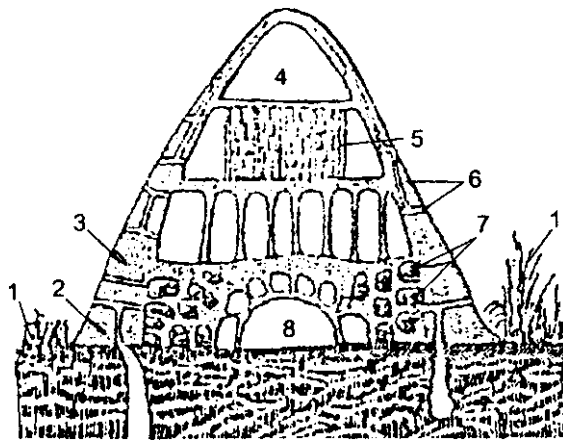


Рис. 5.3
«Місто» термітів

На рис. 5.3 показано розріз «міста» піщаних термітів, які мешкають у Південній Америці. В цьому «місті» є такі знайомі нам функціональні зони, як міський центр 8, житлова 7 і комунально-складська 5 зони, зона життєзабезпечення у вигляді повітряної камери 4, внутріміські 6 та міжміські 2 шляхи сполучення, зелена зона 1. Стінка термітника 3, як і всяка міська стіна, виконує захисні функції.

Спостереження за популяціями суспільних комах і колоніальних тварин свідчать, що розміри їхніх поселень, кількість «міст» на одиницю ареалу та чисельність особин у поселенні строго визначаються кліматичними умовами, харчовими ресурсами та ін. Дуже важливим є фактор перенаселеності: коли кількість особин на одиницю площі досягає певної критичної межі, подальше зростання колонії припиняється. Якщо експериментатори штучно збільшували густоту тварин на одиницю площі, то це вкрай негативно впливало на колонію. Наприклад, коли щурів утримували в клітці в кількості, що перевершувала «критичну норму», в них

розвивалася різко агресивна поведінка, зникали деякі ознаки соціальної поведінки, вони втрачали інстинкт охорони потомства й т. д.

У природних популяціях великих ссавців неможлива така густина заселення, яка спостерігається на урбанізованих територіях людей. Наприклад, середня густина населення в таких містах Росії, як Москва і Санкт-Петербург, досягає 15–20 тис. чоловік на 1 км². За сумарними екологічними показниками міста поділяються на п'ять категорій: 1 — благополучні; 2 — задовільні; 3 — помірно напружені; 4 — напружені; 5 — критичні. Статистичні дані свідчать, що екологічне неблагополуччя починається тоді, коли чисельність населення міст перевищує 100 тис. чоловік.

Слід наголосити, що природоруйнівна сила великих міст не строго еквівалентна кількості населення в них, а набагато більша. Річ у тім, що матеріально-технічна й енергетична озброєність міського населення та його організованість набагато вищі, ніж сільського. Тому техногенний вплив міста не обмежується його територією, а виходить далеко за її границі. Сучасний стан довкілля в містах-гігантах — грізне нагадування про слушність прогнозів щодо активного розвитку кризових екологічних ситуацій. Саме в містах, населення яких перевершило стотисячний рубіж, у містах із гіпертрофованими промисловістю, транспортом тощо, за даними статистики, простежується не тільки зростання кількості таких захворювань, як серцево-судинні, бронхо-легеневі, онкологічні, «чума ХХ століття» — СНІД, а й, що особливо показово, збільшення психопатологічних форм антисоціальної та кримінальної поведінки — хуліганства, проявів вандалізму, безглузких убивств, алкоголізму, наркоманії. Причому чим більше місто, тим більше в ньому хуліганів, алкоголіків, наркоманів. Можливо, це прояв саморегуляції природи, закони якої порушуються людиною?

Отже, урбанізація найяскравіше відбиває загальний для всієї Землі процес заміни біосфери техносферою, який розпочався ще в епоху палеоліту й триває досі дедалі швидшими темпами. Якщо людство хоче мати майбутнє, воно мусить приборкати цей процес і взяти його під контроль.

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

Контрольні запитання й завдання ...

1. Поясніть, що таке всесвітня гуманітарно-екологічна революція.
2. У чому проявляється ресурсно-екологічна криза?
3. Чому для майбутнього нашої цивілізації важливі самообмеження у сферах споживання, розселення, народжуваності?
4. Чому нині надзвичайної ваги набула екологічна освіта?
5. Які основні завдання й мета екологічної освіти?
6. Які є форми екологічної освіти?
7. Що таке природокористування?
8. Який основний принцип сучасного природокористування ?
9. Які основні завдання економіки природокористування ?
10. Чим раціональне природокористування відрізняється від нераціонального?
11. Як визначають вартість природних ресурсів?
12. Які показники використовуються для оцінки вартості природних ресурсів?
13. Що таке екологічні збитки?
14. Назвіть основні закони природокористування, сформульовані М. Ф. Реймерсом.
15. Назвіть основні законодавчі акти й документи в галузі охорони природи України.
16. Що таке екологічні стандарти?
17. Розкажіть про систему екологічного контролю.
18. Що таке геоінформаційні системи й технології?
19. Які основні завдання екологічної експертизи? Які є типи екологічної експертизи?
20. Що таке екологічний паспорт?
21. Які завдання екологічного маркетингу?
22. Що таке екологічний аудит та екологічний менеджмент?
23. Яка мета реалізації економічного механізму управління природокористуванням та охороною довкілля?
24. Чому сьогодні простежується спад культури?
25. Яка роль релігій у сфері охорони природи?
26. Як ви вважаєте: в чому полягає сенс людського життя?
27. Що таке «екологічна етика»?
28. Як ви розумієте вислів «екологія душі»?
29. Якими проблемами опікується урбо-екологія?
30. Чим можна пояснити нестримне зростання великих міст?
31. Які основні екологічні проблеми великих міст?
32. Яким ви бачите майбутнє вашого міста?

6

ГЛАВА

ЕКОЛОГІЯ ЛЮДИНИ

Хвороба
є розплатою
за насилля
над Природою.

Х. Баллу,
індійський
письменник

Здоров'я людини як інтегральний показник § 6 А * 2 її багатовимірної екологічної ніші

*Помірність — спільник природи. Тому їжа, питво, сон,
любов — нехай буде все помірним.*

Гіппократ,
давньогрецький лікар,
«батько медицини»
(V—IV ст. до н. е.)

Людина, як і всякий інший вид, є частиною природи й займає свою певну екологічну нішу. Ця ніша має три аспекти — ніша місця, трофічна й багатовимірні ніші (див. гл. 2).

Сьогодні людство цілком реалізувало *нішу місця*: воно заселило всі придатні біотопи на планеті — всі континенти й усі наземні біоми. Тепер ми прагнемо розширити цю нішу: створюються проекти заселення Світового океану, на Північному полюсі роками працюють дрейфуючі станції, розростаються поселення в Антарктиді. Людина намагається заселити навіть відкритий Космос. У планетарному масштабі для виду *Homo sapiens* уже не існує

природних меж: річки, гори, океани, які десятками тисяч років слугували перешкодами для розселення інших видів, людина долає за лічені години й хвилини.

У *трофічному аспекті* людство також прогресує. Хоч, як і десятки тисяч років тому, людина стосовно інших ланок трофічного ланцюга виступає або трав'яїдним, або м'ясоїдним консументом, її меню істотно змінилося. Протягом більшої частини своєї історії людство добувало майже 98 % їжі за рахунок розведення менш як 40 видів рослин і 8 видів тварин. Проте лише за останні 50 років розпочато промислове розведення кількох десятків видів риби, введено в агрокультуру близько 250 видів вищих рослин, розроблено технології промислового вирощування близько 50 видів морських макроскопічних водоростей, понад 10 видів їстівних грибів. Частка цих «нетрадиційних» об'єктів у раціоні людини вже перевищує 10 % і продовжує зростати.

Отже, навіть без пильного аналізу видно: сучасна людина постійно розширює свою нішу місця й трофічну нішу. Та, згідно з четвертим законом Б. Коммонера, за все треба платити. І ми вже платимо — зменшенням нашої багатомірної ніші.

Шляхи реалізації *багатомірної ніші* неочевидні — вони пов'язані з генетичним потенціалом людини та взаємодією її з довкіллям. Сучасна молекулярна біологія й генетика інтенсивно намагаються взяти генотип під контроль людини. Зокрема, вже створено, відпрацьовано й перевірено на тваринах методики штучного, вегетативного розмноження людини — так зване *оо-нування*, до 2005 р. планується розшифрувати нуклеотидні послідовності всіх генів людини (міжнародна програма «Геном людини»), розробити методики вбудовування будь-якого природного чи штучного гена в будь-яку еукаріотичну клітину, в тому числі й людську (сьогодні гена інженерія успішно здійснюється на прокаріотичних клітинах, є позитивні результати також стосовно рослин і тварин). Більше того, на початку 90-х років відкрито ген, який після досягнення певного віку «вмикає» в організмі процеси швидкого старіння й смерті, — так званий *ген-кілер*, *ген-самовбивця*. А вже 1997 р. було розроблено й успішно випробувано на тваринах методики його блокування. Людина дістала засіб досягнення біологічного безсмертя. Та запобігти смерті від хвороб, агресивного впливу на організм умов зовнішнього середовища, випадкових причин люди неспроможні (табл. 6.1).

Імовірність P загибелі людини за рік

Добровільний ризик	$L, 1 < \Gamma^5$	Випадковий ризик	$P, 1 < \Gamma^7$
Паління (20 цигарок на день)	500	Транспортна пригода	500
Керування мотоциклом	200	Повінь	22
Участь в автоперегонах	120	Торнадо	22
Вживання алкоголю (пляшка вина на день)	75	Землетрус	17
Керування автомобілем	17	Буря	8
Гра у футбол	4	Блискавка	1
Альпінізм	4	Авіакатастрофа	1
Вживання арахісового масла	4	Радіоактивний викид АЕС	1
Приймання протизаплідних таблеток	2	Прорив греблі	1
Рентгенівська діагностика	1	Падіння метеорита	0,0006
Пасивне паління	1		

Сьогодні, попри всі успіхи, людина ще не навчилася спрямовано змінювати свій генотип, і тому границі стійкості її організму проти різних факторів середовища залишилися майже такими самими. Наприклад, як і десятки тисяч років тому, оптимальними для людини вважаються: температура повітря 18–35 °С, атмосферний тиск 80–150 кПА, рН питної води 5,5–8,0, вміст у ній нітратів 2–15 мг/л. Проте дедалі менше стає біотопів, де ці фактори перебувають у зоні оптимуму людини: води з низьким вмістом нітратів та оптимальним рН дуже багато в тундрі чи у високогір'ях, однак температура, а в горах і тиск, виходять за границі оптимуму. І навпаки, на рівнині, де й тиск, і температура оптимальні, вода все частіше забруднюється нітратами. Незважаючи на це, люди живуть і на рівнині, й у горах. Тут вступає в дію принцип лімітуючих факторів: якщо хоч один із них виходить за границі діапазону толерантності, він стає обмежувальним. Коли значення такого фактора ще не досягло летальної границі, але вже вийшло із зони оптимуму, організм відчуває фізіологічний стрес. У нашому прикладі: в гірських районах — це гірська хвороба, а на рівнині за підвищеного вмісту у воді нітратів — загальна кволість і депресія. Такий стан відображає невідповідність бага-

товимірних ніш і в горах, і на рівнині зонам оптимуму людини, принаймні стосовно деяких екологічних факторів.

На людину, як і на всяку істоту, конкретний фактор впливає не сам по собі, а у взаємодії з іншими, й залежно від характеру цієї взаємодії діапазон толерантності може змінюватися. Наприклад, за відносної вологості повітря 30 % температура повітря 28 °С відповідає зоні оптимуму. Але за вологості 70 % ця сама температура виходить за границі оптимуму й потрапляє в зону пессимуму: пришвидшується дихання, з'являються відчуття жару і ядухи, пригніченість, людина може знепритомніти.

Отже, здоров'я — один із узагальнювальних показників ступеня оптимальності багатовимірної ніші. Здебільшого (точніше — майже завжди) ми не знаємо, який із факторів середовища в даний момент є лімітуючим, але якщо здоров'я популяції, нації чи людства в цілому погіршується, виходить, що наша багатовимірна ніша стала меншою. Масштаби зміни здоров'я дають змогу оцінити й масштаб дії лімітуючого фактора: чи впливає він лише на окрему популяцію, чи діє в окремому районі, чи є загальнопланетарним.

§ 6 ^ ^ і Здоров'я та його критерії

Здорова людина буває нещасливою, але хвора не може бути щасливою.

М. М. Амосов

Поняття про індивідуальне здоров'я. Від часів Гіппократа здоров'я визначалось як відсутність хвороб, як стан організму, за якого він здатний повноцінно виконувати свої функції. Здоров'я в такому розумінні — об'єкт медицини. Лікар-практик завжди працює з конкретною людиною. Вивчаючи стан здоров'я пацієнта, лікар визначає, чи є в нього хронічні захворювання, аналізує функціональний стан його органів і систем, індивідуальну опірність, психічний і фізичний розвиток і за результатами обстеження приймає конкретне рішення про лікування, призначає ліки й процедури, а також лікувальний режим.

Здоров'я як популяційна категорія. Залежність здоров'я від спадковості та факторів зовнішнього середовища — основний аспект проблеми здоров'я людей на популяційному рівні. В цьому разі об'єктом дослідження виступає не окрема особа, а популяція чи сукупність популяцій — етнічна група, нація, людство в цілому. Здоров'я на популяційному рівні — це більш загальна категорія, оскільки те, що стосується популяції, обов'язково проявляється й на конкретних індивідах.

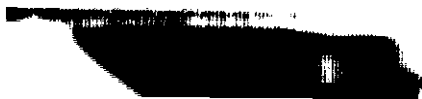
Наприклад, у деяких районах Полісся й Західної України поширене захворювання ендемічний зоб, від якого потерпає близько півмільйона людей. Причина цього захворювання — дефіцит йоду в питній воді та високий уміст у ній гумінових кислот. У кожному конкретному випадку лікар призначає препарати, що містять йод, або навіть може направити пацієнта на операцію. Проте на популяційному рівні є дієвіший спосіб боротьби із захворюванням — корекція мінерального складу питної води чи їжі додаванням необхідної кількості йоду. Ця процедура поширюється відразу на всю популяцію й має не лише лікувальний, а й профілактичний характер. Так, у січні 1998 р. Кабінет Міністрів України видав постанову про йодування кухонної солі, яка надходить у продаж. Зрозуміло, що окремому лікареві-практику такий спосіб лікування недоступний.

Проблемою здоров'я людини на популяційному рівні опікується одна з нових галузей екології — *медична екологія*.

У медичній екології, як і в популяційній екології в цілому, основними показниками стану популяції людини вважаються *статистичні*. Визначаючи здоров'я популяції, медики-екологи аналізують передусім народжуваність і смертність, тривалість життя, захворюваність та її структуру, працездатність, психологічні показники, наприклад задоволеність життям.

Демографічні показники (тривалість життя, співвідношення народжуваності й смертності) дають змогу оцінити загальний стан популяції. Загальний напрям процесів, які визначають смертність у популяції, можна оцінити за допомогою кривих виживання (див. гл. 2). Для цього ж використовують дані про вікову структуру популяції. Характер кривих у цьому разі інтерпретується подібно до характеру кривих виживання.

Проте екологічно найінформативнішими є захворюваність та її структура. *Захворюваність* відображає ступінь пристосованості



популяції до умов середовища, а *структура захворюваності* — питому вагу кожного захворювання в їхній загальній кількості.

Знання захворюваності та її структури, причин захворювань, умов середовища, через які ці три причини виникають, дає людині потужний інструмент захисту своєї популяції й кожної конкретної особи від впливу несприятливих факторів середовища.

Захворюваність — явище не випадкове. Приблизно на 50 % вона зумовлюється способом життя кожної окремої людини. Шкідливі звички, неправильне харчування, недостатнє фізичне навантаження, самотність, стреси, порушення режимів праці та відпочинку сприяють розвитку хвороб. Захворюваність на 40 % залежить від спадковості та екологічних умов — клімату, стану геосфер, рівня забрудненості довкілля й приблизно на 10 % визначається сучасним рівнем медичної допомоги,

Далі йтиметься про здоров'я переважно на популяційному рівні (на протизвагу медицині, основна категорія якої — здоров'я на індивідуальному рівні).

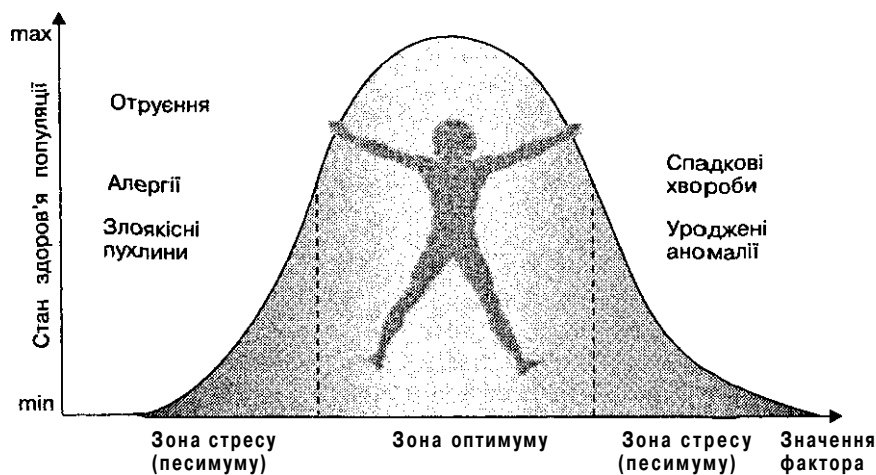
§6.3. Реакції організму людини на вплив факторів середовища

Людина зможе лише настільки, наскільки вона знає.

Ф. Бекон,
англійський філософ-гуманіст,
державний діяч (XVI—XVII ст.)

У межах діапазону толерантності людина пристосовується до умов довкілля завдяки численним захисним і пристосувальним (адаптивним) реакціям організму, головні з яких: підтримання сталості властивостей внутрішнього середовища (гомеостаз), регенераційні процеси, імунітет, регуляція обміну речовин тощо. В межах оптимуму ці реакції забезпечують найефективніше функціонування, високу працездатність, ефективне відновлення. Та в разі переходу якого-небудь фактора в зону песимуму ефективність окремих адаптивних

систем знижується або пристосувальна здатність взагалі втрачається (рис. 6.1). В організмі починаються патологічні зміни, що свідчить про певне захворювання. Патологічний стан під впливом несприятливих факторів середовища проявляється найчастіше в отруєннях (токсикозах), алергічних реакціях, злоякісних пухлинах, спадкових хворобах, уроджених аномаліях.



Рис^

Діапазон толерантності та деякі симптоми потрапляння в зону песимуму

III Отруєння (токсикози) — одна з найпоширеніших реакцій організму на вплив антропогенних факторів. Отруєння розвиваються внаслідок надходження в організм у небезпечних концентраціях тих чи інших речовин-*токсикантів*. Кількість їх у довкіллі не можна обчислити, бо відповідно до концепції лімітуючих факторів будь-яка речовина в певних дозах може стати токсичною. Однак за частотою захворювань можна виокремити найпоширеніші сьогодні токсиканти: отрутохімікати, нітрати, важкі метали, численні промислові й побутові хімічні речовини.

Зі Алергічні реакції (алергії) стали «візитною карткою» сучасного людського суспільства. Алергія — це стан підвищеної чутливості організму до певних речовин — *алергенів*. Унаслідок контакту з алергеном знижується імунітет організму й можуть розвинути різні захворювання, насамперед дерматит (запалення

шкіри), бронхіальна астма, сінна пропасниця, набряки, ураження слизових оболонок внутрішніх органів. Як правило, припинення контактів з алергеном веде до видужання. Алергенами можуть бути шерсть тварин, пір'я, пилок рослин, лікарські засоби, продукти харчування, численні речовини природного й штучного походження, побутова хімія. Кількість алергенів постійно зростає пропорційно кількості нових речовин, які людина залучає у свій побут чи використовує у виробництві.

Злоякісні пухлини — це велика група захворювань, одне з них — рак. Такі пухлини характеризуються необмеженим ростом, не контролюються гормонами й нервовою системою, здатні утворювати метастази — нові пухлини на здорових тканинах і здебільшого призводять до летального (смертельного) кінця. Речовини, що сприяють розвитку злоякісних пухлин, називають *канцерогенами*. Найпоширеніші канцерогени — бензпірени, бензол, фенольні сполуки, вінілхлорид, сажа, смоли, мінеральне масло. Наприклад, бензпірен, що виділяється з тютюну під час паління, переробки нафтопродуктів, викидається в атмосферу з автомобільними вихлопами, сприяє розвитку раку легенів, бензол і феноли — лейкозу, вінілхлорид — раку печінки, сажа, смоли, мінеральне масло — раку шкіри. Сьогодні відомо близько 60 хімічних канцерогенів і 2 фізичних — ультрафіолетове випромінювання та іонізуюча радіація. До канцерогенів належать також деякі віруси.

Спадкові хвороби пов'язані з виникненням мутацій, тобто ушкодженнями ДНК чи хромосом. Генетичні ушкодження зазвичай успадковуються лише тоді, коли мутація відбулася в статевих клітинах. Такі мутації спричинюють безплідність, призводять до народження мертвих дітей, дітей із фізичними чи розумовими вадами. Фактори, які викликають мутації, називають *мутагенами*. Переважна більшість канцерогенів також мають мутагенні властивості.

Уроджені аномалії виникають унаслідок впливу факторів, які порушують нормальний розвиток плоду під час вагітності. Такі фактори називають *тератогенами*. Майже всі канцерогени й багато токсикантів мають тератогенні властивості. Серед тератогенів найвідомішим є нікотин. У жінки, яка палить чи навіть пасивно вдихає тютюновий дим, нікотин постійно нагромаджується

й концентрується в яйцеклітині. Після запліднення яйцеклітини нікотин порушує нормальний розвиток плоду. Тому вчені вважають, що жінка-курець практично не має шансів народити здорового малюка.

§ 6.4 Вплив абіотичних факторів на здоров'я людини

У природі — все краса; всі ці наші вороги — вітри, бурі, посухи й суховії— страшні нам лише тому, що ми не вміємо володіти ними.

В. Докучаєв,
російський ґрунтознавець

Людина є частиною природи, і фактори середовища впливають на неї так само, як і на будь-який інший вид. Навіть за відсутності антропогенного впливу здоров'я людини залежить від багатьох абіотичних і біотичних факторів. Вихід значень тих або інших факторів за границі діапазону оптимуму погіршує стан людини, знижує її стійкість та опірність до різноманітних захворювань. Абіотичні фактори, що впливали на людину в минулому, продовжують впливати й сьогодні.

III Космічні, геліо- й геофізичні фактори. *Вплив Сонця* на здоров'я людини було помічено ще в глибоку давнину. Проте детальні дослідження щодо цього розпочалися тільки в XVIII—XIX ст. Сьогодні відомо, що вплив Сонця пов'язаний передусім з 11-річним циклом сонячної активності, підвищення якої спричинює збурення магнітосфери та іоносфери. Такі збурення, своєю чергою, зумовлюють збільшення напруженості електромагнітного поля Землі, а це вже безпосередньо впливає на організм. У роки підвищеної сонячної активності або коли відбуваються магнітні бурі, частішають випадки порушення діяльності серцево-судинної та нервової систем, психіки й поведінки. Сплески сонячної активності призводять, з одного боку, до ослаблення імунітету, з іншого — до підвищення агресивності патогенів і природних носіїв інфекцій. Отже, зростає ймовірність інфекційних захворювань, у тому числі тих, що мають характер епідемії, зокрема грипу, холери, дизентерії.

Інший фактор — *рівень ультрафіолетового випромінювання*. Саме він протягом майже всієї історії розвитку біосфери визначав частоту мутацій. У невеликих дозах ультрафіолет необхідний для еволюції біосфери: мутації створюють генетичну різноманітність популяцій і тим самим поставляють матеріал для природного добору.

Для людини ультрафіолет у невеликих дозах корисний: він справляє антисептичну й бактеріостатичну дію, запобігає запальним процесам у волосяних сумках, пригнічує розвиток хвороботворних грибів, що викликають захворювання шкіри — дерматомікози. У великих дозах ультрафіолетове опромінення небезпечне: воно спричинює здебільшого шкідливі мутації (так, одна корисна мутація припадає приблизно на кілька тисяч летальних). Надмірне опромінення підвищує ймовірність розвитку злоякісних утворень — раку, саркоми, лейкозу.

Від згубного впливу ультрафіолету живу речовину захищає тонкий озоновий екран у верхніх шарах атмосфери. Сьогодні існування цього екрана перебуває під загрозою. Тому ультрафіолетове випромінювання все частіше розглядають як фактор, ступінь небезпеки якого залежить від людини.

¹⁵ Кліматичні й метеорологічні фактори. З них на людину найбільшою мірою впливають температура, відносна вологість повітря й атмосферний тиск. Із кліматичними факторами тісно пов'язані функціональний стан і захисні реакції організму, а також мотивація поведінки. Це, своєю чергою, визначає ймовірність виникнення цілої низки захворювань, зокрема психічних розладів.

За *надміру високої температури* пригнічується фізична активність людей, збільшується ймовірність захворювань серцево-судинної системи й нирок. *Низька температура* сприяє розвиткові запалень органів дихання та ревматизму. Вважають, що низька температура й відносна вологість повітря, менша за 50 %, сприяють виживанню й поширенню вірусу грипу. Особливо небезпечні *раптові коливання температури*: вони спричинюють порушення діяльності серцево-судинної системи, психічні розлади. Вплив температури посилюється в умовах підвищеної вологості.

Зміни атмосферного тиску позначаються на стані здоров'я насамперед тих людей, які хворі на артрити й артрози (захворю-

вання, що супроводжуються болями в суглобах та зміною їхньої форми). Один із проявів впливу атмосферного тиску — гірська хвороба. На висоті, починаючи приблизно з 3000 м, через зниження парціального тиску газів гемоглобін недостатньо насичується киснем, і розвивається гіпоксія (кисневе голодування). При цьому з'являються задишка, кволість, пришвидшується серцебиття, іноді людина непритомніє. На великих висотах (понад 5000 м) може розвинути набряк легенів, а внаслідок гіпоксії мозку — кома. Гірською хворобою частіше уражаються люди нетреновані, особливо ті, хто зловживає спиртними напоями.

Великі й швидкі *перепади атмосферного тиску* можуть спричинити кесонну хворобу, пов'язану також із раптовими змінами парціального тиску газів у крові й «кипінням» у судинах азоту. Пухирці азоту, що при цьому виділяються, можуть закупорити капіляри й призвести до непритомності й навіть смерті. Кесонна хвороба найчастіше розвивається в аквалангістів і водолазів, якщо вони порушують правила підйому на поверхню.

На нервову систему людини та її психічний стан істотно впливають *вітри*. Через поривчасті й жаркі суховії різко частішають випадки ненормальної поведінки людей. Багатьох людей уражає пов'язана з вітрами «фенна» хвороба, коли за 1–2 дні до початку вітрів у крові й тканинах збільшується вміст біологічно активної речовини серотоніну, який впливає на передавання нервових імпульсів.

Кліматичні й метеорологічні фактори завжди інтенсивно впливали на людину:

<i>Фактор</i>	<i>Можливі зміни в стані здоров'я</i>
Відлига взимку	Розвиток захворювань, пов'язаних із кисневою недостатністю
Опади	Загострення захворювань суглобів
Мороз уночі й відлига вдень	Те саме
Сильні морози	Напади стенокардії, порушення серцевої діяльності, загострення ішемічної хвороби серця, поява шкірних захворювань
Висока вологість повітря	Розвиток бронхолегеневих захворювань, загострення захворювань опорно-рухового апарату
Підвищення атмосферного тиску	Загострення гіпертонічної хвороби, вегетосудинної дистонії, ішемічної хвороби серця

Розділ I Сучасні підходи в науці про довкілля

Хмарна погода, сніг, хуртовина, сильний вітер	Психоемоційні розлади
Висока вологість, коливання температури повітря	Розвиток захворювань органів дихання, ор- но-рухового апарату, вегето-судинної дисі* ^{срв}
Хмарна, вітряна, сира погода	Розвиток запальних захворювань султ ^б ів, загострення хронічних захворювань органів дихання
Сильний вітер, сніг	Порушення серцевого ритму, розвиток з# ^{xvo} " рювань судин головного мозку
Колівання атмосфер- ного тиску	Психоемоційні розлади, підвищення арте- ріального тиску, загострення ішемічної x0 ^o P ^o ~ би серця
Колівання температу- ри повітря	Те саме
Нестійка вітряна погода з дощем	Розвиток запальних захворювань загострення хронічних захворювань ор ^і обів, суп ^o ганш ^o
Потепління на 3–5 °С вище за норму	Підвищення артеріального тиску, порушення мозкового кровообігу
Значні перепади денних і нічних температур	Загострення гіпертонічної хвороби, ішем ^{1чн01} хвороби серця, захворювань судин голо вного мозку
Поривчастий вітер	Нервово-психічні розлади, порушення діяль- ності серцево-судинної системи
Зниження атмосфер- ного тиску	Загострення хронічних захворювань бро ^{nx1b} і легень
Зимова температура близько 0 °С, висока вологість	Розвиток хронічних захворювань органі ⁶ Ди- хання

Проте нині людина сама почала справляти відчутний вплив^{В Н^} на клімат і погоду. Внаслідок викидів у атмосферу великої кількості^{кост ^} вуглекислого газу збільшується діапазон коливань температури^{Т УР^} й тиску.

В результаті створення величезних за площею водосховищ^{ови Ш} на значних територіях змінюється вологість повітря, через

вирубування лісів, розорювання степів родючі землі перетворюються на безплідні солонці й солончаки, дедалі частіше проносяться над Землею суховії. Клімат і погода розхитуються людиною, й це невідворотно позначається на її самопочутті.

• Бдафічні й гідрологічні фактори. Нестача або надлишок у довкіллі тих чи інших хімічних елементів і речовин великою мірою визначає здоров'я конкретних популяцій. Захворювання, пов'язані з регіональними едафічними (грунтовими), гідрологічними чи епідеміологічними особливостями, дістали назву *ендемичних хвороб* (тобто властивих певним регіонам).

Наприклад, дефіцит йоду у воді й продуктах харчування спричинює захворювання щитоподібної залози, нестача кальцію — ламкість кісток, нестача кобальту чи заліза — анемія. Надлишок тих чи інших елементів також небезпечний. Так, надлишок бору спричинює захворювання органів травлення та пневмонію. Через нестачу фтору зазвичай виникає карієс, але надлишок його (до 1 г/л) призводить до ураження зубів — флюорозу; за ще більших концентрацій (від 5 г/л) починається скостеніння зв'язок, порушується робота печінки, шлунка.

У багатьох випадках кілька факторів, кожний з яких перебуває в зоні песимуму, впливають комплексно. Так, низький уміст кальцію в поєднанні з надлишком заліза, стронцію, свинцю та цинку спричинює деформацію кісток, порушення формування хрящів, викривлення хребта. Це ендемічне захворювання назване уровою хворобою, «на честь» річки Уров, яка протікає в місцевості, де хвороба дуже поширена.

Здебільшого погіршення стану здоров'я через нестачу або надлишок певних речовин у воді та їжі пов'язують із дефіцитом кальцію, заліза, йоду чи надлишком деяких металів, насамперед мангану, цинку, свинцю, ртуті, бору. Нестача мікроелементів, які входять до складу вітамінів,— часта причина авітамінозів.



