

А.К. Запольський, А.І. Салюк

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ



«ВИЩА ШКОЛА»

ЗАБРУДНЕНІСТЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ



Індекси забрудненості	Рівень сумарної максимальної забрудненості
0	Низький
1	Допустимий
3	Помірний
6	Підвищений
12	Високий
24	Дуже високий
48	Надзвичайно високий
Більше	

Присвячується 75-річчю
Національного університету харчових технологій





ЗАПОЛЬСЬКИЙ
Анатолій Кирилович

Доктор технічних наук,
професор кафедри біохімії
та екології харчових
виробництв, директор
Інституту екологічних
проблем у харчовій
промисловості
Національного університету
харчових технологій.
Учасник ліквідації
наслідків аварії на
Чорнобильській АЕС.
Фахівець у галузі розробки
технологій раціонального
використання мінеральної
сировини і водних ресурсів,
комплексної переробки
мінералізованих стічних
та підготовки питних вод,
утилізації відходів виробництв.
Автор близько 300
наукових і навчально-
методичних праць



САЛЮК
Анатолій Іванович

Кандидат технічних наук,
доцент кафедри
біохімії та екології
харчових виробництв
Національного
університету
харчових технологій.
Фахівець у галузі
екології
та сертифікації
харчових виробництв,
комплексної переробки
й утилізації відходів
харчової і переробної
промисловості.
Автор понад 150
наукових і навчально-
методичних
праць

А. К. Запольський, А. І. Салюк

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ

За редакцією академіка НАН України *К. М. Ситника*

2-ге видання, доповнене і перероблене

*Затверджено Міністерством освіти
і науки України*

Підручник для студентів
техніко-технологічних спеціальностей
вищих навчальних закладів

НБ ІНУС



678048

КИЇВ
«ВИЩА ШКОЛА»
2004

УДК 574 (075.8)
ББК 28.081я73
3-33

Гриф надано Міністерством освіти і науки України
(лист від 26 червня 2001 р. № 14/18.2-972)

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. *І. М. Астрелін* (Національний технічний університет України «КПІ»), д-р техн. наук, проф. *О. Я. Лобойко* (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»)

Редактори: *Л. Є. Канівець, В. С. Зацарний*

Запольський А. К., Салюк А. І.

3-33 Основи екології: Підручник / За ред. К. М. Ситника. — 2-ге вид., допов. і переробл. — К.: Вища шк., 2004. — 382 с.: іл.
ISBN 966-642-220-4

Викладено основні теоретичні положення загальної екології. Розглянуто аспекти прикладної екології з охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки. Особливу увагу приділено раціональному використанню сировини, тепло- і енергоресурсів, води, атмосферного повітря, а також безвідходних і маловідходних технологій у виробництві. Висвітлено загальні принципи екологізації виробництва та екологічного менеджменту. Наведено відомості про сучасну організацію та правову систему управління екологічною безпекою довкілля, державну програму охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів та екологічну безпеку. Окремі розділи присвячено екології міських екосистем, радіаційній екології, екологічним проблемам космосу, військово-промислового комплексу. У другому виданні (1-ше вид. — 2001 р.) описано проблеми сталого розвитку України, наведено нові дані щодо споживання енергії і використання земельних ресурсів, а також біорізноманіття країни.

Для студентів техніко-технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів.

УДК 574 (075.8)
ББК 28.081я73

НАУКОВА БІБЛІОТЕКА

678048

© А. К. Запольський, А. І. Салюк, 2001

© Від наукового редактора,

К. М. Ситника, 2001

© А. К. Запольський, А. І. Салюк, 2004,

ISBN 966-642-220-4

із змінами

Останні два-три десятиріччя екологія, як одна з фундаментальних наук природознавства, привертає меншу увагу дослідників, ніж це було багато років тому. Це пояснюється, з одного боку, завершеністю вивчення більшості природних закономірностей, які характеризують взаємовідносини між біорізноманітністю рослин, мікроорганізмів і тварин та залежність останніх від неживої природи, а з іншого — виникненням нових проблем, породжених антропогенними змінами в біотичному й абіотичному середовищах. Біологи широкого профілю, ботаніки, зоологи, мікробіологи, екологи, медики, технологи, філософи, економісти, інші фахівці почали приділяти велику увагу вивченню навколишнього середовища, виникли нові науки з вивчення довкілля, які дістали загальну назву «інвайронментологія» («інвайронменталістика»).

На жаль, усі дослідники, які вивчають зміни, що відбуваються в довкіллі під впливом діяльності людини чи створюють безвідходні або маловідходні технології, які сприяють поліпшенню стану довкілля, вважають себе екологами, не маючи навіть уявлення про зміст і предмет науки екології. Я ж вважаю, що краще дотримуватись міжнародних підходів до наукових визначень та наукової термінології. Тому закликаю колег користуватися при розгляді проблем наук про довкілля термінами й поняттями, прийнятими в усьому науковому світі. Водночас я розумію, що певний час в умовах нашої української дійсності можна користуватися і поняттям «прикладна екологія», як це роблять автори підручника А. Запольський і А. Салюк.

Ці вчені бачать основне завдання прикладної екології у вивченні загальних закономірностей впливу антропогенної діяльності на навколишнє природне середовище. Автори розглядають три основні напрями прикладної екології — раціональне природокористування, захист навколишнього природного середовища від забруднень антропогенного походження та забезпечення екологічної безпеки стабільного функціонування природних екосистем.

Нечувані темпи зростання чисельності населення планети та його потреб призвели до використання надзвичайно великих обсягів різних природних ресурсів і утворення величезної кількості різноманітних відходів. Результатом активної людської діяльності є забруднення води, повітря і ґрунту, глобальне потепління на планеті, руйнування озонового шару атмосфери, випадіння кислотних опадів, вичерпання багатьох природних ресурсів, спустелювання планети тощо. Ці зміни в довкіллі набули загрозливого характеру для подальшого існування людської цивілізації та супроводжуються екологічними кризовими явищами.

У цих умовах узгодження взаємодії людського суспільства з природою потребує певних екологічних знань. Вони необхідні для того, щоб суспільство могло цілеспрямовано поліпшувати навколишнє природне середовище, зберігати єдність із природою. Основи екології вивчають в усіх вищих навчальних закладах України. Актуальним завданням є запровадження екологічної освіти в середній школі. Автори підручника з основ екології добре зробили, що значну увагу приділили висвітленню питань загальної (фундаментальної) екології. Це збагатить теоретичну підготовку майбутніх фахівців.

Сподіваюсь, що підручник А. К. Запольського і А. І. Салюка, написаний мовою на сучасному науковому рівні, буде корисним студентам техніко-технологічних спеціальностей вищої школи, а також усім, хто цікавиться проблемами прикладної екології.

К. М. Ситник,
академік Національної
академії наук України

ПЕРЕДМОВА

*«Люди загинуть від невміння
користуватися силами природи
та від незнання справжнього світу»*

Напис на піраміді Хеопса

Екологія — це наука, що вивчає взаємозв'язок між організмами та їх угрупованнями із середовищем їх існування. Нині жодне з великих практичних питань не вирішується без урахування зв'язків між живими й неживими компонентами природи. Саме екологія є науковою базою раціонального природокористування.

Екологія як окремих розділ біологічної науки склалася наприкінці XIX ст. і розвивається швидкими темпами. Особливо значний інтерес до екології людське суспільство почало виявляти в середині XX ст. після Другої світової війни, що було зумовлено надзвичайно високими темпами зростання чисельності населення планети та відчутними негативними наслідками антропогенної діяльності — нераціональним надмірним споживанням природних ресурсів та утворенням величезної кількості неутилізованих і розсіюваних відходів, що призводить до забруднення води, повітря й ґрунтів та виснаження всіх природних ресурсів, необхідних для нормального функціонування як окремих природних екосистем, так і біосфери загалом.

Вплив антропогенних факторів на біосферу Землі спричинив виникнення небажаних негативних явищ, таких як кислотні дощі, глобальне потепління на планеті, руйнування озонового шару атмосфери, спустелювання, знеліснення, забруднення природного середовища різними токсикантами, що врешті призвело до деградації екосистем та глобальної екологічної кризи в біосфері Землі. Якщо так триватиме й надалі, це неминуче призведе до переростання кризи в екологічну катастрофу, що в кінцевому підсумку ставить під загрозу в недалекому майбутньому існування сучасної цивілізації.

Кризовий екологічний стан спричинений також надто низьким рівнем екологічної науки, освіти та виховання, які зумовили відповідно низький рівень культури й свідомості в людини у ставленні до природи та неспроможність прогнозувати катастрофічні наслідки такої антропоген-

ної діяльності. Тому, починаючи з 60-х років ХХ ст., спостерігається активний рух людської спільноти за захист довкілля від антропогенних забруднень, за підвищення рівня культури й свідомості у ставленні до природи, інтенсивними темпами розвиваються наукові дослідження з екології. З цією метою в багатьох країнах, у тому числі в Україні, запроваджено вивчення екології на всіх рівнях освіти та загальне екологічне виховання населення. Основи загальної екології викладають і при підготовці всіх фахівців у вищих навчальних закладах.

Вивчення основ екології у вищій школі при підготовці фахівців інженерних спеціальностей має на меті вивчення фундаментальних закономірностей у природі стосовно взаємозв'язків живих організмів з навколишнім природним середовищем та формування екологічного світогляду щодо живої природи. Першочерговими завданнями є подолання екологічних кризових явищ у біосфері Землі; запобігання глобальному забрудненню довкілля; раціональне природокористування та забезпечення екологічної безпеки. Ці завдання мають вирішуватися суспільством на всіх напрямках його діяльності. Тому крім вивчення фундаментальних закономірностей загальної екології потрібно вивчати й прикладні її аспекти, спрямовані на вирішення практичних завдань повсякденного життя суспільства.

Одним з основних завдань прикладної екології є створення таких методів і засобів формування та керування природними й природно-антропогенними екосистемами, які забезпечили б їх функціонування, не порушуючи динамічної рівноваги в природі та механізмів саморегуляції біосфери. Навчальна література з прикладної екології для підготовки фахівців різних спеціальностей має висвітлювати й систематизувати широке коло інженерно-прикладних питань екологізації виробництва, що формують необхідну базу сучасного спеціаліста.

Засвоївши матеріал пропонованого підручника, студенти зможуть компетентно орієнтуватися в екологічних проблемах сучасності та займуть мотивовану громадянську позицію у життєвих і професійних явищах сьогодення.

Підручник призначений для студентів техніко-технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Він може бути корисним для широкого загалу фахівців у галузі екології взагалі, раціонального природокористування, охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки зокрема.

Автори висловлюють подяку науковому редактору — академіку НАН України К. М. Ситнику і рецензентам — професору, доктору технічних наук О. Я. Лобойку, професору, доктору технічних наук І. М. Астреліну за слушні зауваження та поради, спрямовані на поліпшення цього підручника.

ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЇ ЯК НАУКИ

1.1. ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖІ І МЕТОДИ ЕКОЛОГІЇ

Екологія (грец. «ойкос» — дім, житло та грец. «логос» — вчення) — наука (галузь знань), що вивчає взаємодію організмів та їх угруповань із середовищем існування. Як самостійна наука вона сформувалася наприкінці ХІХ ст. Термін «екологія» запровадив німецький біолог Ернст Геккель у 1866 р.

Як і будь-яка інша наука, екологія має науковий та прикладний аспекти. *Науковий аспект* — це прагнення до пізнання заради самого пізнання, і щодо цього на перше місце постає пошук закономірностей розвитку природи та їх пояснення. *Прикладний аспект* — це застосування зібраних знань для вирішення проблем, пов'язаних із навколишнім середовищем. Усезростаюче значення сучасної екології полягає в тому, що жодне з великих практичних питань сьогодення не може вирішуватись без урахування зв'язків між живими і неживими компонентами природи.

Основним завданням прикладної екології є *пізнання законів і закономірностей взаємодії людського суспільства з біосферою* (з розвитком космонавтики межі цієї науки розширюються за межі біосфери, а саме — до межі Всесвіту) з метою запобігання порушенню екологічної рівноваги внаслідок антропогенної дії на навколишнє природне середовище і на основі цього розробка заходів для забезпечення екологічної та техногенної безпеки біосфери (Всесвіту). *Екологічна безпека* — це такий стан навколишнього природного середовища, за якого забезпечується збалансований вплив різних факторів (у разі техногенної безпеки — техногенних факторів), що не погіршують функціонування екосистем, здатності біосфери до саморегулювання та не сприяють виникненню небезпеки для здоров'я людей.

Об'єктом дослідження є природні, природно-антропогенні екосистеми і макроекосистема, якою є біосфера (Всесвіт), тобто зміна її властивостей (рослинного й тваринного світу, ландшафту, клімату, геохімічних процесів та впливу на космічний простір) під впливом антропогенної діяльності. Для цього вивчають техногенні забруднення трьох (чотирьох) середовищ — атмосфери, гідросфери і літосфери (Космосу) внаслідок ан-

тропогенної діяльності людського суспільства, зокрема вплив забрудників на навколишнє природне середовище та на живу природу, і на основі встановлених закономірностей розробляють заходи, необхідні для збереження екологічної рівноваги на планеті Земля та раціонального використання природних ресурсів.

До галузей антропогенної діяльності належать промисловість, сільське господарство, військово-промисловий комплекс, житлово-комунальне господарство, транспорт, рекреаційний комплекс, наука і культура тощо. Так сформувалися окремі напрями прикладної екології: екологія промислових екосистем, екологія сільськогосподарських екосистем, екологічні проблеми транспорту, житлово-комунального господарства, харчових виробництв, соціальна екологія тощо. Всі вони об'єднані спільною метою, методами її досягнення та об'єктом дослідження (навколишнє природне середовище — біосфера, Всесвіт) і становлять спільну підгалузь науки екології — прикладну екологію.

Метою прикладної екології є вивчення загальних закономірностей впливу антропогенної діяльності на навколишнє природне середовище (біосферу, Всесвіт), зокрема промисловості, сільського господарства, транспорту, комунального господарства тощо. Екологія промислових екосистем вивчає вплив усіх галузей промисловості на навколишнє природне середовище разом з рослинним і тваринним світом та забезпечення стійкої динамічної рівноваги в природі. Для цього треба запобігати значним забрудненням довкілля, які призводять до порушення цієї рівноваги.