§ 6,5¹ Вплив біотичних факторів на здоров'я людини

Збудників різних захворювань (віруси, бактерії, спірохети, найпростіші) кліщі дістають, живлячися на диких тваринах, а можливість переходу кліщів з одного хазяїна на іншого забезпечує циркуляцію цих хвороботворних організмів у природі.

В. О. Догель,
російський зоолог

До найважливіших біотичних факторів, які впливають на здоров'я людини, належать ті з них, що визначають санітарно-епідеміологічну ситуацію. Згідно з ученням про природні осередки інфекцій, збудники багатьох хвороб зберігаються в довкіллі через їх розвиток у диких тваринах-хазяїнах. Наприклад, збудник туляремії (гостре інфекційне захворювання) може нескінченно довго передаватися від покоління до покоління в популяціях норки, а за сприятливих умов — заразити людину. Природні осередки інфекцій пов'язані з певними біогеоценозами, й у цих біогеоценозах збудники, переносники й тварини-хазяї еволюціонують разом, пристосовуючись одне до одного. При цьому збудник зазвичай не знищує хазяїна. Саме такий характер мають природні осередки чуми, туляремії, жовтої гарячки, малярії, вірусного гепатиту, кліщового енцефаліту. Переносниками багатьох таких хвороб є комахи-кровососи — москити, комарі, блохи, кліщі. Збудники деяких інфекційних захворювань (наприклад, сказу, холери, лептоспірозу, бруцельозу) не мають переносника.

У природі хвороботворні організми відіграють дуже важливу роль обмежувачів надмірного розвитку популяцій. Тільки-но якась популяція починає вибухоподібно зростати, на неї відразу ж накладаються численні хвороботворні віруси, бактерії, найпростіші, гриби. Людина до останніх двох століть не була винятком: у давніх і середньовічних містах епідемії були частими гостями. Прикладом може слугувати «чорна смерть» — чума.

• Перша епідемія чуми — юстиніанська — в VI ст. охопила Північну Африку, Сирію, Європу, Малу Азію. Вона забрала життя близько 100 млн чоловік (більш як третину тогочасного населення планети). Друга велика епідемія «чорної смерті» про-

неслася над Європою в XIV ст. й знищила близько 25 млн — майже половину населення Європи, а на острові Кіпр не лишилося жодної живої людини. Ці епідемії в цілому відповідають концепції хвиль життя.

Факторами, що спричинювали виникнення епідемій, були *висока густина населення* (передусім у містах) і *катастрофічний санітарний стан*. Наприклад, імператор Фрідріх III ледь не потонував у нечистотах при в'їзді до міста Рестлінген і насилу був урятований своїм почтом. Такі умови надто сприяли поширенню хвороб. Чума, природними носіями якої є гризуни, а переносниками — блохи, передавалася людині через «свійських» шурів. Серед людей хвороба поширювалася вже не тільки блохами, а й повітряно-крапельним шляхом або під час безпосереднього контакту. Чума мала в ті часи майже 100 % смертельний кінець. Ті, кого обминала хвороба, залишали міста. Густина популяції людей зменшувалась, епідемія вщухала, й відновлювалася відносна рівновага.

Завдяки розвитку в XVII—XIX ст. гігієни й медицини ймовірність епідемій знизилася. Проте густина людських популяцій, особливо в містах, не тільки не зменшилась, а навпаки, зросла. Через це біологічний фактор час від часу дається взнаки — трапляються спалахи туляремії, холери, гепатиту, не ліквідовані осередки малярії, енцефаліту, поширюються венеричні захворювання, з'являються нові захворювання, наприклад СНІД.

Сьогодні в усьому світі ступінь поширення СНІДу оцінюється як фактор національної безпеки держави (США, Китай, Ефіопія, Нігерія, Індія, Росія та ін.), а в деяких країнах (Африка) темпи поширення ВІЛ-інфекції настільки високі, що епідемія набуває ознак національних катастроф.

На початку XXI ст. загальна кількість ВІЛ-інфікованих у країнах, де СНІД уже є загрозою національній безпеці, за даними фахівців ООН, становить 14—20 млн осіб, а в 2010 р. прогнозується збільшення числа ВІЛ-інфікованих до 50—75 млн чоловік! Лише в 2001 р. у світі з'явилося 5 млн нових носіїв вірусу імунодефіциту людини. Така жажлива пандемія істотно вплине на соціальні, економічні, політичні й навіть оборонні аспекти життя цих країн. Наприклад, у Росії кожен третій юнак призовного віку буде визнаний непридатним для служби в армії. А в Нігерії, де СНІД лютує найсильніше, цілком можливе значне скорочення обсягів видобування й експорту нафти (на сьогодні Нігерія є од-

ним із головних постачальників нафти на світовий ринок), а також послаблення миротворчої ролі цієї країни на Африканському континенті. В Росії основним джерелом поширення СНІДу є інфіковані в'язні та підпільні повії, в Китаї — робітники, що мігрують. Негативну роль відіграють також незапатентовані й несертифіковані лікарські препарати. Не краще становище й в Індії, де, за прогнозами, кількість ВІЛ-інфікованих у 2010 р. становитиме близько 25 млн чоловік. Усього в світі за останні 25 років від СНІДу вмерло близько 22 млн чоловік.

На жаль, Україна нині теж опинилася на межі загальнонаціональної епідемії СНІДу. За останні п'ять років кількість ВІЛ-інфікованих збільшилася в 20 разів, а загальне їх число наближається до 500 тис. (це переважно молоді люди віком 20—39 років, причому за останні 20 років померло вже майже 2000 дорослих, хворих на СНІД, а також близько 100 дітей). За найоптимістичнішим прогнозом, до 2010 р. кількість ВІЛ-інфікованих становитиме 600 тис. чоловік. Президент України оголосив 2002 р. роком боротьби зі СНІДом. Переважна більшість ВІЛ-інфікованих — це наркомани (які вводять наркотики внутрішньовенно). Навіть за неповними офіційними статистичними даними, щомісяця реєструється понад 500 нових випадків ВІЛ-інфекції. Найбільшу кількість ВІЛ-інфікованих зареєстровано в Донецьку, Дніпропетровську, Одесі, Сімферополі, Миколаєві.

Нині перед Україною стоїть дуже важливе, складне й важке завдання — виявити дійсну кількість ВІЛ-інфікованих у державі, налагодити якісне їх обстеження, аби точно визначати момент, коли потрібно розпочати лікування, оцінити ступінь ризику. Як стверджують фахівці, попри наявність найновіших ліків, методик лікування та фінансів, шанси на одужання у хворих СНІДом — один на 10 тис. В Україні, за прогнозами фахівців, найближчим часом щорічно від СНІДу вмиратиме близько 44 тис. осіб, а до 2010 р. — майже 90 тис. чоловік щороку.

Дослідження епідеміологів, паразитологів, медиків свідчать, що сьогодні збільшується ймовірність виникнення несподіваних епідеміологічних ситуацій через антропогенні зміни природного середовища й зростає кількість інфекційних захворювань.

Інший аспект непрямого впливу на людину біологічного фактора пов'язаний із *продуктами харчування*. Наприклад, у середні віки був надто поширений *ерготизм* — захворювання, викликане токсинами, що містяться в ріжках гриба клавіцепсу, котрий пара-

зитує на злаках. При ерготизмі уражається мускулатура (гладка та скелетна), внаслідок чого починається суха гангрена кінцівок («антонів вогонь») і спазми дихальної мускулатури («злі корчі»). Людина захворює на ерготизм, якщо концентрація в борошні розмелених ріжків становить більш як 0,1 %. Монокультура (основна технологія землеробства) сприяє розселенню ріжків і збільшує ймовірність захворювання. Токсини ріжків відносно нестійкі й у разі зберігання зерна протягом двох-трьох років руйнуються. Сьогодні ерготизм — хвороба слабкорозвинених країн. Остання епідемія ерготизму сталася наприкінці 80-х років ХХ ст. під час голоду в Ефіопії. В розвинених країнах, де зерно зберігається протягом кількох років як стратегічний запас і тільки потім іде на помел, захворювань на ерготизм узагалі немає.

Тяжкі наслідки може мати також *необґрунтована інтродукція нових видів*. • Наприклад, 1956 р. в Бразилію з метою селекції нових перспективних гібридів було завезено диких африканських бджіл, які набагато агресивніші за європейських. Випадково декілька сімей потрапили в природу. Африканські бджоли почали швидко розселятися, винищуючи місцевих бджіл або схрещуючися з ними. Від їхніх нападів у Латинській Америці загинуло кілька сотень людей; бджоли знищили десятки тисяч свійських тварин. Сьогодні африканські бджоли вже почали «освоювати» територію Північної Америки.

Ці приклади показують, що біота людиною не підкорена, і природа має багатий арсенал для приборкування виду-агресора — *Homo sapiens*.

§JS.6^ Вплив антропогенних факторів на здоров'я людини _____

Подібно до того, як буває хвороба тіла, буває також хвороба способу життя.

Демокріт,
давньогрецький філософ
(V—IV ст. до н. е.)

Основні антропогенні фактори. Негативний вплив людини на своє власне здоров'я величезний. Різноманітність засобів, якими вона руйнує своє здоров'я й гено-

фонд, не може не вражати: отрутохімікати й побутова хімія, важкі метали й пластмаси, наркотики й тютюн, шум та електромагнітні поля, радіація й кислотні дощі, біологічна й хімічна зброя, промислові відходи, нафта й багато іншого. Кількість антропогенних факторів не підлягає облікові й повній класифікації. Людина дослідила вплив на себе лише декількох груп створених нею факторів і тільки умовно виокремила кілька їх категорій, які вважає провідними. Сьогодні до таких «найвпливовіших» факторів належать: **хімічні** — пестициди (отрутохімікати), мінеральні добрива, важкі метали, сильнодіючі отруйні промислові речовини, дими (в тому числі тютюновий), будівельні матеріали й побутова хімія; **фізичні** — шум, електромагнітне випромінювання та радіація.

Багато із зазначених хімічних речовин не розкладаються протягом тривалого часу й здатні нагромаджуватися в ланцюгах живлення. Деякі речовини довго не виводяться з організму, акумулюючися в тканинах та органах; через таке збільшення концентрації їхній негативний вплив на організм постійно зростає й посилюється (так званий *кумулятивний ефект*).

За даними міжнародної організації Європейський союз виробників хімічних речовин, промисловість виробляє більше ніж 11 тис. хімікатів, з яких близько 3 тис. становлять серйозну загрозу не лише для здоров'я людини, а й для її життя.

Вміст приблизно 800 речовин у довкіллі контролюється в Україні Міністерством екології і природних ресурсів, Міністерством охорони здоров'я, гідрометеорологічною службою, громадськими організаціями. Втім такий контроль не охоплює навіть третини відомих речовин, небезпечних для людини. Контроль хімічного стану середовища потребує великих фінансових і матеріальних затрат, високої кваліфікації експертів. Тому в розвинених країнах Європи створюються спеціалізовані екологічні університети. Прикладом може слугувати екологічний університет у місті Арлоні (Бельгія), де на базі вищої біологічної, хімічної, медичної чи економічної освіти готуються експерти-екологи, здатні контролювати стан природного середовища й приймати ефективні рішення щодо його охорони.

- Контроль стану середовища. Основний метод контролю ступеня чистоти середовища — це оцінка вмісту в ньому певних шкідливих речовин відносно гранично допустимих концентрацій (ГДК) і доз (ГДД) цих речовин як у біотопі, так і на певних рівнях

трофічних ланцюгів. Розробку ГДК і ГДД здійснюють спеціалізовані науково-дослідні організації. Зазвичай ГДК відображують критичний діапазон якогось фактора, за межами котрого людина із зони оптимуму потрапляє в зону песимуму. Перевищення ГДК і ГДД завжди супроводжуються погіршенням популяційного здоров'я населення.

Отрутохімікати, або пестициди, становлять велику групу різних речовин і сполук для боротьби зі шкідниками й хворобами сільськогосподарських рослин та бур'янами.

За призначенням отрутохімікати поділяють на: *інсектициди* (застосовуються для боротьби зі шкідливими комахами); *бактерициди* (направлені проти збудників бактеріальних хвороб); *фунгіциди* (протигрибні препарати); *зооциди* (застосовуються для винищення гризунів); *нематоциди* (направлені проти круглих черв'яків, зокрема нематод); *гербіциди* (застосовуються для боротьби з бур'янами) та ін. Багато препаратів мають комбіновану дію, наприклад інсектицид ДДТ знищує й комах, і нематод, і гризунів.

Основними характеристиками отрутохімікатів є їхні леткість, здатність проникати крізь шкіру, нагромаджуватися, розкладатися й виводитися з організму. Промисловість виробляє переважно 7 груп отрутохімікатів: хлороорганічні, фосфороорганічні, ртутеорганічні сполуки, карбамати, нітрофеноли, специфічні гербіциди та мідевмісні фунгіциди.

Хлороорганічні сполуки (ХОС). Най відоміший пестицид цієї групи — *інсектицид ДДТ* (дихлородифенілтрихлорометилметан). Інсектицидні властивості ДДТ відкрив швейцарський хімік П. Мюллер (за це йому присуджено Нобелівську премію). **В** 1943 р. розпочалося масове виробництво ДДТ, одна мільйонна частка грама якого миттєво паралізувала комаху. До середини 60-х років у світі вже було вироблено й розпилено на полях близько 1,5 млн т цього препарату. Застосування ДДТ різко підвищило сільськогосподарське виробництво й дало змогу здійснити «зелену революцію» в країнах Латинської Америки та Південно-Східної Азії.

Однак уже в 50-х роках з'явилися нові дані про те, що деякі комахи втратили сприйнятливість до ДДТ. Почали надходити відомості про загибель деяких видів комахоїдних птахів, бджіл і криветок, про зменшення ефективності опилення квіткових рослин. ДДТ у підвищених концентраціях стали виявляти в тканинах

промислових риб, зокрема макрелі, споживання якої призводило до тяжких отруень людей. Підвищений уміст препарату виявляли в печінці пінгвінів і навіть у жіночому молоці. З'ясувалося, що ДДТ є хімічно стійкою сполукою з періодом природного напіврозпаду 49 років, він має здатність нагромаджуватися в ґрунті й воді. З ґрунту та з водою пестицид надходив у ланцюги живлення. На кожному наступному трофічному рівні його концентрація збільшувалася в десятки, сотні й навіть тисячі разів. Потрапляючи в таких дозах до останнього консумента трофічного ланцюга — людини, ДДТ нагромаджувався в тканинах і спричиняв захворювання нервової системи, серця, печінки. Отже, ДДТ виявився токсичним довгоіснуючим пестицидом із вираженою кумулятивною дією. Через небезпечність для здоров'я людини цей пестицид було заборонено практично в усіх країнах світу, але навіть тепер уміст його в тканинах людини в середньому вдвоє перевищує ГДК.

До ДДТ близькі за дією гексахлороциклогексан (ГХЦГ), гептахлор, хлоробензол, через що ці ХОС майже повсюдно заборонені або ж їх застосування дуже обмежено.

Фосфороорганічні сполуки (ФОС), на відміну від ХОС, сьогодні досить інтенсивно виробляються й використовуються в сільсько-господарстві. Серед ФОС є речовини *отруйні* (метафос, меркаптофос) і *високотоксичні* (фосфамід), застосування яких уже цілком заборонено; є сполуки *середньої токсичності* (хлорофос, карбофос), які поки що використовуються обмежено; є *низькотоксичні* препарати (метилацетофос, авенін), які застосовуються досить широко. Більшість ФОС, навіть низькотоксичні, характеризуються кумулятивним ефектом і тому можуть становити небезпеку для здоров'я людини.

Отруйна дія ФОС полягає в пригніченні ферменту, який бере участь у процесі передавання нервових імпульсів. При цьому порушуються функції всіх внутрішніх органів, регуляція яких здійснюється парасимпатично. Отруєння супроводжується головним болем, запамороченням, кволістю, іноді блюванням. У тяжких випадках настає непритомність, уражаються нирки, печінка, серце, можливий летальний кінець.

Порівняно з ХОС, фосфороорганічні сполуки діють набагато сильніше, але період напіврозпаду їх зазвичай менший — від кількох тижнів до кількох місяців.

Ртутеорганічні сполуки (РОС) є потужними фунгіцидами й бактерицидами. Вони високотоксичні, легко проникають у

мозок, характеризуються кумулятивним ефектом. РОС, насамперед гранозан і меркурам, у деяких господарствах використовуються для передпосівного протруєння насіння. Тому найчастіше отруєння пов'язані з випадковим уживанням такої дезінфікованої сировини.

Головною діючою речовиною є ртуть. Потрапляючи в кров, вона нагромаджується в різних органах, зв'язується з S—S-групами ферментів і порушує їхню роботу. У випадку отруєння з'являються металевий присмак у роті, кволість, головний біль. Високі дози ртуті призводять до смерті від гострої серцево-судинної недостатності або до тяжких порушень свідомості. *Перша допомога в разі отруєння ртуттю полягає в застосуванні антидоту — унітіолу.*

Отруєння можуть спричиняти будь-які ртутевмісні сполуки. Ртуть сама по собі ні в організмі, ні в біотопах не дезактивується. Вона нагромаджується в ґрунтах чи водоймах і далі мігрує трофічними ланцюгами, поступово концентруючись, як ДДТ. Із біологічного кругообігу ртуть вилучається лише в результаті її виносу в Світовий океан і поховання в донних осадових відкладах.

У балтійській трісці вміст ртуті іноді сягає 800 мг на 1 кг маси. Це означає, що з'ївши п'ять—шість таких рибин, людина одержує стільки ртуті, скільки міститься в медичному термометрі.

О. В. Яблоков

Відомі численні випадки отруєння ртуттю навіть за концентрації її в довкіллі, нижчій від ГДК. • Так, на початку 90-х років у Польщі ціла сім'я отруїлася ртуттю, що містилася в їстівних білих грибах і потрапила в них у результаті викидів у атмосферу продуктів виробництва гранозану. На відстані понад 100 км від джерела викидів білі гриби поглинули з ґрунту ртуть і нагромадили її в концентрації, що більш як у 1000 разів перевищувала її вміст у зовнішньому середовищі.

Карбамати. Пестициди цієї групи синтезовані на основі карбамінової кислоти та її похідних. Найпоширеніші вітчизняні препарати — севім, тіурам, цирам, цинеб, а зарубіжні — манеб, занеб, пропоксур, метомил.

Карбамати мають широкий спектр дії й можуть бути використані і як інсектициди, і як фунгіциди, і як бактерициди, і як гербіциди. Спільна їхня особливість полягає у відсутності куму-

лятивного ефекту, швидкому розпаді (протягом одного-кількох тижнів), низькій токсичності для людини й малій леткості. Завдяки цим властивостям карбамати є основною групою комерційних пестицидів, які застосовуються в розвинених країнах. Поки що єдиною негативною властивістю цих препаратів вважається їхня невідбирна токсичність для комах, зокрема для бджіл.

На жаль, останнім часом з'явилися дані про небезпечність для людини й карбаматів: так, доведено, що севім і деякі інші препарати спричиняють мутагенні ефекти.

У сукупності інсектициди й гербіциди — це сильні «наркотики» для екосистеми, бо вони модифікують функції життєво важливих систем — консументів і продуцентів. Тепер вважається, що застосування цих речовин може відбуватися лише під керівництвом кваліфікованих спеціалістів, які мають офіційні посвідчення, подібно до того, як це заведено з лікарськими препаратами, що використовуються для лікування людей.

Ю. Одум,
американський еколог

Нітрофеноли — це фенольні сполуки, що добуваються з кам'яного вугілля й застосовуються як інсектициди, фунгіциди та гербіциди. Нітрофеноли впливають на будь-які клітини організму, тобто мають неспецифічну дію, й порушують регуляцію процесів окисного фосфорилування. В результаті посилюється робота мітохондрій, значно активізуються процеси окиснення й дихання. Нітрофеноли токсичні для людини, мають канцерогенні властивості, й у розвинених країнах їх виробництво та використання заборонено.

Специфічні гербіциди. До них належать так звані *контактні гербіциди* (атразин, симазин, паракват) і *системні* (2,4-Д, діурон). Ці препарати порушують фотосинтез чи гормональний обмін у рослин і тому застосовуються для боротьби з бур'янами. Специфічні гербіциди, подібні до атразину й 2,4-Д, нестійкі, не виявляють кумулятивного ефекту, проте деякі з них високотоксичні. На основі таких гербіцидів було розроблено дефоліант «оранж» (пестицид, що викликає всихання та опадання листя). «Оранж» застосовувався армією США під час війни у В'єтнамі для демаскування партизанів, і це спричинило численні захворювання й мутації не тільки у в'єтнамців, які потрапили під «оранжевий» дощ (точніше, в «оранжеву» пилюку), а й у американських солдатів. Наслідки цієї хімічної війни досі даються взнаки як у В'єтнамі, так і в Сполучених Штатах.

Діючою речовиною «оранжу» є специфічний гербіцид із групи діоксинів.

Діоксини — найнебезпечніші із забруднювачів довкілля, що виробляються людиною. Об'єднують дві групи хлоровмісних сполук на основі дибензодіоксину й дибензофурану.

Діоксини — надзвичайно стійкі речовини. Вони нагромаджуються із загрозливою активністю в довкіллі, переносяться повітряними потоками на великі відстані, становлять загрозу для водойм планети й людства.

В усій Балтиці (вода, донні осади, риба) міститься близько 10 г діоксинів, проте це вже зараз є граничною нормою для населення Швеції на 50 років.

Для виявлення діоксинів потрібне застосування чутливої аналітичної техніки.

Мідевмісі фунгіциди, Найвідоміші пестициди цієї групи — бордоська рідина та мідний купорос. Діюча речовина в них — сульфат міді. Мідевмісні препарати надзвичайно широко використовуються для боротьби з поширеним захворюванням винограду — мільдю. Та ці препарати, як і ртуть, не втрачають із часом своєї токсичності, вони нагромаджуються в ґрунті, частково — у винограді, й можуть потрапити в організм людини. Мідь спричинює загальне отруєння, в разі якого з'являються металевий присмак у роті, слинотеча, блювання. За великих концентрацій посилюється розпад еритроцитів і виникають симптоми жовтяниці, ймовірним стає летальний кінець. *Перша допомога в разі отруєння міддю полягає в негайному промиванні шлунка 0,1 %-м розчином перманганату калію. Потім потерпілому треба дати молоко, активоване вугілля.*

Загалом отруєння пестицидами й продуктами їх трансформації в екосистемах належать до основних проявів зворотного впливу антропогенного фактора на людину.

Мінеральні добрива належать до основних забруднювачів довкілля. Сьогодні промисловість випускає кілька сотень найменувань азотних, фосфатних, калійних і комбінованих добрив. Щороку в фунти вносяться десятки мільйонів тонн добрив. Рослини засвоюють лише близько 40 % цієї маси, решта потрапляє у водойми й забруднює їх. Питна вода, забруднена мінеральними добривами (насамперед азотними), стала звичайним явищем у багатьох регіонах світу. Крім того, через надмірні концентрації добрив у фунті вони також у надмірних кількостях нафромаджуються в рослинах і потрапляють до нашого столу.

Реальну загрозу здоров'ю людини становлять *нітратні* та *нітритні сполуки* — діючі речовини багатьох азотних добрив. Нітрати взаємодіють із гемоглобіном, переводячи його у форму, не здатну зв'язувати кисень. Летальна доза нітратів для людини — близько 2,5 г. Гостре отруєння, що супроводжується нудотою, блюванням, проносом, синюшністю шкіри, болем у грудях, настає за концентрації нітратів близько 1 г на 1 л питної води або на 1 кг їжі; легке отруєння, що проявляється у кволості й загальній депресії, настає за концентрації від 300 мг/л у дорослих і від 100 мг/л у дітей. Нітратні отруєння як питною водою, так і «перевдобреними» фруктами та овочами сьогодні стали досить звичними в південних районах України.

Важкі метали. Отруєння ними — на третьому місці після отруєнь пестицидами й нітратами. Важкі метали — ртуть, свинець, цинк, манган, хром, нікель — використовуються людиною з давніх часів. Про небезпечні властивості деяких із них, зокрема «живого срібла» — *ртуті*, було відомо ще на початку другого тисячоліття. Ознаки ртутного отруєння спостерігалися в робітників капелюшних фабрик (у процесі виготовлення фетру вовну вимочували в нітраті ртуті), в шахтарів ртутних шахт, у поліцейських (вони використовували ртутну фарбу для знімання відбитків пальців). А в другій половині ХХ ст. з'явилися перші дані про ртутні отруєння, не пов'язані з безпосереднім контактом із цим металом. • У 1953 р. ртуттю отруїлися 202 жителі японського містечка Мінамата, 52 з них померли. Причиною стало споживання крабів, у тканинах яких містилося багато ртуті. В крабах вона нагромаджувалася в результаті її акумуляції з води затоки, куди скидав стоки хімічний завод, на якому хлорна ртуть застосовувалась як каталізатор. При цьому концентрація ртуті в нирках померлих людей була в 6 разів вищою, ніж в організмі крабів. Так у 1959—1960 рр. було виявлено кумулятивні властивості важких металів.

Відкриття хвороб, спричинених отруєнням *свинцем* (так званий сатурнізм), також належить до «надбань» ХХ ст. У хворого на сатурнізм з'являються кволість, апатія, порушується пам'ять, відбувається прогресуюча фізична й розумова деградація. Цікаво, що непрямі відомості про це захворювання можна знайти, досліджуючи ті часи, коли зі свинцю виготовляли... водопровідні труби. • Такий водопровід діяв у Давньому Римі (при цьому тривалість життя римських патриціїв не перевищувала 25 років), а в

XVII—XVIII ст. — в Московському Кремлі (саме в той період царювали «найтихший» Олексій Михайлович, кволий і хворобливий Федір Олексійович, «слабий головою» Іоан V).

Сьогодні, мабуть, ніде в світі немає свинцевих водопроводів, та кількість випадків захворювань на сатурнізм зростає. Свинець викидається в атмосферу під час згоряння бензину в двигунах автомобілів (застосовується як антидетонатор). Так, у *стометровій смузі вглиб від шосе вміст свинцю становить 100—150мкг на 1 кг ґрунту, тимнасом як нормальним вважається середній його вміст у літосфері до 10 мкг/кг*. Свинець потрапляє в довкілля під час видобування свинцевих руд. В Україні велика кількість свинцю забруднила ґрунт і водойми й надійшла в ланцюги живлення під час ліквідації аварії на ЧАЕС. Забруднення біосфери свинцем наочно ілюструє такий факт: *вміст свинцю в кістках первісної людини становив лише 2 мг, тоді як у сучасної людини — 100—200 мг*.

Саме свинець, котрий надходить у повітря у вигляді аерозолі, є причиною виникнення тієї протоплазматичної отрути, яка денатурує білки, що викликає порушення ферментативної активності. Він же знижує кількість гемоглобіну та руйнує еритроцити.

**Ф. Я. Шипунов,
російський еколог**

Інші важкі метали, подібно до ртуті й свинцю, також справляють загальнотоксичну дію й уражають насамперед нервову систему. Всі вони здатні нагромаджуватися в організмі людини, всі мають пролонговану дію, всі вилучаються з кругообігу тільки після їх вимивання у Світовий океан і поховання в донних відкладах.

Сильнодіючі отруйні промислові речовини (СДОР) та дими стали постійними супутниками сучасної людини. Пошкодження сховищ, пожежі, вибухи, аварійні викиди, що трапляються на підприємствах, катастрофи на морському й залізничному транспорті в різних регіонах світу призводять до отруєнь цими речовинами дуже багатьох людей. За даними Всесвітнього центру лікування в разі отруєнь, найчастіше спостерігаються отруєння хлором, аміаком, випарами різних кислот, сірководнем, сумішшю вуглеводнів і меркаптанів.

Унаслідок отруєння *хлором* розвиваються астматичний бронхіт, токсичний набряк легень, а за великих його концентрацій відбуваються хімічний опік легень, спазм голосових зв'язок

і може настати смерть. Отруєння *аміаком* спричинює ларингіт, трахеїт, трахеобронхіт; у разі великих його концентрацій наслідки такі самі, як і при сильному отруєнні хлором. Легкі отруєння *парами кислот* (сірчаної, хлорної, азотної, оцтової та іншими) призводять до ураження дихальних шляхів, викликають опіки шкіри й сприяють розвитку її хвороб; за високих концентрацій імовірний летальний кінець.

Отруєння *кислотами* можуть спричинитися смогами. Наприклад, **NO₂**, що потрапляє в атмосферу з димогазовими промисловими викидами, взаємодіючи з водяною парою, вуглекислим газом і киснем, утворює азотну кислоту, альдегіди, специфічні нітратні сполуки, які осідають на землю у вигляді туману — смогу. Всесвітньовідомими стали лондонські смоги, які утворювалися взимку внаслідок спалювання вугілля з високим умістом сірки. Сірчистий газ після взаємодії з водяною парою осідав разом із пиловими частинками на місто, утворюючи сірий туман. Наслідком були численні випадки хронічних захворювань дихальних шляхів. Нині Лондон позбувся цієї своєї примітної ознаки — продукти спалювання ретельно очищуються. Та промислові

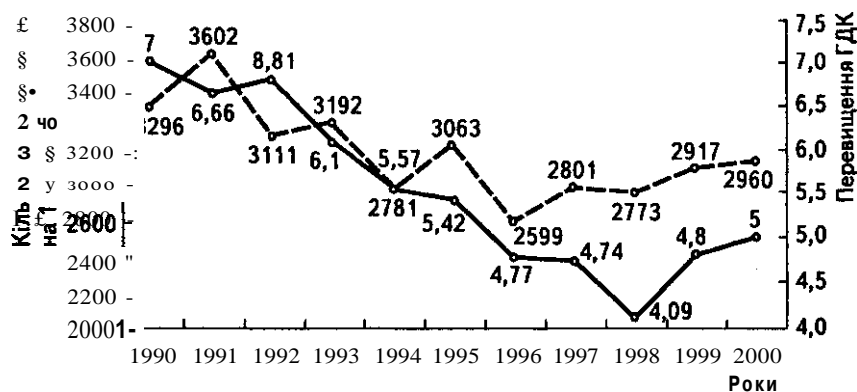


Рис. 6.2

Залежність між забрудненням атмосферного повітря (—°—) та первинною захворюваністю населення України на хвороби органів дихання (—o—)

смоги можна часто спостерігати над індустріальними центрами України — Дніпродзержинськом, Кривим Рогом, Маріуполем, Донецьком та ін.

Ще одне джерело СДОР — це **вихлопи автомобільних двигунів**. Набір отруйних речовин у них дуже «багатий»: чадний газ, тетраетилсвинець, оксиди азоту й сірки, альдегіди, бензпірени тощо — загалом майже 200 найменувань. Систематичний вплив вихлопних газів на людину підвищує захворюваність на бронхіт, гострі респіраторні захворювання, пневмонію (рис. 6.2), рак. Наприклад, у Японії близько 12 % усіх хвороб пов'язані із забрудненням повітря автомобілями.

Тютюновий дим — поширений і вкрай небезпечний фактор, що впливає на здоров'я людини. **Курець вдихає повітря, рівень забруднення якого в 384 тис. разів (!) перевищує всі ГДК** Паління в абсолютно чистій атмосфері завдає такої самої шкоди, як перебування в місцях, де забруднення в тисячі разів перевищує допустиме. За оцінками медиків, удихати тютюновий дим у чотири рази шкідливіше, ніж гази безпосередньо з вихлопної труби автомобіля.

Необхідно врахувати також, що протягом останніх десятиліть тютюн став набагато токсичнішим, аніж був, наприклад, у ХІХ ст. Це зумовлено високою гігроскопічністю тютюнового листа, що активно поглинає з повітря шкідливі домішки, кількість яких постійно зростає.