Таким чином, основним аспектом прикладної екології є забезпечення техногенної безпеки біосфери і раціональне використання природних ресурсів у процесі антропогенної діяльності та вплив її на життєдіяльність природних і штучних екосистем. Метою вирішення цього аспекту є забезпечення стабільності цих екосистем, зокрема біосфери як глобальної екосистеми. Якщо аспектом загальної екології є вивчення закономірностей природних екосистем, то аспектом прикладної екології є вивчення природно-антропогенних та антропогенних екосистем (екосистеми міста, виробничого підприємства, сільськогосподарського лану, тваринницької ферми тощо): принципи їх створення та функціонування, вплив на розвиток природних екосистем, зменшення антропогенного тиску на біосферу, розміщення продуктивних сил, раціональне використання сировини та енергії тощо. Отже, сучасна прикладна екологія охоплює два основних аспекти — охорону довкілля та раціональне природокористування — з метою забезпечення стабільного функціонування як окремих екосистем, так і біосфери загалом.

Охорона довкілля вивчає джерела забруднення і вплив їх на окремі екосистеми та біосферу в цілому з метою запобігання їх шкідливому впливу. Основною метою раціонального природокористування є забезпечення споживання природних ресурсів людською спільнотою в таких межах, аби сприяти екологічній безпеці як окремих екосистем, так і біосфери загалом, не порушуючи при цьому стійкості динамічної рівноваги в природі.

1.2. КОРОТКИЙ ІСТОРИЧНИЙ НАРИС РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЇ

Екологія має давню передісторію. Накопичення відомостей про спосіб життя, залежність від зовнішніх умов та характер розподілу рослин і тварин започатковані в далеку давнину. В працях Арістотеля (384—322 до н. е.) та його учня — «батька ботаніки» Теофраста Ерезійського (371—280 до н. е.) описано багато видів тварин та наведено відомості про своєрідність рослин у різних умовах, залежність їх росту від типу ґрунту й клімату.

В епоху Відродження особливого розвитку набули роботи перших систематиків А. Цезальпіна (1519—1603), Д. Рея (1627—1705), Ж. Турнефора (1656—1708) та інших про залежність рослин від умов проростання, обробітку, про місця їх поширення. У працях А. Реомюра про комах (1734), А. Трамбле про гідр та моховаток (1744) наведено багато екологічних відомостей. У працях XVIII ст. С. П. Крашенинникова, І. І. Лепьохіна, П. С. Палласа та інших російських географів і натуралістів вивчалися впливи на взаємопов'язані зміни клімату, рослинного й тваринного світу. Вплив зовнішніх умов на будову організму тварин вивчав французький природодослідник Ж. Бюффон (1707—1788). Автор першого еволюційного вчення Жан-Батіст Ламарк (1744—1829) вважав найважливішою причиною пристосувальних змін організмів, еволюції тварин і рослин вплив «зовнішніх обставин».

З появою на початку XIX ст. біогеографії екологічне мислення набуває подальшого розвитку. Цьому сприяють праці О. Гумбольдта з географії рослин (1807), К. Глогера про зміни птахів під впливом клімату (1833), Т. Фабера про особливості біології північних птахів (1826), К. Бергмана про географічні закономірності у зміні розмірів теплокровних тварин (1848). О. Декандоль детально описав вплив окремих факторів середовища на рослини.

У 1859 р. Ч. Дарвін у книзі «Походження видів шляхом природного добору, або збереження обраних порід у боротьбі за життя» показав, що «боротьба за існування» в природі, під якою він розумів усі форми зв'язків виду із середовищем, призводить до природного добору, тобто є рушійним фактором еволюції.

У 1866 р. завдяки Е. Геккелю нова галузь знань, що пов'язувала взаємовідносини живих істот та їх зв'язки з неорганічними компонентами середовища («боротьба за існування»), дістала назву «екології». В другій половині XIX ст. змістом екології було в основному вивчення способу життя рослин і тварин та адаптації їх до кліматичних умов. У цій галузі ботанік Й. Вармінг обґрунтував поняття про життєву форму (1895). А. М. Бекетов (1825—1902) виявив зв'язок особливостей аналітичної й морфологічної будови з їх географічним поширенням. У 1877 р. німецький гідробіолог К. Мебіус обґрунтував уявлення про біоценоз як закономірне поєднання організмів у певних умовах середовища. Праці російських учених С. І. Коржинського та Й. К. Пачоського сприяли відособленню вчен-

ня про рослинні угруповання в окрему галузь ботанічної екології. Визначальні положення вчення про ліс, як цілісну природну систему, розробили Г. Ф. Морозов і В. М. Сукачов.

На початку ХХ ст. сформувались екологічні напрями гідробіологів, фітотенологів, ботаніків і зоологів, у кожному з яких розвивались певні напрями екологічної науки. На III Ботанічному конгресі в Брюсселі в 1910 р. екологія рослин розділилась на екологію особин (аутекологію) і екологію угруповань (синекологію). Згодом цей розподіл поширився також на екологію тварин, а отже, на загальну екологію. З'явилися перші екологічні зведення — екологія тварин Ч. Адамса (1913), угруповання наземних тварин В. Шелфорда (1913), гідробіологія С. О. Зернова (1913). В 1913—1920 рр. екологію почали викладати в університетах, були засновані екологічні журнали та організовані екологічні наукові товариства. У першій половині ХХ ст. В. В. Докучаєв створив учення про ґрунт, який є результатом взаємодії гірських порід і живих організмів.

Значний внесок у розвиток ідей загальної біоценології зробили праці радянських учених В. М. Сукачова, Б. О. Келлера, В. В. Альохіна, Л. Г. Раменського, О. П. Шенникова, за кордоном — Ф. Клементса у США, К. Раункієра в Данії, Г. Дю Ріє у Швеції, І. Браун-Бланке в Швейцарії. У 30—40-х роках з'явилися зведення з екології тварин, у яких наводилися теоретичні проблеми загальної екології: К. Фрідерікса (1930), Ф. Боденгеймера (1938) та ін. У 1938 р. Д. М. Кашкаров опублікував перший підручник у Радянському Союзі з основ екології тварин. Біоценологічні основи паразитології розробляли В. О. Догель, Є. М. Павловський і В. М. Беклемішев.

У 30-х роках сформувалась нова галузь екологічної науки — популяційна екологія, основоположником якої є англійський учений Ч. Елтон. Подальшому розвитку популяційної екології сприяли роботи О. М. Северцова, С. С. Шварца, М. О. Наумова, Г. О. Вікторова, Є. Н. Сімської та ін.

У 1935 р. англійський учений А. Тенслі запровадив поняття екосистеми. Американський учений Р. Ліндемман запропонував основні методи розрахунку енергетичного балансу екологічних систем. Розвиток екосистемного аналізу сприяв відродженню на новій екологічній основі вчення про біосферу, основоположником якого є В. І. Вернадський. Біосфера постала як глобальна екосистема, стабільність і функціонування якої ґрунтуються на екологічних законах забезпечення балансу речовини й енергії. Запроваджений ним у вивчення біосфери кількісний підхід дав змогу оцінити масштаби біогеохімічного колообігу речовин. Вчення В. І. Вернадського про ноосферу стало беззаперечним свідченням нерозривності зв'язку людини з природним середовищем. На сучасному етапі визначну роль у становленні нової екології відіграла монографія американського вченого Ю. Одума.

Перший науковий сектор екологічних досліджень в Україні створений у 1930 р. при Інституті зоології та ботаніки Харківського державного університету. В. В. Стачинський (1933) обґрунтував поняття біогеоценозу, як функціональної єдності біоценозу та абіотичних факторів. У 1940—1980 рр. широке визнання наукової громадськості здобули екологічні

дослідження І. Г. Підоплічка, Ф. А. Гриня, С. М. Стойка, П. С. Погребняка, Д. В. Воробйова, О. Л. Бельгардта, А. П. Травлєєва, присвячені раціональному природокористуванню, екології лісу і ландшафтів. Праці академіка М. Г. Холодного є вагомим внеском до розробки концепції про геохімічні цикли. На сучасному етапі досить широко відомі екологічні праці М. Н. Голубця, К. М. Ситника і Ю. Р. Шеляг-Сосонка, в яких розвинені концептуальні та методологічні основи сучасної екології. Аналізу філософських проблем у системі «людина — природне середовище» присвячені праці В. С. Крисаченка. Значний внесок у розробку проблем прикладної екології зробили вчені з інститутів Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України, робота яких була спрямована на вивчення загальних закономірностей у природних, природно-антропогенних та антропогенних екосистемах, вплив антропогенної діяльності на навколишнє природне середовище та раціональне природокористування. Останнім часом виконано багато робіт, спрямованих на запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на навколишнє природне середовище.

1.3. РОЗДІЛИ І ТЕМАТИКА ЕКОЛОГІЇ ТА ЗВ'ЯЗОК ЇЇ З ІНШИМИ НАУКАМИ

Для того щоб краще зрозуміти предмет і завдання екології як науки, схарактеризуємо взаємозв'язки її з іншими біологічними науками, скориставшись прийомом Ю. Одума (1975). Образно зобразимо структуру біології у вигляді «шарового пирога» (рис. 1.1). Розрізавши його на частини по горизонталі, отримаємо фундаментальні науки — молекулярну

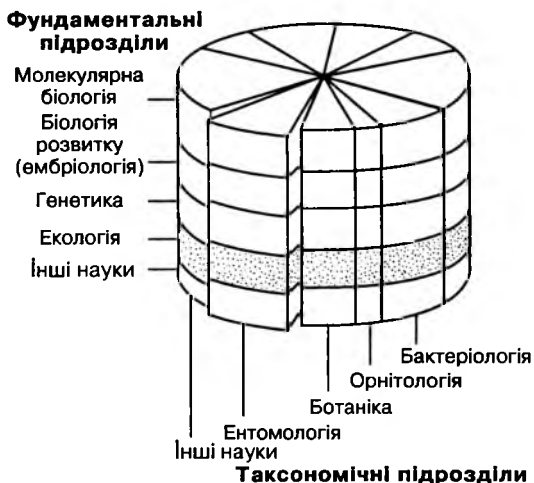


Рис. 1.1. «Шаровий пиріг» біології (за Ю. Одумом)

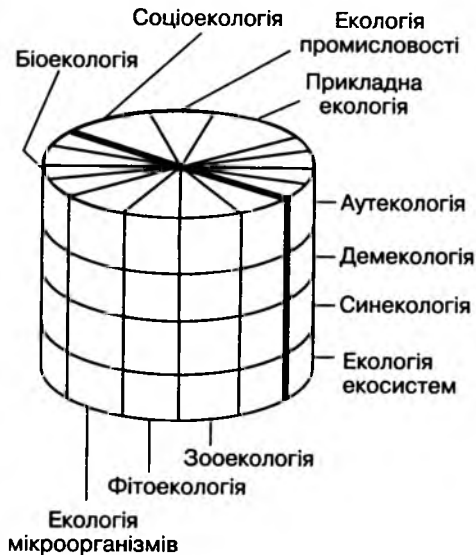


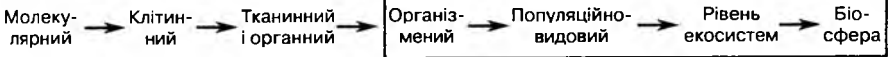
Рис. 1.2. «Шаровий пиріг» екології

біологію, морфологію, фізіологію, генетику, теорію еволюції, біологію розвитку, екологію та ін., що вивчають основні властивості життя і не обмежуються дослідженням окремих груп організмів. Якщо розріжемо цей «пиріг» по вертикалі, то дістанемо «таксономічні» науки, що займаються вивченням природних груп живих організмів, — ботаніку, зоологію, мікробіологію та ін. Кожна з цих наук об'єднує окремі науки, що мають справу з порівняно вузькою групою живих організмів. Відповідно до цього зоологію можна розділити на протозоологію, ентомологію, іхтіологію, орнітологію і т. ін.

Екологія належить до фундаментальних розділів біології і є складовою частиною всього таксономічного підрозділу. Тому можна говорити про екологію рослин, екологію тварин, екологію мікроорганізмів та ін. Розглядаючи більш часткові елементи цих розділів, можна виділити екологію людини, птахів, риб, комах тощо.

У свою чергу, екологія поділяється ще на чотири горизонтальні рівні (рис. 1.2), що відповідають різним рівням біологічної організації: від особи (аутоекологія) через популяцію (демекологія) і співтовариство (синекоелогія) до екосистеми (екологія екосистем) і біосфери (екологія біосфери).

З метою точнішого визначення сфери компетенції екології розглянемо спектр рівнів організації живої матерії. Його можна подати у вигляді такої послідовності:



Сфера компетенції екології простягається від організменого рівня до біосфери, серед яких стрижневим є рівень екосистем. У поле зору екології потрапляють закономірності взаємовідносин і взаємозв'язків окремих особин та їх популяцій між собою і з умовами неорганічного середовища. Екологія розглядає в основному той бік взаємодії організмів із середовищем, який зумовлює розвиток, розмноження та виживання особин, структуру й динаміку чисельності популяцій і співтовариств та їхню роль у біоценозах. Наприклад, фізіолог вивчає залежність від температури процесів, які відбуваються в організмі, а еколог — як впливають зміни температури на інтенсивність розмноження і плодовитість організмів, тривалість їх онтогенезу, на характер трофічних зв'язків, швидкість і напрям біологічних процесів, що беруть участь у колообігу речовин в екосистемах.

Взаємовідносини особин або груп особин того чи іншого виду з умовами середовища є предметом одного з основних розділів загальної екології — *аутекології*. Для еколога важливі ті взаємовідносини, які дають змогу з'ясувати місце і роль досліджуваного виду та зумовлюють найголовніші його зв'язки з іншими належними до екосистеми видами.

Як окремий підрозділ аутекології можна розглядати популяційну екологію (демекологію), завданням якої є вивчення структури й динаміки чисельності популяції окремих видів. Демекологія пов'язана з вирішенням таких проблем, як механізми регуляції чисельності організмів, оптимальна густина і допустимі норми їх відбору з популяції використовуваних видів, наприклад у разі промислового лову, знищення або ослаблення популяцій у випадку боротьби з шкідниками сільського господарства. До аутекології дуже близька *етологія* — наука про поведінку тварин.

Вивченням живої природи на рівні екологічних систем займається *син-екологія*, або *біоценологія*, тобто вчення про співтовариство рослин, тварин і мікроорганізмів, їх взаємодії один з одним і з неорганічним середовищем проживання. Нині біоценологія переросла в науку про екосистеми, яку стосовно до біоценозів суші називають *біогеоценологією*.