До складу тютюну входить близько 1200 компонентів, тому не дивно, що курці щороку додають у повітря понад 550 тис. т чадного газу, 384 тис. т аміаку (як кілька тваринницьких ферм), 108 тис. т нікотину, 720 т синильної кислоти та інші компоненти тютюнового диму. А враховуючи, що під час вирощування тютюну поглинає з ґрунту радіонукліди, то це ще й радіоактивне забруднення.

За даними ВООЗ, близько третини дорослого населення планети палить. Тютюн спричиняє 4000 смертей щодня. За прогнозами, «тютюнова епідемія» стане причиною смерті 250 млн сучасних дітей і підлітків. В Україні до курців належить 40 % населення; серед них кожна третя—четверта жінка репродуктивного віку (20—39 років). Як показали дослідження канадських медиків, паління шкодить не тільки курцям — активним і пасивним (тим, хто перебуває поруч, і часто це діти), а й наступним поколінням. На думку вчених, тютюн — фактор ризику понад 25 хвороб.

Підраховано, що пересічний курець, який почав палити в 17 років і досяг віку 71 року, випалив за життя 311 688 цигарок і вкоротив своє існування на 6,5 років.

« Щорічно на Землі від хвороб, пов'язаних із палінням, умирає 1,5 млн людей. Тільки в США, де на початку 90-х років палило близько 29 % дорослого населення, від хвороб, викликаних цією шкідливою звичкою, вмирало 390 тис. чоловік щороку, а затрати на лікування в разі захворювань, пов'язаних із палінням, у сумі зі збитками від спричинених ними простоїв виробництва становили від 50 до 100 млрд доларів щороку. Тому нині багато фірм перестали брати на роботу курців.

Особливої шкоди паління завдає жіночому організмові. Як показали дослідження американських медиків, 80 % обстежених жінок, котрі випалювали протягом 20 років 26 і більше сигарет на день, умирали від хвороб серця. Навіть 1—4 сигарети на день у 12,4 раза збільшують ризик захворювань серця в жінок. Абсолютно недопустиме паління вагітних жінок: це в 100 % випадків призводить до ненормального розвитку плода, народження мертвих дітей або дітей із розумовими та іншими вадами. Та й сама жінка-курець має просто неестетичний вигляд. Недарма А. П. Чехов сказав: «Поцілувати дівчину, яка палить, — це все одно, що поцілувати попільницю».

У людини внаслідок випалювання однієї сигарети звужується поле зору, на 20 % знижується зорове сприйняття показів приладів і колірне сприйняття, на 25 % зменшується швидкість рухових операцій, послаблюється слух, розвивається втома. А якщо врахувати насиченість салону автомобіля різними електромагнітними хвилями, роботу приймача з інтенсивністю 100 дБ, то стане зрозуміло, чому курці на 14 % частіше порушують правила дорожнього руху, і паління стає причиною 1—2 % автомобільних аварій (хоча це, напевно, занижені цифри).

Паління спричиняє рак легень, горла, стравоходу та сечового міхура. Імпотенцію у 8 з 10 випадків французькі медики пояснюють звуженням кровонесних судин унаслідок паління (кожна випалена сигарета викликає спазм сотень тисяч судин, виключаючи їх із кровообігу). Підраховано: якби чоловіки кинули палити, то смертність від раку знизилася б на 40 %.

Поширенню паління серед молоді сприяє яскрава зарубіжна реклама. А тим часом таку рекламу вже давно заборонено в розвинених країнах, та й узагалі на Заході палити стало немодно. На курців там дивляться, як на «бампкінів» (тобто тупих, неосвічених).

Будівельні матеріали й побутова хімія. Джерело постійного шкідливого впливу на здоров'я людини — це світ речей, які її оточують у побуті. Будівельні матеріали, лаки, фарби, органічні розчинники, синтетичні мийні засоби» дезодоранти, зволожувачі

повітря, аерозолі, численні полімери — все це відбивається на рівні захворюваності популяції *Homo sapiens*.

Серед речовин, які виділяються будівельними матеріалами, найбільшу загрозу становлять формальдегід та азбестові мікрочастинки. *Формальдегід* потрапляє в повітря переважно з деревостружкових і деревоволокнистих плит, які широко використовуються у виробництві меблів та оформленні приміщень. ГДК формальдегіду в повітрі — 0,1—0,12 мг/м³. Проте концентрація його в повітрі сучасних квартир у середньому становить близько 0,5 мг/м³, а в окремих випадках досягає 3 мг/м³. Формальдегід викликає кон'юнктивіти, запалення шкіри, захворювання органів дихання, має канцерогенні властивості. *Азбест* застосовується як ізоляційний та протипожежний матеріал і входить до складу азбоцементних труб. У вигляді мікрочастинок (діаметром близько 5 мкм) він потрапляє в повітря, а далі — в легені, спричинюючи цілий «букет» захворювань, у тому числі онкологічні.

Різноманітні органічні розчинники, лаки й фарби, дезодоранти й аерозолі мають слабкі та середні канцерогенні властивості, здатні викликати алергічні реакції, подразнення слизових оболонок, захворювання дихальних шляхів, печінки й нирок, нервові розлади (особливо це стосується метилхлориду й тетрахлоретилену, що входять до складу деяких розчинників і зволожувачів повітря). Навіть із хлорованої гарячої води в невеликих кількостях виділяється канцероген хлороформ, а з пластмасових виробів і штучних килимових покриттів — токсичні для внутрішніх органів стирени.

Тому дедалі популярнішими стають будівельні матеріали й побутові вироби та речовини, виготовлені не з синтетики, а з природної сировини.

Шумове забруднення. Про шкідливий вплив шуму на здоров'я було відомо давно. Ще в XVI ст. німецький лікар Парацельс вважав, що саме шум спричинює глухоту й головний біль у шахтарів, мірошників і карбувальників. У середньовіччі застосовувалося жорстоке покарання бовканням могутнього дзвона: приречений помирав у страшних муках від нестерпного болю у вухах. Скільки існують війни, відомо, що масові бойові крики (на зразок «Урагх!» татаро-монгольської орди, яке згодом перейшло в «Ура!» в російській армії), барабанний бій пригнічують противника. Сирени літаків-штурмовиків та пікіруючих бомбардувальників викликають у нього жах, бажання втекти. Тепер цьому знайдено

пояснення: гучні звуки збуджують людину, сприяють надходженню в кров великої кількості гормонів, зокрема адреналіну, внаслідок чого виникає відчуття небезпеки, страху.

Проти XIX ст. рівень шуму в містах зріс у 10—10 000 разів. До джерел шуму належать усі види транспорту, машини й механізми, промислові об'єкти, гучномовні пристрої, ліфти, телевізори й радіоприймачі, музичні інструменти, скупчення людей та окремі несвідомі особи (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Шумові характеристики деяких джерел шуму *

Джерело шуму	Відстань до джерела, м	Рівень звукового тиску, дБ
Шелест листя, тихий шепіт	1	10-15
Цокання будильника	1	30
Струмінь води з крана	1	40-45
Друкарська машинка	1	50
Телевізор	4	80-95
Вантажівка, що їде вулицею	7	90-95
Крик підлітка	1	100-105
Відбійний молоток	1	110-120
Двигун гелікоптера	10	110
Реактивний двигун	10	130
Постріл із гармати, старт космічної ракети	100	120-150

* Рівень шуму оцінюють за рівнем звукового тиску й виражають у децибелах (дБ) за логарифмічною шкалою. Шум у 100 дБ у 10 разів сильніший, ніж шум у 90 дБ (див. гл. 4).

Шуми шкідливо впливають на здоров'я людей і тварин, знижують працездатність, спричиняють захворювання органів слуху (глухоту), нервової, ендокринної, серцево-судинної систем.

Шум у 100 дБ уже викликає нервові розлади, дратівливість. Коли рівень шуму перевищує 110 дБ, спочатку настає шумове «сп'яніння», яке часто супроводжується спалахами безпідставної агресії, або, навпаки, загальною депресією. Шум у 120 дБ призводить до необоротних ушкоджень нервових закінчень слухового аналізатора, дуже негативно впливає на серце, нервову систему, органи дихання. Звуковий тиск у 140 дБ викликає нестерпний фізичний біль, а його тривалий вплив призводить до смерті.

У шумних цехах у 1,5—2 рази вищий рівень захворюваності, часті випадки тимчасової втрати працездатності, браку в роботі, продуктивність праці нижча на 50—60 %.

В осіб «шумних» професій у 4 рази частіше розвиваються захворювання шлунка, набагато частіше — глухота, на 30 % нижча продуктивність фізичної праці (розумової — на 60 %).

Шуми, що генеруються звукоапаратурою під час естрадних концертів, можуть досягати рівня 120—130 дБ. Особливо часто це спостерігається на концертах молодих груп-початківців, котрі здебільшого не мають досвідчених звукооператорів. У подібних випадках реакцію публіки зумовлює не стільки емоційний вплив музики, скільки фізіологічне діяння звукового тиску високого рівня.

Лікарі визначили, що після концертів рок-музики, коли в залі генерується шум до 120 дБ у перших рядах і 100—110 дБ — в останніх, у 10 % слухачів виникають необоротні ушкодження внутрішнього вуха, а самі згадані концерти закінчуються сплесками агресивності, масовими психозами, жорстокими бійками й погромами.

У промислово розвинених країнах 20—30 % міських жителів страждають від неврозів або захворювань слухового апарату. Люди похилого віку переносять шум набагато важче, ніж молодь. Вважають, що шум спричинює передчасне старіння й скорочує життя на 8—12 років.

І навпаки, здавна відомо про позитивний вплив на людину гармонійної, спокійної, ніжної музики, про цілющий вплив звуків природи. Це поширені в усьому світі колискові пісні, тихі, мелодійні, монотонні наспіви лікарів-цілителів під час лікувальних сеансів (сучасна музична терапія), спів птахів у парках і лісах, заспокійливе дзюрчання струмків, ласкавий шум лісу, саду, морського прибою. Прекрасні позитивні емоції дають прослуховування музичних творів великих композиторів минулого й сучасності, концертів флейтистів, гітаристів, саксофоністів.

Боротьба з шумом — добре заняття для молодого покоління не лише тому, що воно саме мимоволі сприяє підвищенню рівня шуму (наприклад, пропущена через підсилювач рок-музика), а й, особливо тому, що докілья, вільне від непотрібного шуму, мабуть, було б кращим і стосовно Іншого.

Ю . Одум

Електромагнітне випромінювання також належить до фізичних факторів і впливає насамперед на нервову систему. За напруженості електромагнітного поля 1000 В/м з'являються головний біль і відчуття сильної втоми, за більших значень — безсоння, розвиваються неврози та інші захворювання.

Особливо небезпечні потужні армійські радіолокаційні станції (РЛС): напруженість електромагнітного поля поблизу їхніх антен настільки висока, що птахи, які пролітають мимо, згоряють живцем. *У районах радіостанцій і військових РЛС рівень електромагнітних випромінювань перевищує гранично допустимий у 4—8 разів, а поблизу високовольтних ліній електропередач (більш як 1000 кВ) — у 20 разів.*

Як зазначалося в гл. 4, у закритих приміщеннях джерелом електромагнітного забруднення найчастіше бувають телевізори й монітори комп'ютерів. Від тривалої роботи з ЕОМ розвиваються захворювання очей, шкіри, з'являються алергії, депресія. В жінок-операторів комп'ютерної техніки, які протягом 6—10 років щоденно контактують із цією апаратурою, порушується менструальний цикл, можуть розвинути рак молочних залоз, шлунково-кишкові захворювання, спостерігаються порушення психіки, трапляються зриви вагітності. Такі випадки зафіксовано в США, Швеції, Японії.

Ці факти свідчать про необхідність суворо дотримуватися норм контактування з телеапаратурою та ЕОМ як щоденно, так і протягом року, особливо дівчатам і молодим жінкам. Тривалий контакт із телеапаратурою особливо небезпечний для дітей.

Вібраційне забруднення. Вібрації в середовищі, які виникають під час виконання різноманітних робіт (укладання бетону, пневмоподрібнення порід чи дорожніх покриттів, користування відбійним молотком), спричинюють вібрації всього організму або окремих його частин. Тривала дія вібрацій дуже небезпечна для здоров'я: підвищується стомлюваність, розвивається вібраційна хвороба в шахтарів-прохідників, можуть статися струс мозку, розрив тканин, порушення роботи серця й функції нервової системи. Для зменшення впливу вібрацій на організм людей застосовуються колективні та індивідуальні засоби захисту: віброізолювальні кожухи для механізмів, пружні основи й опори, віброгасильні рукавиці, прокладки й килимки.

Радіація. Протягом усієї своєї історії людина, як і біота в цілому, зазнавала впливу радіоактивного випромінювання, що надхо-

дило з Космосу та від радіоактивних ізотопів, розсіяних у літосфері, гідросфері й атмосфері. Це випромінювання становило природний радіаційний фон (ПРФ). Потужність експозиційної дози іонізуючого випромінювання за ПРФ у різних районах планети дорівнювала $(2,6—18,1) 10^{-5}$ Кі/(кг/рік). Таке опромінення сприяло еволюційному процесові, бо забезпечувало стійкий невеликий фон мутацій. Це, своєю чергою, збільшувало генетичну різноманітність популяцій і давало матеріал для природного добору. Проте з середини ХХ ст. людина почала інтенсивно освоювати атомну енергію. З'явилися атомна зброя, атомні електростанції (АЕС), дослідні й лікувальні радіоактивні препарати й пристрої. В результаті випробувань і застосування ядерної зброї, аварій на АЕС (тільки на момент аварії на Чорнобильській атомній станції в світі їх уже сталося більш як 200), порушень гігієнічних вимог поводження з радіоактивними речовинами й т. д. дози опромінення на планеті в цілому та в окремих її регіонах почали зростати.

ш Серед радіоактивних речовин найактивнішу участь у процесах метаболізму беруть стронцій-90 (^{90}Sr), цезій-137 (^{137}Cs), йод-131 (^{131}I). Саме вони стали головними забруднювачами навколишнього середовища після аварії на ЧАЕС. Ці елементи потрапляють в організм із пилюкою, водою, деякою мірою їм притаманні кумулятивні властивості й здатність накопичуватися в трофічних ланцюгах. У людини радіоактивний йод концентрується в щитоподібній залозі, цезій — у печінці, стронцій — у кістках. Йод-131 спричинює сильне, але короточасне опромінення (він має короткий період напіврозпаду й відносно швидко виводиться з організму). Стронцій і цезій, період напіврозпаду яких становить тисячі років, викликають опромінення протягом усього життя людини.

Зростання рівня радіаційного забруднення планети зумовило виникнення окремої галузі екології, біології, медицини та фізики — радіаційної біології (радіобіології).

Іонізуюче випромінювання має високу біологічну активність. Воно негативно впливає на живу речовину, в тому числі й на людину, а в разі великих доз призводить до смерті. Іонізуюче випромінювання може діяти двояко. По-перше, воно уражає носіїв спадковості — молекули ДНК, спричинюючи хромосомні та генні мутації. Наслідки таких мутацій проявляються відразу або через кілька поколінь. По-друге, іонізуюче випромінювання здатне уражати клітини й тканини (насамперед, ушкоджуючи

ферменти) й викликати соматичні порушення, що проявляються в опіках, катарактах, зниженні імунітету, ненормальному перебігові вагітності, розвиткові злоякісних пухлин різних органів. *Тепер з'ясовано, що не буває нешкідливих доз радіації: ймовірність захворювань зростає прямо пропорційно поглинутій дозі опромінення.*

У радіації немає минулого. В неї є тільки сьогодні, завтра, післязавтра... Вона не гребує молодими й літніми, та особливо полюбляє дітей з податливими хребтами, з м'якими світлими потилицями.

І. І. Шкляревський,
білоруський письменник, публіцист

Соматичні захворювання, пов'язані з опроміненням, поділяються на кілька категорій залежно від поглинутої дози.

За дози до 0,25 Гр імовірність радіаційного ураження невелика. За дози 0,25—0,5 Гр відбуваються окремі зміни формули крові. За дози 0,5—1 Гр виникають захворювання крові та порушення функцій центральної нервової системи. Тривале опромінення малими дозами (0,001—0,005 Гр/добу), які в сумі становлять 1—1,5 Гр, призводить до хронічної променевої хвороби, що супроводжується захворюваннями органів кровотворення, нервової системи, токсикозами нирок, загальним нездужанням. Найнебезпечніші захворювання пов'язані з інтенсивним короткочасним опроміненням дозами від 1 Гр і більше: розвивається гостра променева хвороба, за якої уражається насамперед кістковий мозок, розвивається лейкемія, майже цілком утрачається імунітет. Якщо доза опромінення становить 4—6 Гр, то в окремих випадках людину вдається врятувати, але за більших доз запобігти смерті за допомогою сучасних засобів і методів лікування неможливо.

Імовірність виникнення мутацій також зростає прямо пропорційно поглинутій дозі. За ПРФ частота генетичних порушень становить близько 4 %; у 1962—1965 рр. (період інтенсивного проведення надземних випробувальних ядерних вибухів) вона вже становила близько 5,5 %; у 1988 р. (після аварії на ЧАЕС) — більш як 10 %.

Контрольні запитання й завдання

1. Які тенденції зміни екологічної ніші людини?
2. В якому напрямі змінюється багатовимірний ніша людини?
3. Чи простежується стосовно людини принцип лімітуючих факторів?
4. Чи відбиває здоров'я людини стан її багатовимірної ніші? Відповідь обґрунтуйте.
5. Чим здоров'я як популяційна категорія відрізняється від індивідуального здоров'я? Які показники характеризують здоров'я популяції?
6. Які основні фактори й якою мірою визначають захворюваність?
7. Проаналізуйте характер процесів, що визначали смертність чоловіків і жінок в Україні, виходячи з даних про вікову структуру населення в 90-х роках ХХ ст. Для цього побудуйте графік, на осі абсцис якого відкладіть вік, а на осі ординат — процент чоловіків чи жінок певної вікової групи, виходячи з даних таблиці. До якого типу (за аналогією з кривими виживання) належать криві структури популяцій чоловіків і жінок? Чим можна пояснити розбіжності між цими кривими?
8. Завдяки яким реакціям і процесам людина пристосовується до змін умов зовнішнього середовища?
9. Чому алергії вважаються хворобою сучасності?
10. Чому частішають випадки розвитку злоякісних пухлин?
11. Назвіть основні реакції організму людини у відповідь на порушення середовища життя.
12. Які абіотичні фактори впливають на здоров'я людини? Проаналізуйте шляхи зменшення негативного впливу хоча б деяких із них.
13. За яких умов засмага небажана й чому? Визначте групи населення, яким слід уникати тривалого перебування влітку на пляжах.
14. Що таке природні осередки інфекцій? Які фактори спричинюють спалахи епідемій?
15. Знайдіть в історичній літературі приклади того, як інфекційні захворювання регулювали чисельність людських популяцій у минулому. Спробуйте мотивовано довести чи спростувати твердження про те, що подібна регуляція відбувається й тепер.

Вікова група, років	Частка в загальній чисельності населення, %		Вікова група, років	Частка в загальній чисельності населення, %	
	Чоловіки	Жінки		Чоловіки	Жінки
До 9	7,6	7,2	50-59	5,6	6,8
10-19	7,2	7,0	60-69	3,1	5,7
20-29	7,6	7,5	70-79	1,4	4,3
30-39	6,9	7,2	Після 80	0,8	1,5
40-49	5,9	6,7			

Р о з д і л І Сучасні підходи в науці про довкілля

16. Відшукайте в повсякденному житті приклади, що ілюструють непрямий вплив біотичних факторів на людину.
17. Як класифікуються антропогенні фактори, що впливають на здоров'я людини, й які з них найнебезпечніші?
18. Які речовини зумовлюють канцерогенну дію автомобільних вихлопів і тютюнового диму?
19. Які будівельні матеріали та засоби побутової хімії найбільш небажані з міркувань гігієни?
20. В чому полягає дія іонізуючого випромінювання на людину та які елементи належать до найпоширеніших радіоактивних забруднювачів?
21. Проаналізуйте, які шкідливі хімічні та фізичні фактори впливають на вас удома, обміркуйте, як можна зменшити негативний вплив хоча б деяких із них і спробуйте це зробити.

*Чуття країни — це відчуття Батьківщини,
відчуття її природи,..
Без чуття своєї країни — особливої
дуже дорогої і милої в кожній її дрібниці —
немає справжнього людського характеру: ^
Це почуття безкорисливо і сповнює нас
>у великим інтересом до всього...*

І д ; { ;
'%!Г:!"^ч-/С^\\

К * Г . Паустовський,
російський письменник



7

ГЛАВА

ПРИРОДНО-СОЦІАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ УКРАЇНИ

Схаменіться! будьте
люде,
Бо лихо вам буде,..

Т. Г. Шевченко,
великий
український поет,
художник, мислитель

§ 7,1 Загальні відомості про природні умови

Україна — одна з найбільших за територією, чисельністю населення та ресурсним потенціалом країн Європи, член-засновник Організації Об'єднаних Націй, член багатьох інших міжнародних організацій. Після здобуття статусу незалежної держави наша країна зіткнулася з цілим комплексом складних соціально-політичних і соціально-економічних проблем. Сьогодні Україна переживає глибоку екологічну кризу й належить щодо цього до найнеблагополучніших країн Європи. Це наслідок надзвичайно високого рівня концентрації промислових і сільськогосподарських комплексів, екологічно не обгрунтованої хижачко-колонізаторської політики урядових структур колишніх СРСР і УРСР, а також найбільшої у світі техногенної аварії на Чорнобильській АЕС. Крім того, складні екологічні проблеми, типові для розвинених індустріальних і найурбанізованих регіонів планети, повною мірою характерні й для України.

Розташована на південному заході Центральної Європи, незалежна Україна займає територію площею 603,7 тис. км² (31,5 % загальної площі центральноєвропейських держав) і є однією з

найбільших після Російської Федерації державою Європи. Населення України становить близько 48 млн чоловік — більше, ніж населення будь-якої з країн регіону — Румунії, Чехії, Словаччини, Молдови, Угорщини.

На території України вирізняються три фізико-географічні зони з п'ятьма провінціями (в лісостеповій зоні) й трьома підзонами (в степовій зоні), а також гірські області — Карпати й Кримські гори. Порівняно з іншими природними ландшафтами колишнього СРСР ландшафти України більше потерпають унаслідок людської діяльності. В 1991 р. Верховна Рада України офіційно оголосила територію всієї держави зоною екологічного лиха. Проте й у наступні роки екологічні проблеми в усіх районах країни продовжували загострюватися. Вирішення цих проблем в Україні має стати (й уже стає) одним із найголовніших, найактуальніших практичних завдань.

- Географічне положення України дуже вигідне: південний захід Східно-Європейської рівнини, Українські Карпати й Кримські гори, частина шельфу Чорного та Азовського морів. Територія нашої держави простягається із заходу на схід на 1316 км (від 22°08'42" до 40°13'05" східної довготи) і майже на 900 км із півночі на південь (від 52°22'54" до 44°23'18" північної широти).

Наша країна на півночі й заході безпосередньо межує з Білоруссю, Польщею, Словаччиною, Угорщиною, Молдовою, Румунією, на півночі та сході — з Росією. По Чорному морю проходять кордони з Туреччиною, Балканськими й Кавказькими державами. Дунай, Босфорська протока й Дарданелли для України — ворота в країни Західної Європи, а також у Середземномор'я й далі на Близький Схід, у Південну Європу, Африку, Атлантичний та Індійський океани.

Близько 95 % території України займають рівнини, 5 % території — гірські системи Карпат і Криму. Середня абсолютна висота рівнинної частини — 170 м, а найвища точка — вершина гори Говерли в Карпатах (2061 м). Близько 15 % території займають ліси — краса й багатство, неоціненний природний очищувач повітряного простору й охоронець нашої країни. На жаль, останнім часом ліси безжалісно вирубуються, гинуть від забруднень і пожеж.

У межах України представлені такі основні географічні ландшафти: лісоболотні й лісостепові ландшафти Полісся, Волин-

ської, Подільської та Придніпровської височин; ландшафти Північних степів, схилів Волинської, Подільської та Середньоросійської височин; ландшафти Південних степів (Причорноморська низовина й Приазовська височина); лісолучні гірські ландшафти Криму й Карпат.

• Клімат України помірно континентальний, а у вузькій смузі Південного Криму — субтропічний. На території країни переважає північно-західний вітровий перенос. За рік над Україною проходить у середньому 45 циклонів і 35 антициклонів. Кількість опадів коливається від 1200—1500 мм/рік у Карпатах до 300 мм/рік у південній частині степової зони (Причорномор'я та Приазов'я). В лісостеповій зоні опадів випадає в середньому 550—760 мм/рік.

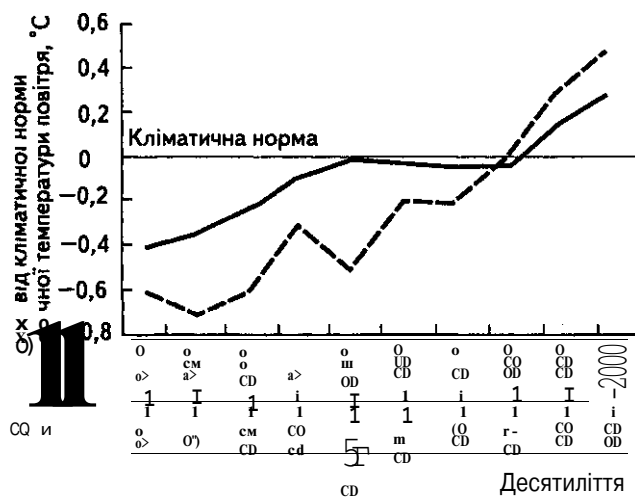


Рис. 7.1

Підвищення глобальної (-) та регіональної температури повітря в Україні (—) протягом XX ст.

Температура повітря в липні становить +20...+25 °С, досягаючи іноді +30 °С, у січні—лютому — може знижуватися до -20...-25 °С, зрідка — до -30 °С. Протягом останніх десятиліть спостерігається зростання глобальної та регіональної температури повітря в Україні (рис. 7.1).

В Україні багато місцевостей із прекрасним кліматом і чудовими за красою ландшафтами. Вони становлять рекреаційний фонд. Найкращі з них — Південний (Одеська, Миколаївська, Херсонська області, Автономна Республіка Крим, південь Запорізької та Донецької областей), Прикарпатський, Карпатський та Поліський (Шацькі ліси й озера) регіони. На жаль, сьогодні їх не обминули екологічні лиха.

III Геологічні особливості. Територія України розташована в основному в межах двох великих тектонічних структур — Східно-європейської платформи та Альпійської геосинклінальної (складчастої) області. Основні геоструктурні регіони України: Український щит, Дніпровсько-Донецька западина, Донецька складчаста споруда, Волино-Подільська плита, Причорноморська западина, Карпатська й Кримська складчасті системи, Скіфська платформа.

Український щит складений давніми докембрійськими кристалічними породами — переважно гранітами, гнейсами, лабрадоритами та гранітоїдами — й розташований у центральній частині країни. Він простягнувся від Клесова—Овруча на півночі вздовж Правобережжя Дніпра до Азовського моря; його довжина становить близько 1000 км, загальна площа — близько 180 тис. км². Дніпровсько-Донецька западина займає практично все Лівобережжя. Вона заповнена осадовими породами 5—6-кілометрової, а в межах Донбасу — 10—12-кілометрової товщини. Волино-Подільська плита також заповнена осадовими породами. Їхня товща становить 5—6 км. Товща осадових порід Причорноморської западини — 2 км.

В Україні є райони з підвищеною сейсмічністю: Карпатська зона, південний захід і Південний Крим. Інтенсивність землетрусів тут може досягати 7 балів за 12-бальною шкалою.

Під потужним впливом техногенної діяльності геологічні й екологічні умови ландшафтів України останніми десятиріччями зазнали суттєвих змін.

III Водні ресурси. Річкова мережа України досить густа (0,25 км/км²) й розгалужена. Всього налічується близько 73 тис. водотоків (із них 131 — річки завдовжки понад 100 км кожна), які належать переважно до басейнів Чорного, Азовського та частково Балтійського морів. Найбільша річка України — Дніпро —

третя за величиною (після Дунаю та Волги) в Європі. Середній стік Дніпра становить $53,5 \text{ км}^3$. Великі річки України — Дністер, Південний Буг, Сіверський Донець, а також притоки Дніпра — Прип'ять, Десна, Сула, Псел, Ворскла.

В Україні налічується близько 20 тис. озер (займають 0,3 % її території) та лиманів. Найбільше й найглибше (максимальна глибина — 60 м) — озеро Світязь на крайньому північному заході країни.

Режим більшості річок України тепер істотно змінено господарською діяльністю людини: водозабором для зрошення, промислових потреб, питного водопостачання та зарегулюванням після будівництва ставків, гребель, водосховищ, каналів. Близько 20 тис. малих водотоків узагалі припинили існування.

Річковий стік у середньому за рік становить $85,8 \text{ км}^3$, середня витрата прісних підземних вод — $514 \text{ м}^3/\text{с}$. В Україні є дуже цінні мінеральні води — сірководневі, радонові, йодобромні, вуглекислі та ін.

• Грунтові ресурси. Родючі ґрунти України — важливий ресурсний потенціал. Найродючіші ґрунти — з умістом гумусу від 3 до 7 % і товщиною гумусного шару близько 1 м — займають приблизно 10 % території країни.

Процеси ґрунтоутворення й розвитку рослинного покриву в Україні відповідають загальній географічній зональності. На Поліссі переважають дерново-підзолисті ґрунти на піщано-глинистих породах. Основні площі Лісостепу зайняті сірими лісовими ґрунтами й чорноземами, гумусні горизонти яких мають товщину до 1,2—1,5 м; ці ґрунти утворилися на лесових породах. На території Північного степу ґрунти представлені в основному чорноземами з гумусними горизонтами завтовшки 80—90 см; вони сформувалися на волого-суглинистих породах. У Південному степу переважають каштанові ґрунти й чорноземи, значно засолені в приморській смузі.

Земельний фонд України (рис. 7.2) становить 60,4 млн га. Господарське освоєння території дуже високе — 92—95 %. При цьому сільськогосподарське освоєння земель перевищує 70 % (одне з найбільших у світі), а розорювання — 56 %.

Ґрунтові ресурси України внаслідок забруднення й неправильного багаторічного використання перебувають у вкрай незадовільному, а в багатьох районах — катастрофічному з погляду екології стані.

Крім того, загальні втрати сільськогосподарських угідь через залучення їх у сфери промислової діяльності, будівництва, урбанізацію за останні 30 років становлять більш як 2 млн га.

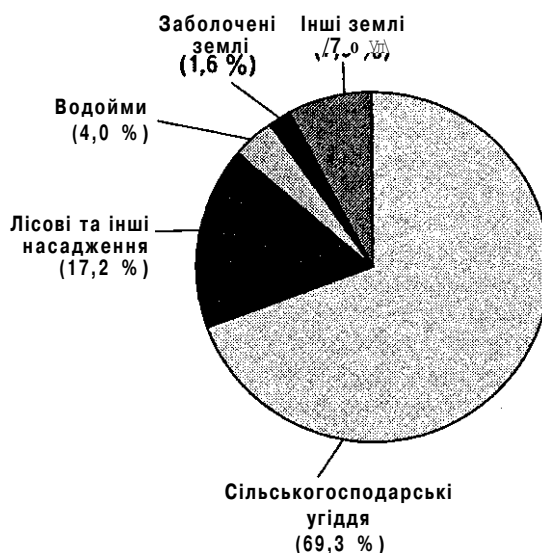


Рис. 7.2

Структура земельного фонду України

III Корисні копалини. Україна багата на мінеральну сировину — різноманітні корисні копалини. В її надрах виявлено близько 20 тис. родовищ та рудопроявів корисних копалин, з яких 7807 родовищ 91 виду мінеральної сировини мають промислове значення й ураховуються в Державному балансі. У вартісному вираженні розвідані запаси цих родовищ оцінюються в 7—7,5 трильйонів доларів С Ш А. Насамперед це величезні запаси гранітів (прекрасний облицювальний і будівельний матеріал), а також вапняки й чудовий будівельний пісок. Із горючих копалин у достатній кількості є кам'яне й буре вугілля, газ, у меншій кількості — нафта.