Прикладна екологія охоплює такі підрозділи, як раціональне використання природних ресурсів, охорону навколишнього природного середовища, науки про соціально-економічні фактори впливу на довкілля та науки про техногенні фактори його забруднення. До розділу наук про соціально-економічні фактори впливу на довкілля (*соціоекологія*) належать такі підрозділи, як екологічна освіта, екологічне право, екологія народонаселення, урбоекологія, екологічний менеджмент, екологічний аудит, міжнародна та національна екополітика тощо. До розділу наук про техногенні фактори забруднення навколишнього природного середовища (*техногенна екологія*) належать екологія промисловості, енергетики,

агроекологія, екологічні проблеми транспорту, військово-промислового комплексу, космосу, рекреаційної справи тощо. Кожний з цих розділів поділяється на підрозділи. Зокрема, екологія промисловості об'єднує такі підрозділи, як екологічні проблеми хімічної, металургійної, паливної, електричної, машинобудівної, легкої, лісгосподарської промисловості та будматеріалів, харчових виробництв тощо. Агроекологія поділяється на агрохімічну й меліоративну екологію та екологію тваринництва.

Екологічні проблеми харчових виробництв пов'язані з вирішенням завдань запобігання забрудненню харчової продукції шкідливими для здоров'я людини речовинами. До них належать речовини, що потрапляють у продукти харчування у процесі технологічної переробки та транспортування, а також через повітря, воду й ґрунт. Сюди належать також забруднення компонентами пакувальних матеріалів та мікроорганізмами. Для виробництва харчових продуктів треба використовувати такі технології, які завдають мінімальної шкоди довкіллю або не завдають її зовсім. Однак чи можна розглядати екологічні проблеми транспорту, харчових виробництв та інші розділи як складові прикладної екології? Так, у цьому випадку йдеться не про одне окреме виробництво, а про всі виробництва харчової галузі, які вирішують спільну проблему разом з іншими галузями промисловості зокрема і антропогенної діяльності загалом. Підсумовуючи, можна сказати, що прикладна екологія має на меті забезпечення стійкої динамічної природної рівноваги в біосфері (космосі), здатної до самовідновлення та саморегулювання.

Тематика екології часто перетинається з тематикою інших галузей біології: фізіології, генетики, біофізики, теорії еволюції тощо. Це визначає формування багатьох проміжних і синтетичних напрямів, таких як цито-екологія, екологічна фізіологія, продукційно-енергетична екологія, еволюційна екологія та ін.

Екологія тісно переплітається з небіологічними науками — фізикою, хімією, геологією, географією та ін. Екологічний підхід до вирішення географічних і фізико-географічних проблем наочно виявляється в гідробіології: вивчення сукупності організмів, які населяють товщу води і дно, проводять разом з дослідженнями різних факторів води, припливно-відпливних явищ, циркуляції водяних течій тощо.

На стику з геологією і палеонтологією виникла палеоекологія, яка відтворює екологічні зв'язки вимерлих видів рослин і тварин на основі будови викопних форм та умов їх захоронення. В результаті поєднання екологічного підходу з принципами ландшафтознавства з'явилась екологія ландшафту — напрям, який тісно пов'язаний з проблемами раціонального використання, відтворення та охорони природних ресурсів. Впровадження в екологію принципів термодинаміки створило продукційно-енергетичну екологію, яка досліджує закономірності розсіювання потоку енергії в трофічних ланцюгах. Залучення даних про вплив живих організмів на кору вивітрювання сприяло створенню В. В. Докучаєвим сучасного ґрунтознавства.

1.4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ЯК РОЗДІЛ ЕКОЛОГІЇ

Охорону навколишнього середовища розглядають зазвичай як комплекс міжнародних, державних, регіональних, локальних, адміністративно-господарських, технологічних і громадських заходів, спрямованих на збереження та забезпечення раціонального природокористування, відновлення, охорону та примноження природних ресурсів для блага людського суспільства і підтримання біологічної та екологічної рівноваги біосфери. Вчені західних країн розрізняють, як правило, науку екологію і науки про навколишнє середовище. Екологія вивчає групи факторів середовища, які впливають на організми: абіотичні (неживої природи — температура, вологість повітря й ґрунту, світло, хімічний склад атмосфери, води, ґрунту та ін.), біотичні (різні внутрішньовидові та міжвидові відносини організмів у природному угрупованні) і антропогенні (вплив діяльності людини на живу природу). Охорона природи розглядає тільки третій фактор — вплив людини на середовище, який, проте, не в усьому збігається із загальноекологічним підходом.

Охорона природи — і ширша, і вужча від розділу екології, що досліджує вплив антропогенного фактора на природу: вужча — тому що аналізується не будь-яка дія, а лише та, наслідок якої може мати значення для життя людського суспільства; ширша — оскільки розглядається вплив антропогенного фактора не лише на органічний світ, а й на неживу природу. Відмінність між екологією і охороною природного середовища полягає ще й у масштабах досліджуваних об'єктів. Якщо охорона навколишнього середовища розглядає вплив факторів на рівні мікро- та мезоекосистем, то екологія — на рівні біосфери. Однак це збільшення масштабу не призводить до зміни мети, об'єкта, предмета й методу дослідження, воно лише розширює його межі.

Спочатку сформувалася загальна екологія як розділ загальної біології. Далі сформувалася охорона навколишнього природного середовища в результаті технічного розвитку антропогенезу. Проте між ними існував розрив, і лише екологія поєднала ці два розділи науки і стала їх спільною теоретичною базою. Нині формується новий напрям — екологія техногенних екосистем. Його правильніше було б назвати «Техногенна безпека біосфери». Метою останнього є дослідження генезису забруднень біосфери внаслідок розвитку техногенних процесів різних виробництв та запобігання цим забрудненням.

1.5. ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН В УКРАЇНІ

До недавнього часу розвиток людського суспільства і самоочищення навколишнього природного середовища від техногенних забруднень перебували в динамічній екологічній рівновазі. Проте останніми роками інтенсивне зростання населення планети, надзвичайно інтенсивний розвиток промисловості, сільського й комунального господарства та інші чинники антропогенної дії на навколишнє природне середовище, незва-

жаючи на колосальні екологічні резерви біосфери, призвели до різних негативних наслідків, з якими біосфера впоратися не здатна. Насамперед це стосується забруднення біосфери хімічними речовинами — ксенобіотиками (не властивими природі), порушення природних геохімічних циклів, а також інтенсивного, нерационального використання природних ресурсів, що перешкоджає природі самовідтворювати відновні ресурси. Невідновні ресурси вичерпуються швидше, ніж людське суспільство здатне перебудувати власну економіку, власну господарську діяльність. Екологічна ситуація в Україні характеризується як кризова. Цьому сприяють структурні деформації господарства, за яких перевага віддавалась сировинно-видобувним галузям промисловості, використання значною мірою енерго- та ресурсомістких технологій без будівництва ефективних очисних споруд.

Серед головних причин, що призвели до незадовільного стану довкілля, можна назвати такі:

- застарілі технології виробництва з високою енерго- та матеріаломісткістю, що перевищують у два-три рази відповідні показники в розвинутих країнах;
- високий рівень концентрації промислових об'єктів у деяких регіонах;
- відсутність ефективних природоохоронних технологій (зворотних систем водозабезпечення, очисних споруд тощо), незадовільний рівень експлуатації існуючих природоохоронних споруд;
- відсутність ефективного правового й економічного механізмів, які сприяли б використанню екологічно безпечних технологічних процесів.

Найбільшими забрудниками атмосферного повітря є підприємства теплоенергетики, які викидають близько 29 % усіх шкідливих забруднень. Теплоенергетика сприяє також значному забрудненню земель унаслідок накопичення великої кількості таких відходів, як золи, шлаки та пил. Металургійна промисловість разом із суміжними та допоміжними виробництвами є однією з найбільш «забруднювальних» галузей промисловості. Її викиди становлять 38 % загальної кількості забруднювальних речовин. Підприємства нафтохімічного комплексу у великій кількості викидають у довкілля вуглеводні, гідрогенсульфід (сірководень), сульфатну кислоту, ртуть, сполуки флуору та ін.

Висока концентрація в окремих регіонах хімічних та нафтохімічних підприємств призвела до значного забруднення джерел водопостачання. Хімічні підприємства викидають у відкриті водойми близько 70 млн м³ неочищених або недостатньо очищених стоків, утворюють великі обсяги відходів, серед яких значна кількість — токсичні.

Підприємства нафтогазового комплексу за рівнем шкідливого впливу на довкілля вважають об'єктами підвищеного екологічного ризику. Вони є потенційними джерелами забруднення, що може статися в разі порушення технологічних режимів роботи устаткування або аварій.

Україна з її багаторічною енергетично-сировинною спеціалізацією та низьким технологічним рівнем промисловості належить до числа країн з

найвищими абсолютними обсягами утворення та накопичення відходів. Щороку в поверхневих сховищах складається понад 1,5 млрд т твердих відходів. У різних звалищах, шламосховищах, відвалах і териконах нагромаджено понад 20 млрд т відходів, які займають близько 130 тис. га земель. Значна кількість відходів (до 90 %) утворюється на підприємствах гірничодобувної промисловості під час розробки родовищ та збагачення корисних копалин. На сьогодні утилізують лише третину загальної кількості відходів. При цьому частка вторинної сировини в загальному споживанні ресурсів не перевищує 15 %.

До категорій високоотоксичних належать до 2 % усіх промислових відходів. Однак до цього часу в Україні не збудовано жодного спеціалізованого підприємства з переробки таких відходів. Ця проблема ускладнюється ще й тим, що не існує організованої належним чином системи збирання та зберігання токсичних відходів, немає техніки й обладнання, бракує моніторингового контролю якості стічних вод та заохочення підприємств самостійно вирішувати власні екологічні проблеми. Тому часто токсичні відходи, наприклад гальванічні шлами та промивні води, в значних обсягах потрапляють у каналізаційні стоки.

Порушення норм якості води досягло рівнів, що призводять до деградації водних екосистем, зниження продуктивності водойм. Значна частина населення країни вживає неякісну воду, що загрожує здоров'ю нації. Втрати свіжої води на одиницю виробленої продукції перевищують показники розвинених країн Європи в 2,5—4,5 рази.

Поверхневі води України належать здебільшого до дуже забруднених. Найбільш забруднені ріки — Дніпро, Сіверський Донець і ріки Приазов'я. Чорне море, відоме своїми рибними багатствами, за останні тридцять років перетворюється на стічну яму для половини Європи. До основних забруднювальних речовин належать нафтопродукти, феноли, сполуки фосфору, нітрогену, меркурію, важких металів тощо. Безкиснева зона, яка у 1973 р. займала площу 3,5 тис. км², нині розширилась до 50 тис. км², що становить понад 10 % усієї акваторії Чорного моря. З 26 видів риб, які виловлювали рибалки в 60-ті роки, залишилось лише п'ять. Комерційний вилів скумбрії проводився востаннє в 1965 р. Загальні втрати риби становлять близько 5 млн тонн. Поки що виживає риба, яка тримається біля поверхні (анчоуси й кілька). Чорне море перебуває на межі загибелі.

Основними джерелами забруднення поверхневих вод є скидання неочищених чи недостатньо очищених комунально-побутових і промислових стічних вод, поверхневий стік води з сільськогосподарських угідь та забудованих територій, а також ерозія ґрунтів на водозабірній площі. Це зумовило трансформацію поверхневого природного ландшафту на 80 % поверхні басейну. Негативно позначається на Дніпровській екосистемі розорювання заплавл, що позбавляє водостоки і водойми їх природного захисту.

В Україні здійснюється нераціональне використання природних ресурсів. Розорюваність є найвищою в світі й досягла 56 % території країни і 80 % сільськогосподарських угідь. Це призводить до зниження родю-

чості ґрунтів через їх переушільнення. Значної шкоди завдають земельним ресурсам забруднення ґрунтів викидами промисловості та використання засобів хімізації в аграрному секторі. Понад 40 % органіки, що утворюється в результаті діяльності великих тваринницьких комплексів та птахофабрик, з потенційних виробників органічних добрив перетворюється на джерела забруднення довкілля.

Значного забруднення зазнала велика територія країни після аварії на Чорнобильській АЕС. Радіоактивного забруднення зазнали понад 9 млн га території дванадцяти областей України. З господарського використання вилучено 180 тис. га сільськогосподарських угідь, 150 тис. га лісу, обмежено агропромислове і лісгосподарське виробництво на 256 тис. га. В ході аварійних і дезактиваційних робіт у зоні відчуження створено понад 800 тимчасових могильників радіоактивних відходів. В об'єкті «Укриття» сконцентровано близько 180 т паливовмісної маси сумарною радіоактивністю $7,4 \cdot 10^{17}$ Бк.

Значною проблемою є використання відвалів видобутку корисних копалин та відходів збагачення й переробки мінеральної сировини. Щороку викидається в атмосферу близько 12 млн т забруднювальних речовин. Лише за останнє десятиріччя від промислових викидів загинуло 2,5 тис. га лісових насаджень. Радіаційного забруднення через аварію на Чорнобильській АЕС зазнали 3,3 млн га лісів. Значної шкоди останнім завдають пожежі, тисячі яких щороку виникають на великих лісових площах.

Площа природно-заповідного фонду становить близько 4 % території країни і є недостатнім гарантом збереження й відтворення генофонду рослин і тварин та різноманіття природних екосистем. Під дією антропогенного чинника кількість видів рослин і тварин, що перебувають під загрозою зникнення і занесені до Червоної книги, значно зросла. До неї внесено 151 вид вищих рослин і 85 видів та підвидів тварин (ссавців — 29, птахів — 28, плазунів — 6, земноводних — 4, комах — 18). Забруднення внутрішніх природних водойм, порушення природного гідрологічного режиму, відсутність ефективних рибозахисних пристроїв на водозабірних спорудах негативно позначаються на відтворенні запасів цінних видів риби.

1.6. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОСТІ

Увага вчених-екологів на сучасному етапі зосереджена на вирішенні кількох кардинальних проблем, у яких фокусуються основні напрями і розділи сучасної екології. Успіхи в їх вирішенні значною мірою визначають прогрес усєї екології. Серед цих проблем можна виокремити такі.

1. *Керування продукційними процесами.* Вирішення цієї проблеми спрямоване на розробку заходів раціонального використання природних ресурсів.

2. *Стійкість природних і антропогенних ценозів.* Ця проблема пов'язана з теорією сукцесій, питаннями видового різноманіття та специфіки ценотичних зв'язків. Дослідження цієї проблеми дають змогу в майбутньому створити принципово нові природно-господарські екосистеми, в яких

мають превалювати ознаки стабільності, стійкості та максимальної ефективності продукційного процесу.

3. *Регуляція чисельності популяцій.* Ця проблема лежить в основі розробки комплексу заходів, спрямованих на керування динамікою чисельності шкідників лісового і сільського господарства, носіїв хвороб сільськогосподарських тварин і людини, а також чисельності промислових видів та видів, які розводять. На результатах цих досліджень ґрунтується планування масштабів промислу, прогнозування результатів відбору особин з популяцій у різних умовах. Ці питання мають першочергове значення для рибного господарства.

4. *Екологічні механізми адаптації до середовища.* Результати таких досліджень зумовлюють успіхи освоєння людиною екстремальних ландшафтів — високогірних, пустельних, арктичних тощо.

5. *Екологічна індикація.* Вирішення цієї проблеми пов'язане з потребами різних галузей промисловості, сільського господарства, морського промислу, а також з необхідністю збереження середовища проживання людини. Завдання екологічної індикації — визначення властивостей тих чи інших компонентів і елементів ландшафту та встановлення напрямів їх змін за видовим складом організмів, що проживають у цих умовах. Екологічну індикацію використовують для діагностики типів ґрунтів і напрямку змін ґрунтоутворювального процесу, для визначення якості води й повітря, пошуку корисних копалин, особливо розсіяних, які не можна визначити за допомогою геологічних і геофізичних методів.

6. *Екологізація виробництва.* Вирішення цієї проблеми пов'язане з виробництвом екологічно безпечної продукції при мінімальних витратах природних ресурсів (сировини, енергії, палива та інших матеріалів) з утворенням мінімальної кількості неутилізованих та розсіяваних відходів, які не порушують функціонування природних екосистем та біосфери загалом.

Крім наведених вище кардинальних проблем, можна виокремити низку конкретних практичних завдань, які слід вирішувати за участю екологів. Серед них варто насамперед назвати такі.

1. *Відновлення порушених екосистем.*

2. *Оздоровлення ландшафту,* тобто розробка заходів з метою попередження загрози захворювання людей у результаті поширення різних захворювань у природному ландшафті.

3. *Збереження еталонних ділянок біосфери.*

4. *Утилізація комунально-господарських відходів міст.*

5. *Перехід від промислу до господарства,* тобто розроблення принципів і стратегії переходу від «збору» до високопродуктивного землеробства, від «мисливства» до культурного господарювання, якими, наприклад, є напіввільне і вільне розведення промислових тварин та їх повне приручення; створення аквакультур риб і промислових безхребетних тварин, потужних риборозвідних комплексів тощо.

6. *Забезпечення ефективності техногенної безпеки біосфери* від забруднень унаслідок господарської діяльності людей.

Згідно з програмою Організації Об'єднаних Націй з проблем навколишнього природного середовища (ЮНЕП) усю різноманітність глобальних екологічних проблем можна розподілити за такими напрямками:

- зміна атмосфери й клімату;
- зміна гідросфери;
- зміна літосфери; проблеми, пов'язані з використанням земної поверхні, а також з видобутком і використанням корисних копалин;
- зміна біоти;
- зміни в сільському й лісовому господарстві;
- демографічні проблеми, в тому числі проблеми виробництва продуктів харчування;
- урбанізація, проблеми населених пунктів;
- вплив навколишнього середовища та його змін на здоров'я людей;
- проблеми розвитку промислового виробництва;
- проблеми, пов'язані з виробництвом і споживанням енергії;
- проблеми, пов'язані з розвитком транспорту;
- проблеми розвитку природоохоронної освіти й розуміння громадськістю проблем навколишнього середовища;
- проблеми, пов'язані з впливом на навколишнє середовище воєн та їх можливі екологічні наслідки.

Отже, досягнення екології пов'язані з вирішенням низки найактуальніших завдань сучасності. Екологічні принципи поступово проникають у більшість проблем діяльності людини. Зокрема, досягнення сучасної екологічної науки треба враховувати при створенні штучних екосистем, оволодінні глибинами Світового океану й Космічного простору, розвитку будівництва міст майбутнього, створенні автоматичних виробничих комплексів зі штучним мікрокліматом, розробці планів господарювання із забезпеченням раціонального природокористування.

КОДЕКС ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕТИКИ СПЕЦІАЛІСТА

Перед загрозою всесвітньої екологічної катастрофи людство врешті-решт збагнуло, що воно існує й розвивається завдяки природі. Тому від природи потрібно не безмежно брати, а тісно з нею співіснувати, постійно дбаючи про її відновлення та самовідтворення з метою забезпечення існуючої стійкої динамічної біологічної та екологічної рівноваги. Вся діяльність людства має бути спрямована на розвиток гармонійного співіснування з Матір'ю-Природою. Для всіх інженерів, зайнятих професійною діяльністю, Всесвітня федерація інженерних організацій розробила Кодекс екологічної етики. Сім заповідей, що входять до цього кодексу, мають стати своєю «клятвою Гіппократа» для інженерів, які беруться за активне опанування рідного Дому — планети Земля.

- Повною мірою використовуючи свої здібності, виявляйте сміливість духу, ентузіазм і самовідданість у досягненні найвищих технічних результатів, які сприятимуть розвитку людства.

- Досягайте кінцевої мети вашої роботи за якомога меншого споживання сировини й енергії з мінімумом відходів і будь-яких забруднень.
- Особливу увагу приділяйте осмисленню наслідків ваших пропозицій і дій: умисних і випадкових, поточних і довгострокових, враховуючи при цьому їхній вплив на здоров'я людей, додержання соціальної справедливості та прийнятої системи цінностей.
- Ретельно вивчайте навколишнє середовище, на яке буде спрямовано вплив; аналізуйте всі зміни, що можуть виникнути в екосистемах, вибирайте оптимальне з еколого-економічного погляду вирішення.
- Сприяйте вжиттю заходів для відновлення і, якщо можливо, поліпшення стану навколишнього середовища. Включайте ці заходи до ваших розробок.
- Відхиляйте будь-які пропозиції, що завдають шкоди природі, приймайте найкраще соціальне й політичне рішення.
- Пам'ятайте, що принципи взаємозалежності екосистем, збереження ресурсів та взаємної гармонії є основою нашого подальшого існування, вони — межа, яку переступати не можна.



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) пояснити зміст і значення курсу загальної екології загалом і прикладної зокрема;
- 2) знати історію розвитку екології;
- 3) перелічити завдання та проблеми сучасної екології;
- 4) пояснити зв'язок екології з охороною навколишнього природного середовища та іншими науками;
- 5) схарактеризувати екологічний стан в Україні;
- 6) керуватися в повсякденній роботі Кодексом екологічної етики спеціаліста.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. У чому полягають завдання загальної теоретичної (біоекології) і прикладної екології? Наведіть приклади.
2. Які основні етапи можна виділити у формуванні науки «екологія»? Який внесок українських учених у становлення цієї науки?
3. Як пов'язана екологія з біологічними та іншими науками?
4. На які рівні організації живої матерії поширюється компетенція екології?
5. Який структурний склад екології і які питання вивчає кожний із структурних підрозділів?
6. Що є спільного і в чому полягає відмінність між загальною екологією та її підрозділом «Охорона навколишнього природного середовища»? Відповідь поясніть на прикладах.
7. Схарактеризуйте екологічний стан в Україні та сформулюйте основні завдання щодо поліпшення екологічної ситуації в країні.
8. Що призвело до екологічної кризи в Україні?
9. Сформулюйте екологічні проблеми сучасності. Вирішення яких завдань вони потребують?

ЕВОЛЮЦІЯ БІОСФЕРИ ТА АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

2.1. ВСЕСВІТ І ЗЕМЛЯ

Всесвіт

Під Всесвітом ми розуміємо все, що нас оточує: Сонце і планети Сонячної системи — Меркурій, Венера, Земля, Марс, Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон та супутник Землі — Місяць, зірки та їх сполучення, газові хмари і галактики. Всесвіт нескінченний у просторі і часі. Найбільшим об'єктом Всесвіту є галактики, що є зоряними системами, в яких налічують сотні мільярдів зірок. До складу нашої Галактики входить близько 150 млрд зірок, у тому числі Сонце. Схожим на нашу Галактику є скупчення зірок Туманність Андромеди. Галактики та їх сукупності перебувають у постійному русі. Також постійно рухаються і планети Сонячної системи нашої Галактики. Зірки — розжарені тіла, що випромінюють світло.

Наша планета Земля, на якій ми живемо, рухається навколо Сонця з швидкістю 30 км/с. Її орбіта наближається до правильного кола діаметром близько 300 млн км. Навколо Сонця рухаються всі інші планети Сонячної системи. Найближчими планетами до Землі є Венера і Марс. Планетою земної групи певною мірою вважають супутник Землі — Місяць, який знаходиться на відстані 874 тис. км від неї. Його середній радіус дорівнює 1738 км. Маса Місяця становить 1/82 маси Землі, на ньому немає води і атмосфери. За сучасними уявленнями, життя існує тільки на одній планеті Сонячної системи — Землі. На всіх інших планетах умови непридатні для життя.

На Землю падає сонячне випромінювання потужністю 1,36 кВт на квадратний метр поверхні, або 200 000 млрд кВт на всю поверхню земної кулі. Більшу частину цієї енергії Земля відбиває в космічний простір. Завдяки рівновазі між поглинутою і відбитою сонячною енергією на Землі підтримується більш-менш стала температура, за якої існує життя. Вчені підраховали, що енергія Сонця, накопичена у водні, дає йому змогу світити з нинішньою інтенсивністю близько 100 млрд років. Проте, якщо врахувати, що Сонце складається тільки на 70 % з водню і що ядерна реакція починає затухати при витратах 20 % ядерного палива, то Сонце може існувати близько семи мільярдів років.

Земля

За даними сучасної науки, розміри Землі такі: екваторіальний радіус — 6 378 245 м, полярний радіус — 6 356 863 м, площа поверхні — 510 млн км², об'єм — 10⁹ км³. Земля має форму геоїда (дослівно означає «землеподібний»), який стиснутий з полюсів і меншою мірою — по екватору. Маса Землі дорівнює $5,98 \cdot 10^{24}$ кг, щільність порід — 5520 кг/м³ і щільність більшості поверхневих порід — 2500—3000 кг/м³. У центрі Землі надзвичайно великий тиск — 3,5 млн МПа. Ядро Землі, як вважають учені, складається із заліза, тому наша планета має магнітні властивості. Магнітне поле Землі неодноразово змінювало свій напрям і її магнітні полюси не збігаються з географічними. Магнітне поле Землі утворює *магнітосферу* — ділянку навколосемного простору, в якому напруженість її електромагнітного поля перевищує напруженість такого самого поля космічного простору. Спостерігаються закономірні зміни магнітного поля, а також відомі магнітні бурі, які починаються раптово і можуть тривати кілька діб.

На планеті Земля розрізняють кілька геосфер: літосферу, гідросферу, атмосферу (рис. 2.1).

Літосфера (грец. «літос» — камінь) — зовнішня тверда оболонка земної кулі, складається з осадових, вивержених і метаморфічних порід. Товщина літосфери на континентах і під океаном різниться і становить у середньому відповідно 25—200 і 5—100 км. Земля складається з трьох оболонок — кори, мантії та ядра. Мантія і ядро поділяються на внутрішні й зовнішні частини. Земна кора — тонка верхня оболонка Землі, яка має товщину на континентах 40—80 км, під океаном — 5—10 км і становить близько 1 % маси Землі.

Температура на поверхні Землі змінюється від 100 °С (пустелі) до -70...-80°С (Антарктика). З глибиною температура поступово стабілізується і на певній глибині від поверхні є пояс сталої температури, що дорівнює середньорічній температурі місцевості. Нижче від поясу сталої температури під впливом внутрішньої теплоти Землі температура поступово підвищується на 1 °С на кожні 33 м глибини.

Основні елементи Земної кори — кисень, силіцій, водень, алюміній, залізо, магній, кальцій і натрій, які утворюють 95 % її маси. На континентах земна кора має три прошарки: верхній — осадові породи, середній — граніти, гнейси, лабрадорити і габро, нижній — базальти. Під океанами два



Рис. 2.1. Геосфера Землі

прошарки: осадові породи, що залягають на базальтах. Літосфера є середовищем усіх мінеральних ресурсів. У верхній частині континентальної земної кори утворені ґрунти. Залежно від кліматичних і геолого-географічних умов ґрунти мають товщину від 15—25 см до 2—3 м.

Атмосфера (грец. «атмас» — пара) — це газова оболонка Землі, маса якої становить $5,15 \cdot 10^{15}$ т. Упродовж трьох мільярдів років з часу виникнення атмосфери її склад і властивості неодноразово змінювалися, однак упродовж останніх 50 млн років, за припущенням учених, вони стабілізувалися. Якби атмосфери не існувало, то коливання добової температури сягали б ± 200 °С. Атмосфера простягається вгору на 100 км. В ній виділяють тропосферу, стратосферу, мезосферу, іоносферу та екзосферу. Крім того, за хімічним складом атмосферу Землі поділяють на нижню (до 100 км) — гомосферу, яка має склад, подібний до приземного повітря, і верхню — гетеросферу неоднорідного хімічного складу.

Тропосфера (грец. «троп» — зміна) — це нижня частина атмосфери, яка прилягає до літосфери і в якій знаходиться понад 80 % усієї маси. Її висота визначається інтенсивністю вертикальних потоків повітря, зумовлених нагріванням земної поверхні. Тому на екваторі її висота сягає 16—18 км, у помірних широтах — до 10—11 км, а на полюсах — до 8 км. З висотою температура повітря закономірно знижується в середньому на 0,6 °С на кожні 100 м і на висоті 10—15 км досягає $-60...-70$ °С. Цей шар атмосфери істотно впливає на клімат Землі. У ньому містяться значні маси води (у вигляді водяної пари і хмар), пилу й диму, що переміщуються повітряними потоками на великі відстані.

Стратосфера (лат. stratum — шар) знаходиться вище від тропосфери і простягається на висоту 50—55 км над Землею. У ній міститься озоновий шар (25—40 км). Вміст озону в атмосфері є до 70 км. Завдяки наявності озонового шару температура в стратосфері зростає залежно від висоти до 1000 °С.

Мезосфера (грец. «мезос» — середній) — шар атмосфери, верхня межа якого сягає висоти 80 км. Головна її особливість — зниження температури до $-75...-90$ °С (за деякими даними до -120 °С) у її верхній частині. Тут фіксують сріблясті хмари, що складаються з кристаліків льоду.