Граніти зосереджені в межах Українського щита, на Житомирщині, Вінниччині, Кіровоградщині, Дніпропетровщині, піски й

вапняки — на Поліссі та поділлі. Поклади кам'яного вугілля зосереджені в Донецькому кам'яновугільному й Львівсько-Волинському вугільному басейнах (усього близько 150—200 млн т), а також у Дніпропетровському буровугільному басейні (9000 млн т). Родовища нафти й газу сконцентровані в трьох нафтогазоносних регіонах: Передкарпатському (міста Борислав, Долина, Дрогобич), Дніпровсько-Донецькому (Прилуцько-Шебелинська зона), Причорноморсько-Кримському (північно-західний шельф Чорного моря). Перспективні ресурси нафти оцінюються майже в 125 млн т, а її видобуток сьогодні становить 5 млн т на рік; запаси газу — більш як 4100 млрд м³. Україна багата й на горючі сланці (близько 2 млрд т — Верхньодніпровськ) і торф (3,5 млрд т — Полісся).

Україна має великі запаси металорудної сировини: залізних руд (Криворізький і Керченський залізорудні басейни з балансовими запасами близько 25 млрд т) і марганцевих (Нікопольський марганцевий басейн, де запаси оцінюються приблизно в 2 млрд т, що становить 66,1 % світових запасів). На території нашої держави є також родовища уранових, нікелевих, титанових, ртутних, алюмінієвих, хромітових руд, олова, графіту (Український щит), фосфатів, калійних солей, сірки (Передкарпаття), каоліну (Глухів, Пологи), солей йоду та броду (Сиваш, Тархан кут).

Нещодавно знайдено досить великі запаси золота, проте в розсіяному вигляді, що потребує складної технології видобування.

Сумарний видобуток мінеральної сировини за 40 основними видами становить більш як 1 млрд т. *Актуальною й важливою є проблема утилізації відходів гірничо-збагачувального виробництва. Щорічно кількість їх перевищує обсяги використання майже на 200 млн м³.*

III Заповідний фонд, рослинний і тваринний світ. Для підтримання та нормального функціонування екосистем будь-якого регіону площа «диких», первозданних, не порушених діяльністю людини територій має становити не менш як 10—12 % загальної площі його території. Багато розвинених країн (Японія, Німеччина, Швеція, Швейцарія, Бельгія, Австрія, США), зважаючи на це, довели площі своїх заповідних територій до 12—18 %. В Україні ж цей показник становить 2,1 %. Найбільшу площу (4—5 %) заповідники займають у Західній Україні, найменшу (0,2—1 %) — у Центральній і Східній. Загальна площа природного заповідного

фонду — 1 млн 293 тис. га. Всього в Україні налічується 21 заповідник, у тому числі — чотири біосферних (див. гл. 2).

Рослинний і тваринний світ України завжди був і різноманітним, і багатим. Ще якихось 200 років тому іноземні мандрівники чудувалися нашими казково щедрими лісами, степами, річками й озерами. А в першому тисячолітті площа лісів порівняно з ХІХ ст. була більшою в 4,5 раза. Тоді Київ оточували дрімучі бори, в яких водилося безліч звірини — вовків, ведмедів, росомах, диких кабанів і кіз, зайців, лисиць і білок, бобрів, куниць, горностаїв, соболів, а також різні птахи (орли, шуліки, яструби й багато інших).

У V ст. давньогрецький історик Геродот, відвідавши пониззя Дніпра, записав у своїх щоденниках, що спостерігав від нинішньої Каховки до гирла, а також уздовж річок Південний Буг, Самара, Оріль, Вовча, Інгул, Інгулець, у байраках і ярах суцільні лісові нетрі з силою-силенною звірини. Мандрівники й учені, які побували в Україні пізніше, в ХІV—ХVІІ ст., також відзначали незвичайні природні багатства краю, казкову родючість його земель.

Флора України тепер налічує близько 25 тис. видів рослин, із них майже 4,5 тис. видів вищих (у тому числі понад 700 видів лікарських) і більш як 6 тис. видів грибів і водоростей. Фауна України представлена близько 45 тис. видами тварин (17 видів — земноводні, 20 — плазуни, понад 350 — птахи, 113 — ссавці, 200 — риби, решта — безхребетні). Проте видове багатство як тварин, так і рослин стрімко зменшується.

Україна, до ХVІІІ ст. — одна з найбагатших і найблагополунніших країн світу, за два сторіччя перетворилася на край, що переживає надзвичайно тяжку екологічну кризу, котру називають «лихоліттям».

§ 7, 2 ^ Традиції природокористування

Стан довкілля того чи іншого краю завжди багато в чому залежав від способу життя й господарювання його етносу. Як Ішідчить історія, корінні етноси, що жили століттями на своїй території, розуміли й любили її природу, дбайливо до неї ставилися. Вони користувалися природними



ресурсами з урахуванням багатовікового досвіду й традицій своїх дідів-прадів, завжди поводитися так, аби природа могла самовідновлюватися, розвиватися, щоб вона не зuboжила й залишалася годувальницею для внуків і правнуків.

Зайшли етноси — тимчасові, особливо завойовники, жорстокі не тільки до людей поневоленої землі, а й до її природи, здебільшого завдавали великої шкоди: палили, знищували, грабували, ламали, спустошували. Не пристосовані до чужої природи, вони проявляли вандалізм, переробляючи її на свій смак, деформуючи екосистеми.

Етногенез українців відбувався на території, яка споконвіку була зоною контакту різних етносів із різними традиціями поведінки щодо навколишнього ландшафту. Саме тому територія України була ареною постійних етнологічних колізій, що негативно впливали на стан природних ресурсів і довкілля. Як відомо, після приєднання українських земель до Великого князівства Литовського розпочалось інтенсивне використання природних багатств України, особливо лісів. Вони безжалісно вирубувалися, деревина вивозилася в Західну Європу. Наслідком такого господарювання стало винищення великих лісових масивів у верхів'ях Південного Бугу, басейнах Дністра, Росі, річок Волині. Вже у XVI ст. у цих районах майже не залишилося лісів, значно скоротилося й поголів'я звірів.

Хижацьке використання українських чорноземів польськими магнатами посилилося після підписання Люблінської унії 1569 р. Виснажування ґрунтів супроводжувалося жорстокою експлуатацією місцевого населення. Все це, а також відмінності в традиціях, культурі, релігії призвели до антагонізму й конфліктів між етносами. Така сама ситуація простежувалася й у контактах із кримськими татарами й турками, які протягом століть учиняли регулярні спустошливі набіги на українські землі.

В Україні традиційними формами господарювання, природокористування з давніх часів і до середини XVIII ст. були землеробство, мисливство, бджільництво, скотарство, садівництво, їхня роль у житті українців із часом змінювалася, однак головним залишалось землеробство. Розвиток сільського господарства й промисловості був зрівноваженим, органічним. У XVIII ст. з бурхливим розвитком промисловості, відкриттям і розробкою покладів заліза, вугілля, нафти в Україні починає брати гору хижацьке природокористування. Таке господарювання ставало дедалі небезпечнішим для довкілля.

Чому сьогодні люди чимраз частіше звертаються до традицій у всіх сферах своєї життєдіяльності? Тому що традиції — це не лише пам'ять предків, усе найкраще, самобутнє, властиве тій чи іншій нації в культурі, народній творчості, побуті, релігії, виробництві. Традиції — це різноманітність культур, способів існування. А розмаїття людства (націй) — не менш важливе для існування біосфери, ніж різноманітність узагалі, це основа виживання, головний екологічний закон. Розвиток глобальної екологічної кризи пов'язаний не тільки із загрозливими втратами біосферою дедалі більшої кількості представників фауни та флори, а й зі зменшенням різноманітності людських спільнот. Збіднення національного розмаїття, культурної та релігійної своєрідності призводить, як показало життя, до тяжких екологічних наслідків: порушення корисних традицій пристосування до ландшафтів, розвитку згубних для всіх націй хижацьких способів природокористування. В результаті формуються посередня культура, посередній побут, посереднє мислення, гуманізм витісняється технократизмом. Космополітизм нівелює все, зменшуючи природну силу біосфери, де різноманітність залишається головною запорукою виживання та самооновлення.

Традиції — це й максимально ефективне пристосування етносу до ландшафтів, вироблені віками гармонійні взаємозв'язки з довкіллям, такі норми поведінки й режим господарювання, які не порушують загального балансу енергообміну екосистем, процесів самовідтворення, самоочищення. В традиціях закладені засоби збереження генофонду націй. Один із яскравих прикладів — традиційні Зелені свята в Україні — дні єднання людини з природою, вияву пошани до цілющих трав і життєствердної сили зелені, уваги й любові до Матері-Природи.

Рідна природа входить у нашу душу, як колиска буття, як чисте джерело, з якого ми вперше напилися живої води, з якого ми взяли й радісне пробудження далеким ранком нашого дитинства, й чудову мелодію рідної пісні, й казку... й думи про життя народу... Природа рідного краю — верба над тихим ставком, тополя над шляхом... запашний луг, жовте пшеничне поле... — все це не просто середовище, в якому росте, зводиться на ноги й робить перші кроки по Землі маленька людина, це тисячі найтонших коренів, що беруть і несуть життєдайні соки до гілок і листя, й розквітає могутнє дерево — Людина...

В. О. Сухомлинський,
видатний український педагог

Землеробство, як вважають археологи, історики й етнографи, виникло в Україні за часів трипільської культури — 6000 років тому й поширилося в середні віки та пізніше на весь регіон Центральної Європи. Основними системами землеробства були парове й перелогове, землекористування — у вигляді відкритих полів, а землеволодіння — приватне, суспільне, державне, церковне. Як згадувалося раніше, до середини XVIII ст. розвиток сільського господарства й промисловості в Україні завжди відбувався органічно. При цьому завжди переважали традиції індивідуального господарювання незалежно від власності на землю. Загалом фермерство традиційніше для України, ніж для країн Центральної Європи та Росії, де існували здебільшого великі феодальні господарства.

Як свідчать історичні документи, в усі часи можливості землеробства України були набагато вищими за її внутрішні потреби. Та розвиток нації і розширення сільськогосподарського й промислового виробництва призвели до того, що до середини XIX ст. земельні ресурси в межах лісових і лісостепових ландшафтів вичерпалися. Розпочалося сільськогосподарське використання землі степової зони, аналогів чому в Центральній Європі немає. Протягом XIX ст. степова зона була цілком розорана. В наш час традиційне землеробство вже неспроможне задовольнити потреб людини; тому в Україні, як і в усьому світі, намагаються підвищити врожайність підсиленням унесенням мінеральних добрив, використанням пестицидів для боротьби зі шкідниками.

У XX ст. природокористування в Україні набиало чітко виражених згубних для природи форм. Ресурсокористування стало надекстенсивним, хижацьким. Жовтневий переворот 1917 р., громадянська війна, голод 30-х років, страшні за своїми масштабами політичні репресії 40-х років, Друга світова війна — ці величезні соціальні потрясіння разом із централізацією промисловості, перехімізацією сільськогосподарських угідь, виснаженням ресурсів за кілька десятиріч призвели до формування в Україні економіки, яка не зважала на об'єктивні потреби та інтереси її народу, можливості її природи. В результаті сформувалась одна з найбільш варварських із погляду екології економік — перенасичена хімічними, металургійними, гірничорудними, нафтопереробними, військовими виробництвами, з величезними обсягами відходів і низькими коефіцієнтами їх утилізації, із застарілими технологіями та обладнанням.

§ 1.1. Причини розвитку екологічної кризи

Об'єктивний аналіз сучасної екологічної ситуації, джерел небезпеки, причин погіршення стану природного середовища України й здоров'я людей, виникнення демографічної кризи став можливим лише декілька років тому завдяки розсекреченню багатьох архівних матеріалів (соціально-історичних, політичних, партійних, соціально-економічних та ін.). Цей аналіз дав змогу визначити основні причини, джерела, динаміку й напрям розвитку незадовільної екологічної ситуації в межах нашої країни. Такими причинами виявилися:

- екстенсивне використання всіх видів природних ресурсів, яке тривало десятиріччями без урахування здатності екосистем до самовідтворення й самоочищення;
- адміністративно-командне концентрування на невеликих площах величезної кількості надпотужних хімічних, металургійних, нафтопереробних і військових промислових підприємств і комплексів, інших «гігантів соціалістичної, індустрії», а також прискорена реалізація грандіозних планів «підкорення» природи;
- цілковите нехтування традиціями господарювання, можливостями природи регіонів та інтересами корінного населення;
- інтенсивна хімізація й хибні способи організації сільськогосподарського виробництва (наприклад створення величезних колгоспів і радгоспів);
- гігантські масштаби меліораційних робіт без відповідних наукових обґрунтувань та ефективних технологій;
- відсутність протягом повоєнного періоду об'єктивних довгострокових екологічних прогнозів щодо наслідків реалізації планів розвитку промислового виробництва, енергетики, транспорту;
- використання на переважній більшості виробництв застарілих технологій та обладнання, низькі темпи модернізації підприємств;
- невиконання чинних законів стосовно охорони навколишнього природного середовища й відсутність підзаконних актів для їх ефективної реалізації;

л / ; ч

Розділ І І Екологічні проблеми України

- відсутність дійового державного контролю за виконанням законів про охорону природи та системи покарань за шкоду, заподіяну довкіллю;
- відсутність постійної об'єктивної інформації для широких мас населення про екологічний стан природного середовища, причини його погіршення, про винуватців забруднень і вжиті заходи для поліпшення ситуації;
- у край низький рівень екологічної освіти не тільки в пересічних громадян, а й у керівників підприємств, державних організацій, уряду, низькі екологічні свідомість і культура;
- різке прискорення негативних економічних, соціально-політичних та екологічних процесів в Україні у зв'язку з найбільшою техногенною катастрофою ХХ століття — аварією на Чорнобильській АЕС;
- відсутність дійових економічних стимулів для ресурсо- та енергозбереження.

Поміркуймо, що відбувається: мільярди років створювався напролюд тонкий і складний баланс біосфери Землі. І ось з'являється, здавалося б, найдосконаліший продукт еволюції біосфери — людина, яка називає себе розумною, і по-варварськи руйнує те, що зумовило її появу й без чого неможливі її подальший розвиток і вдосконалення. Лише вжиття найрадикальніших заходів протягом найближчих 2–3 десятиріч може запобігти самогубству людини.

**І. С. Шкловський,
російський астрофізик**

І хоча загальне антропогенне навантаження на довкілля України через спад виробництва, зупинення багатьох підприємств тощо останніми роками дещо зменшилось, екологічна ситуація в країні все ж залишається незадовільною. За даними Держкомстату України (на 2000 р.), щорічно в повітря, водойми та ґрунти країни надходить від 60 до 100 млн т шкідливих речовин. Третина води, що скидається підприємствами в поверхневі води, забруднена понад норму, п'ята частина шкідливих речовин зі стаціонарних джерел потрапляє в повітря, дві третини вироблених токсичних відходів осідає в навколишньому середовищі.

Протягом 2000 р. в повітряний басейн, води, ґрунти та на земну поверхню потрапило близько 65 млн т небезпечних речовин. У розрахунку на 1 км² території країни в повітря викинуто 9,7 т шкідливих речовин. Токсичних відходів надійшло 4,9 тис. т, що

перевищує показники розвинених країн у кілька разів. У розрахунку на душу населення в 2000 р. в атмосферу викинуто 119 кг забруднень, у поверхневій воді — 184 кг, у ґрунті та на земній поверхні — 998 кг.

Якщо за часткою електроенергії, яка виробляється АЕС (40 % її сумарної кількості), Україна посідає третє місце у світі, то за ступенем розв'язання проблем зберігання й поховання радіоактивних відходів стоїть наприкінці списку країн з ядерною енергетикою.

§ 7.11. Джерела забруднення довкілля

Промисловість. До основних антропогенних факторів розвитку екологічної кризи в Україні належать передусім великі промислові комплекси — ненажерливі споживачі сировини, енергії, води, повітря, земельних просторів і водночас найпотужніші джерела практично всіх видів забруднень (механічних, хімічних, фізичних, біохімічних). Сконцентровані вони навколо родовищ корисних копалин, великих міст і водних об'єктів: у Донецькій області, Центральному Придніпров'ї, Криворіжжі, Прикарпатті, Керчі, Маріуполі, більшості обласних центрів. Серед цих об'єктів найнебезпечнішими забруднювачами довкілля є металургійні, хімічні, нафтопереробні й машинобудівні заводи, кар'єри та збагачувальні фабрики, деякі військові підприємства (рис. 7.3).

За останні роки в Україні в атмосферу викинуто більш як 100 млн т шкідливих речовин.

Підприємства металургії та енергетики — головні забруднювачі повітря — щорічно дають відповідно 35 і 32 % всіх забруднень від стаціонарних джерел. Центри металургії та енергетики, а отже, осередки забруднення атмосфери — це міста Макіївка, Маріуполь, Комунарськ, Харцизьк, Дніпропетровськ, Запоріжжя, Дніпродзержинськ. Металургійні підприємства оснащені очисним обладнанням лише на 30—50 %. За рідкісним винятком, це обладнання застаріле чи взагалі таке, що не діє.

Основні забруднювачі довкілля важкими металами, особливо арсеном і свинцем, а також сірчаною та азотною кислотами — підприємства кольорової металургії. Це завод «Укрцинк» у Кос-

тянтинівці, Дніпровський ртутний комбінат у Запоріжжі, Микитівський ртутний комбінат та ін. Підприємства чорної металургії — головні забруднювачі водою фенолами, нафтопродуктами, сульфатами.

До основних забруднювачів довкілля належить також *хімічна промисловість*, об'єкти якої викидають у повітря сірчаний ангідрид, оксиди азоту, вуглеводні та інші шкідливі речовини. Найбільші підприємства хімічної промисловості розташовані в Прикарпатті (Новороздольський сірчаний комбінат, Калуський калійний концерн), у Донбасі, в Присивашші (в Красноперекопську), Одесі, Сумах, Рівному (підприємства об'єднання «Азот»). Вони забруднюють навколишнє середовище дуже небезпечними токсикантами — фосгеном, вінілхлоридом, хлористим воднем, фенолом, аміаком. Величезної шкоди природі завдають також хімічні підприємства, що виробляють отрутохімікати (в Первомайську, Калуші, Маріуполі, Дніпродзержинську), синтетичні продукти (підприємства об'єднань «Хімволокно», «Дніпрошина», «Укрнафтохім» та ін.). *Сумний факт: майже всі підприємства хімічної промисловості використовують застаріле обладнання, порушують межі санітарно-захисних зон, не мають очисних споруд або мають, але зовсім не ефективні.*

У промисловості України найбільшим є *машинобудівний комплекс*. Для його розвитку склалися досить сприятливі умови: могутня металургійна база, густа транспортна мережа, великі обсяги використання машин і приладів, висококваліфіковані кадри. Машинобудівні заводи України випускають різноманітні товари — від побутової техніки до найскладніших сучасних машин: обладнання для АЕС, космічну техніку, турбіни, літаки, що не мають аналогів у світі. Найвища концентрація підприємств машинобудівної промисловості характерна для Дніпропетровська, Харкова, Кривого Рогу, Краматорська, Маріуполя, Донецька.

Машинобудівна промисловість має багатогалузеву структуру (важке, електротехнічне, радіоелектронне, транспортне машинобудування, приладо-, верстатобудування й т. д.), і кожній із галузей притаманні свої екологічні особливості: склад і кількість відходів, токсичність забруднень, режим їх викидів у атмосферу та зі стічними водами.

Як і інші галузі промисловості, машинобудування тяжіє до районів розвитку металургії, сконцентроване в містах і «виробляє» великі обсяги відходів, що забруднюють повітря, воду й

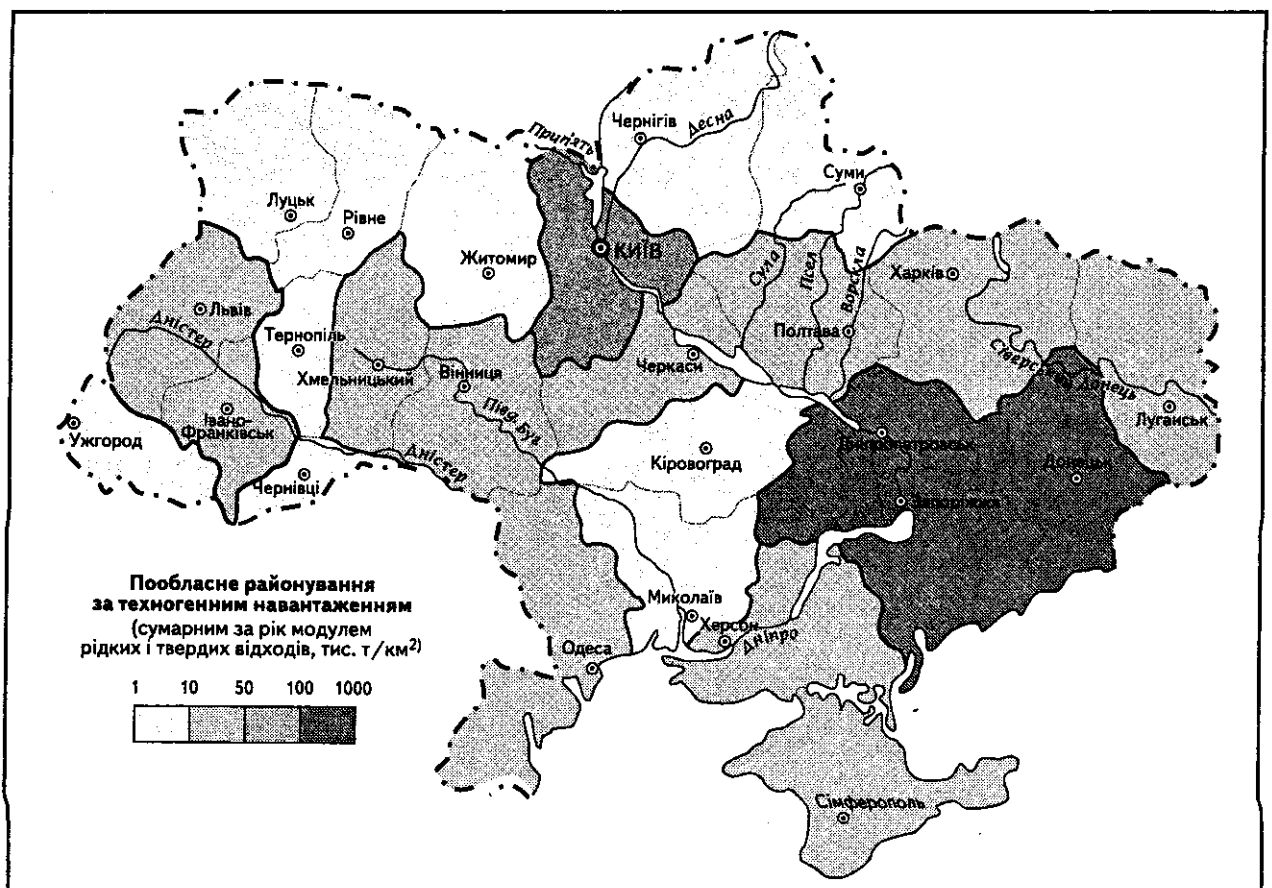


Рис. 7.3
Техногенне навантаження на довкілля

Розділ І Екологічні проблеми України

грунт. Так, у Дніпропетровську лише одне виробниче об'єднання «Дніпроважмаш» щороку скидає в Дніпро 2365,2 тис. м³ забруднених стоків, Завод прокатних валків — 250 тис. м³. У Запоріжжі викиди в атмосферу Дніпровського електродного заводу становлять 35 % загальноміських, причому 80 % їх містять канцерогенні речовини першого класу небезпечності. Понад 50 % усіх викидів у атмосферу цього міста дає В О «Запоріжсталь» (більш як 150 тис. т шкідливих речовин щорічно). Електротехнічних заводів в Україні працює сотня з лишком, причому багато з них (а також приладобудівні та радіоелектронні) споруджені за останні десятиріччя, проте на деяких із цих заводів (одеському «Агроагрегаті», миколаївському «Миконді», Чернівецькому металообробному, дніпропетровському «Південному машинобудівному» та ін.) газо- й водоочисні споруди або несправні, або неефективні.

До екологічно шкідливих належить і цементна промисловість. Найбільші проблеми вона створює в Донецькій, Дніпропетровській і Харківській областях, забруднюючи довкілля пилом, сірчаним ангідридом та оксидами азоту. Саме на підприємствах цієї галузі найгірше здійснюються природоохоронні заходи: наприклад, концентрація пилу в їхніх викидах у 5–10 разів більша за ГДК. Із забрудненими стічними водами в річки щороку скидаються тисячі тонн органічних речовин, суспензій, солей, інших шкідливих сполук.

Великої шкоди рельєфу, земельним ресурсам, ґрунтовим водам завдає гірничодобувна промисловість. У районі Донбасу, в трикутнику Донецьк—Луганськ—Рубіжне, де сконцентровані найбрудніші, з погляду екології, промислові підприємства, шахти, об'єкти енергетики, військові підприємства, почалася деградація всіх екосистем місцевих ландшафтів. У Лисичансько-Рубіжанському промисловому районі, наприклад, забруднені не тільки поверхневі, а й підземні води на площі більш як 120 км². А 1417 териконів постійно отруюють атмосферу шкідливими газами, відбираючи, крім того, тисячі гектарів родючих ґрунтів. У річку Самару з шахт Західного Донбасу щороку скидається близько 20 млн м³ високомінералізованих шахтних вод і ще близько 60 млн м³ таких самих вод із шахт Центрального Донбасу. Мінералізація води в річках Інгул, Самара, Інгулець більша за природний фон у 10 із лишком разів. Тільки в Інгулець із регіонів Кривбасу щорічно скидається близько 100 млн м³ брудних стоків. Ці річки забруднюються важкими металами й радіоактивними речовинами (вони надходять із району родовищ уранових руд під Жовтими Водами).

На гідрологічний режим істотно впливає також пилове забруднення в результаті розробки кар'єрів будівельних матеріалів (вапняку, піску, граніту, лабрадориту) в Житомирській, Вінницькій, Дніпропетровській, Кіровоградській областях.

***3 Енергетика.** Сильно забруднюють довкілля об'єкти енергетики, передусім ТЕЦ і ГРЕС. Поглинаючи величезну кількість нафтопродуктів, газу й вугілля, вони викидають в атмосферу мільйони кубометрів шкідливих газів, аерозолей і сажі, захаращують сотні гектарів землі шлаками й золою.

В Україні ГЕС виробляють приблизно 55—60 % електроенергії (близько 37,6 тис. МВт); майже всі вони розташовані в містах і є найбільшими серед усіх підприємств енергетики забруднювачами природного середовища. Основні забруднювальні компоненти — тверді продукти згоряння палива (зола), сірчистий ангідрид, оксиди азоту. *Загальна кількість викидів підприємств енергетики сягає 2,3—2,5млн т/рік.*

Решту енергії виробляють ГЕС та АЕС. Найбільші гідроелектростанції зосереджені на Дніпрі (Київська, Канівська, Кременчуцька, Дніпродзержинська, Запорізька, Каховська). ГЕС вважаються екологічно найбезпечнішими. Та в процесі створення каскаду водосховищ на Дніпрі було затоплено близько 7 тис. км² прекрасних родючих заплавиць земель. За період свого існування водосховища перетворилися на нагромаджувачів відходів і забруднень із прилеглих регіонів. *Нині через будівництво ГЕС і створення водосховищ підтоплено 100 тис. га прибережних земель, у багато разів знизилась інтенсивність процесів самоочищення Дніпра, регулярно відбувається «цвітіння» води, зменшується рибопродуктивність і відповідно — продуктивність рибних господарств.*

Колись ми метушливо вітали «сходи» гідроелектростанцій на Дніпрі. Навіть такий найвидатніший художник, як Олександр Довженко, віддав свій голос за Каховське море, побачивши в ньому народження нової естетики й ще одну перемогу над норовистою природою. Знадобилось одне лише десятиліття, аби переконатися: перемога, що далася великою ціною, криє в собі гіркоту поразки...

В. О. Яворівсьюш,
український письменник,
громадський діяч

Екологічно необґрунтованим можна назвати розміщення на території України п'яти АЕС (14 енергоблоків) — Чорнобиль-

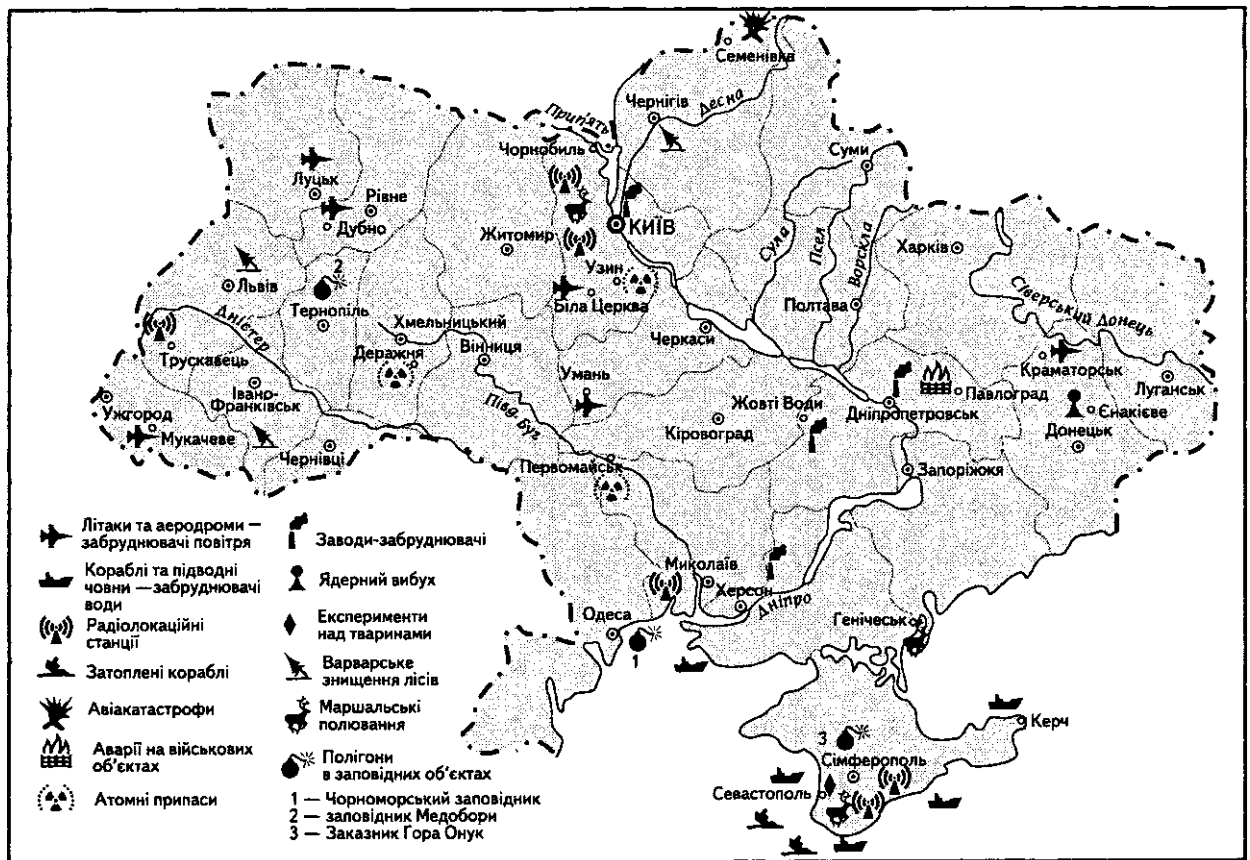


Рис. 7.5

Екологічно небезпечні військові об'єкти на території України

Розділ II Екологічні проблеми України

ської, Рівненської, Хмельницької, Запорізької та п^{АВДЕННО} Української (рис. 7.4). Не тільки зберігається загроза нов^{ХАВА} на АБС, а й додається дуже складна проблема поховання ядерних відходів і в недалекому майбутньому (після вироблення ^{АСТАН} В-леного ресурсу) ліквідації та поховання самих АЕС. Це с^{АДНИЙ}, небезпечний і дорогий процес.