Іоносфера (термосфера; грец. «термес» — теплий) розміщується на висоті понад 80 км. Температура в цій зоні значно підвищується (понад 1000 °С). Під дією ультрафіолетового випромінювання Сонця газів перебувають у йонізованому стані. З йонізацією пов'язане світіння газів і виникнення полярного сяйва. Іоносфера має здатність багаторазово відбивати радіохвилі (електромагнітні хвилі), що забезпечує дальній радіозв'язок на Землі.

Екзосфера (магнітосфера) оточує Землю на висоті понад 800 км. Її товщина сягає 200—300 км, а температура перевищує 2000 °С. Швидкість руху газів наближається до критичної величини — 11,2 км/с. У ній переважно містяться атомарний водень і гелій, які утворюють навколо Землі корону, що поширюється на висоту 20 тис. км.

Атмосфера Землі відіграє величезну роль в існуванні біосфери. Проте не менш важливе значення для життя, зокрема процесів його зародження й розвитку, має водна оболонка Землі — гідросфера.

Гідросфера (грец. «гідор» — вода) — це водна оболонка Землі, до якої належать Світовий океан, води суші (ріки, озера, болота, льодовики) та підземні води. На частку Світового океану припадає 631 млн км² поверхні земної кулі, тобто 70,8 %. Температура океанської і морської води постійно змінюється як на поверхні, так і в глибині, і залежить переважно від клімату й погоди. В екваторній зоні вона становить близько 30—35°C, а в полярних морях знижується до 0...–2 °С. Велика маса океанічних вод, які перебувають у постійному русі завдяки неоднаковій інтенсивності прогрівання поверхні на різних широтах, має велике значення для формування клімату та інших екологічних факторів. Океанічні й морські води мають приблизно однаковий хімічний склад. Крім солей у морській воді розчинені гази (оксид карбону (IV), кисень, азот). Загальну кількість води на планеті оцінюють від 1,5 до 2,5 млрд м³. На один гектар земної поверхні припадає 30—50 млн м³ води. Об'єм підземних вод становить близько 60 млн км³. На частку льодовиків припадає 1,74 % загальних запасів води на планеті і 68,7 % — загальних запасів прісної води, об'єм яких перевищує 35 млн км³.

Гідросфера не є суцільною, оскільки в багатьох місцях її переривають материки і континенти, що виступають над рівнем Світового океану. На земній поверхні протікають сотні тисяч річок, що поповнюються дощовими опадами і підземними водами. Річки займають загальну площу 148,2 млн км², але об'єм води не перевищує $1,2 \cdot 10^3$ км³, що становить 0,0001 % загального запасу і 0,006 % запасу прісної води. Води в атмосфері приблизно в 12 разів більше, ніж у річках Землі, — $1,4 \cdot 10^4$ км³.

2.2. ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Походження життя

Згідно з уявленнями О. Опаріна і Дж. Холдейна, на початку геологічної історії під впливом сонячної радіації, вулканічної теплоти, розрядів блискавок та інших факторів у водах первісного Світового океану відбувся абіогенний синтез органічних сполук і біополімерів з простих хімічних сполук. Складні молекули амінокислот об'єднувалися в пептиди, які були початком утворення первинних білків. З останніх синтезувалися первісні живі організми мікроскопічних розмірів.

Ця гіпотеза, як і багато інших їй подібних, має істотний недолік, який полягає в тому, що до останнього часу немає жодного факту, який би підтвердив можливість абіогенного синтезу на Землі хоча б найпростішого живого організму з неорганічних сполук. Нині серед учених широко підтримується принцип Реді: «Живе — лише від живого». Не підтверджують цієї гіпотези й геологічні дослідження. Палеонтологи виявили в

породах, вік яких 3,8 млрд років і близький до часу утворення планети Земля (4 — 4,5 млрд років тому, за сучасними оцінками), викопні рештки досить складних організмів — бактерій і синьозелених водоростей. В. Вернадський вважав, що життя — така сама вічна основа Космосу, якими є матерія та енергія. Земна форма життя тісно пов'язана з гідросферою. Про це свідчить той факт, що вода є основною складовою маси будь-якого земного організму. Так, маса людини більш ніж на 70 % складається з води.

Отже, всі відомості, якими на сьогодні володіє наука, стверджують, що життя на Землі виникло з початку її існування «від всепроникної загальногалактичної живої системи» (Ч. Вікрамасінхе).

Біосфера

Біосфера (грец. «біос» — життя, «сфера» — сфера, куля) — уявна оболонка Землі, до якої належать частини атмосфери, гідросфери і літосфери, заселені живими організмами. З усіх сфер Землі літосфера і гідросфера найтісніше пов'язані з життям. Так, осадові породи Світового океану і ґрунти літосфери є сумішшю живої й неорганічної речовин. Ця суміш спостерігається в усіх сферах Землі і утворює найактивнішу півку життя, яку називають біосферою. Остання охоплює верхню частину літосфери, всю гідросферу і нижню частину атмосфери — тропосферу (див. рис. 2.1). Нижня межа життя проходить літосферою на глибині 2—3 км, верхня — на верхній частині тропосфери — 20—22 км. Межі біосфери зумовлюються певними факторами. Важливою причиною нерівномірного розміщення живих організмів в атмосфері є наявність сил гравітації та космічне випромінювання. Існуванню живих організмів на великих глибинах літосфери заважає висока температура земних надр. У гідросфері живі організми зустрічаються і на максимальних глибинах.

Центральною ланкою біосфери є живі організми, в тому числі людина. Перші уявлення про біосферу як «зону життя» належать французькому натуралісту Ж. Б. Ламарку (1802). Термін «біосфера» вперше запропонував у 1875 р. австрійський геолог Е. Зюсс. Науково обґрунтував учення про біосферу в 1926 р. видатний український учений, засновник і перший президент Академії наук України В. І. Вернадський. Він довів, що живі організми мають вирішальний вплив на всі геологічні процеси, які формують обличчя Землі. Саме життєдіяльністю живих організмів зумовлюється хімічний склад атмосфери, концентрація солей у гідросфері, утворення й руйнування гірських порід, утворення ґрунтів тощо. Живі організми не тільки пристосовуються до умов зовнішнього середовища, а й активно їх змінюють.

Усю сукупність живих організмів у біосфері В. І. Вернадський назвав «живою речовиною», яка складає єдину термодинамічну систему (оболонку, простір) та в якій зосереджується життя і відбувається постійна взаємодія всього живого з абіотичними умовами середовища. Як основні харак-

теристики живої речовини він розглядав масу (біомасу), хімічний склад і енергію.

Основними компонентами біосфери є:

- 1) жива речовина — рослини, тварини та мікроорганізми;
- 2) біогенна речовина — органічні та органомінеральні продукти, створені живими організмами впродовж геологічної історії: кам'яне вугілля, горючі сланці, торф, нафта та ін.;
- 3) нежива (косна) речовина — гірські породи неорганічного походження і вода, які є субстратом або середовищем для проживання живих організмів;
- 4) біокосна речовина — результат синтезу живої та неживої речовин: осадові породи, кора вивітрянання, ґрунти, мули (підводні ґрунти);
- 5) радіоактивне, електромагнітне та інші види випромінювання; космічна речовина (метеорити та ін.).

Згідно із *законом фізико-хімічної єдності живої речовини* (сформульованим В. І. Вернадським), уся жива речовина має єдину фізико-хімічну природу.

На основі узагальнення досліджень у геології, палеонтології, біології та інших природничих науках В. І. Вернадський дійшов висновку, що в біосфері «встановилася рівновага в основних своїх рисах ... з археозою і незмінно діє впродовж 1,5—2 млрд років». Стійкість біосфери за цей час виявляється в сталості загальної маси (10^{19} т), енергії, зв'язаної живою речовиною ($4,21 \cdot 10^{18}$ кДж), і середнього хімічного складу всього живого. До унікальних особливостей живої речовини, які зумовлюють високу перетворювальну діяльність, належать такі.

1. Здатність швидко освоювати весь вільний простір. Це пов'язано як з інтенсивним розмноженням, так і здатністю організмів інтенсивно збільшувати поверхню свого тіла або утворюваних ними співтовариств.

2. Рух не тільки пасивний (під дією гравітаційних сил тощо), а й активний. Наприклад, проти течії води, сили гравітації, руху повітряних потоків тощо.

3. Стійкість за життя і швидке розкладання після смерті (включення в колообіги).

4. Висока здатність пристосовуватися (адаптація) до різних умов і в зв'язку з цим освоєння не лише всіх середовищ життя (водного, наземно-повітряного, ґрунтового й організменого), а й досить важких за фізико-хімічними параметрами умов.

5. Надзвичайно велика швидкість перебігу реакцій. Вона на кілька порядків (у сотні, тисячі разів) більша, ніж у неживій речовині. Наприклад, гусінь деяких комах переробляє за день поживи в 100—200 разів більше за масу їхнього тіла. Дощові черв'яки за 100—200 років пропускають через свої організми весь однометровий шар ґрунту. За уявленнями В. І. Вернадського, практично всі осадові породи завтовшки до 3 км на 95—99 % перероблені живими організмами. Навіть такі колосальні запаси води, що містяться в біосфері, розкладаються в процесі фотосинтезу за 5—6 млн

років, карбонатна кислота проходить через живі організми в процесі фотосинтезу кожні 6—7 років.

6. Висока швидкість оновлення живої речовини. Підраховано, що в середньому для біосфери оновлення живої речовини становить 8 років, тоді як для суші — 14 років, а для океану, де переважають організми з коротким періодом життя (наприклад, планктон), — 33 доби. В результаті високої швидкості оновлення живої речовини за всю історію існування життя загальна маса живої речовини, яка пройшла через біосферу, приблизно в 12 разів перевищує масу Землі. Тільки незначна її частина (частки відсотка) законсервовані у вигляді органічних решток (за В. І. Вернадським, «пішла в геологію»), решта включилась у процеси колообігу.

Усі перелічені та інші властивості живої речовини зумовлюються концентрацією в ній значних запасів енергії.

Уся діяльність живої речовини в біосфері зводиться до кількох основоположних функцій. Це насамперед *енергетична*, яка пов'язана з накопиченням енергії в процесі фотосинтезу, передавання її по ланцюгу живлення та розсіюванням. *Газова функція* — здатність змінювати й підтримувати певний газовий склад середовища проживання. Так, включення вуглецю в процеси фотосинтезу, а потім у ланцюги живлення зумовлюють акумуляцію його в біогенній речовині (органічні рештки, вапняки тощо). В результаті цього відбувається поступове зменшення вмісту вуглецю та його сполук, передусім оксиду карбону (IV) в атмосфері з десятків відсотків до 0,03 %. Це саме стосується й накопичення в атмосфері кисню, синтезу озону та інших процесів.

Окисно-відновна функція пов'язана з інтенсифікацією під впливом живої речовини процесів як окиснення, завдяки збагаченню середовища киснем, так і відновлення, насамперед у тих випадках, коли відбувається розкладання живих речовин за дефіциту кисню. Відновлювальний процес зазвичай супроводжується утворенням і накопиченням гідрогенсульфіду, а також метану. Це робить нежиттєпридатними глибинні прошарки боліт, а також значні природні товщі вод (наприклад, у Чорному морі).

Концентраційна функція пов'язана зі здатністю організмів концентрувати в своєму тілі розсіяні хімічні елементи. Це сприяє підвищенню їх вмісту порівняно з навколишнім середовищем на кілька порядків. Наприклад, у тілі деяких організмів уміст мангану збільшується в мільйони разів. Наслідком концентраційної діяльності організмів є утворення покладів горючих копалин, вапняків, рудних родовищ тощо.

Деструктивна функція — руйнування організмами та продуктами їх життєдіяльності, в тому числі й після їх смерті, як власне решток органічної речовини, так і косної речовини. Основний механізм цієї функції пов'язаний з колообігом речовин. Найістотнішу роль тут виконують редуценти — деструктори (гриби, бактерії).

Транспортна функція пов'язана з перенесенням речовини та енергії в результаті активного руху організмів. Такі перенесення можуть здійснюватися на великі відстані, наприклад під час міграцій тварин.

Середовищеутворювальна функція значною мірою є інтегративною (результат спільної дії інших функцій). З нею пов'язана зміна фізико-хімічних параметрів середовища. В широкому розумінні результатом цієї функції є все природне середовище, яке створене живими організмами і підтримується ними у відносно стабільному стані в усіх геосферах. У вужчому понятті ця функція виявляється в утворенні ґрунтів, очищенні повітря від забруднень тощо. Серед інтегративних функцій А. К. Запольський виділяє ще одну — *споживально-відтворювальну*, яка визначає швидкість (інтенсивність) процесів життя живої речовини біосфери. Дія цієї функції визначає динаміку споживання та відтворення відновних природних ресурсів, а також стійкість екосистем зокрема та біосфери в цілому. На оптимальних значеннях цієї функції ґрунтується раціональне природокористування, за якого споживання природних ресурсів має прагнути до мінімуму, а відтворення їх — до максимуму.

Розсіювальна функція виявляється через трофічну і транспортну діяльність організмів та в процесі здійснення антропогенних ресурсних циклів. Наприклад, розсіювання речовини при виділенні організмами екскрементів, загибелі організмів під час переміщень у просторі, зміна покривів, перероблення первинної сировини на продукти та їх споживання тощо.

Важливою є також *інформаційна функція* живої речовини, яка виражається в тому, що живі організми та їх співтовариства накопичують певну інформацію, закріплюють її в спадкових структурах і потім передають наступним поколінням. Це один з проявів адаптаційних механізмів.

Біосфера належить до *відкритих систем*, існування якої не уявляється без надходження енергії ззовні. Вона знає дії космічних сил, передусім сонячної активності. А. Л. Чижевський уперше довів, що багато явищ на Землі та в біосфері пов'язані з активністю Сонця. Існує також думка, що сонячна активність діє на різні геологічні процеси (катаклізми, катастрофи), а також на соціальну активність людського суспільства.

Біосфера є *саморегулювальною системою*, для якої, як зазначав В. І. Вернадський, характерна організованість. Цю властивість на сучасному етапі називають гомеостазом, маючи на увазі здатність повертатися у вихідний стан, гасити збурення, що виникають, включенням низки механізмів. Біосфера за свою історію пережила чимало таких збурень, багато з яких були значними за масштабами (виверження вулканів, зустрічі з астероїдами, землетруси, гороутворення тощо). Проте вона справлялася з ними за допомогою гомеостатичних механізмів. Згідно з *законом історичної необоротності*, розвиток біосфери й людства як цілого не може відбуватися від пізніших фаз до початкових, загальний процес розвитку однонаправлений.

Біосфера характеризується великим різноманіттям, що зумовлюється різними середовищами життя (водне, наземне — повітряне, ґрунтове, організмене), різноманіттям природних зон з їх різними кліматичними, гідрологічними, ґрунтовими, біотичними та іншими властивостями, а також наявністю регіонів, які різняться за хімічним складом. Головне полягає в

тому, що в біосфері поєднується величезна кількість елементарних екосистем з властивим їм видовим різноманіттям. На сьогодні описано близько 2 млн видів (приблизно 1,5 млн видів тварин і 0,5 млн — рослин). Гадають, що їх число на Землі в 2—3 рази більше, ніж описано. Не враховано багато комах і мікроорганізмів, що проживають у тропічних лісах, глибинних частинах океанів та інших малодоступних місцях.

Усі функції живих організмів у біосфері можуть виконуватися тільки завдяки їх величезному різноманіттю, яке є основною умовою стійкості будь-якої екосистеми та біосфери загалом (*закон Ешбі*).

Важливою властивістю біосфери є наявність у ній механізмів, які забезпечують колообіг речовин і пов'язану з ним невичерпність окремих хімічних елементів та їх сполук. Якби не було колообігу, за короткий проміжок часу був би вичерпаний основний «будівельний матеріал» — вуглець, який практично один здатний утворювати міжелементні (карбон-карбонові) зв'язки і створювати величезну кількість органічних сполук. Тільки завдяки колообігам та постійному притоку сонячної енергії забезпечується безперервність процесів у біосфері.

В. І. Вернадський сформулював основний *закон константності біосфери*: «Кількість живої речовини є планетною константою з часів архейської ери, тобто за весь геологічний час». Упродовж цього часу живий світ морфологічно безперервно змінювався, але такі зміни помітно не вплинули ні на кількість живої речовини, ні на її середній валовий склад, що пояснюється надходженням сталої кількості сонячної енергії на планету Земля.

Середовище

Середовище — всі тіла і явища, з якими організм має прямі чи опосередковані взаємозв'язки. Сукупність усіх умов, що діють на організм, популяцію чи біоценоз, зумовлюють відповідну реакцію, забезпечують їх існування, обмін речовин та потік енергії. Середовище включає всі екологічні чинники і є складовою біогеосистеми. Розрізняють середовище абіотичне, біотичне і антропогенне. *Абіотичне середовище* — це всі тіла та явища неживої природи, які створюють умови проживання рослинних і тваринних організмів, чинячи на них прямий чи опосередкований вплив. До абіотичного середовища можна віднести материнську природу ґрунту та її хімічний склад і вологість, сонячне світло, воду, повітря, природний радіаційний фон та ін.

Біотичне середовище — сукупність живих організмів, які своєю життєдіяльністю впливають на інші організми. Одні з них можуть бути живленням для інших (трав'яна рослинність — для копитних) або середовищем проживання (хазяїн — для паразита), впливати хімічно, механічно чи іншим чином та сприяти розмноженню (комахи — запилювачі квіткових рослин). На відміну від факторів абіотичного середовища дія факторів біотичного середовища виявляється у взаємному впливі організмів різних видів у найрізноманітніших формах.

Антропогенне середовище — це природне середовище, яке прямо або опосередковано змінене внаслідок антропогенної (людської) діяльності. До антропогенних середовищ належать відкриті родовища, магистральні канали, рекреаційні зони та зони будівництва великих споруд тощо.

Спеціалізована установа ЮНЕСКО, що належить до Організації Об'єднаних Націй, сформулювала визначення *навколишнього середовища*, яке включає комплекс природних, антропогенних та соціальних факторів життя людини. До нього близькі за змістом поняття «техногенне середовище», «промислове середовище», «антропогенне середовище».

Під терміном «середовище життя» розуміють усе сточення, в якому відбувається розвиток живої речовини з неживої матерії. При цьому мається на увазі вся сукупність абіотичних, біотичних та антропогенних факторів, в яких знаходиться особина, популяція, вид чи екосистема. Відносно біосфери під середовищем розуміють усі фактори, які діють на планеті Земля, в тому числі й космічні. До середовища життя людини належать усі зазначені вище фактори, а також соціальні компоненти, що включають соціальні, юридичні та морально-етичні відносини. В останньому випадку виділяють середовище природне та соціальне. *Соціальне середовище* — це сукупність матеріальних, суспільних і духовних факторів існування та діяльності людини.

Важливим параметром оцінки якості середовища є його стійкість, що визначається стабільністю всіх природних факторів, тобто гомеостазом. Різкі відхилення природного середовища від його звичайного стійкого стану розглядаються як стихійне лихо або катастрофа (повінь, урагани, пожежі, виверження вулканів тощо).

Для забезпечення нормальних умов життя живих істот, у тому числі й людини, потрібні умови природного середовища певної якості. Людина як соціальна істота намагається відокремитись від несприятливих факторів і створити власне антропогенне середовище.

Середовище динамічно змінюється під впливом усіх факторів взагалі та живих організмів і людини зокрема. В природоохоронній діяльності поняття «середовище» дещо звужується і здебільшого розглядається дія лише абіогенних та деяких абіотичних факторів. Це не відтворює справжнього стану природного середовища і призводить до небажаних наслідків. При цьому складається ілюзорне уявлення про його стійкість.

2.3. ЕВОЛЮЦІЯ БІОСФЕРИ

Усі еволюційні теорії, зокрема теорія Ч. Дарвіна, ґрунтуються на уявленні про розвиток від простого до складного. В ранньому археї (4—5 млрд років тому), як вважають учені, сформувалася сонячна система, утворилася планета Земля з осадовими та іншими стародавніми твердими породами, відбулася конденсація океану. Атмосфера майже не містила кисню (максимум 0,1 % сучасного вмісту), проте була багата на оксид

карбону (IV), метан та різні сполуки нітрогену, тобто існувала відновна атмосфера.

У ранньому докембрії (2,5—3 млрд років тому) відбулося зледеніння, нашарування покладів заліза. В гідросфері утворилися перші з відомих прокаріотів (імовірно, синьозелені водорості). Вода почала насичуватися киснем, який утворювався за оксидів феруму в аеробному середовищі. Особливих змін склад повітря зазнав у середньому докембрії (приблизно 2 млрд років тому), коли утворилися перші фотосинтезуючі організми і фіксатори азоту (рис. 2.2). Цей процес розвивався до появи через 0,5 млрд років еукаріотів. В результаті значна кількість кисню почала надходити в повітря, яке одночасно збіднювалось на вуглекислий газ.

Припускають, що приблизно 1 млрд років тому в атмосфері вже містилося близько 1 % сучасної кількості кисню, одночасно з'являється атмосферний озон. У цей період важливу роль відіграла фотосинтезуюча активність фітопланктону, який швидко накопичувався в біосфері. В літосфері відбувалася інтенсивна вулканічна діяльність, а також докембрійське зледеніння. Кількість утвореного озону вже була достатньою для затримання надлишку ультрафіолетової сонячної радіації. Це сприяло подальшому розвитку органічного життя в поверхневому шарі вод Світового океану.

Понад 700 млн років тому (палеозойська ера) з'явилися багатоклітинні організми, вміст кисню в атмосфері збільшився до 3—10 % сучасного. Понад 600 млн років тому в біосфері розпочався найважливіший еволюційний процес і заселення материків живими істотами. Першими були нижчі автотрофні рослини. Однак вирішальним, фундаментальним чинником була поява близько 500 млн років тому судинних рослин. Голонасінні рослини з'явилися у девонському періоді (350 млн років тому), квіткові (покритонасінні) рослини та тварини — ссавці — наприкінці юрського періоду (100 млн років тому). Поширення вищих рослин і тварин на суші супроводжувалось різким збільшенням кількості кисню в атмосфері, вміст якого збільшився до 50 % сучасного на початку крейдового періоду.

Сучасна біосфера створилася в результаті тривалої еволюції завдяки сприятливому поєднанню космічних, геохімічних та геофізичних факторів. Однак вирішальну роль відіграв біологічний фактор з появою організмів, здатних здійснювати фотосинтез. Завдяки останньому за наявності сонячної радіації з вуглекислого газу, води та мінеральних елементів синтезувались усі органічні субстанції, які були необхідні для життя. Поява хлорофільних рослин на суші відіграла істотну роль не лише в різкому збільшенні вмісту кисню в атмосфері. Поряд з кліматичними факторами діяльність судинних рослин і тварин була вирішальною в процесі утворення ґрунтів.

Упродовж геологічних періодів значні маси органічних речовин були «напрацьовані» автотрофними організмами. Більша частина органічної продукції не брала участі в колообігу, а накопичувалася в континенталь-

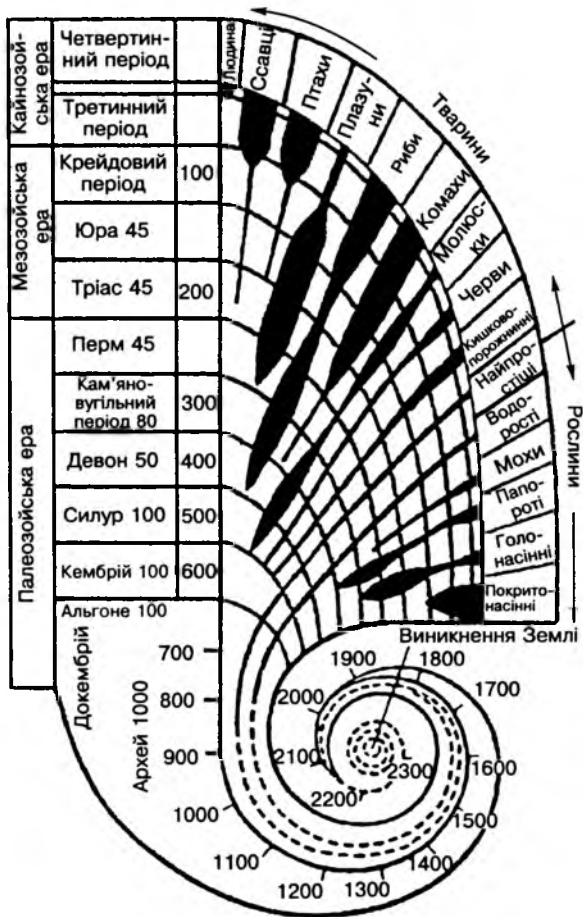


Рис. 2.2. Спіраль часу (за Л. Ф. Кейраном)

них осадових породах і ґрунтах. Свідками масштабності цих явищ є потужні родовища викопного палива (кам'яне й буре вугілля, нафта). Ці родовища створювалися впродовж сотень мільйонів років. Наслідком цього було збіднення первинної атмосфери на вуглекислий газ та збагачення її на кисень. З цієї самої причини весь кисень, вироблений автотрофними прокариотами на початку докембрію, не залишався в атмосфері, а вступав у хімічну взаємодію з мінералами та гірськими породами, які лежали на поверхні. Так утворилися великі поклади залізних руд, вік яких сягає 2 млрд років. Поступово за 2 млрд років безперервної роботи живих організмів змінилися фізико-хімічні умови на земній поверхні, що існували в ранньому археї. Атмосфера, Світовий океан і літосфера, в якій осадові

породи мають багатокілометрову товщину, змінилися в результаті біогеохімічних процесів як за структурою, так і за складом. Можна стверджувати, що всі елементи, які входили до складу живої речовини, беручи участь у численних складних біогеохімічних колообігах, неодноразово побували в різних організмах.

Французький природознавець Ж. Б. Ламарк вважав, що основною рушійною силою еволюції є вплив навколишнього природного середовища. Як установили вчені завдяки розшифруванню генетичного коду, носієм якого є подвійна спіраль ДНК, усі прояви мінливості організмів відбуваються внаслідок порушення генетичної інформації мутагенними факторами (радіація, хімічні речовини тощо). На підставі досягнень генетики можна стверджувати, що еволюція органічного світу відбувається в результаті мутацій, які спричиняють відхилення в генетичному коді під впливом активних мутагенних факторів навколишнього середовища. Якщо нові властивості сприятливі для організму, вони закріплюються природним добром. Проте більшість мутацій несприятлива для організмів. Так, особини, що з'являються на світ після мутагенного впливу радіації та хімікатів, є нежиттєздатними і поступово вироджуються. Загалом процес еволюції можна розглядати як збільшення обсягу генетичної інформації. Так, обсяг генетичної інформації у ссавця в 100 тис. разів більший, ніж у бактерії. Велике значення мають не лише розміри (довжина і маса) генного ланцюжка, а і його структура.

(Отже, в процесі еволюції відбувалося поступове виникнення і розвиток усе більш високоорганізованих рослин і тварин.)

2.4. ЕВОЛЮЦІЯ ЛЮДИНИ

Сучасні дослідження антропологів підтверджують думку Ч. Дарвіна про те, що найближчими нашими родичами є людиноподібні мавпи. Перші примати лінії антропоїдів еопітеки з'явилися в міоцені приблизно 10 млн років тому, коли вміст кисню в атмосфері був близьким до сучасного і відбулося значне збільшення видового різноманіття рослинного й тваринного світу. Нашими рідними братами, як показали генетичні дослідження, були шимпанзе та горили. Молекули ДНК їхніх організмів і людини різняться лише на 2 %. Згідно з розрахунками генетиків, людина відокремилась від людиноподібних приматів близько 5 млн років тому. Скелетні залишки австралопітеків — попередників людини — знайдені в східній Африці (Танзанія, Ефіопія), за анатомічною будовою дуже близькі до карликового шимпанзе. Ці примати, невисокі на зріст, жили приблизно 4,5 млн років тому. Об'єм їх мозку, за розрахунками, становив 400—600 см³.

Еволюція людини відбувалася надзвичайно стрімкими темпами і не має аналогів серед інших видів тваринного світу. Так, коню на його еволюцію від палеогенового предка гіпаріона до сучасного стану знадобилося близько 60 млн років.

На еволюцію людини значний вплив мали різні мутагенні фактори (підвищений радіаційний фон та ін.), які спричинили перебудову організму гомінід. Зміни в будові черепа призвели до втрати ікол. Нижні кінцівки перетворилися на ноги, що призвело до зменшення швидкості лазання по деревах. Мутанти були набагато тендітнішими за своїх попередників гомінід із західної Африки — шимпанзе та горил. І тільки використання знарядь праці для добування їжі допомогли їм вистояти в боротьбі за своє існування. Використання кам'яних знарядь (рубила та ін.), їх обробка та вдосконалення зумовили вдосконалення самих людиноподібних гомінід.