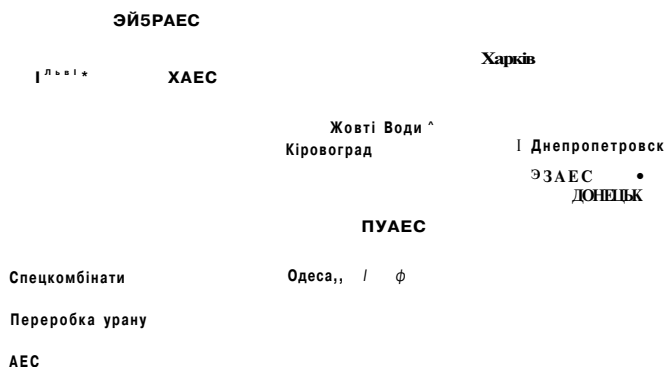


Рис. 7.4

Об'єкти потенційної ядерної та радіаційної небезпеки в Україні¹¹

&} Військова діяльність була й залишається джерелом^{не} небезпеки для природи (рис. 7.5). Воєнно-промисловий комплекс^{мшіекс} (ВПК) споживає величезну кількість мінеральної сировини^{ни} та енергії, потрібних для виробництва військової техніки. Армія і флот спалюють у двигунах літаків, танків, автомобілів, ^Роблів, у котельнях військових містечок і частин колосальні ^{ем} палива. Площа земель під полігонами, стрільбищами, ^{ислив} військими господарствами для вищих чинів, навчальними центрами^{нт Рами} перевищує 100 тис. га. На утримання армії, флоту, підприємств^{1*6^016} ВПК витрачається чимала частина коштів національного бюджету^{0 І,д,,} України. Величезної шкоди завдають природі в^п процесі ^{обу}

вання різних видів озброєнь, а також проведення маневрів і навчань.

В Україні густота розташування військових об'єктів — військових баз, містечок, арсеналів, складів боєприпасів, сховищ паливно-мастильних матеріалів і ракетного палива, авіаційних і загальновійськових полігонів, танкодромів, звалищ і місць поховання шкідливих відходів, а також колишніх шахтних пускових установок тощо — дуже висока. Багато з цих об'єктів становлять реальну й потенційну небезпеку для населення й довкілля, забруднюючи навколишнє природне середовище хімічними речовинами, зокрема сполуками важких металів, підвищуючи радіаційний фон, спричиняючи деградацію природних комплексів. Відомі випадки негативного впливу забруднень згаданих об'єктів на здоров'я населення (наприклад, поблизу Первомайська Миколаївської області). Очисні споруди на військових заводах та об'єктах, у місцях розташування військових частин здебільшого або взагалі відсутні, або їхній стан незадовільний.

Особливо загрозна ситуація пов'язана з переробкою компонентів ракетного палива, якого в Україні накопичено понад 20 тис. т. Сховища ракетного палива не мають спеціальних засобів нейтралізації випарів (дуже токсичних) його компонентів, термін експлуатації резервуарів для його зберігання вичерпано. Для виконання програми знищення й утилізації ракетного палива потрібні багатомільйонні затрати, що сьогодні нашої державі не під силу. Військове керівництво, ігноруючи серйозні екологічні проблеми, пов'язані з діяльністю ВПК, водночас намагається приховати реальний стан справ, прикриваючися завісою секретності й перешкоджаючи доступові на військові об'єкти експертам-екологам.

У найгіршому стані нині перебувають приморські райони, особливо в Криму. Тут протягом десятків років військові об'єкти й кораблі забруднювали води Чорного моря. Наприклад, у Севастопольській бухті концентрація нафтопродуктів у 180 разів перевищує ГДК! Спеціалісти стверджують, що кораблі й берегові частини Чорноморського флоту щодня скидають у море більш як 9 тис. м³ неочищених стоків.

Загрозу для довкілля становлять порушення в армійських підрозділах правил зберігання паливно-мастильних матеріалів (ПММ) та експлуатації систем їх транспортування. В результаті втрат, витоків і розливів ПММ протягом тривалого часу (іноді десятиріч) довкола військових баз та аеродромів на кілометри навкруг забруднені поверхневі й підземні води. Ці порушення

спричинюють появу в криницях, ставках і річках «запасів» нафтопродуктів і навіть токсикантів та канцерогенів — хрому, кадмію, свинцю, бензпіренів. Прикладами можуть слугувати територія парку Олександрія в Білій Церкві, міста Узин і Васильків (Київська область), Дубне (Рівненська область), Велика Круча (Полтавська область), Озерне (Житомирська область), Чугуїв (Харківська область), Луцьк, Керч, Севастополь, Чернівці.

У багатьох військових частинах не дотримуються правил захисту цивільного населення від шкідливого впливу електромагнітного й високочастотного випромінювання потужних РЛС. Нагальні проблеми — використання військовими лісів і сільськогосподарських угідь.

8= Транспорт — автомобільний, залізничний, водний і повітряний — іще одне джерело забруднення природи України.

Викиди забруднювальних речовин *автомобільним транспортом* у середньому за рік становлять близько 5,5 млн т (39 % усього обсягу викидів в Україні). У великих містах забруднення повітря вихлопними газами часом досягає 70—90 % загального рівня забруднень. Крім того, більш як 20 % транспортних засобів експлуатується з перевищенням установлених нормативів умісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах.

Транспортна мережа в Україні доволі густа, кількість та активність автотранспорту в містах великі, й шкоду довкіллю він завдає дуже відчутну. Осцовні причини цього — застарілі конструкції двигунів, використовуване паливо (бензин, а не газ чи інші, менш токсичні речовини) та погана організація руху, особливо в містах, на перехрестях. *У відпрацьованих газах, що їх викидають наші автомобілі, виявлено близько 280 різних шкідливих речовин, серед яких особливу небезпеку становлять канцерогенні бензпірени, оксиди азоту, свинець, ртуть, альдегіди, оксиди вуглецю й сірки, сажа, вуглеводні.*

На перевезення одного й того самого вантажу автотранспортові потрібно в 6,5 раза більше палива, ніж залізничному, й у 5 разів — ніж водному. В Україні експлуатується понад 1 млн вантажних автомобілів і далеко за 2,5 млн легкових. Кожен із них щорічно спалює від 12 до 30 т високооктанового російського бензину, в котрому як антидетонатор застосовується свинець (концентрація свинцю в цьому бензині становить до 0,36 г/л, тоді як у бензинах Великої Британії — 0,15, США — 0,013 г/л). Відпрацьовані гази наших дизельних двигунів значно токсичніші,

ніж карбюраторних, бо містять багато оксидів вуглецю, діоксидів азоту й сірки, а також сажі (до 16—18 кг на кожну тонну дизельного палива). Від транспортних газів і шуму потерпають усі міста України, особливо великі.

Залізничний транспорт екологічно чистіший, особливо електричний. Та проблемою стало сильне забруднення залізниць нечистотами, що викидаються з вагонних туалетів. Забруднюється смуга завширшки в кілька метрів обабіч колій. У всіх цивілізованих країнах туалети поїздів обладнано спеціальними місткостями, й нечистоти не викидаються назовні. *В результаті екологічних і медичних досліджень з'ясувалося, що забруднення залізничних колій нечистотами та продуктами їхнього розкладання, особливо в теплі сезони року, спричинило захворювання шлунка й легень у багатьох пасажирів і залізничників.*

Певної шкоди Дніпру та його водосховищам, Дунаю, Дністру, Чорному й Азовському морям завдає *водний транспорт*, насамперед через недодержання правил перевезень і перекачування нафтопродуктів, аварії, очищення танкерів, змиви, шумові й вібраційні впливи та хвилі, що руйнують береги водосховищ.

& Сільське господарство. Для наших сільськогосподарських районів найхарактернішим є забруднення природних вод і ґрунтів пестицидами й мінеральними добривами. Щорічні надходження їх на поля України сягають за 90 тис. т і 4,5 млн т відповідно.

Площа земель, забруднених стійкими хлороорганічними препаратами, становить близько 8 млн га, на кількох сотнях тисяч гектарів їх уміст набагато перевищує ГДК. Із 170 найменувань пестицидів, які використовуються в Україні, 49 є особливо небезпечними. Останнім часом траплялися випадки використання токсичних пестицидів, що завозилися в Україну західними фірмами, тоді як на самому Заході застосування цих препаратів заборонено.

З усієї кількості мінеральних добрив, що вносяться в ґрунти України, в середньому лише 5—10 % їх поглинається рослинами. Решта 90—95 % змивається дощами й талими водами, здувається вітрами й потрапляє в річки, озера, ґрунтові води, стаючи шкідливими компонентами екосистем. У результаті сьогодні як природне середовище, так і сільгосппродукти майже повсюдно забруднені сполуками азоту, фосфору, калію, часто — радіоактивними елементами (містяться у фосфорних мінеральних добривах), іноді — важкими металами (міддю, цинком, значні переви-

шення ГДК яких виявили в 5 % сільськогосподарської продукції) та залишками специфічних гербіцидів — симазину, атразину та ін.

Сільськогосподарське виробництво в Україні тепер більш негативно впливає на довкілля, ніж кілька десятиліть тому. Це є наслідком нераціональної організації меліоративних робіт і необґрунтованого, технологічно не регламентованого використання мінеральних добрив та отрутохімікатів, а також безгосподарного їх зберігання й транспортування.

Великої шкоди ґрунтам завдає використання на полях важкої сільгосптехніки. Вона регулярно переушільнює ґрунт, руйнуючи його структуру, знижуючи насиченість повітрям, активність обмінних біохімічних процесів, протиерозійну й протидефляційну стійкість.

Дуже напружена екологічна обстановка склалася навколо великих тваринницьких комплексів (у радіусі кількох кілометрів), де вирощується 30—100 тис. і більше голів худоби: вони щодоби продукують до 2—3 тис. т екскрементів, які в господарстві не встигають переробляти. Внаслідок розкладання й гниття екскрементів виділяються великі маси аміаку, азоту, сірководню, органічних кислот, розвивається патогенна мікрофлора. Стічні води тваринницьких комплексів у радіусі кількох кілометрів забруднюють поверхневі й ґрунтові води, спричинюють загибель риби та інших гідробіонтів. Поблизу цих комплексів складається неблагополучна санітарно-гігієнічна обстановка, спостерігається підвищена концентрація гельмінтів і хвороботворних бактерій. На кілометри від комплексів повітряними потоками розноситься сморід.

№ Комунальні стоки. Дедалі нагальнішою екологічною проблемою міст України, особливо великих і курортних, стає очищення різних комунальних відходів — побутових і промислових — та їх переробка. *Щорічно у водойми України скидається близько 4 млрд м³ забруднених стоків.* Теоретично наявні методи дають можливість очистити стічні води на 95—96 % (хоча й цього недостатньо), але на практиці очищення відбувається в кращому разі на 70—85 %. Очищення стічних вод до санітарних норм у всьому світі (а в нас тим паче) пов'язана зі значними затратами, тому чекати поліпшення стану справ у цій галузі найближчим часом не доводиться. Частково вирішити проблему можна, перейшовши до схеми замкненого водоспоживання на підприємствах. *Найбільшу кількість неочищених стічних вод скидають міста Маріуполь*

(253у 8 млн м³), Дніпропетровськ (188 млн м³), Запоріжжя (65 млн м³), Київ (29 млн м). Загалом усі великі міста України забруднюють водне середовище, хоча й у порівняно менших масштабах. Причини ті самі — застаріле обладнання, а то й відсутність очисних споруд, аварійні скиди (їх буває понад 250 на рік).

Фізичне забруднення. До небезпечних забруднювачів довкілля належать об'єкти, які генерують потужні фізичні поля, — електромагнітні, радіаційні, шумові, ультра- та інфразвукові, теплові, вібраційні (великі радіостанції, теплоцентралі, РЛС, трансформаторні підстанції, ЛЕП, ретрансляційні станції, спеціальні фізичні лабораторії й установки, кібернетичні центри, АЕС та ін.). Концентрація цих об'єктів в Україні також дуже висока, особливо в промислових районах і великих містах.

& Геоаномальні зони. Під час планування розвитку господарства України, її рекреаційних зон необхідно враховувати вплив геоаномальних (геоенергоаномальних) зон як на здоров'я людей і біоти, так і на стійкість фундаментів, схилів, споруд. Геоаномальні зони зазвичай збігаються з геологічними аномаліями — розломами, тріщинами в земній корі, ділянками великої концентрації тектонічних напружень, високого теплового потоку з надр Землі, карстом, підземними водними потоками, рудними вузлами, родовищами руд металів та ін. Для них характерні гравітаційні, теплові, електромагнітні, геохімічні аномалії, активна міграція різноманітних газів і розчинів у земній корі, підвищена сейсмічна активність.

За своєю формою геоаномальні зони — це смуги, лінії та кільцеві утворення різного діаметра. Найбільші з таких смуг, або лінеаментів, дешифруються на космічних знімках різних ділянок Землі, зокрема й на території України.

Потоки енергії, які надходять із надр Землі, впливають на перебіг біохімічних процесів у живих організмах, контролюють умови існування всіх живих істот, у тому числі й людини. Цей вплив може бути двояким — або негативним, або позитивним. Залежно від цього розрізняють *геопозитивні* (сприятливі) та *геопатогенні* (шкідливі для здоров'я) зони й ділянки. Якщо будинок споруджено на геопатогенній ділянці, його жителі погано себе почуватимуть (знижуються імунітет, працездатність, підвищується ризик захворювань, особливо онкологічних, тощо). Наші предки знали про це й ніколи не будували житла та храмів у таких «згубних» місцях.

У наш час геоаномальні зони відшуковуються, картуються й вивчаються з використанням різних методів, основні з яких — біолокаційний і дистанційний. Біолокаційним методом користуються особливо чутливі люди, так звані біооператори. Основний «робочий інструмент» при

цьому методі — сам біооператор, а індикатором, який указує силу та знак енергополя (геобіополя) тієї чи іншої ділянки Землі, служить спеціальна металева рамочка (раніше використовували лозинку у вигляді букви V, чому, власне, й називали таких спеціалістів лозоходцями).

§ 7>5. Основні наслідки екологічної кризи

Дефіцит води в Україні нині становить близько 4 млрд м³. Практично всі поверхневі, ґрунтові й частково підземні води забруднені промисловими, побутовими, сільськогосподарськими стоками й за якістю не відповідають навіть чинним заниженим санітарним нормам. Щороку у водойми України потрапляє близько 5 млн т солей, 190 млн м³ різних стоків. У водні об'єкти басейну Дніпра при цьому скидається близько 8 км³ стічних вод. Гострий дефіцит якісної питної води відчувається вже не тільки в містах Криму, Донбасу, в Одесі, Львові, Харкові, а й у Києві, Житомирі, Вінниці, Херсоні, Нікополі, Запоріжжі, Дрогобичі, Білій Церкві та інших містах. Якість питних підземних вод також постійно знижується. Найбруднішими річками в Україні вважають Либідь, що протікає через Київ, і Полтву (Львівська область).

У Либіді, в басейні якої розташовано близько 300 підприємств (100 із них скидають узагалі неочищені стоки), концентрація солей у 3 рази вища, ніж у Дніпрі, нітратів — у 900 разів більша за ГДК, міді — в 50 разів, цинку — в 4, а свинцю (поблизу гирла) — 3,5 кг на 1 т води.

У воді Полтви міститься величезна кількість сірководню. Концентрація основних забруднювальних речовин становить: легко-окиснених органічних сполук — 3–22 ГДК, амонійного азоту — 22–35, нітритного азоту — 3–7, нафтопродуктів — 6–13, сполук міді — 9, цинку — 4, мангану — 9 ГДК. В окремі роки концентрації цих речовин були ще вищими.

Серед великих річок України до найзабрудненіших належать Сіверський Донець і Дністер, в які щороку скидається близько 200 млн м³ надзабруднених стоків. Крім того, Дністер опинився на межі висихання через непосильні для нього об'єми водозабору для потреб промисловості та меліорації (його стік зменшився від 6 до 3 млн м³/рік).

Більш як 800 сіл України втратили власні джерела питної води, й тепер вона або завозиться, або подається здалеку трубопроводами. Особливо нагально ця проблема відчувається в Донбасі, Криворіжжі, на Дніпропетровщині.

III Виснаження земельних ресурсів. *Україна щороку втрачає близько 100 тис. га родючих ґрунтів. Кількість гумусу в ґрунтах порівняно з кінцем XIX ст. знизилася в разів і щорічно зменшується ще на 18 млн т. Ріллі в Україні займають більш як 90 % площі степів і лісостепів, але вони вже надто виснажені, забруднені мінеральними добривами й пестицидами. Українські чорноземи раніше становили близько 50 % їх світового банку. Тепер через надмірну експлуатацію та забруднення виведено з обороту майже 60 % наших чорноземів.*

Землеробству загрожує й ерозія ґрунтів: площинна (поверхневий змив) і яружна (лінійний розмив). Сьогодні ерозія значно посилюється через антропогенний фактор — поздовжня оранка схилів, застосування важкої колісної техніки. Найбільше від ерозії потерпають лісостепова й степова зони. *Понад 4 млн га орних земель зазнає дефляції — вітрової ерозії.* Пилі бурі, що за останні 100 років виникали в лісостеповій зоні України 23 рази, а протягом останніх 40 років — 16 разів, забрали мільйони тонн родючих земель у Луганській, Донецькій, Запорізькій, Дніпропетровській, Херсонській областях і в Криму. В 1960 р. пилі бурі охопили весь південь України, де уражено близько 5 млн га ґрунтів. При цьому в Криму, Запорізькій і Херсонській областях на площі близько 5 тис. га були цілковито знищені посіви.

Через перехімізацію сільського господарства, що призвела до нагромадження в ґрунтах України, продуктах харчування й воді хімічних речовин, шкідливих для здоров'я людей і біоти, зменшуються й рекреаційні ресурси: зони відпочинку та курорти почали втрачати свої рекреаційні та оздоровчі властивості. Це особливо гостро відчувається в південних районах — Приазов'ї, Одеській області, Криму, де зосереджено близько 30 % усього курортно-рекреаційного фонду нашої країни.

III Активізація екзогенних геологічних процесів. Останнім часом в Україні активізувалися екзогенні геологічні процеси — зсуви, селі, змиви, ерозія поверхні, карстоутворення, яругоутворення, засолення ґрунтів, суфозія, спровоковані людською діяльністю

(будівництво різноманітних об'єктів, шляхів, видобуток корисних копалин, підтоплення території). На окремих ділянках (високі береги водосховищ на Дніпрі, узбережжя Чорного моря в Одеській області, Південний берег Криму) ці процеси прискорилися більш як у 2—3 рази.

На 60 % території України почали розвиватися процеси карстоутворення, в тому числі в половині випадків проявився відкритий карст (провалля, вирви), особливо в Криму, на Поділлі, в Миколаївській області, де поблизу поверхні залягають вапняки. На 50 % освоєних площ схилів розвиваються зсуви (Крим, Закарпаття, Прикарпаття, Одеська, Харківська області).

У зонах активної діяльності людини спеціалістами зафіксовано вже 13,8 тис. ділянок зсувів і 2,5 тис. карстово-суфозійних об'єктів. У Криму, Карпатах, на Закарпатті та в Прикарпатті на 70 % гірських водозборів і схилів розвинулися селеві процеси. В районах поширення лесових порід (65 % площі України) відбувається просідання поверхні через підтоплення ґрунтів (на 42 % площі під лесами), 18 % території України потерпає від яружної ерозії (Хмельницька, Вінницька, Чернівецька, Одеська, Київська, Черкаська, Кіровоградська області, Крим).

На Поліссі спостерігаються процеси підтоплення, а на півдні України на 10—11 % площ сільськогосподарських угідь — засолення внаслідок неправильного зрошування. Людська діяльність уздовж Чорноморського та Азовського узбереж повсюдно супроводжується активізацією морської абразії берегів.

Майже на 70 % території України значно знизилася сейсмостійкість ґрунтів і порід, особливо на півдні, в Донбасі, Прикарпатті, що спричинилося появою тисяч свердловин, шахт, кар'єрів. Несприятлива інженерно-сейсмічна обстановка склалася й у районі Чорнобильської АЕС, де через комплекс природних і техногенних факторів зниження сейсмостійкості максимальне. Це саме характерне й для району Рівненської АЕС, де спостерігаються процеси карстоутворення й підтоплення. Техногенні фактори в межах зон впливу цих АЕС можуть підсилити землетрус на 1 — 1,5 бала, тобто довести його силу до 5—7 балів.

III Зниження біорізноманітності й біопродуктивності. За останні 100 років людська діяльність завдала величезної шкоди тваринному й рослинному світові України. Тільки в передвоєнні роки на Донеччині й у Криму зникло більш як 40 видів рослин, у Карпа-

тах — 20. До Червоної книги України занесено близько 700 видів тварин і рослин, яким загрожує вимирання чи знищення.

Україна підписала Конвенцію про біорізноманітність (Ріо-де-Жанейро, 1992). Виконанню вимог цієї Конвенції має сприяти Закон України про охорону навколишнього природного середовища (1991). Для збереження біорізноманітності дуже важливі прийняття законів про охорону тваринного й рослинного світу, а також робота комісії з Червоної книги України.

Охорона окремих видів рослин і тварин — найважливіша складова охорони довкілля. Важко відділити охорону рослин і тварин, чи, в широкому розумінні, генофонду природної флори й фауни від проблем охорони природи загалом.

При Міністерстві екології і природних ресурсів України постійно діє комісія з Червоної книги, яка на підставі пропозицій учених вносить у неї доповнення та зміни. Верховна Рада України розробила й затвердила Положення про Червону книгу України.

Дані, наведені в Червоній книзі, уточнюються в процесі так званих кадастрових робіт, тобто цілеспрямованих досліджень поширення й чисельності окремих видів рослин і тварин. Зазначене Міністерство розробляє наукові засади охорони й відтворення рідкісних видів рослин і тих, що зникають, а також створює комп'ютерну базу даних про види рослин і тварин, занесені до Червоної книги України.

Загальні збитки України через недобір біомаси внаслідок скорочення сільгоспугідь, зниження врожайності, вирубування лісів та їх загибелі від кислотних дощів, пожеж, радіації були дуже великими. Щорічно в Україні використовується приблизно 40 млн м³ деревини (у вигляді кругляка), близько 70 % якої наша країна змушена тепер імпортувати. В результаті надмірного забруднення водою запаси риби в більшості річок України скоротилися в десятки разів. Істотно зменшилися поголів'я великої рогатої худоби, практично зникло конярство. Через різке погіршення екологічного стану акваторії в Чорному морі за останні 100 років стадо дельфінів зменшилося від 1 млн до 80—90 тис. особин.

11 Демографічна криза й зростання захворюваності населення. Нині в Україні швидко розвивається демографічна криза. У 1991 р. розпочався процес, безпрецедентний для мирного часу: смертність стала переважати над народжуваністю. Смертність дітей у нас — одна з найвищих у світі; 12—13 % шлюбів — бездітні.

За даними Міністерства охорони здоров'я України, в нашій країні простежується поступове зростання рівня поширення захворювань. *За період з 1980 р. здоров'я нації погіршилося більш як на 30 %.*

Збільшується кількість випадків захворювань шкіри, системи кровообігу, органів травлення. Наприклад, тільки за період з 1980 по 1992 р. захворюваність на стенокардію зросла майже в 9 разів, на інфаркт міокарда — в 2,5 рази, на виразку шлунка й дванадцятипалої кишки — в 2 рази. Як правило, ці захворювання пов'язані з психічними стресами та умовами середовища. Простежується тривожна тенденція почастищення випадків захворювань на туберкульоз, хронічні бронхіти й бронхіальну астму. Суттєво ускладнилась епідеміологічна ситуація — досить згадати закриті влітку численні морські курорти.

Медико-генетичними дослідженнями встановлено, що через тривале забруднення довкілля в популяції зростає кількість спадкових генетичних аномалій. Відомо, що коли ця кількість досягає 30 %, то, згідно з біологічними законами, нація починає зникати. А в Донецько-Придніпровському регіоні цей показник уже становить 19—24 %.

Коли забруднення атмосфери в 1,2—1,5 рази перевищує санітарно-гігієнічні норми, починаються захворювання імунної системи. Сьогодні в Україні налічується близько 1700 небезпечних джерел забруднення атмосфери, з них 1000 — особливо небезпечні хімічні підприємства. *Через зазначені вище причини тривалість життя в Україні знизилася й у середньому становить: у чоловіків — до 60 років, у жінок — 75 років. Лише 5—8 % випускників шкіл сьогодні вважаються практично здоровими.*

Поступово знижується народжуваність. Якщо в 60—70-х роках ХХ ст. вона становила 14—16 дітей на 1000 чоловік населення, то сьогодні — менш як 10. За результатами опитувань, близько третини молодих сімей не бажають мати дітей через страх перед несприятливими генетичними наслідками, пов'язаними з радіоактивним забрудненням після аварії на ЧАЕС.

Аналіз смертності показує, що головні її причини — захворювання системи кровообігу (25—30 % випадків), злоякісні пухлини (20—30 %), отруєння, травми та нещасні випадки (23—34 %).

Навіть ці факти свідчать про критичний стан здоров'я населення України, про загрозу існуванню всієї нації. Ця ситуація зумовлена цілим комплексом факторів, і, як свідчать дані про

Розділ II Екологічні проблеми України

рівень популяційного здоров'я, екологічні проблеми посідають серед них аж ніяк не останнє місце.

Контрольні запитання й завдань

1. Які основні особливості географічного положення й клімату України?
2. Які несприятливі екологічні фактори пов'язані з геологічними особливостями України?
3. Що ви знаєте про водні ресурси України?
4. Дайте коротку характеристику ґрунтових ресурсів України.
5. На які корисні копалини багата наша держава?
6. Схарактеризуйте рослинний і тваринний світ України.
7. Які традиції природокористування має український народ?
8. Наведіть приклади нерационального природокористування в Україні.
9. Схарактеризуйте природокористування в Україні в ХХ ст.
10. Які основні причини розвитку екологічної кризи в Україні?
11. В яких регіонах України склалася найбільш напружена екологічна ситуація?
12. Назвіть основні джерела забруднення довкілля в різних географічних регіонах України.
13. Якої шкоди довкіллю завдають основні його забруднювачі?
14. Розмістіть за спадною (з погляду негативного впливу на довкілля) такі джерела забруднення: легка промисловість, водний транспорт, сільське господарство, автотранспорт, енергетика, металургійна, цементна промисловість, машинобудування, військова діяльність.
15. Назвіть найнебезпечніші, на вашу думку, наслідки екологічної кризи, що вразила Україну.
16. В якому стані перебувають водні та земельні ресурси України?
17. Де в Україні найсильніше розвинуті екзогенні геологічні процеси?
18. Яка середня тривалість життя населення України й чим це зумовлене?
19. Як пов'язані між собою криза здоров'я, демографічна криза в Україні та криза людського духу?
20. Чи справедливе твердження про те, що здоров'я нації залежить насамперед від дій уряду? Відповідь обґрунтуйте.
21. На 50 % захворюваність визначається способом життя кожної конкретної людини. Проаналізуйте ваш особистий спосіб життя (скільки разів протягом тижня ви порушували режим харчування, які у вас є шкідливі звички, скільки годин на добу ви приділяєте фізичному навантаженню, скільки стресів було у вас протягом тижня) й порівняйте ці показники з середньою кількістю днів, коли у вас був поганий настрій, нездужання. Зіставте ваші показники з показниками інших студентів вашої групи й спробуйте розробити систему поліпшення вашого способу життя.



8

ГЛАВА

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ОКРЕМИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

Моя прекрасна
батьківщино,
Така багата
і блискуча!
Хто тебе тільки
не мучив!

Т. Г. Шевченко

^Злі^ Загальна характеристика

Як уже зазначалося, 1991 р. всю територію України було оголошено зоною екологічного лиха. За два роки до цього спеціалісти-географи Академії наук України вперше розробили й склали карту стану довкілля за окремими компонентами природи. Ця карта підтверджує той факт, що, справді, *вся територія нашої країни, за винятком невеликих окремих районів Карпат, Центрального Полісся, Полтавщини та східної Вінниччини, характеризується як забруднена й дуже забруднена, а 15 % території належить до категорії «надзвичайно забруднені регіони з підвищеним ризиком для здоров'я людей і райони екологічної катастрофи».* В ці 15 % *входить 30-кілометрова зона навколо Чорнобильської АЕС, південь Херсонської області, зона, окреслена лінією Дніпропетровськ—Кіровоград—Кривий Ріг—Нікополь—Запоріжжя, а також район Донбасу.*

У 1995—2002 рр. фахівцями було підготовлено комплекс екологічних карт України, на яких представлено інформацію про сучасний стан забруднення атмосфери, гідросфери й літосфери, а також показано демографічну ситуацію, пов'язану зі станом довкілля. Здійснено еколого-економічне зонування території з

урахуванням техногенного навантаження на довкілля (рис. 8.1), стійкості природного середовища (рис. 8.2) і його екологічного потенціалу (рис. 8.3) за регіонами України.

Як впливає з цих карт, до показника техногенного навантаження на природне середовище T входять: соціально-економічна освоєність територій (показники, що характеризують промисловість, сільське господарство, будівництво, транспорт і рекреаційне навантаження); забрудненість довкілля (радіаційне й хімічне забруднення атмосферного повітря, природних вод і ґрунтів).

До потенціалу стійкості природного середовища C належать метеорологічний потенціал атмосфери, потенціали стійкості природних вод, ґрунтів і біотичний потенціал.

Екологічний потенціал територій E обчислено за формулою

де T — техногенне навантаження на природне середовище; C — потенціал стійкості природного середовища до техногенного навантаження; H — ступінь ураженості територій несприятливими природно-антропогенними процесами (зсуви, ерозія, заболочення, суфозія лесових порід, дефляція, карст, селі, засолення, підтоплення тощо).

Еколого-економічний потенціал територій K характеризує ступінь екологічної рівноваги в інтегрованій геосистемі «супільство—природа» та її здатність виконувати антропологічну й виробничу функції. Його обчислюють за формулою

$$K = E + L,$$

де L — природно-ресурсний потенціал (мінеральні, водні, земельні, лісові, фауністичні, природно-рекреаційні ресурси).