На зміну австралопітекам понад мільйон років тому прийшли представники роду гомо габіліс (*Homo habilis* — людина вміла), потім на зміну їм приходить людина гомо еректус (людина випрямлена) та архантропи (неандерталець і синантроп).

Перехід від людини вмілої до сучасної людини очевидно здійснився в три етапи: спочатку виникли найдавніші люди (архантропи), потім — стародавні люди (палеоантропи) і, нарешті, сучасні люди (неоантропи). Найдавніші люди з'явилися приблизно 2 млн років тому й утворили вид — Людина прямоходяча.

Виявлено кілька різновидів залишків Людини прямоходячої. Пітекантроп (мавполюдина) порівняно з предками мав більший об'єм мозку та користувався примітивними знаряддями праці (дубинці, трохи обтесане каміння). Проте ці організми мали багато ознак, подібних до предків (низький лоб, великі надбровні дуги, волосяний покрив).

Синантроп (китайська людина) багато в чому нагадує пітекантропа. Ці люди вміли користуватися вогнем. Гейдельберзька людина також подібна до синантропа. Всі ці географічні різновиди одночасно, в тому числі найдавнішими і сучасними людьми. Проте більш витриваліші перемогли у конкурентних взаємовідносинах і відтіснили менш пристосованих.

Архантропи могли розмовляти, вміли виготовляти прості знаряддя праці, залучаючи для цього енергію вогню. Однак вони ще дуже відрізнялися від сучасних людей морфологічно та за рівнем свідомості. Їх еволюція здійснювалася ще під переважаючим впливом біологічних факторів.

Стародавні люди (палеоантропи) є проміжними між архантропами і сучасними людьми. До них належать неандертальці, залишки яких виявлені в Європі, Азії та Африці. Палеоантропи одягалися в шкіри і користувалися досконалішими знаряддями праці, ніж архантропи: ножами, шкребками та ударними знаряддями. В них ще помітна схожість з предками (покатий лоб, недостатньо випрямлена фігура тощо), але в них був уже більший об'єм мозку (1400 см³) та інша форма щелепи (слабко розвинене підборіддя свідчило про наявність у них членоподільної людської мови).

Неандертальці жили групами 50—100 людей. Удосконалення колективних взаємовідносин, розвиток інтелекту та інші фактори привели

до того, що одне із відгалужень неандертальців дало початок Людині розумній (*Homo sapiens*). Останні неандертальці жили одночасно з сучасними людьми, але були ними витіснені й вимерли. Проте за сучасними уявленнями антропологів, ніхто зі стародавніх людей, навіть неандертальці, не були нашими предками, як це вважалося раніше. Вони були тупиковими відгалуженнями еволюційного дерева людини.

Новітні дослідження з використанням розшифровки інформації, що міститься в макромолекулах білків і нуклеїнових кислот, зокрема в молекулах ДНК (внаслідок мутацій ДНК змінює свою структуру впродовж 1 млн років на 3%), дали змогу встановити, що перші люди сучасного типу (*Homo sapiens* — людина розумна) з'явилися приблизно 200 тис. років тому. Порівняння ДНК різних расових груп свідчать, що найстаріша вона у африканців (200 тис. років), азіатській — 100 тис. років і європейській — 50 тис. років. Отже, можна дійти висновку, що первісна сучасна людина з'явилася в Африці і потім розселилася в Азію, Європу та по інших материках. Паралельно з *Homo sapiens* упродовж тривалого часу жили примітивніші архантропи — неандертальці. Гомо сапієнс мав об'єм мозку 1600 см³ і поступався їм фізичною силою, але переважав за рівнем інтелекту і вмів виготовляти досконаліші знаряддя. На думку деяких антропологів, неандерталець не мав також такої переваги, як членоподібна мова, якою володів гомо сапієнс.

Еволюція людини відрізнялася своєю незвичайністю, яка полягає в тому, що на відміну від інших організмів вона не пристосовувалася до природи, а прагнула ніби відокремити її від себе. Про це свідчать використання одягу, житла, вогню, знарядь праці тощо. За допомогою останніх вона немовби відгороджується від навколишнього середовища і створює своє. В процесі еволюції людина дедалі більше змінює навколишнє середовище і вдосконалює власне. Нині зміни зовнішнього середовища стають загрозливими для існування самої людини. Якщо взяти до уваги, що мозок сучасної людини, як вважають учені, використовує не більше 2% своїх можливостей, то можна собі уявити, які можливості самовдосконалення має гомо сапієнс у потенціалі і яких висот він може досягти в розвитку свого інтелекту. Тільки важливо, щоб ці здобутки були спрямовані на гармонізацію взаємовідносин з природою, а не на її завоювання.

2.5. ЕВОЛЮЦІЯ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ВЗАЄМОВІДНОСИН ЛЮДИНИ З БІОСФЕРОЮ

Упродовж багатовікової історії людства на Землі його взаємовідносини з навколишнім природним середовищем були неоднаковими і безперервно змінювалися. До відносно недавнього часу жодна з численних живих істот не загрожувала гомеостазу біосфери. І тільки з появою нашого предка гомо габліса (наприкінці третинного періоду, близько 1,5—1,7 млн років тому) ці взаємовідносини почали істотно змінюватися. Процес еволюції людини тривав понад мільйон років, перш ніж наші далекі предки

палеоантропи взяли гору в конкурентній боротьбі з іншими ссавцями. Перші людиноподібні примати майже нічим не виділялися серед інших живих істот і жили в злагоді з навколишнім середовищем. Вони харчувалися частинами дикорослої рослинності, комахами та дрібними тваринами, тобто задовольнялися їжею, яку продукувала природа. Чисельність їх під кінець нижнього палеоліту сягала близько 125 тис. особин з густотою населення 0,00425 мешканця на один квадратний кілометр.

З появою гомо сапієнс близько кількох сотень тисяч років тому (за деякими даними близько 200 тис. років) розпочався новий (*перший*) етап у взаємовідносинах між ними та навколишнім природним середовищем. Їхній вплив на біосферу починає створювати потенційну загрозу рівновазі в природі. Чисельність населення невпинно зростає, а з нею постійно, причому випереджаючими темпами, зростають потреби в харчуванні, одязі тощо. Для задоволення потреби в їжі людина розпочинає полювати на великих диких тварин, одомашнює тварин і займається скотарством. Швидко відбувається розселення людей по всій території земної кулі. Чисельність населення 100 тис. років тому досягла 1 млн, а його густота становила вже 0,012 мешканця на один квадратний кілометр.

Вогонь був першим технічним завоюванням людини. Доти, доки людина не оволоділа вогнем, вона з екологічного погляду жила в злагоді та гармонії з природою. Вплив на природу наших далеких предків у палеоліті був обмеженим. Вони були, як і всі інші види, дітьми природи, що брали участь у колообігу речовин та енергії. Однак шойно первісні мисливці оволоділи вогнем, вони розпочали руйнівний наступ на навколишню природу. Використання вогню для заgonу й вилову дичини спричинило 100 тис. років тому виникнення першої екологічної кризи в біосфері, яка пов'язана з руйнуванням рослинного й тваринного світу в різних районах земної кулі. На місці лісів у західній частині Африки та Південно-Східної Азії з'явилися савани. Так само близько 10 тис. років тому індійці Північної Америки створили прерії — випалили ліси під пасовиська для бізонів. При цьому відчутно збіднювався і видовий склад великих хребетних, які населяли різні райони Землі. Так, близько 50 тис. років тому було знищено більшу частину великих ссавців, що пережили далекий третинний період. Близько 12 тис. років тому мисливці верхнього палеоліту винищили понад 60 % великих ссавців, які населяли район Магрібу. В палеоліті індійці Північної Америки винищили мамонтів і стародавніх бізонів. У Південній Америці не без допомоги людини були винищені гіпсодонти та гігантські птахи.

На початку неоліту (рис. 2.3), близько 6 тис. років тому, з виникненням сільського господарства, стався нечуваний демографічний вибух. Чисельність населення досягла 26,5 млн чоловік, а його густота — одного чоловіка на квадратний кілометр. Безперечно, це була друга технічна революція в історії людства, завдяки якій закладалися основи класової структури суспільства, що збереглася в деяких країнах і до цього часу. Отже, розпочався *другий етап* в еволюції людського суспільства. Розви-

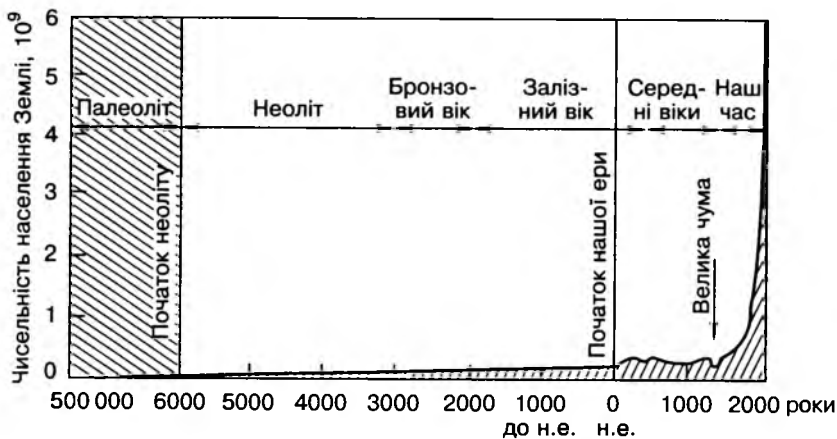


Рис. 2.3. Зростання чисельності населення земної кулі

ток осілого землеробства спричинив перші істотні антропогенні потрясіння біосфери. Відбулося винищення великих представників фауни, яких пастухи вважали небажаними конкурентами свійських тварин у боротьбі за пасовиська. Однак особливо вплинуло на зміну екосистем землеробство. Лісові біоми спочатку замінювалися пасовиськами, а потім полями сільськогосподарських культур. Ця технологія триває і до нашого часу. Розвиток сільського господарства супроводжується викоріненням рослинного покриву на значних площах і замінюється невеликим числом відібраних людиною видів, які найбільш придатні для харчування. Це призвело до бездумного і невиправданого масового винищення лісів на величезних територіях. Так, тільки в Китаї нині 5 % площі вкрито лісами, тоді як на початку неоліту вони займали не менш як 90 % території. Для сільськогосподарства відбирається невелике число видів рослин і тварин, що істотно збіднює різноманіття флори і фауни. Багато тварин використовують як тяглову силу. Відбувається значний приріст продуктів харчування за рахунок збільшення продуктивності полів і кількості механічної енергії, яка опиняється в розпорядженні людини.

Запровадження землеробства сприяло веденню осілого способу життя, значному збільшенню густоти населення і утворенню перших поселень — прообразу міст. Тоді як для мисливця палеоліту для задоволення життєвих потреб була необхідна площа 20 км², що потребувало значного розосередження населення, землеробу палеоліту було достатньо кількох гектарів землі. Навчившись зберігати зерно, люди змогли створювати запаси їжі і перейшли до осілого способу життя. Невміле використання земель, зрошення непридатних для цього ґрунтів і нищівне випасання на пасовиськах мали катастрофічні наслідки для врожайності землі. Це сприяло перетворенню родючих земель на безплідні пустелі.

Незворотні зміни навколишнього середовища в багатьох районах Землі відбувались аж до початку нашої ери. Нині там, де колись була колиска нашої цивілізації (південь Палестини, північні райони Сирії і Месопотамії до східної частини Ірану) і ще 10 тис. років тому буяли родючі ниви та пасовиська, поступово були винищені ліси, деградували ґрунти й утворилися пустелі.

До недавнього часу, незважаючи на видатні досягнення науки і техніки, майже всі суспільні формації мали спільну економічну основу, яка будувалася на землеробстві. Ні інтенсивна індустріалізація, ні зростання міст істотно не впливали на зміну способу життя. Більшість населення існувала за рахунок сільського господарства. При цьому не змінювався колообіг речовин і енергії. Людина завжди залишалась складовою природних екологічних процесів. З часів зародження землеробства і до середини ХІХ ст. нашої ери — *третій етап* — екосистема людини ґрунтувалася на використанні земель і обмеженій діяльності ремісників, які використовували головним чином природні ресурси рослинництва і в невеликій кількості — метали. Людина використовувала дикі прерії, цілинні землі, ліси тощо. Вона споживала плоди дикорослих і декоративних рослин, випасала худобу і полювала на дичину. Це забезпечувало її їжею, одягом, будівельним матеріалом та всім іншим для повсякденного вжитку. Вся продукція вжитку перетворювалася на відходи, які редуценти-деструктори перетворювали на неорганічні речовини (оксид карбону (IV), аміак, метан, водень, гідрогенсульфід, нітрати, сульфати, фосфати та інші мінеральні солі), які знову використовувалися автотрофами-продуцентами. Таким чином здійснювалося самоочищення води, земель та повітря, і колообіг речовин у біосфері не порушувався.

З початку ХVІІІ ст. зроблено багато наукових відкриттів, які зумовили розквіт сучасного промислового суспільства. Були винайдені перші машини, використовувалась нова техніка, що сприяло зростанню промисловості. Запроваджено нові, продуктивніші рослинні культури, що сприяло підвищенню ефективності землеробства й тваринництва. Це привело до стрімкого зростання чисельності населення, яка на початок ХІХ ст. досягла 1 млрд чоловік, а його густина — 6,2 чоловіка на один квадратний кілометр. У другій половині ХІХ ст. — *четвертий етап* — разом з появою сучасної індустрії зміни стали ще істотнішими. Кількість біоценозів, які використовує людина, значно зменшується. В сільській місцевості вирощують монокультури. Будуються великі міста, знищуються залишки дикої рослинності, ліси й болота, некорисні з погляду людини. Дикі тварини майже повністю витісняються. Отже, катастрофічно зменшується видове різноманіття рослин і тварин, що є однією з основних причин порушення екологічної рівноваги в природі.

Порушується споживально-відтворювальна функція біосфери. Людина споживає більше ресурсів, ніж може їх відтворити природа. Порушується колообіг речовин, оскільки кількість утворюваних людиною відходів не здатні мінералізувати деструктори. Діяльність мікроорганізмів у

воді й ґрунті все частіше гальмується токсичними забруднювальними речовинами. В промисловості утворюється значна кількість речовин, які не розкладаються біологічним шляхом. Ці речовини накопичуються в гідросфері, атмосфері й ґрунті, порушуючи функціонування багатьох екосистем. Порушуються біохімічні цикли речовин, колообіг яких людина поповнила багатьма штучними речовинами, не властивими природі.