Вирішення проблеми поліпшення екологічного стану території України слід розпочинати насамперед із тих регіонів, у яких ситуація напруженіша й які мають найбільше соціально-екологічне значення для нашої країни. Такими регіонами визнано Донецько-Придніпровський, Поліський, Карпатський та Азово-Чорноморський із річкою Дніпро. В усіх цих регіонах наявний цілий комплекс екологічних проблем (табл. 8.1), проте кожний із них має ще й свою власну головну проблему. В Азово-Чорноморському регіоні — це забруднення вод, у Донецько-Придніпровському — техногенне забруднення атмосфери та ґрунту, на

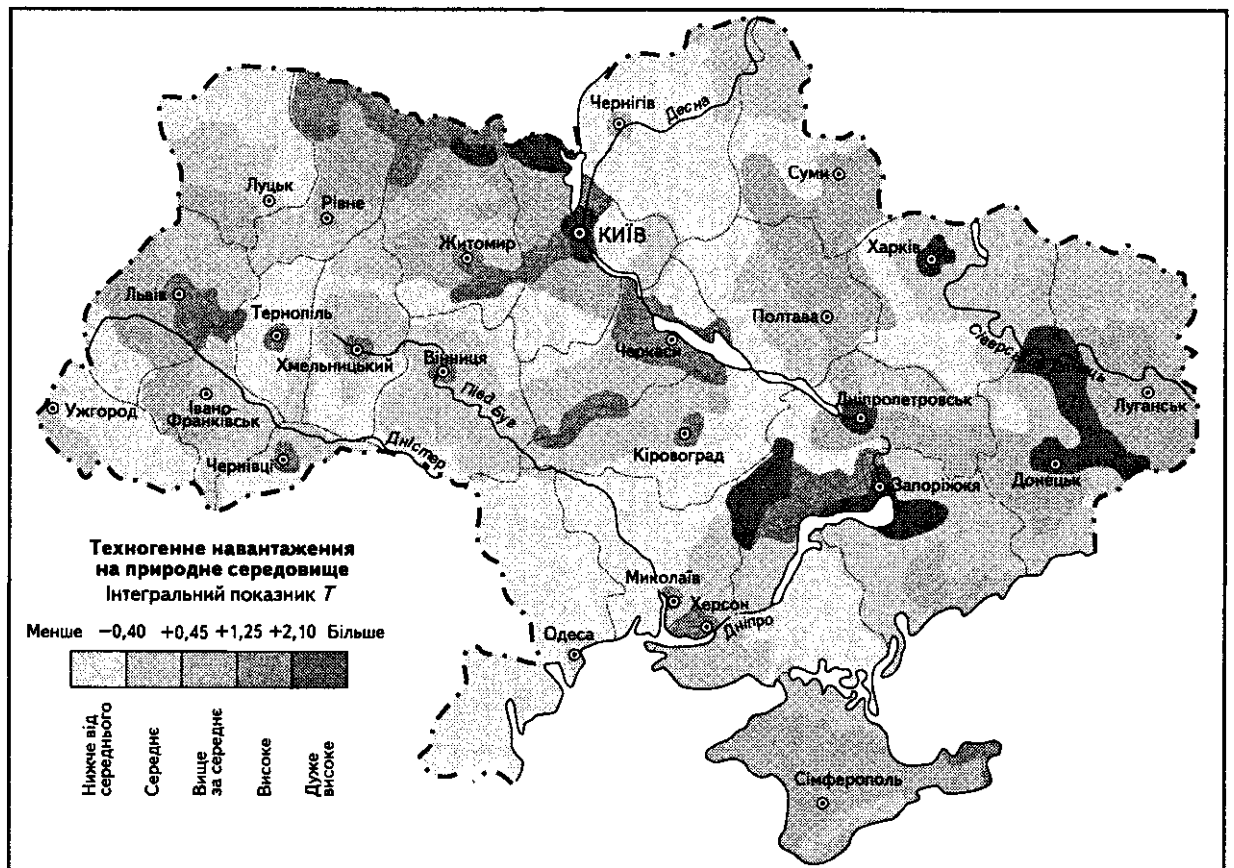


Рис. 8.1

Техногенне навантаження на природне середовище (за В. А. Барановським, 2002)

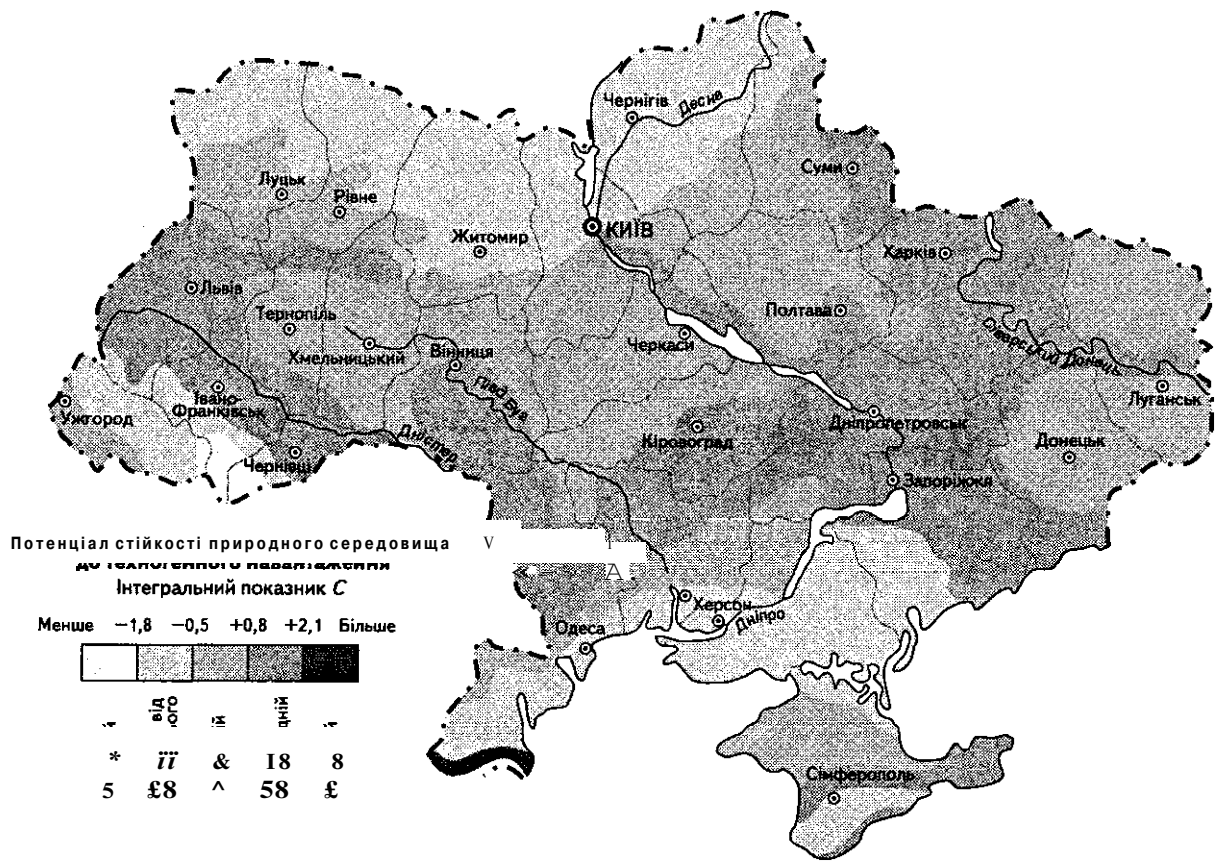


Рис. 8.2

СТІЙКІСТЬ природного середовища до техногенного навантаження (за В. А. Барановським, 2002)

Зона відчуження

« 3

А Т о * І
Б
Ю

Природно-господарський регіон	Забрудненість атмосфери викидами шкідливих речовин, т/га	Забрудненість водних об'єктів скидами стічних вод, м ³ /га	Забрудненість ґрунтів, кг/га		Розораність земель, %	Порушеність земель, %	Інтегральний показник
			мінеральними добривами	пестицидами			
Західне Полісся	2,0	2,0	5,2	5,2	4,68		4,68
Українські Карпати	9,0	9,0	7,3	7,3	5,21		5,21
Поділля	2,9	2,9	5,3	5,3	4,14		4,14
Київське Придніпров'я	5,4	5,4	4,5	4,5	4,13		4,13
Лівобережне Придніпров'я	8,2	8,2	3,5	3,5	12,12		12,12
Промислове Придніпров'я	104,6	104,6	3,7	3,7	8,73		8,73
Донбас	24,4	24,4	4,6	4,6	4,25		4,25
Причорномор'я	17,6	17,6	16,9	16,9	6,38		6,38
Крим	8,8	8,8					

Поліссі — наслідки меліорації й осушування боліт, а також чорнобильської катастрофи, в Українських Карпатах — винищення й деградація лісів і полонин.

Особливу проблему для України становлять тверді побутові відходи (табл. 8.2). Їх кількість зростає з кожним роком, а застосовувані методи знезараження й утилізації не досконалі порівняно з тими, що використовуються в інших розвинених країнах.

Таблиця 8.2

Утворення твердих побутових відходів (ТПВ) в областях України (2000)

Область	Загальна кількість вивезеного сміття, тис. м ³	Кількість звалищ і полігонів ТПВ	Загальна площа звалищ і полігонів ТПВ, га	Середня вартість вивезення 1 м ³ сміття, грн.	Кошти, спрямовані на підвищення екологічної безпеки сміттєзвалищ, тис. грн.
АР Крим	2 000	27	211,4	5,00	457
Вінницька	352	35	97,7	6,40	60
Волинська	105	24	80,5	4,64	146
Дніпропетровська	2 818	33	176,5	14,20	435
Донецька	2 750	62	260,0	5,80	490
Житомирська	485	24	101,7	2,62	82
Закарпатська	403	18	45,1	5,90	—
Запорізька	1555	27	210,0	3,29	228
Івано-Франківська	428	29	60,6	14,00	518
Київська	1100	28	134,4	4,70	283
Кіровоградська	326	20	64,1	4,00	2 500
Луганська	1290	45	157,3	3,85	411
Львівська	1610	48	135,1	4,60	—
Миколаївська	523	20	110,0	10,20	31
Одеська	3 400	39	275,7	4,65	—
Полтавська	986	32	118,5	4,60	295
Рівненська	510	23	134,6	9,10	7 900
Сумська	483	22	55,9	5,75	—
Тернопільська	495	24	83,4	5,60	263
Харківська	1405	32	102,0	10,00	43

Закінчення табл. 8.2

Область	Загальна кількість вивезеного сміття, тис. м ³	Кількість звалищ і полігонів ТПВ	Загальна площа звалищ і полігонів ТПВ, га	Середня вартість вивезення 1 м ³ сміття, грн.	Кошти, спрямовані на підвищення екологічної безпеки сміттєзвалищ, тис. грн.
Херсонська	320	22	66,0	6,80	275
Хмельницька	860	32	77,0	12,00	—
Черкаська	807	21	105,2	4,49	1324
Чернівецька	447	11	67,0	6,59	2 000
Чернігівська	520	26	129,0	3,90	49
м. Київ	3 414	2	52,6	15,60	5 079
м. Севастополь	389	1	4,0	4,60	—
Всього по Україні	29781	727	3115,3	6,77	22869

§ 8, 2 ^ Екологічні проблеми найбільших річок, Чорного й Азовського морів

Дніпро та Дністер — головні водні артерії нашої країни, в басейнах яких проживає майже 80 % населення.

У минулому *Дніпро* — одна з найбільших річок Європи — був чистоводним, зі стабільною екосистемою, яка нормально функціонувала тисячоліттями, поїла й годувала мільйони людей.

Серед інших же річок Борисфен (Дніпро) найприбутковіший: він має найпрекрасніші та найрозкішніші пасовиська для худоби, чудову рибу у великій кількості, вода на смак дуже приємна, чиста...

**Геродот,
давньогрецький
історик (V ст. до н. е.)**

Сьогодні через грубі порушення людиною всіх правил і принципів раціонального природокористування екосистеми Дніпра деградують, зламані вертикальні та горизонтальні зв'язки біоти й абіотичного оточення. Основні причини кризової ситуації, що склалася:

- будівництво на Дніпрі каскаду водосховищ, які докорінно змінили динаміку стоку;
- великомасштабна меліорація;
- спорудження численних промислових комплексів у басейні річки;
- величезні об'єми водозабору для потреб промисловості та зрошення;
- дуже сильне забруднення.

Із цих самих причин деградує екосистема Дністра, де також вимерли цінні види риби, на дні акумулюється величезна кількість теригенних відкладень, важких металів, радіонуклідів, гумусних речовин, розвивається ерозія берегів.

Із Дніпра для потреб промисловості й сільського господарства щороку забирається близько 15 млрд м² води, а в атмосферу над басейном річки викидається майже 10 млн т газопилових забруднень. Щороку в Дніпро та його водосховища з дощовими й талими водами потрапляє близько 500 тис. т азотних сполук, 40 тис. т фосфорних, 20 тис. т калійних, 1 тис. т заліза, 40 т нікелю, 2 т цинку, 1 т міді, 0,5 т хрому. В басейні Славутича працює сім атомних електростанцій!

Серед усіх водосховищ Дніпровського каскаду найбільше біогенне забруднення внаслідок «цвітіння» води останнім часом реєструється в Київському й Кременчуцькому водосховищах, найменше — в Дніпропетровському. Дніпровська вода перед подачею споживачеві потребує додаткового очищення: фільтрації, коагуляції, дезінфекції.

Річковий режим Дніпра штучно трансформовано в озерний, водообмін різко сповільнився, утворилися зони застою, прискорилися темпи евтрофікації. Водосховища істотно погіршили стан прилеглих територій: підвищився рівень ґрунтових вод навіть на чималих відстанях від берегів, посилюється засолення ґрунтів і зменшився вміст у них гумусу, майже в 10 разів збільшився об'єм підземного стоку й разом із цим — рівень забруднення підземних вод, особливо в нижній частині басейну; змінився водно-сольовий режим у зонах іригації, посилюється ерозія берегової зони.

У донних відкладах Дніпра постійно збільшується концентрація радіонуклідів, особливо в Київському водосховищі. У водах і мулах Дніпродзержинського та Дніпропетровського водосховищ

Розділ II Екологічні проблеми України

стрімко зростає концентрація заліза, ціанідів, хлоридів, хрому, міді, кобальту, свинцю, цинку, кадмію, фенолів, нафтопродуктів.

Збитки від затоплених дніпровських заплав, за підрахунками, становлять близько 18 млрд доларів щорічно, тоді як прибуток від усіх шести ТЕС Дніпровського каскаду — лише 25–28 млн доларів на рік. Не тільки загинули продуктивні заплавні біоценози — Дніпро значною мірою втратив і здатність до самоочищення.

*Треба сильно напружити увагу, щоб пояснити факт спорудження на Дніпрі такої великої кількості гідроелектростанцій...
...Якщо врахувати ціну землі, залитої водою, вартість знищених господарств, то матимемо феномен бездумності в спорудженні Каховського гідровузла. Збитки від його існування сягають мільярдів доларів за кожні десять років.*

І. Р. Юхновський

Красуня *Десна* також потребує термінової й серйозної допомоги, її в минулому чисті, цілющі води сьогодні не відповідають навіть третій категорії якості, й ситуація дедалі погіршується. До основних забруднювачів Десни належать Шосткинський хімкомбінат, а також підприємства Чернігова й Сум, Смоленська та Курська атомні електростанції.

Врятування Дніпра можливе лише за умови прийняття й реалізації комплексної програми національного рівня, обов'язковою складовою якої має бути система заходів для екологічного оздоровлення й відновлення малих річок, а також співробітництво з Росією й Білоруссю в цих питаннях.

Такі самі негативні явища характерні й для *Дністра*. Величезної шкоди його басейнові завдають забруднені пестицидами й нітратами стоки з полів, викиди промислових концернів «Хлорвініл» (Калуш), «Укрцемент» (Кам'янець-Подільський), «Укрнафтохім» (Надвірна), Бурштинської ГРЕС та ін.

Необхідно якнайшвидше розробити концепцію розвитку водного господарства України на наступне десятиріччя, провести водогосподарське екологічне районування басейнів річок.

Чорне й Азовське моря — найвіддаленіші від Світового океану. Площа їхнього водозбірного басейну набагато перевищує площу самих морів. Цим зумовлена надзвичайна чутливість їх до впливу людської діяльності. Протягом останніх десятиліть відбувались евтрофікаційні процеси, забруднення морського шельфу токсичними речовинами, абразія берегів, зменшення біологічної різноманітності й рибних запасів, значні втрати рекреаційних ресурсів.

Гостра екологічна криза охопила *Азовське море*. Це, без перебільшення, зона екологічної катастрофи. Ще 40—50 років тому в ньому виловлювали риби в 35 разів більше, ніж у Чорному морі, й у 12 разів більше, ніж у Балтійському. В цьому морі водилося 114 видів риби, й загальний вилов іноді перевищував 300 тис. т. Значну частину влову становили цінні осетрові породи. *Сьогодні влови знизилися в середньому в 6 разів, а виловлювана риба часом містить стільки хімікатів, що споживати її небезпечно для здоров'я.*

В Азовському морі стався також беззвучний біологічний вибух. Десятиліття тому з експериментальних кошів у море вийшла далекохідна риба пеленгас і швидко розселилася на всій акваторії Азова. Будучи конкурентно сильнішим, пеленгас витісняє чимало аборигенних видів азовської іхтіофауни й уже став одним із основних промислових видів цього моря.

Води Азова здавна славилися цілющими властивостями. Нині ж у результаті антропогенного забруднення ці властивості втрачені. Так, іще в 1987 р. концентрація пестицидів збільшилася в 20 разів. *Сьогодні в донних відкладах моря вміст отрутохімікатів і важких металів у багато разів перевищує норму.*

У 70-х роках у Таганрозькій затоці було зареєстровано перші великі спалахи токсичного «цвітіння» води синьозеленими водоростями. У 80-х роках вони стали регулярними. В 1997 р. «цвітіння» спостерігалось вже на відкритих акваторіях моря й охоплювало не тільки його східну, найзабрудненішу частину, а й західну.

Різко погіршилася санітарно-епідеміологічна ситуація на узбережжі Азова. Щороку великі курортні зони періодично оголошуються закритими через невідповідність санітарно-гігієнічним нормам, спалахи особливо небезпечних інфекційних захворювань, наприклад холери.

Головні причини екологічної кризи Азова:

- хіжацький вилов риби підприємствами Мінрибгоспу колишнього СРСР, розпочатий у 50-х роках способом потужного океанічного лову за допомогою величезних тралів, кошів, механічних драг, замість традиційних невеликих сіток, спеціальних снастей, невеликих баркасів, розрахованих на глибини моря 5-8 м;
- будівництво гребель і водосховищ на основних річках, що живлять море, — Дону та Кубані, й перетворення цих водосховищ на гігантські промислові відстійники;

- впровадження в басейнах стоку в море зрошувального землеробства та інтенсивних технологій вирощування рису замість вирощування традиційних культур, що призвело до перехімізації та засолення ґрунтів, забруднення вод, істотного скорочення стоку річок Дону й Кубані;
- неконтрольоване, лавиноподібне змивання пестицидів із полів сільгоспугідь і винесення їх у море водами Дону й Кубані;
- збільшення кількості неочищених викидів підприємствами хімічної та металургійної промисловості в містах Маріуполь, Ростов-на-Дону, Таганрог, Камиш-Бурун (лише один Маріуполь «постачає» Азовському басейнові 800 тис. т токсичних речовин щорічно);
- інтенсивне будівництво на узбережжі й морських косах численних пансіонатів і баз відпочинку й, як наслідок, — скидання в море побутових відходів і каналізаційних стоків.

Екологічна ситуація в басейні *Чорного моря* дещо краща, чому сприяють його розміри та глибина. Проте в Чорне море впадають Дніпро, Південний Буг, Дністер, Дунай, які щорічно приносять мільйони кубометрів стоків, що містять токсиканти десятків найменувань. У воді й донних відкладах значно підвищилася концентрація радіонуклідів. Шельф забруднюють побутові й каналізаційні стоки, супровідні індустрії туризму. Через це останнім часом десятки разів закривалися пляжі Ялти, Феодосії, Євпаторії, Алушти, Одеси. В південно-західній частині Чорного моря у зв'язку з розробкою підводних нафтогазових родовищ почалось інтенсивне забруднення води нафтопродуктами. В цьому ж регіоні дедалі частіше виникають зони замору. Величезну небезпеку становлять потужні припортові заводи та Південний порт поблизу Одеси. Тут, зокрема, виготовляються й концентруються величезні об'єми рідкого аміаку, експлуатується потужний аміакопровід Одеса—Тольятті. Ця вкрай шкідлива речовина перевозиться танкерами місткістю 50—120 тис. т. Навіть одна аварія на заводі, в порту чи на такому танкері може мати дуже тяжкі екологічні та економічні наслідки.

Через порушення регіонального гідродинамічного, гідрохімічного й теплового балансів водних мас моря поступово підвищується межа насичених сірководнем глибинних вод. Якщо раніше вона проходила на глибині 150—200 м, то тепер піднялася до 80-110 м.



Унаслідок забруднення води й перевилову значно змінився склад іхтіофауни Чорного моря. Протягом останніх років спостерігається загальний спад вилову риби, причому найбільше це стосується цінних видів — скумбрії, пеламіди, лосося, бичка, кефалі, натомість на перше місце виходять малоцінні види — шпрот і хамса. До Червоної книги України занесено чотири види чорноморських осетрових: білугу, шипа, стерлядь і атлантичного осетра.

Через катастрофічне зменшення кількості червоної водорості філофори її добування заборонено. Це саме стосується й молюсків, зокрема мідій.

Кризова ситуація розвивається в чорноморських лиманах — Дніпровсько-Бузькому, Дністровському, в Каламітській і Каркінітській затоках, а в лимані-озері Сасик вона оцінюється як катастрофічна. В лиманах спостерігаються токсичні «цвітіння» синьо-зеленими водоростями, а з початку 80-х років як у лиманах, так і на відкритих акваторіях моря з'явилися «цвітіння», подібні до сумнозвісних «червоних припливів». У всьому світі саме це «цвітіння» вважається найшкідливішим, бо водорості, що його спричиняють, здатні виділяти у воду сакситоксин — смертельну отруту кураре.

§8.3. Донецько-Придніпровський регіон

Донецько-Придніпровський регіон займає близько 19 % території України. Тут проживає 28 % населення країни, розташовано майже 5 тис. підприємств, серед яких — гіганти металургії, хімії, енергетики, машинобудування, гірничої, вугільної та інших галузей промисловості. Це район інтенсивного сільського господарства. Територія орних земель становить 70,4 %, причому майже три чверті ґрунтів деградує. Ґрунти надмірно забруднені не тільки пестицидами та мінеральними добривами, а й важкими металами, особливо поблизу міст у радіусі 20—25 км.

Підприємства цього регіону викидають в атмосферу більш як 70 % загального в Україні обсягу викидів оксидів вуглецю та азоту, сірчистого ангідриду, вуглеводнів. Протягом тривалого часу не вирішується проблема утилізації промислових відходів, яких

у регіоні нагромадилося понад 10 млрд т. Обладнання на заводах і фабриках майже сповна виробило свій ресурс, основні фонди підприємств зношені в середньому на 70 %. Унаслідок цього частішають аварії, що завдають шкоди довкіллю, нерідко — надто відчутної. На більшості підприємств або немає очисних споруд, або вони не діють; нові ресурсозберігаючі технології не впроваджуються за браком коштів.

Найзабрудненішими містами протягом останніх років залишаються Донецьк, Макіївка, Горлівка, Дніпропетровськ, Єнакієве, Кривий Ріг, Алчевськ, Дзержинськ (Донецька область), Краматорськ, Луганськ, Запоріжжя, Маріуполь.

Стан природного середовища регіону можна без перебільшення назвати кризовим. Тому необхідні здійснення комплексу природоохоронних, рекреаційних і рекультиваційних заходів, модернізація промисловості, переорієнтація на ресурсо- та енергозберігаючі технології. Слід негайно розпочати утилізацію відходів.

§ В А * ^ Українське Полісся

Перед Другою світовою війною Українське Полісся було одним із найблагополучніших регіонів Європи, славалося чистими, сповненими життям лісами, річками, прекрасними озерами, грибами, рибою, дичиною, унікальними представниками рослинного й тваринного світу. *Сьогодні ПОЛІСНЯ — регіон із найзагрозливішою екологічною ситуацією в Україні та Європі.* Інтенсивне вирубування лісів, необґрунтовані обсяги осушення боліт і видобутку торфу, забруднення хімічними препаратами сільгоспугідь, промислові забруднення, негативні наслідки розробки гранітних кар'єрів і, насамкінець, жорстокий ядерний удар чорнобильської аварії призвели до критичного екологічного стану. В дуже напруженому екологічному стані перебуває Київське водосховище, донні відклади якого й біота забруднені радіонуклідами. Тому нагально необхідні природоохоронні заходи та зміни регіональної екополітики.

На Поліссі переважає сільськогосподарський напрям, хоч окремі райони, де видобуваються корисні копалини — граніт, пісок, нафта, газ, торф, потерпають від негативного впливу гірни-

чодобувної промисловості. Особливої шкоди завдають сотні кар'єрів, під час розробки яких відходять ґрунтові води, відчужуються великі площі ґрунтів, відбувається забруднення довкілля нафтопродуктами й газопиловими викидами (вибухові роботи).

Величезним лихом для Полісся стали науково не обґрунтовані меліорації, осушення боліт, що відігравали важливу роль регуляторів річкового стоку на значних територіях. Інтенсивне осушення на Поліссі розпочалося з 1966 р. Спочатку за рахунок знижених боліт площа сільгоспугідь збільшилася на 1,6 млн га. Та вже до 1992 р. позитивний економічний ефект змінився на негативний — у тяжкому стані опинилися не тільки території осушених боліт, а й сільгоспугіддя в цілому: 24,4 % їхніх площ втрачають родючість через дефляцію (вітрову ерозію), 47,1 % — через підкиснення, 17,7 % — через водну ерозію.

Рівень ґрунтових вод понизився в середньому на 1,8—1,0 м. Близько 50 % малих річок стали жертвами необоротних змін режиму стоку, в багатьох річках істотно зменшилася кількість риби та інших гідробіонтів.

Порушились умови відтворення представників дикої флори та фауни, різко зменшилися площі боліт, багатство болотних видів рослин і тварин, триває винищення лісів.

Жахливого за своїми наслідками удару екосистемам Полісся завдала чорнобильська катастрофа.

Останнім часом Західному Поліссю, зокрема перлині України — Шацькому національному паркові, почала загрожувати нова небезпека. В Білорусі, за 15 км на північ від парку, споруджується величезний Малоритський комбінат будівельних матеріалів. Один із його об'єктів — кар'єр завглибшки 35 м — спричинить загибель низки прекрасних озер цього краю, серед них — найбільшого в Україні озера Світязь (глибина до 60 м) і завдасть непоправної шкоди національному паркові.

Українське Полісся також потребує уваги, вироблення програми екологічного оздоровлення та відновлення. Адже Полісся й Карпати — «легені» України.

Українські Карпати

Карпати — не тільки один із наймальовничіших куточків України. Це також один із найзначніших східноєвропейських оздоровчо-рекреаційних об'єктів, зона цінних лісових масивів, які очищують повітряний басейн над величезною частиною Східної Європи, — її «легені».

У Карпатах зосереджена третина лісових запасів України, лісистість цієї території одна з найвищих у країні — 53,5 %. Тут росте 2110 видів квіткових рослин (50 % генофонду судинних рослин України), багато цінних видів дерев і лікарських рослин.

Та протягом останніх десятиліть Карпати зазнають дедалі більших втрат унаслідок діяльності людини. Карпатські ліси опинилися перед загрозою зникнення не тільки через лісорозробки та надмірний випас худоби на більшості полонин, а й від хімічного забруднення, кислотних дощів, які йдуть і зі сходу, й із заходу, від діяльності великих промислових центрів у містах Калуш, Стебник, Надвірна, Новий Роздол, Дрогобич, Бурштин, об'єктів Чехії, Словаччини, Польщі, Румунії.

Збереження біорізноманітності Карпат — нагальна проблема. Структурні зміни в економіці регіону мають передбачити посилення рекреаційного значення Українських Карпат для населення не тільки нашої країни, а й Центральної та Східної Європи, зменшення техногенного навантаження. Надзвичайно важливе при цьому міжнародне співробітництво всіх країн Карпатського регіону.

Вельми перспективним є розвиток туризму в Карпатах, але туризму цивілізованого, з урахуванням екологічної стійкості рекреаційних зон і заповідних територій.

Глава 8 Екологічний стан окремих регіонів України

Контрольні запитання й завдання

1. В яких регіонах України екологічна ситуація вважається критичною й чому?
2. Знайдіть на карті України екологічно найчистіші райони й поясніть причини цього стану.
3. Як можна схарактеризувати нинішню екологічну ситуацію в Україні?
4. У чому полягає екологічна проблема Дніпра й яке це має значення для України?
5. Чим зумовлений сучасний кризовий екологічний стан Чорного та Азовського морів?
6. Як ви вважаєте, чи можливо відновити екосистеми Дніпра та інших річок України?
7. Які види людської діяльності призвели до різкого погіршення екологічної ситуації в Донбасі та Придніпров'ї?
8. Назвіть найзабрудненіші міста Середнього Придніпров'я.
9. Як можна схарактеризувати стан природного середовища в Донецько-Придніпровському регіоні?
10. Назвіть головні причини розвитку напруженої екологічної ситуації на Українському Поліссі.
11. Які наслідки осушення поліських боліт?
12. Запропонуйте свою програму екологічного оздоровлення Полісся.
13. Яка екологічна роль Карпатського регіону?
14. Як можна схарактеризувати екологічну ситуацію в Українських Карпатах?
15. Назвіть види людської діяльності — найсприятливіші та найперспективніші, на вашу думку, для Карпат.



9

ГЛАВА

НАСЛІДКИ ЕКОЛОГІЧНИХ КАТАСТРОФ

До нас волають ліси, які гинуть на різних континентах, моря, що висихають, безживні річки... Нового мислення, глибшого пізнання, значно вищої гуманістичної відповідальності за все живе чекає від наших сучасників день сьогоднішній і день прийдешній.

О. Т. Гончар,
український письменник,
громадський діяч

§ § А * ^ Природні екологічні катастрофи

Розвиток екологічної кризи активізується й природними екологічними катастрофами. В межах території України фізико-географічні й геолого-тектонічні умови можуть сприяти виникненню таких природних катастроф, як землетруси, повені, зсуви, пилові бурі, пожежі, випадання граду, сильні снігопади, зливи, селі, лавини, ураганні вітри, посухи.

Землетруси найнебезпечніші для Криму й Карпат, де їхня сила може досягати 7–8 балів. На інших територіях сила землетрусу відчувається менше, а до сейсмічно найблагополучніших належать північно-західні райони країни. **Повені** бувають на всій території України, та найчастіше до них схильні гірські річки. Весняні й літні **селі** та зимові **лавини** — це також катастрофи, яких зазнають гірські райони, хоча зрідка селі трапляються й на рівнинах унаслідок проривів річкових чи озерних дамб і гребель. **Зсуви** вельми типові для узбереж Чорного та Азовського морів, водосховищ Дніпра. Від **пилових бур** потерпають переважно степові й лісостепові райони, а від **пожеж**, особливо в лісах і на торфовищах, — Полісся та Лісостеп. **Град, сильні снігопади, зливи, ураганні вітри** й **посухи** періодично трапляються на всій території країни.

Залежно від природних факторів катастрофи поділяються на *геологічні, гідрологічні, метеорологічні, агрометеорологічні*.

Розвиток природних катастроф активізується діяльністю людини. Так, повені, селі, лавини та зсуви в Карпатах почастишали через вирубування тут лісів.

За останні десятиріччя в Україні відбувалися всі зазначені вище катастрофи: землетруси в 1977 і 1984 рр., пилові бурі в 1961 р., сильні повені на Дністрі у 80-х роках, численні осипи, зсуви та селі в Карпатах і Криму (майже кожні 3—4 роки). Ці катастрофи завдавали відчутної шкоди господарству країни, а іноді супроводжувалися й людськими жертвами.

Деякі приклади можна навести з недалекого минулого.

- У 1992 р. осіння повінь на річці Уж завдала величезних матеріальних збитків. Через сильні дощі рівень води в річці піднявся на 3—5 м, на значній площі було затоплено сільгоспугіддя, господарські об'єкти, деякі села, частково — міста Мукачеве, Сваляву та Ужгород, розмито кілька автодоріг, порушено енергопостачання багатьох сіл. У вересні від сильних дощів почалася повінь у Тернопільській області, внаслідок якої загинуло 6 чоловік, завдано збитків об'єктам енергетики, зв'язку, сільському господарству.

- У цьому ж році снігопади й сильні заметілі в Криму пошкодили близько 3 тис. житлових будинків і 150 виробничих приміщень. Ураганні вітри, швидкість яких досягала 25—34 м/с (місцями — 38—40 м/с), завдали величезних збитків господарству.

Тоді ж біля південних берегів Криму лютували сильні шторми: 15 листопада вони зруйнували в Ялті пірс вантажного порту, портові споруди. В море витекло паливо з кількох цистерн, затонуло 8 невеликих суден, зазнали пошкоджень і великі судна. З будинків зривало покрівлі. Збитки становили близько 10 млрд крб. Були й людські жертви.

- Того ж року сталося 5869 пожеж, здебільшого антропогенних, у результаті яких було знищено майже 2 тис. га лісу.

- На початку листопада 1998 р. сталася найбільша природна екологічна катастрофа на Закарпатті — руйнівна повінь, яка забрала декілька десятків людських життів і завдала колосальних економічних збитків. Подібних катастроф тут не траплялося 200 років. Для відновлення екосистем, а також нормальних умов проживання людей потрібно багато десятиліть. За попередніми

підрахунками, загальні збитки перевищують 120 млрд гривень (зруйновано більш як 2 тис. будинків, близько 2 тис. — підтоплено, майже з 6 тис. будинків відселено жителів, пошкоджено багато десятків кілометрів доріг, ліній каналізації, водо- та енергопостачання, затоплено тисячі гектарів сільськогосподарських угідь).

§ 9.2.[^] і Антропогенні екологічні катастрофи

Розвиток екологічної кризи прискорюють антропогенні катастрофи, передусім — техногенні аварії. Вони відбуваються в усіх галузях економіки, й кількість їх із року в рік зростає.

За останні три-чотири десятиліття, крім аварії на ЧАЕС, найбільшими й найтяжчими за своїми наслідками було кілька таких катастроф.

- У березні 1961 р. потужний сель промчав Бабиним Яром у Києві, завдавши величезних матеріальних збитків і забравши кілька сотень людських життів. Причиною цього лиха став прорив дамби технічного резервуару цегельного заводу.

- > До великих катастроф 70-х років слід віднести пожежі на газових родовищах — Шебелинському (Харківська область) та Угерському (Львівська область), аварії на нафто- й газопроводах, аварію на нафтогазовій платформі в Азовському морі та аварійний прорив очисних споруд Калуського калійного комбінату, що завдали величезних економічних збитків і шкоди довкіллю на величезній акваторії Азовського моря й у басейні Дністра.

У недалекому минулому сталися такі великі техногенні аварії.

- Улітку 1992 р. через переповнення каналізаційних місткоостей курортів Криму стався масовий викид нечистот у Чорне море. В результаті пляжі Ялти, Алушти, Судака, Сак, Керчі, Феодосії було закрито на два місяці.

- У тому ж році на Кременецькій райагробазі розлилося майже 14 т солярної оливи. Нафтопродукти забруднили річку Ікву до міста Дубно, потерпіли рибозрідні ставки села Берез.

- Тоді ж у результаті диверсії на нафтобазі міста Світловодська (Кіровоградська область) у навколишнє середовище потрапило 200 т палива.

• Того ж року під час аварії на ТЕЦ у Чернігові розлилося майже 300 т мазуту.

• У вересні 1993 р. на Київській насосній каналізаційній станції з ладу вийшло кілька потужних насосів, і в Дніпро протягом тижня щоденно викидалося майже 1,5 млн м³ фекальних стоків.

Імовірність природних та антропогенних катастроф і кожний такий випадок необхідно обов'язково враховувати, ретельно аналізувати й уживати заходів для запобігання їм чи зведення до мінімуму їхніх негативних наслідків.

§ 9.3. Аварія на Чорнобильській АЕС

На чорнобильській аварії — найбільшій техногенній катастрофі в історії людства — необхідно акцентувати особливу увагу.

Жодна катастрофа ХХ сторіччя не мала таких тяжких екологічних наслідків, як чорнобильська. Це трагедія не регіонального, навіть не національного, а глобального масштабу. Вже загинуло більш як 50 тис. чоловік із 100 тис, які брали участь у ліквідації наслідків аварії в перший рік. Підірвано здоров'я сотень тисяч людей. Забруднені мільйони гектарів ґрунтів. У водосховищах осіли десятки мільйонів тонн радіоактивного мулу. І це тільки відомі на сьогодні наслідки.

Ш Радіоактивне забруднення ґрунтів. Територія із сильним радіоактивним забрудненням ґрунту становить 8,4 млн га й охоплює 32 райони шести областей України. Більша частина цих ґрунтів припадає на сільськогосподарські угіддя. Радіонуклідами забруднено також 3 млн га лісу. На територіях із забрудненням цезієм-137 більш як 45 Кі на 1 км² проживає понад 15 тис. чоловік, 15—45 Кі — близько 46 тис, 5—15 Кі — ще 150 тис. Близько 1,5 млн чоловік проживає на території, де радіоактивний фон перевищує допустимі норми (Київська, Житомирська, Чернігівська, Рівненська, Черкаська, Вінницька, Чернівецька, Кіровоградська, Івано-Франківська області). Дезактиваційні роботи, на які в 1986—1989 рр. були витрачені мільйони, бажаних результатів не дали.

II Радіоактивне забруднення вод. У водах Прип'яті, Дніпра та його водосховищ (особливо в Київському) різко зросла концентрація радіонуклідів. Навіть через 6 років після аварії вона була в 10—100 разів вищою, ніж до неї, а в донних осадах, особливо мулах, багатих на органіку, нагромадилася величезна кількість радіоактивних відходів. Вважають, що забруднення заповнених територій і річок 30-кілометрової зони становить: ^{137}Cs — 14 400 Кі, ^{90}Sr — 7360 Кі, Pb — 250 Кі. А в Київському водосховищі на дні нагромадилася вже більш як 60 млн т радіоактивного мулу (забруднення ^{137}Cs — близько 2000 Кі).

Велику небезпеку криють у собі приблизно 1000 тимчасових могильників навколо АЕС, в яких міститься 40 млн м³ твердих відходів загальною радіоактивністю більш як 200 000 Кі. Не менш небезпечний і «саркофаг» над згорілим четвертим енергоблоком ЧАЕС. Там ще залишилася величезна кількість радіоактивних речовин. Надійність ізоляції цих речовин аж ніяк не гарантована. Могильники вже сьогодні протікають, «саркофаг» із роками стає дедалі радіоактивнішим, конструкції його просідають і деформуються.

Розроблено план, яким передбачено спорудження «саркофага-2», що має накрити весь четвертий енергоблок зі старим «саркофагом». Після закінчення будівництва планується поступове розбирання зруйнованого четвертого енергоблока й вилучення ядерного палива, що залишилося. Цей проект розраховано на 7 років. На сьогодні виконано лише деякі роботи з укріплення старого «саркофага».

III Наслідки чорнобильської аварії для здоров'я нашого народу стали й залишатимуться важким тягарем для нас і, як мінімум, для кількох наступних поколінь. Колективна доза опромінення лише в момент ліквідації аварії становила 200 млн людино-бер. «Віддалені» наслідки вже даються взнаки: • в Житомирській і Київській областях, так само як і в Білорусі, значно збільшилася кількість випадків народження мертвих, недоношених і вроджено хворих дітей; • > у 2,5—3 рази зросла кількість випадків серйозних ускладнень вагітності; • > мутації почастішали з 4 до 10 %, і навіть якби вдалося негайно зупинити мутагенний вплив радіації, для зниження рівня мутацій до природного фону треба, щоб змінилося не менш як три покоління людей; • загрозовано наростають кількість випадків онкологічних захворювань і смертність.

Глава 9 Наслідки екологічних катастроф

У 1990 р. експертна комісія при Держплані колишнього СРСР попередньо оцінила збитки, спричинені катастрофою на ЧАЕС, у 250 млрд руб. Реальні ж збитки визначити поки що важко. *Наслідки цього лиха вічні, глобальні, й тепер можна говорити не про їх усунення, а лише про пристосування до них.*

...Чорнобиль не відходить у минуле, не відпускає його туди наша свідомість. Вона опромінена ним. Уперше так близько, так реально й так жахливо відкрилося нам обличчя ядерного століття в нещодавно ще глухому, здавалося, назавжди забутому цивілізацією, куточку українського й білоруського Полісся, де зберігся старослов'янський говір, де в селах багато знахарів, ворожок, мисливців. Саме в цьому місці, куди науково-технічна революція прийшла немов останньою чергою. Прийшла й... залишила їх безживними на поки що невідомий навіть ученим строк...

В. О. Яворівський

Контрольні запитання й завдання^

1. Які природні катастрофи характерні для України?
2. Назвіть регіони України, для яких природні катастрофи становлять найбільшу небезпеку.
3. Які райони України найбільше схильні до повеней і чому?
4. Які антропогенні катастрофи в Україні мали найтяжчі наслідки?
5. Назвіть основні причини техногенних аварій.
6. Чи відбувалися у вашому місті техногенні аварії і які наслідки вони мали?
7. Як оцінюються масштаби чорнобильської катастрофи?
8. Покажіть на карті райони, які найбільше потерпіли від аварії на ЧАЕС.
9. Наведіть приклади радіоактивного забруднення водних об'єктів України.
10. Які наслідки чорнобильської катастрофи для здоров'я українського народу?



10

ГЛАВА

НАЦІОНАЛЬНИЙ ШЛЯХ ДО ЕКОЛОГО- ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ

Природа — це простір душі.
Будьмо ж чутливими до його засіву й проростання,
до кореня і пелюстки, до стовбура і крони,
до голосу і помаху крила,
до зеленого світу поезії і животвору.

М. Ф. Сингаївський,
український поет

§ 10¹ Головні підсумки ХХ століття

Екологічна криза в Україні продовжує розростатися й поглиблюватися, охоплюючи дедалі більші території. Як і раніше, бракує асигнувань на серйозні природоохоронні заходи в усіх сферах виробництва, фактично відсутній контроль за діяльністю, що завдає шкоди природі, через застарілість обладнання й технологій на виробництвах зростають кількість і сила техногенних аварій, ефективність очисних споруд дуже низька або їх узагалі немає, не створено ефективної системи державного контролю за станом довкілля й управління всією природоохоронною діяльністю, а також банку еколого-територіальних даних. Рівень екологічної освіти населення вкрай низький.

На екологічний стан України найближчим часом негативно впливатимуть також зміни структури палива, приватизація землі та підприємств. Очікуються труднощі під час впровадження ефективних ресурсозберігаючих і природоохоронних технологій. Імовірно залишаються як різке погіршення екологічного стану країни загалом, так і необоротна деградація окремих природних об'єктів і районів.

Проте є й позитивні фактори:

- нагромаджено багато об'єктивних даних про екологічний стан геосистем України;
- визначено основні причини й динаміку розвитку екологічної кризи;
- на основі цих знань розроблено програму заходів для розв'язання екологічних проблем.

Ці заходи спрямовані передусім на стабілізацію, а в подальшому — на зменшення масштабів забруднення довкілля, на припинення процесів, що ведуть до деградації ландшафтів та екосистем, на відновлення порушених природних комплексів, на раціональне використання й охорону природних ресурсів.

Обов'язок учених в усіх галузях як природничих, так і гуманітарних наук — організувати суспільну самосвідомість людей, щоб вони діяли разом у вирішенні екологічних проблем на всій нашій земній кулі.

**П. Л. Капиця,
російський фізик,
лауреат Нобелівської премії**

За умов особливо небезпечного загострення в 90-х роках екологічної кризи теперішня орієнтація України на природоохоронну й ресурсозберігаючу політику, на входження в загальноєвропейську та світову системи екологічної безпеки, на ефективне вирішення численних екологічних проблем має не тільки національне, а й міжнародне значення.

Здобуття Україною незалежності дає змогу змінити державну політику природокористування, планувати й розвивати в майбутньому своє господарство так, щоб це не суперечило збереженню й поліпшенню якості навколишнього природного середовища.

Україна має надзвичайно вигідне географічне положення, ще досить багатий природний, економічний і людський потенціал, великі трудові ресурси, потужні наукові сили, розвинену транспортну мережу, доволі високий рівень виробництва енергії. Ці фактори мають сприяти тому, щоб найближчим часом наша країна вийшла з тяжкої еколого-економічної кризи й піднеслася до рівня розвинених європейських держав.

Останніми роками (1999—2003) активізувався процес переходу до еколого-збалансованого розвитку держави. Попередні роки

можна схарактеризувати лише як етап підготовки до цього переходу, для якого нині є значний національний потенціал:

- наша країна має висококласних спеціалістів і достатні можливості для розвитку освіти (зокрема екологічної) населення для сприйняття ідей і принципів збалансованого розвитку. Необхідно лише організувати широке інформування загалу й навчання управлінського персоналу за спеціальними програмами зі стійкого розвитку;
- Україна продемонструвала можливості економічного зростання попри застарілі основні фонди виробництва;
- Україна досягла значних успіхів у здійсненні екологічної політики;
- в Україні вже накопичилася «критична маса» для здійснення реформ, особливо в аграрному секторі, аби забезпечити незворотність вибраного курсу подальшого розвитку й утвердження держави.

На сьогодні головне завдання керівництва держави, суспільства полягає в переорієнтації національної політики й стратегії на ідеї та принципи гармонійного розвитку й забезпеченні (законодавчому, інституційному, освітньому, фінансовому) їх реалізації.

Програма переходу України § 10.2. до збалансованого розвитку

Основою подальшого розвитку країни визнано європейський вибір, відданість України загальнолюдським цінностям, ідеалам свободи та гарантованої демократії, визнання людини, її прав і свобод — найвищою цінністю цивілізаційного прогресу.

Основною метою здійснюваних в Україні реформ є соціальна переорієнтація економічної політики. Визначено *стратегічні пріоритети сталого розвитку країни*.

В економічній сфері:

- утвердження механізмів, які мають забезпечити надійні гарантії не лише остаточної стабілізації економіки, а й утворення необхідних передумов її прискореного зростання;

- впровадження науково-технологічних інновацій та опанування інноваційного шляху поступу як головного фактора збалансованого економічного розвитку;
- активне здійснення аграрної політики;
- зміцнення економічних засад для глибокої перебудови соціальної сфери.

В соціальній сфері:

- підвищення інтелектуального потенціалу нації, всебічний розвиток освіти, особливо екологічної;
- зміни в соціальній сфері для запобігання зубожінню населення — реформування системи оплати праці, зменшення безробіття, вдосконалення механізмів надання державної соціальної допомоги, запровадження системи загальнообов'язкового державного соціального страхування;
- поліпшення становища дітей, молоді, жінок, сім'ї;
- здійснення скоординованих кроків, спрямованих на поліпшення охорони здоров'я населення, зниження смертності та збільшення тривалості життя;
- зміцнення позицій середнього класу.

В екологічній сфері:

- гарантування екологічної безпеки ядерних об'єктів і радіаційного захисту населення й довкілля, зведення до мінімуму негативного впливу наслідків аварії на Чорнобильській АЕС;
- поліпшення екологічного стану річок України, зокрема басейну Дніпра, та якості питної води;
- стабілізація й поліпшення екологічного стану в містах і промислових центрах Донецько-Придніпровського регіону;
- будівництво нових і реконструкція діючих комунальних очисних каналізаційних споруд;
- запобігання забрудненню Чорного й Азовського морів і поліпшення їхнього екологічного стану;
- формування збалансованої системи природокористування та екологізація промисловості, енергетики, будівництва, сільського господарства, транспорту;
- збереження біологічної та ландшафтної різноманітності, розвиток заповідної справи.

Розділ II Екологічні проблеми України

Передбачається прискорене виведення економіки на траєкторію стійкого зростання через глибокі структурні зміни та поглиблення курсу ринкових реформ, активну й послідовну соціальну політику. В цій формулі — не лише переконаність у можливості позитивних зрушень, реальних і відчутних змін уже в найближчій перспективі, а й сподівання на зміцнення нашої держави, її прилучення до надбань сучасного європейського і світового цивілізаційного розвитку. Україна має все необхідне для того, щоб такі сподівання стали реальністю.

Контрольні запитання й завдання

1. *Які причини поглиблення екологічної кризи в Україні?*
2. *Назвіть позитивні фактори, що впливають на екологічну ситуацію в нашій державі.*
3. *Які основні складові національного потенціалу для переходу держави до еколого-збалансованого розвитку?*
4. *Які стратегічні пріоритети збалансованого розвитку країни в економічній, соціальній та екологічній сферах?*
5. *Сформулюйте критерії і принципи еколого-збалансованого розвитку.*
6. *Назвіть основні сфери екологізації життєдіяльності.*

СТРАТЕГІЯ Й ТАКТИКА ВИЖИВАННЯ ЛЮДСТВА

Хто хоче — може.

Французька
приказка

Нові тенденції цивілізаційного розвитку

Сучасна людина має дедалі більше й більше можливостей оцінити складний взаємозв'язок усього живого на Землі. Вважати, що незнання служить вибаченням, можуть зараз лише ті, котрі навмисне хочуть залишатися невігласами, бо їм це вигідно. А невігластво, без сумніву, перше й головне джерело майже всіх наших нещасть.

Ф. Моует,
канадський письменник,
натураліст

За роки після Ріо світ кардинально змінився. Події на міжнародній арені наприкінці ХХ ст. засвідчили перехід людства до нової технологічної епохи. Суттєво поліпшилися міжнародні політичні відносини, що пов'язано, насамперед, з усуненням протистояння військових систем колишнього СРСР і НАТО. Відмова від загрози застосування зброї масового знищення, загальна ядерна розрядка, встановлення партнерських стосунків між пострадянськими країнами й НАТО спричинили радикальні зміни глобального воєнно-стратегічного балансу.

Науково-технічні досягнення, рух національних економік до міжнародної інтеграції, посилення впливу транснаціональних корпорацій (ТНК) на економічний розвиток окремих країн, поступова втрата світовими державами традиційної економічної незалежності змусили заговорити про «глобалізацію» — нове загальноцивілізаційне явище. Активними домінантами сучасного процесу глобалізації є економічна, політична та інформаційна

його складові. Обов'язковими елементами політичної термінології, поширення яких в офіційних документах, засобах масової інформації й лексиці політиків мало характер епідемії, стали слова «глобальний» і «глобалізація».

Держави були змушені значно розширити межі регіоналізму своєї геополітики, практично перетворивши його на всеосяжний глобалізм. Відповідно системи національної безпеки почали дедалі глибше втягуватися в аналіз міжнародних процесів і перебудовувати свої стратегії й структури для захисту національних інтересів від глобальних факторів не лише у сфері міждержавних контактів, а й у внутрішньодержавному житті.

Проблеми глобалізації, що зародилися в надрах соціосфери, були тільки одним боком «медалі», яку людство отримало за свою «конструктивну» діяльність на рідній планеті. Потужним резонансом на цю діяльність став відгук земної біосфери, котрий відчутно позначився на людському здоров'ї. Екологи нарешті серйозно зацікавили міжнародну спільноту, привернувши її увагу до глобальних тенденцій ще й у навколишньому природному середовищі, котрі становлять загрозу як збалансованому розвитку, так і взагалі існуванню земної цивілізації. Про значення, яке мають загальносвітові екологічні проблеми для всього людства, свідчить сама назва науково-аналітичного огляду Програми ООН із навколишнього середовища (ЮНЕП) — «Глобальна екологічна перспектива» (ГЕП-2000), де за результатами глобальної екологічної експертизи дано прогноз стану довкілля на початок ХХІ ст. і рекомендації щодо виживання міжнародної спільноти.

У цій праці наголошується на двох головних проблемах, що стоять перед людством на шляху до стійкого розвитку.

По-перше, склався великий дисбаланс виробництва й споживання товарів і послуг, що створює загрозу для глобальної екосистеми Землі. Значна частина населення нашої планети, як і раніше, живе в злиднях. За прогнозом, триватиме поглиблення прірви між тими, хто користується благами економічного й технічного розвитку, й тими, кому ці блага недоступні. Такі полярні прояви багатства й бідності підривають стабільність суспільства в цілому й, відповідно, стійкість усього навколишнього природного середовища.

Процеси економічного зростання, що породжують безпрецедентний рівень добробуту й могутності багатій меншості, ведуть до ризиків і дисбалансів, які однаковою мірою загрожують і багатим, і бідним.

Стратегія й тактика виживання людства

Така модель розвитку та споживання не є стійкою для багатих і не може бути повторена бідними. Приватна власність у багатьох відношеннях стає каменем спотикання на шляху до стійкого розвитку цивілізації.

**М. Стронг,
генеральний секретар Конференції О О Н
з питань довкілля й розвитку
(Ріо-де-Жанейро, 1992)**

По-друге, постійно прискорюються зміни, які відбуваються у світі, причому раціональне природокористування відстає від соціально-економічного поступу. Темпи зростання населення й економічного розвитку випереджають екологічні досягнення, які забезпечуються новими технологіями й політикою. Процеси глобалізації мають спрямовуватися не на посилення, а на усунення серйозних диспропорцій, які роз'єднують наш світ. Подолання цих диспропорцій і є тим єдиним шляхом, що приведе до збалансованішого розвитку людства.

Опитуванням серед 200 учених із 50 країн світу, яке проводилося в рамках ГЕП-2000, було визначено 36 найважливіших глобальних проблем, що чекають на людство в ХХІ ст. Вони є наслідками тих наявних тенденцій, на які не звертали достатньої уваги на політичному рівні. До найсерйозніших із цих проблем належать (у порядку зменшення пріоритетності): зміни клімату; дефіцит питної води; знеліснення; спустелювання; забруднення прісних вод; низька якість управління природокористуванням; зменшення біорізноманітності; зростання й міграція населення; зміна соціальних цінностей; утилізація відходів; забруднення повітря. Доповідь «Глобальні виклики, глобальні можливості», опублікована ООН 13 серпня 2002 р., напередодні Саміту Тисячоліття, як і доповідь Генерального секретаря ООН на Саміті «Здійснення Порядку денного ХХІ століття», містять детальний аналіз численних глобальних світових тенденцій у багатьох сферах, розвиток яких міжнародному співтовариству потрібно стабілізувати або загальмувати, а деякі й спрямувати назад.

Глобалізація. Головним явищем у світовій економіці в 90-х роках ХХ ст. була швидка глобалізація, особливо у формі інтенсивних потоків товарів, послуг і фінансів унаслідок низки факторів, у тому числі політичних дій урядів, як колективних, так і індивідуальних, спрямованих на лібералізацію торгівлі й основних ринків, а також приватизації й дерегуляції економічної діяльності.

Через 10 років після Ріо на збалансований розвиток людства ще негативніше став впливати такий вагомий фактор, як ТНК, що їх природоохоронні й правозахисні організації справедливо називають головним джерелом світового зла. Простежується стійка тенденція збільшення фінансових засобів, якими оперують ТНК, за одночасного зменшення фінансового потенціалу, котрим володіють національні уряди та міжнародні фінансові інституції. Зменшення фінансового, а відповідно й політичного впливу національних урядів і міжнародних фінансових інституцій за одночасного посилення руйнівної ролі ТНК стосовно економік і культур країн, особливо тих, що розвиваються, здебільшого має надзвичайно тяжкі соціально-економічні наслідки.

Розвиток інформаційно-комунікаційних технологій. Другою після глобалізації силою був швидкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій та їх інтенсивне поширення в усьому світі. Приватні інвестиційні потоки, зростання яких сприяло виникнення глобальних інформаційних мереж, зокрема Інтернету, визначали динаміку розвитку інформаційно-комунікаційних секторів, виробництва та збільшення кількості додаткових робочих місць у країнах, що розвиваються, особливо в Східній Азії. Водночас посилювалося відставання країн із перехідною економікою й тих, що розвиваються, від сучасного рівня інформаційних і телекомунікаційних технологій, яке дістало назву «цифрового розриву».

Адаптація до нових умов. Більшість народів світу нічого не виграли від глобалізації та розвитку інформаційно-комунікаційних технологій. Виникла необхідність в адаптації всіх держав до змін у міжнародному середовищі, метою якої було виживання в нових умовах. Протягом 90-х років і глобалізація, й інформаційно-комунікаційні технології продемонстрували як свої позитиви, так і негативи стосовно розвитку. Країни та підприємства, котрі спромоглися пристосуватися до нових обставин, почали процвітати, а ті, яким забракло технічних можливостей, відповідної інфраструктури та інституційного потенціалу, опинилися по іншій бік бар'єра, що відмежував їх від решти світу.

Економічні процеси. На початку 90-х років у більшості країн спостерігалось економічне піднесення, хоча багато держав переживали економічні негаразди. У країнах із централізованою плановою економікою під час переходу до ринкових відносин швидко й істотно погіршилися економічні й соціальні умови.

США пережили рекордний період експансії і були головним рушієм змін решти світової економіки. В Європі було створено зону з єдиною валютою. Японія ж не могла зупинити тривалого регресу. Дев'яності роки були не такі бурхливі, як 80-ті, хоча траплялися й суттєві винятки. Середні темпи зростання внутрішнього валового продукту (ВВП) в усіх країнах, що розвиваються, збільшилися до 4,3 % порівняно з 2,7 % у 80-х роках, а в розвинених країнах — досягли приблизно 2,3 %, що менше, ніж у 80-х роках (3 %). Не всі країни мали вигоду. В Африці, хоч економічне піднесення й прискорилося, проте через високий приріст населення нейтралізувалися позитивні результати, й розрив у життєвому рівні між країнами Африки та іншими регіонами світу збільшився.

Трансформація економік. Розвал Радянського Союзу, руйнування світового соціалістичного табору, формування пострадянського політичного простору спричинили появу багатьох держав, котрі міцно закріпилися на міжнародній арені як країни з перехідною економікою. Почався тривалий і болісний процес переходу від адміністративно-командних економік до ринкових. У 80-х роках темпи економічного піднесення в країнах із перехідною економікою підвищувалися щороку на 1,8 %, а в 90-х роках — знижувалися в середньому на 2,5 % щорічно. Економічний спад у цих країн був особливо суттєвим у першій половині десятиліття, коли обсяг ВВП зменшився більш як на 50 %. У багатьох країнах різко зросли бідність і безробіття й значно зменшилося фінансування у сферах освіти, охорони здоров'я, пенсійного забезпечення, громадського транспорту та інших соціальних служб.

Світова торгівля. Протягом 90-х років у міжнародній торгівлі відзначався прогрес, хоча на регіональних рівнях ситуація складалася по-різному. Глобальний експорт зростав зі швидкістю 6,4 % і в 2000 р. досяг 6,3 трильйона доларів США. Країни, що розвиваються, стали вагомими учасниками світової торгівлі, їхній експорт зростав на 9,6 % щороку. Через недоліки в політиці Ради з економічної взаємодопомоги наприкінці 80-х років у сфері торговельних заходів у першій половині 90-х років значно обмежився експорт із країн із перехідною економікою. Проте багато країн Східної Європи й Балтики переорієнтували свій експорт у Західну Європу й зробили вагомий внесок в їхнє економічне піднесення.

Сільське господарство. Зі зростанням населення світу збільшується потреба в продовольстві, тоді як виробництво продуктів харчування знижується, особливо в країнах, що розвиваються. Це створює довгострокову загрозу продовольчій безпеці, особливо в тих регіонах світу, де внаслідок спустелювання й надзвичайно інтенсивного використання сільськогосподарських угідь погіршився стан ґрунтів. Можливості розширення площ сільськогосподарських земель в Європі та Південно-Східній Азії обмежені, а Північна Африка та Західна Азія потерпають від дефіциту водних ресурсів, який спричинив зниження потенціалу розвитку сільського господарства.

Для збереження досягнутого рівня продуктивності та його підвищення було запроваджено раціональніші методи ведення сільського господарства, включаючи застосування засобів захисту ґрунтів і водних ресурсів за одночасного зниження трудозатрат для підготування землі, зменшення витрати палива та хімікатів. Інший серйозний успіх був пов'язаний із розвитком і застосуванням методів інтегрованого управління в боротьбі зі шкідниками, що сприяло інтенсифікації сільського господарства та мінімізації негативного впливу на довкілля. Зменшення використання пестицидів завдяки впровадженню культур, стійких проти шкідників, методів культивування, інтегрованому управлінню в боротьбі зі шкідниками підвищило стійкість фермерських господарств та екологічних систем.

Проте внаслідок сільськогосподарської експансії для задоволення потреби в харчових та інших продуктах, що зростає, зменшилися площі лісів і лук, зникло багато болотних угідь, знизилася біорізноманітність і погіршилися інші екологічні показники.

Енергетика. В 90-х роках споживання енергії в транспортному секторі зростало швидше, ніж в інших галузях економіки. Очікується, що це споживання збільшуватиметься зі швидкістю 1,5 % на рік у розвинених країнах і 3,6 % — у країнах, що розвиваються. Прогнозується також, що за період з 1997 по 2020 р. емісія діоксиду вуглецю в транспортному секторі збільшиться на 75 %, а в авіації зростатиме зі швидкістю 3 % на рік.

Демографічні зміни. Населення Землі в 2000 р. становило 6 млрд чоловік. Демографічні зміни по-різному вплинули на збалансований розвиток окремих країн і регіонів. Кількість населення, його приріст і вікова структура, освітній рівень, показники здоров'я та економічні параметри позначалися на використанні

природних ресурсів так само, як і тендерні взаємовідносини й міграційні процеси. Для європейських країн та Японії характерне швидке старіння населення, що є наслідком низького рівня народжуваності, високого рівня пенсійного забезпечення, охорони здоров'я та інших соціальних служб. За прогнозом, кількість населення Землі досягне 8 млрд у 2025 р. і 9,3 млрд у 2050 р. і згодом, імовірно, стабілізується між 10,5 та 11 млрд чоловік. Очікується, що в розвинених країнах кількість населення досягне піка в 2025 р., а потім через імовірне зниження народжуваності почне зменшуватися. Прогнозується також, що після 2025 р. зростання населення Землі відбуватиметься за рахунок країн, які розвиваються. Демографічні тенденції ставлять перед людством важке завдання на подальші 50 років. Адже потрібно докласти неабияких зусиль, щоб задовольнити потреби в природних ресурсах додаткових 3 млрд людей, які з'являться.

Споживання. Загальне споживання людства й тиск, який воно справляє на природні ресурси та довкілля, залежать частково від кількості населення, але більшою мірою — від багатства й технологій. Частка споживання 15 % населення Землі, що проживає в країнах із високим доходом, становить 56 %, тоді як 40 % найбіднішого населення в країнах із низьким доходом отримують лише 11 % із загального споживчого балансу. З погляду ЮНЕП, необхідним довгостроковим завданням у контексті стійкого розвитку є десятикратне скорочення споживання ресурсів розвиненими країнами. Без цього неможливо вивільнити ресурси для задоволення потреб країн, що розвиваються. За прогнозом, у разі збереження існуючих пропорцій виробництва й споживання в 2025 р. дві третини населення Землі відчуватиме дефіцит води.

Харчування. З 815 млн людей планети, які недоїдають, 777 млн проживають у регіонах, що розвиваються, 27 млн — у країнах із перехідною економікою й 11 млн — у індустріальних країнах. За недавнім прогнозом Продовольчої і сільськогосподарської організації ООН (ФАО), глобальну мету — до 2015 р. скоротити кількість голодних удвоє — не буде досягнуто, якщо зберігатимуться сучасні тенденції.

Останнім десятиліттям глобальне виробництво продуктів харчування продовжувало збільшуватися швидше, ніж відбувалося зростання населення. В багатьох країнах цей процес супроводжувався зниженням цін і підвищенням споживчих якостей харчових продуктів. Це стало можливим завдяки розширенню площ

обробітку землі й зростанню продуктивності сільського господарства шляхом зрошування, поліпшення насінневої бази, застосування досконаліших методів обробітку ґрунту. Однак деякі сільськогосподарські прийоми спричинили погіршення стану довкілля.

Збільшення світових потреб у продовольстві пов'язане, насамперед, зі зростанням населення Землі. Водночас відзначається також тенденція збільшення споживання їжі: в країнах, що розвиваються, потреби в харчуванні однієї людини збільшилися з 2100 до 2700 калорій, а в розвинених країнах — з 3000 до 3400 калорій.

Бідність. Протягом 90-х років темпи зубожіння (межа бідності — 1 долар на день) у країнах, що розвиваються, знизилися з 29 % у 1990 р. до 23 % у 1998 р. Загальна кількість населення, що перебуває за межею бідності, дещо зменшилася — з 1,3 до 1,2 млрд чоловік. Водночас у деяких регіонах світу ще й досі немає подібних позитивних зрушень. В Африці рівень смертності, бідності й голоду найвищий. Поєднання бідності зі швидким зростанням населення, особливо в країнах, що розвиваються, спричиняє суттєву деградацію відновлюваних ресурсів, насамперед ґрунтів, лісів і води. Відновлювані ресурси, як і раніше, забезпечують засоби до існування майже третини населення світу, тому погіршення стану довкілля безпосередньо знижує рівень життя і зменшує перспективи поліпшення економічного становища населення сільських районів.

Завдяки економічному піднесенню спостерігається значний прогрес у зменшенні рівня бідності в країнах Східної та Південно-Східної Азії і дещо менший — у Південній Азії і Латинській Америці. За найоптимістичнішими прогнозами Світового Банку, загальна кількість людей, прожитковий рівень яких менший, ніж 1 долар на день, може скоротитися до 750 млн чоловік до 2015 р.

Охорона здоров'я, дитяча й материнська смертність. У цих сферах, а також у зменшенні масштабів голоду, збільшенні доступності освіти, забезпеченні питною водою й підвищенні рівня санітарії було досягнуто певного прогресу. Однак принаймні 1,1 млрд людей позбавлені можливості споживати питну воду, безпечну для здоров'я, й близько 2,4 млрд людей проживають в антисанітарних умовах. Більш як 8 % дітей у країнах, що розвиваються, все ще вмирають у віці до п'яти років, а в деяких найбідніших країнах одна дитина з п'яти не доживає до свого

першого дня народження. Поки що 113 мЛ^Н Дітей шкільного віку в країнах, що розвиваються, не вчать, 60 % із них — це дівчата.

На здоров'я людей негативно впливає іііла низка небезпечних хімічних речовин, що проявляється в уроджених аномаліях і різних хворобах аж до раку. Так, унаслідок масового застосування пестицидів щорічно фіксується 3,5—5 мЛ^Н випадків гострих отруєнь.

Протягом 90-х років загалом стан у сФ^еРІ охорони здоров'я поліпшився. Тривалість життя збільшилась»^a темпи дитячої смертності зменшуються. Значного пР⁰Р^{ес}У досягнуто в ліквідації таких тяжких інфекційних хвороб, як поліомієліт. Однак поганий стан здоров'я населення проД^{овж}У^е становити головною перешкодою розвитку в багатьох країнах. Забруднена вода, недостатній рівень санітарії та гігієни є причинами захворювання багатьох людей і високої смертності у країнах, що розвиваються.

Вода. Через поширення зрошувального землеробства й дедалі більші потреби промисловості й муніципальних господарств у воді збільшився тиск на водні ресурси в багатьох країнах. Головною причиною катастрофічного зменшення світових запасів води є використання неефективних сільськогосподарських іригаційних систем, через які втрачається близько 60 % води, що застосовується для зрошення.

Збільшуються території, де відчувається дефіцит води, особливо в Північній Африці та Західній Азії. Ту^т запаси підземних вод вичерпуються швидше, ніж вони можуть відновлюватися. Незважаючи на деякі позитивні зрушення в цій сфері, близько 1 млрд чоловік не має доступу до безпечної для здоров'я питної води.

За оцінками, в наступні два десятиліття для забезпечення їжею населення країн, що розвиваються, води витратиться., на 17 % більше, а загальне використання В^оД^и зросте на 40 %. Очікується, що в ХХІ ст. третина країн У регіонах із дефіцитом води зіткнеться зі значним скороченням зодних ресурсів. Забруднена вода й надалі залишатиметься причиною передчасної смерті 2,2 млн чоловік на рік. Для багатьох країн гострою проблемою є мінералізація води, а для деяких регіонів Азії — забруднення води арсеном.

Біорізноманітність. Дедалі швидше зменшення біологічної різноманітності на планеті продовжує викликати занепокоєння. Незважаючи на деякі позитиви — збільшення кількості й площ захищених територій, повсюдне швидке скорочення біорізно-

манітності триває. За даними ЮНЕСКО, у 1996 р. під серйозною загрозою повного винищення опинилося 25 % із приблизно 4630 видів ссавців і 11 % із 9675 видів птахів. Понад 110 тис. видам загрожує вимирання, а більш як 800 видів уже безслідно зникли через утрату або деградацію середовища проживання. Біосфера може втратити ще близько 5000 інших видів, якщо не буде вжито заходів для відновлення чисельності їхніх популяцій.

Рибний промисел. Близько 50 % усього морського вилову риби повністю використовується, ще 25 % становлять обсяг перевилочу й лише решта 25 % являє собою потенціал для поповнення рибних запасів. Наприклад, риболовецький флот Північного моря необхідно скоротити на 40 %, аби він відповідав рибним ресурсам. Загальні обсяги морського вилову на більшості основних акваторій рибного промислу в Атлантичному й частково в Тихому океанах досягли максимально можливих значень. Такий перевилоч не лише гальмує економічне зростання, а й загрожує продуктивній безпеці, а також позбавляє засобів існування населення, що проживає на узбережжях і в невеликих острівних державах, що розвиваються.

Ліси. Знелісення стало загрозливим явищем. Протягом 90-х років було знищено 90 млн га лісу. Темпи втрати лісового покриву найвищі в Африці, де за вказаний період було винищено 7 % лісів. Утрата лісового покриву в таких масштабах становить серйозну загрозу біорізноманітності, оскільки в лісах мешкає дві третини наземних видів. Крім того, близько 9 % видів дерев у світі загрожує зникнення, що є потенційним ризиком втрати тієї вигоди, яку можна отримати від використання ботанічних ресурсів у медичних цілях. Міграції населення також часом призводять до знелісення та інших екологічних наслідків.

Триває швидке перетворення лісових масивів на території сільськогосподарського та іншого призначення. Темпи знелісення на глобальному рівні оцінюються в 14,6 млн га на рік (переважно це стосується тропічних лісів).

Водночас у деяких країнах лісові площі збільшуються завдяки як природному приростові лісів на вивільнених із сільськогосподарського використання землях, так і насадженню лісових плантацій (5,2 млн га на рік). Так, площа лісів у Західній і Центральній Європі після 60-х років збільшилася на 10 %, але майже 60 % лісів серйозно потерпає від забруднення, підкиснення, посухи та пожеж.

Узбережні та морські екосистеми. Багато узбережних зон, зокрема естуарії, болота, мангрові ділянки, лагуни, території морських водоростей і коралові рифи, роблять основний внесок у морську біопродуктивність і відіграють вирішальну роль у захисті уразливих узбережних і морських екосистем від штормів. За оцінками, близько 27 % рифів було втрачено як унаслідок прямого антропогенного впливу, так і через зміни клімату. За прогнозом, якщо в найближчі 30 років не буде вжито термінових заходів, то 32 % коралових рифів можуть утратити свої функціональні властивості.

Щоб задовольнити дедалі більшу потребу в морепродуктах, стрімко розвиваються морські господарства з вирощування аквакультур. Для збалансованого розвитку цієї сфери потрібні серйозні дослідження щодо її впливу на довкілля.

Зміни клімату. Наукові дослідження дали нові переконливі докази того, що глобальне потепління, яке відбувається протягом останніх 50 років, є наслідком людської діяльності. Вчені застерігають, що ймовірне руйнівне глобальне потепління в ХХІ ст. може супроводжуватися підняттям рівня Світового океану, зміною погодних умов, у тому числі виникненням таких широкомащштабних явищ, як Ель Ніньо. Незважаючи на те, що необхідність скорочення використання викопного палива й зменшення викидів «парникових» газів для обмеження змін клімату є загальноновизнаною, споживання цього палива зростає, з чим значною мірою пов'язане збільшення викидів «парникових» газів, особливо транспортними засобами. За період 1992—1999 рр. споживання енергії у світі збільшилося на 10 %. У розвинених країнах споживання енергії на душу населення залишається найвищим, незважаючи на вжиті заходи з енергозбереження, впровадження чистіших технологій, а в деяких випадках і обмеження. Глобальна емісія вуглецю за період з 1965 по 1998 р. подвоїлася, досягнувши зростання в середньому на 2,1 % за рік. Рекордний рівень глобальних викидів CO_2 (23 900 млн т) було зафіксовано в 1996 р. У 1999 р. в розвинених країнах річне споживання енергії на душу населення в середньому було еквівалентне 6,4 т нафти. Це в 10 разів перевищує показники країн, що розвиваються.

Стихійні лиха — посухи, повені, зсуви, землетруси, виверження вулканів — спричиняють великі людські втрати, завдають економічних збитків і становлять серйозну перешкоду розвитку суспільства, яке незахищене від них. Деякі зі стихійних лих при-

Стратегія й тактика виживання людства

звели до економічних потрясінь. В Індонезії, Еквадорі та інших країнах унаслідок спустошливої дії на їхні сільські господарства такого суворого природного явища, як Ель Ніньо, в 1997—1998 рр. вибухнула фінансова криза. Нераціональна експлуатація земельних ресурсів може стати причиною частих і потужних стихійних лих, таких як повені, а непродумане планування поселень і відсутність запобіжних заходів можуть збільшити масштаби шкоди від природних явищ.

Шляхи виживання людства

*У технологічного суспільства є два шляхи розвитку
Перший — чекати, поки катастрофічні невдачі не зроблять очевидними недоліки системи, її викривлення й самообмани.
Другий — увести соціальний контроль і баланс, щоб виправити вади системи ще до того, як настане катастрофа.*

М. Ганді,
видатний індійський філософ
і політик

На початку ХХІ сторіччя, коли людство переживає надзвичайно складний період загрозового розростання глобальної екологічної кризи й необхідно дбати про її нейтралізацію та ліквідацію, переходити до нової політики природокористування й нової філософії життя, **найважливішими завданнями** мають стати:

- безумовне здійснення конверсії свідомості й моралі (екологічної конверсії) в планетарному масштабі;
- на базі цього — здійснення контролю за зростанням народонаселення (насамперед — у країнах, що розвиваються);
- збереження біорізноманітності, відновлення природних ресурсів там, де це можливо, розширення заповідних територій до оптимального рівня;
- реалізація ресурсозберігаючих програм самоконтролю й самообмеження як окремими особами, так і колективами людей, націями, державами й, зрештою, людською спільнотою;
- впровадження нових ресурсозберігаючих технологій і технологій виробництва енергії, промислових і продовольчих товарів,

Стратегія й тактика виживання людства

які завдають найменшої шкоди довкіллю (тобто таких, що виробляють найменшу кількість відходів і забруднень);

- розроблення та ефективне впровадження нових технологій переробки відходів (особливо синтетичних — поліетиленів, пластмас, поліхлорвінілів, поверхнево-активних речовин тощо) із доведенням ККД до 100 %.

Ці завдання мають вирішуватися на основі плідної кооперації з довкіллям, гармонізації стосунків із природою, що дасть змогу забезпечити стійкий, збалансований розвиток цивілізації у ХХІ столітті. Для цього необхідно дотримуватися таких *правил*:

- у кожному конкретному регіоні використовувати такі ресурси й у такій кількості, щоб відбувалося поступове відновлення їх завдяки природним процесам;
- управління стабільністю природних процесів має орієнтуватися не на окремий елемент довкілля чи окремий процес, а на всі елементи й процеси, оскільки вони нерозривно пов'язані;
- економічні фактори не мають домінувати над екологічними — потрібен розумний баланс;
- слід завбачати віддалені наслідки негативних впливів на природу й запобігати їм.

Підставою для будь-яких природоперетворювальних дій має слугувати науково обґрунтований прогноз. Виконання цієї вимоги обов'язкове, незалежно від масштабу заходів — регіональних, континентальних чи планетарних. Цю вимогу ми називаємо екологічним імперативом. На нього зобов'язані зважати не лише ті, чия діяльність має господарський характер, а й політичні діячі, від яких залежить спосіб розв'язання міжнародних проблем.

М. М., Мойсєєв

Упроваджувати нові технології, реалізовувати нові програми треба поступово, обережно, з урахуванням уже допущених помилок і можливостей їх виправлення з використанням світового досвіду.

Нове суспільство зобов'язане приймати далекосяжні рішення, що забезпечують довгострокову сталість розвитку.

У найближчі 20—30 років на людство очікують величезні труднощі, та є надія, що вони будуть подолані: вже робляться перші спроби запобігти розростанню екологічної кризи, з'являється перший позитивний дорвід реалізації нової екологічної політики, дедалі більше країн переводять проблему охорони природи, збе-

реження біосфери до рангу найпріоритетніших, актуальних, таких, що потребують вирішення. Приклад цього — сплеск природоохоронної активності в усьому світі за останні 20 років — від вражаючих допрвідей Римського клубу й доленосних міжнародних екологічних форумів до вироблення десятків локальних, регіональних і міжнародних програм збереження й відновлення природних ресурсів, ландшафтів, територій та акваторій, розвитку екологічного виховання та освіти, поява численних екологічних матеріалів у засобах масової інформації, виникнення сотень «зелених» рухів та організацій у всіх куточках світу.

З 1990 р. в багатьох країнах світу (з 1991 р. — в Україні) ухвалюються нові закони про охорону навколишнього природного середовища, жорсткішає контроль за дотриманням природоохоронного законодавства.

- У результаті в усьому світі дедалі ширше впроваджуються ефективні маловідходні технології, оборотне водопостачання, розвиваються альтернативні види енергетики (насамперед вітрова, геліо- та біоенергетика в США, Великій Британії, Німеччині, Нідерландах, Італії, Швеції, Японії, Китаї).

- Чимдалі більше людей переходять на користування невеликими, економічними автомобілями, на спорудження житлових будинків нових конструкцій (зі значно меншими витратами тепла, з обігріванням за допомогою сонячних колекторів тощо).

- У Нігерії, Китаї, Австралії, Центральній Америці, інших країнах і регіонах останніми роками завдяки зусиллям «зелених» висаджено сотні мільйонів паркових і лісових дерев. У десятки разів чистішими стали води Рейну, Одери, Ельби, в них відродилася риба.

- В Японії розроблені й упроваджуються нові стандарти здоров'я та найжорсткіші в світі вимоги до якості води. Тим, хто потерпів від забруднень, обов'язково виплачуються належні компенсації.

- У Великій Британії діє система повторних екологічних експертиз, аналізується динаміка забруднень будь-якими об'єктами, що дає змогу практично цілком уникати помилок під час таких експертиз.

- Екологічна політика Швеції зорієнтована на розвиток тільки екологічно чистих виробничо-технологічних процесів та обладнання (автомобільний концерн «Вольво» ще в 1990 р. роз-

робив прекрасний варіант нового екологічно чистого автомобіля XXI сторіччя).

- У Франції виникло нове соціальне поняття «якість життя»: замість соціально-економічних показників рівня життя (вони дуже приблизно визначались обсягами валового національного продукту на душу населення) введено новий узагальнювальний індекс, за допомогою якого враховуються густота населення на 1 км², розміщення й ступінь екологічної небезпеки промислових та аграрних комплексів, забезпеченість природними ресурсами, а також стан довкілля.

Отже, новий підхід сучасної екополітики до проблеми збереження біосфери й стабільного розвитку нашого суспільства, новий погляд на біосферу базуються на принципах сучасної й майбутньої людської діяльності: етичних та еколого-економічних.

Відомий німецький філософ та еколог Е. Калленбах пропонує низку етичних правил поведінки людини на Землі, Запам'ятаймо їх.

- Люби й шануй Землю, яка благословляє життя й управляє

III^{IIII}^

- Вважай кожний твій день на Землі священним і святкуй, зміну пір року.
- Не вважай себе вищим за інші живі істоти й не поведься так, щоб вони зникали,
- Будь вдячним тваринам і рослинам за їжу, яку вони тобі
- Обмежуй кількість своїх нащадків, бо велике число людей обтяжливе для Землі.
- Не занапашай і не забруднюй багатств Землі зброєю війни.
- Не ганяйся за прибутками від багатств Землі, а намагайся відновлювати її виснажені сили.
- Не приховуй від себе й від інших наслідків твоєї діяльності на Землі
- Не обкрадай майбутніх поколінь, виснажуючи й забруднюючи Землю*
- Споживай дари Землі помірно, бо всі її мешканці мають однакове право на її багатства. ,

Стратегія й тактика виживання людства

В узагальненому вигляді етичні й еколого-економічні принципи подано відомим американським ученим-екологом Д. Чирасом (1992). Він вирізняє три *основних етичних принципи*:

- людство має обмежені запаси природних ресурсів, які необхідно розподіляти між усіма живими істотами планети («не все тільки для нас»);
- людство — частинка Природи й суб'єкт, на який поширюються всі її Закони. Ми не маємо права гвалтувати Природу й нехтувати її Законами, бо це згубить цивілізацію;
- людство не повинне керувати Природою, воно має навчитися співпрацювати та існувати в гармонії з нею.

Ми додамо ще один принцип: *людина — також частинка Космосу, могутні сили якого постійно впливають на її здоров'я, психіку й поведінку*. Нам необхідно вивчати процеси й закони розвитку космічних систем і враховувати їх у своїх стосунках із навколишнім світом. Найближчим часом особливу увагу слід звернути на стан близького Космосу (10—30 тис. км від поверхні планети), який для Землі не менше важить, ніж атмосфера чи гідросфера, але набагато вразливіший. У зв'язку з освоєнням космічного простору людиною забруднення близького Космосу набуло загрозливих масштабів: у межах екосфери вже «літає» близько 3 тис. т предметів штучного походження, уламків супутників, космічних ракет і кораблів, що в 150 тис. разів перевершує масу метеоритних тіл; у першій половині ХХІ ст. маса космічного сміття може збільшитися до 4—5 тис. т, а це вже — реальна загроза середовищу та існуванню людства через появу електромагнітних аномалій.

Головні еколого-економічні принципи:

- *консервація, збереження ресурсів та енергії, розумне самообмеження в усіх сферах життєдіяльності;*
- *рециклічність, тобто максимально можливе багаторазове використання матеріалів у виробництві;*
- *відновлення ресурсів;*
- *контроль рівня забруднень усіх типів, його стабілізація та зни-
0іСЕННЯ. впровадження нових технологій в енергетиці, промисловості, сільському господарстві, на транспорті, вповільнення темпів зростання населення.*

Перебудова мислення, переоцінка цінностей — важливі, але надзвичайно складні завдання людства, оскільки їх вирішення пов'язане з руйнуванням міфів, усталених уявлень, доктрин і навіть деяких релігійних настанов, що протягом тривалого часу

Стратегія й тактика виживання людства

вкорінювались у свідомість людей. Як зазначив А. Печчеї, нова людина мусить знищити в собі насамперед такі риси характеру, як жорстокість, жадібність, заздрість, ненависть і невігластво.

У регулюванні характеру та рівня психологічних реакцій населення на ті чи інші екологічні процеси й ситуації провідна роль належить учителям, викладачам вищих закладів освіти, журналістам, письменникам, ученим-публіцистам, служителям церкви, діячам мистецтва, засобам масової інформації. В екологізації свідомості людства важливу роль відіграли такі видатні особистості, як Дж. Даррелл, Г. Торо, Б. Коммонер, А. Швейцер, Р. Карсон, Ж.-І. Кусто, Л. Олдо, Д. Медоуз, Дж. Адамсон, А. Гор, А. Чехов, К. Паустовський, Ч. Айтматов, Л. Леонов, О. Яблоков, М. Мойсеєв, М. Реймерс, В. Данилов-Данільян, К. Лосєв, В. Распутін, Л. Адамович, А. Платонов, О. Гончар, С. Плачинда, Ю. Щербак, В. Поліщук і багато інших.

На завершення слід зазначити, що шлях, яким прийшли до свого благополуччя розвинені країни, неприйнятний для людства в цілому, бо не гарантує екологічної й соціальної безпеки планети в соціально несправедливому світі. Досвід останнього десятиліття засвідчив, що кожна країна повинна мати свою стратегію еколого-збалансованого розвитку, свій шлях збереження й відтворення природи рідного краю з урахуванням природних, географічних, історичних, соціально-економічних аспектів.

Сучасні шляхи розвитку ведуть до нестабільності, поглиблення кризи. Настав час гармонізувати життєдіяльність суспільства на таких принципах:

- зміна філософії життя людини, суспільства, в основу якої мають бути покладені культурні й духовні традиції, настанови на збереження соціально-екологічної цілісності середовища існування;
- визнання людини, родини, етносу, суспільства, нації, держави вищою цивілізаційною цінністю;
- всебічний розвиток освіти, особливо екологічної, як рушійної сили цивілізаційного розвитку;
- визнання стабільності суспільства, соціумів, поселень метою гармонізації життєдіяльності людства;
- екологічне оздоровлення природних об'єктів, ландшафтів як середовища існування й домінанти життя, зменшення техногенного навантаження на них;
- спрямування технологічних та інноваційних змін на підтримання стабільності й динамічної рівноваги довкілля й розвитку.

Список рекомендованої літератури

1. *Агроекологія* / Под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. — М., 2000.
2. *Акимова Т. А., Хаскин В. В.* Экологія. — 2-е изд. — М., 2001.
3. *Алексеев В. А.* Экологическая геохимия. — М., 2000.
4. *Атлас* природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР. — М., 1978.
5. *Білявський Г. О., Бутченко Л. Л., Навроцький В. М.* Основи екології: Теорія та практикум. — К., 2002.
6. *Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С.* Основи загальної екології. — 2-ге вид. — К., 1995.
7. *Білявський Г. О., Фурдуй Р. С., Костіков Л. Ю.* Основи екологічних знань. — К., 2000.
8. *Воронков И. А.* Экологія: общая, социальная, прикладная. — М., 1999.
9. *Гайрліх Д., Герат Л.* Екологія. — К., 2001.
10. *Геоэкологія* / В. А. Боков, А. В. Ена, В. Г. Ена и др. — Симферополь, 1996.
11. *Глухое В. В., Лисочкина Т. В., Некрасова Т. П.* Экономические основы экологии. — СПб., 1995.
12. *Гор А.* Земля у рівновазі: Екологія і людський дух. — К., 2001.
13. *Номо sariens* против Номо technocraticus / Сост. З. Т. Братко, И. Ю. Харченко. - К., 1981.
14. *Григорьев А. А.* Экологические уроки прошлого и современности. — М., 1991.
15. *Губский Ю. И., Долго-Сабуров В. Б., Храпак В. В.* Химические катастрофы и экология. — К., 1993.
16. *Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С.* Экологический вызов и устойчивое развитие. — М., 2000.
17. *Дідух Я. П.* Популяційна екологія. — К., 1998.
18. *Дорогунцова С. Л., Коценко К. Ф., Аблова О. К.* Екологія. — К., 1999.
19. *Емельянов И. Г.* Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистем. — К., 1999.

Список рекомендованої літератури

20. *Закон* України про екологічну експертизу. — К., 1995.
21. *Закон* України про охорону навколишнього природного середовища. - К., 1991.
22. *Коммонер Б.* Замыкающийся круг. — • Л., 1974.
23. *Крисаченко В. С.* Екологічна культура. — К., 1996.
24. *Куценко А. М.у Писаренко В. И.* Охрана окружающей среды в сельском хозяйстве. — К., 1991.
25. *Мельник Л. Г.* Экологическая экономика. — Сумы, 2001.
26. *Моисеев Н. Я.* Судьба цивилизации: Путь разума. — М., 1998.
27. *Національна доповідь* про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2000 році. — К., 2001.
28. *Одум Ю.* Экология: В 2 т. — М., 1986.
29. *Основні* напрями державної політики України в галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки. — К., 1999.
30. *Охрана* окружающей среды / А. М. Владимирович, Ю. И. Ляхин, Л. Т. Матвеев и др. — Л., 1991.
31. *Петров К. М.* Общая экология: Взаимодействие общества и природы. — 2-е изд. — СПб., 1998.
32. *Печчеи А.* Человеческие качества. — М., 1984.
33. *Реймерс Н. Ф.* Надежды на выживание человечества: Концептуальная экология. — М., 1997.
34. *Реймерс Н. Ф.* Экология (теории, законы, правила, принципы, гипотезы). - М., 1994.
35. *Риклефс Р.* Основы общей экологии. — М., 1979.
36. *Степановских А. С.* Экология. — М., 2001.
37. *Сытник К. М., Брайон А. В., Гордецкий А. В.* Биосфера. Экология. Охрана природы: Справ. — К., 1987.
38. *Уайнер Дж.* Экология человека. — М., 1979.
39. *Уиттекер Р.* Сообщества и экосистемы. — М., 1980.
40. *Урсул А. Д.* Концепция выживания и устойчивого развития цивилизации. — М., 1993.
41. *Хижняк М. І., Нагорна А. М.* Здоров'я людини та екологія. — К., 1995.
42. *Шевчук В., Білявський Г., Саталкін Ю. та ін.* Ноосферогенез і гармонійний розвиток. — К., 2002.
43. *Шевчук В. Я., Саталкін Ю. М., Білявський Г. О. та ін.* Гармонія життєвих сил Дніпра: Еколого-духовні нариси. — К., 2002.
44. *Екологія* города / Под ред. **Ф. В.** Стольберга. — К., 2000.

З М І С Т

	<i>Найважливіші етапи світового екологічного руху</i>	3
РОЗДІЛ I	СУЧАСНІ ПІДХОДИ В НАУЦІ ПРО ДОВКІЛЛЯ	5
Глава 1	Людство в навколишньому середовищі	6
	§ 1.1. Еволюція взаємин людини й природи	6
	§ 1.2. Основні фактори деградації довкілля	10
	§ 1.3. Екологічні катастрофи	24
	§ 1.4. Духовна криза	32
	§ 1.5. Нова філософія життя	38
	§ 1.6. Сучасна екологія	44
Глава 2	Біоекологія	53
	§ 2.1. Загальне уявлення про біосферу	53
	§ 2.2. Походження й еволюція біосфери	57
	§ 2.3. Функціонування біосфери	66
	§ 2.4. Біогеоценози — елементарні одиниці біосфери	80
	§ 2.5. Види, популяції та середовище	91
	§ 2.6. Основні екологічні закони	99
	§ 2.7. Ноосфера	101
	§ 2.8. Біорізноманітність і її збереження	111
Глава 3	Геоекологія	127
	§ 3.1. Деякі риси екологічної системи «Земля»	127
	§ 3.2. Атмосфера	130
	§ 3.3. Гідросфера	148
	§ 3.4. Літосфера	161
Глава 4	Техноекотолія	176
	§ 4.1. Основні техногенні забруднювачі й методи їх контролю	176
	§ 4.2. Енергетика	190
	§ 4.3. Промисловість	213
	§ 4.4. Сільське господарство	221
	§ 4.5. Транспорт	225
	§ 4.6. Військова діяльність	228
	§ 4.7. Наукова діяльність	237
Глава 5	Соціоекотолія	254
	§ 5.1. Правила й закони соціоекотолії	254
	§ 5.2. Екологічна освіта	256

§ 5.3.	Економіка природокористування	260
§ 5.4.	Правові засади природокористування	267
§ 5.5.	Культура й релігія	281
§ 5.6.	Урбоекологія	286
Глава 6	Екологія людини	291
§ 6.1.	Здоров'я людини як інтегральний показник її багатомірної екологічної ніші	291
§ 6.2.	Здоров'я та його критерії	294
§ 6.3.	Реакції організму людини на вплив факторів середовища	296
§ 6.4.	Вплив абіотичних факторів на здоров'я людини	299
§ 6.5.	Вплив біотичних факторів на здоров'я людини	304
§ 6.6.	Вплив антропогенних факторів на здоров'я людини	307
РОЗДІЛ II	ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ УКРАЇНИ	327
Глава 7	Природно-соціальні особливості України	328
§ 7.1.	Загальні відомості про природні умови	328
§ 7.2.	Традиції природокористування	335
§ 7.3.	Причини розвитку екологічної кризи	339
§ 7.4.	Джерела забруднення довкілля	341
§ 7.5.	Основні наслідки екологічної кризи	353
Глава 8	Екологічний стан окремих регіонів України.	359
§ 8.1.	Загальна характеристика	359
§ 8.2.	Екологічні проблеми найбільших річок, Чорного й Азовського морів	366
§ 8.3.	Донецько-Придніпровський регіон	371
§ 8.4.	Українське Полісся	372
§ 8.5.	Українські Карпати	374
Глава 9	Наслідки екологічних катастроф	376
§ 9.1.	Природні екологічні катастрофи	376
§ 9.2.	Антропогенні екологічні катастрофи	378
§ 9.3.	Аварія на Чорнобильській АЕС	379
Глава 10	Національний шлях до еколого-збалансованого розвитку	382
§ 10.1.	Головні підсумки ХХ століття	382
§ 10.2.	Програма переходу України до збалансованого розвитку	384
	Стратегія й тактика виживання людства	387
	Нові тенденції цивілізаційного розвитку	387
	Шляхи виживання людства	398
	<i>Список рекомендованої літератури</i>	404

Навчальне видання

**Білявський Георгій Олексійович
Фурдуй Ростислав Сергійович
Костіков Ігор Юрійович**

О С Н О В И Е К О Л О Г І І

**Художній редактор *О. Г. Григiр*
Технічний редактор *Л. І. Швець*
Коректори *А. /.* *Бараз*, *П. Л. Пироженко*
Комп'ютерна верстка *Н. В. Громової***

Піп. до друку 11.05.05. Формат 60 x 84 У/6. Папір офс. № 1. Гарнітура Тайме.
Офсетний друк. Ум. друк. арк. 23,72. Ум. фарбовіб. 24.18. Обл.-вид. арк. 25,83.
Вид. № 4220. Зам № 10-05.

Видавництво «Либідь», 01004 Київ, вул. Пушкінська, 32

Свідоцтво про державну реєстрацію № 404 від 06.04.2001

Віддруковано з готових діапозитивів
на В П К «Глобус», 79010, Львів, Кравчука, 6/3.