Значно зростає споживання енергії. Так, у США в 1970 р. на кожного мешканця витрачалося 964 МДж, яку отримували головним чином за рахунок викопного палива. Отже, людина почала використовувати енергію, яку природа накопичувала мільярди років, і протягом одного року спалювала те, що накопичувалося природою впродовж мільйона років. Використання в усе більшій кількості викопного палива спричинило глибокі зміни колообігів вуглецю й сірки та дещо меншою мірою порушило колообіг азоту. Крім того, з літосфери видобувають різні мінеральні речовини для виробництва добрив, металів (залізо, алюміній, титан, цинк, свинець, ртуть та багато інших), які в значних кількостях розсіюються в повітрі, воді та ґрунті.

Саме завдяки використанню концентрованих запасів енергії (вугілля, нафти, природного газу) людина змогла істотно підвищити за останні

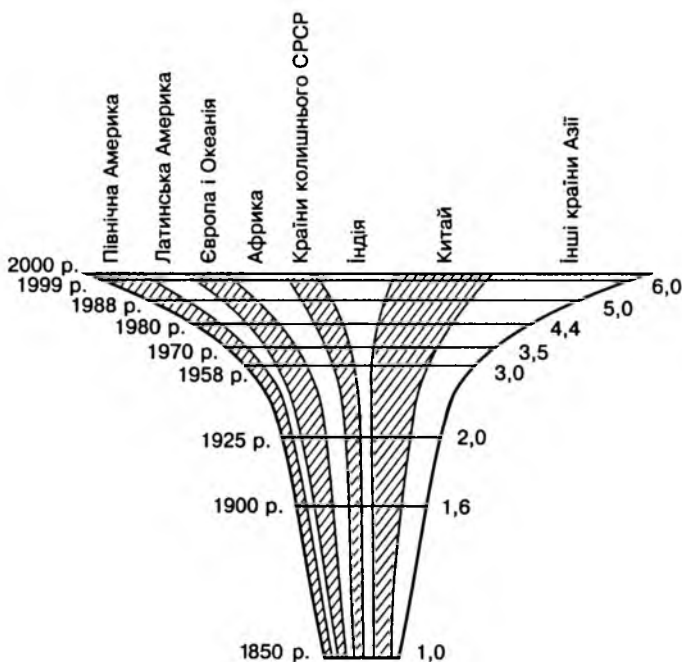


Рис. 2.4. Зміни зростання чисельності населення земної кулі до 2000 р.

десятиріччя продуктивність сільського господарства. Механічна тяга (трактори, комбайни, автомобілі) дали змогу використати для сільського господарства величезні площі земель, які раніше були пасовиськами для тяглового скота. Для збільшення продуктивності полів у великих кількостях використовують добрива й пестициди. Для виробництва останніх та для механізованого обробітку землі витрачається багато енергії, отриманої переважно за рахунок викопного палива. Зростання споживання енергії впродовж останнього сторіччя відбувається настільки інтенсивно, що вже постає питання про вичерпність резервів нафти і природного газу. Споживання енергії відбувається за експоненціальним законом. З 1850 р. воно збільшувалось щороку приблизно на 2,5 %, а в 1969 р. — на 9 %. Отже, до проблем зменшення видового різноманіття рослин і тварин, забруднення біосфери додається не менш важлива проблема виснаження невідновних природних ресурсів. Крім того, ці кризові явища поглиблюються демографічним фактором — посиленням зростанням населення планети (рис. 2.4). Так, чисельність населення земної кулі в 1999 р. досягла 6 млрд чоловік, а його густина — 40 мешканців на один квадратний кілометр. У табл. 2.1 показано, як, починаючи з доісторичної епохи, змінювався час, необхідний для подвоєння чисельності населення планети.

Зважаючи на демографічне зростання, яке спостерігалось у 1969—1971 рр., вважають, що в наш час подвоєння чисельності населення відбувається впродовж 32—35 років і десь у 2033 р. вона становитиме близько 12 млрд чоловік. Про збільшення темпів зростання чисельності населення свідчить також зменшення термінів, необхідних для збільшення населення планети на 1 млрд (табл. 2.2). З цієї таблиці випливає, що для збільшення населення нашої планети на перший мільярд знадобилося близько одного мільйона років, тоді як для другого — всього 75 років.

Привертає увагу той факт, що зростання останнього мільярда відбувалося 11 років, що на 2 роки більше від попереднього. А це свідчить

Таблиця 2.1. Час, необхідний для подвоєння чисельності населення

Час	Чисельність населення	Час подвоєння чисельності населення, років
35 тис. тому	$2,5 \cdot 10^6$	Близько 25 000
10 тис. тому	$5,3 \cdot 10^6$	Близько 2000
2 тис. тому (початок н. е.)	$133 \cdot 10^6$	Близько 800
1650 р.	$500 \cdot 10^6$	200
1850 р.	$1 \cdot 10^9$	100
1925 р.	$2 \cdot 10^9$	75
1950 р.	$2,5 \cdot 10^9$	75
1975 р.	$4 \cdot 10^9$	50
1988 р.	$5 \cdot 10^9$	38
1998 р.	$6 \cdot 10^9$	38

Таблиця 2.2. Час, необхідний для збільшення чисельності населення земної кулі на 1 млрд чол.

Збільшення чисельності населення, × 10 ⁹ , млрд чол.		Роки	Час, років
Від	До		
...	1	–10 ⁶ —1850	Близько 10 ⁶
1	2	1850—1925	75
2	3	1925—1958	33
3	4	1958—1979	21
4	5	1979—1988	9
5	6	1988—1999	11

про деяке сповільнення темпу зростання чисельності населення в наш час. Тому є надія, що, можливо, чисельність населення стабілізується і становитиме приблизно 10—12 млрд чоловік. Проте й така кількість населення буде надзвичайно великою. Спостерігається значне перенаселення планети. За цим показником рекорд належить Єгипту, де на площі 35000 км² (долина Нілу) проживає 35 млн чоловік, що відповідає густоті населення 1000 мешканців на 1 км². У Нідерландах, Японії, Індонезії, Бангладеш густота населення становить понад 300 мешканців на 1 км².

Катастрофічне зростання населення планети може призвести до масового голодування. Вже нині майже кожний четвертий мешканець планети голодує, щороку від голоду помирає близько 20 млн дітей. У багатьох районах не вистачає питної води. Вирубування лісів, ерозія ґрунтів, катастрофічне забруднення біосфери невпинно супроводжуватимуться вимиранням та зникненням багатьох видів тварин і рослин. А інакше бути не може, оскільки, згідно з законом константності біосфери В. Вернадського, кількість живої речовини в біосфері стала і при збільшенні чисельності людей (одного виду) зменшуватиметься чисельність інших видів.

Якщо люди й надалі споживатимуть більше, аніж продукують природні екосистеми, частиною яких вони є, тобто «з'їдати» не лише відсотки, а й основний капітал, вони будуть приречені на вимирання. Отже, потрібно докорінно змінити своє ставлення до Годувальниці-Природи: брати від неї рівно стільки, щоб не порушити біологічну й екологічну рівновагу, щоб відновні ресурси своєчасно відтворювалися, а невідновні споживалися в мінімальній кількості. Тобто потрібно, щоб споживально-відтворювальна функція біосфери перебувала в оптимумі і сприяла динамічній рівновазі та забезпечувала стійкий гомеостаз глобальної екосистеми — біосфери.

Наприкінці ХХ ст. розпочався новий, п'ятий етап в еволюційному розвитку відносин людського суспільства з навколишнім природним середовищем — період сталого розвитку. Його можна розглядати як перехідний на шляху побудови ноосферного суспільства.

2.6. НООСФЕРА

Упродовж тривалої еволюції біосфери в ній склалася стійка динамічна рівновага, яка визначалася споживально-відтворювальною функцією, тобто спожиті природні ресурси постійно і своєчасно (в межах одного або кількох вегетаційних періодів) відтворювалися. Це забезпечувало сталість живої речовини в біосфері. З появою гомо сапієнс ця динамічна рівновага природи постійно порушувалася. Однак доки чисельність населення зростала повільними темпами, в природі за рахунок самовідтворення та наявності ще не вичерпаних резервів живої речовини відбувалося відновлення динамічної рівноваги.

З кожним етапом значного зростання чисельності населення все відчутнішими ставали порушення рівноваги в біосфері. Це пояснюється зростанням випереджаючими темпами споживання природних ресурсів, на що вперше у 1798 р. вказав Т. Мальтус. Він стверджував, що чисельність населення нашої планети зростає в геометричній прогресії, а природні ресурси, необхідні для задоволення потреб людства, — в арифметичній. Отже, голод завжди супроводжував і супроводжуватиме людське суспільство через нестачу природних ресурсів для задоволення його споживчих потреб.

У конкурентній боротьбі за подолання голоду виникали війни й хвороби, що були гальмівними факторами зростання чисельності населення. Чим більшою була чисельність населення, тим жорстокішими й масштабнішими були війни та епідемії різних хвороб. Про це свідчить багатовікова історія людства. Небували темпи зростання науково-технічного прогресу дали в розпорядження людству надмогутню термоядерну зброю, яка здатна знищити не лише біосферу, а й саму планету Земля. Тому фактор війни для вирішення конфліктів людства став непридатним. Людство почало розуміти, що для вирішення своїх проблем слід використовувати величезні досягнення науково-технічного прогресу.

Надпотужна техногенна діяльність людства істотно змінює біосферу Землі, яка, за визначенням В. І. Вернадського, перетворюється на ноосферу (грец. «ноос» — розум), тобто сферу розумного життя. Цей термін запропонував французький філософ Е. Ларуа, а природознавець П. Тейяр де Шарден та В. І. Вернадський наповнили його змістом. Значний внесок у вчення про ноосферу зробив В. І. Вернадський. За сучасними уявленнями, *ноосфера* — це сфера гармонійної взаємодії природи і суспільства, у межах якої розумна діяльність стає головним, вирішальним фактором розвитку біосферних процесів. Особливу роль в усвідомленні свого значення на Землі відіграв вихід людини у відкритий Космос, коли вона побувала на Місяці, запустила космічні апарати на Марс і до Сонця, оволоділа таємницями термоядерної енергії, побудувала космічні станції, навчилася штучно вироблявати організми і клонувати тварин. Могутність людини здається безмежною. Результати її діяльності у деяких випадках прирівнюються до геологічних сил. Так, випромінювання енергії в радіочастотному діапазоні

(на метрових хвилях) наземними передавачами (радіостанції, релейні лінії) більше, ніж те, що Сонце посилає на Землю.

У межах ноосфери нині виокремлюють *антропосферу* — сукупність людей як організмів і *техносферу* — сукупність штучних об'єктів антропогенної діяльності та природних об'єктів, змінених цією діяльністю. Крім того, виокремлюють ще *соціосферу*, під якою розуміють сферу суспільної виробничої діяльності, охопленої людською працею. Якщо основою існування біосфери є живлення, головна її функція — забезпечення колообігу речовин, відносини між компонентами — трофічні, то для соціосфери цими показниками є відповідно праця, соціальний обмін речовин і суспільні відносини.

Перехід до ноосфери слід вважати ідеальним варіантом майбутнього, в основі якого лежить складний процес гармонізації відносин між біосферою та господарською діяльністю людини. Визначальним чинником має бути не стихія природного розвитку, а високий інтелект людини. Розум і мудрість мають стати гарантом подальшого розвитку. При цьому слід розв'язати конфлікт між циклічним і безвідходним характером біогенних процесів обміну речовин та енергії в біосфері і затратним характером виробництва з його величезними витратами сировини та енергії, тобто забезпечити оптимальні значення споживально-відтворювальної функції.

Основою ноосферного процесу має стати перехід людства до соціальної автотрофності, тобто самозабезпечення енергетичними ресурсами й сировиною на базі цілісності суспільного виробництва і біотехнології. Природні й синтезовані людиною речовини та матеріали потрібно багаторазово повторно використовувати і тільки незворотні втрати слід поповнювати за рахунок первинних природних ресурсів. На превеликий жаль, нині наш споживацький підхід до природи, консерватизм мислення й існуючі технології виробництва поки що далекі від ноосферних принципів господарювання. Однак іншої альтернативи, беручи до уваги кризовий стан довкілля, як перейти до розумного, раціонального господарювання на своїй планеті, в людства немає. Люди прагнуть і повинні жити в світі без війн та соціальних катаклізмів, у світі матеріального достатку, екологічно безпечних продуктів, незабрудненого навколишнього природного середовища.

Невпинне поглиблення кризи у відносинах людського суспільства з природою наприкінці ХХ ст. зумовило необхідність радикальних змін щодо пріоритетів подальшого розвитку. Тому на «Загальнопланетарному саміті» (Конференція ООН з природного середовища і розвитку («РІО-92»)), що відбувся в Ріо-де-Жанейро в 1992 р., було задекларовано принципи сталого екологічно безпечного розвитку. Вони викладені в двох документах: «Декларація у справі природного середовища і розвитку» і «Глобальна програма дій. Порядок денний 21». Під сталим розуміють такий розвиток, який забезпечує потреби нинішнього покоління людей без завдання їм шкоди, можливості майбутньому поколінню забезпечити свої власні

потреби (Доп. Комісії Брундтланд. Цит. з Програми України «Україна-2010». Проект. — К., 2000).

Суспільство сталого розвитку можна розглядати як нову фазу постіндустріального суспільства, яке знаменує зародження ноосферного суспільства. Під час переходу до суспільства сталого розвитку люди мають змінити своє ставлення як до самих себе, так і свого місця в навколишньому світі. Концепція сталого розвитку визначається постійним рухом людського суспільства до ноосфери.

Конференція ООН «РІО-92» розробила загальні принципи щодо збалансованого розв'язання соціально-економічних завдань і збереження природного середовища та природно-ресурсного потенціалу. Керуючись цими принципами й рекомендаціями, кожна країна має розробити власну концепцію та стратегію екологічно безпечного розвитку. Національну концепцію сталого розвитку України буде розглянуто в розд. 14.



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) пояснити за сучасними уявленнями будову Всесвіту і планети Земля;
- 2) виходячи з сучасних уявлень, пояснити походження життя на Землі;
- 3) дати визначення понять «біосфера», «соціосфера», «техносфера», «ноосфера»;
- 4) назвати структурні компоненти біосфери та властивості живої речовини і пояснити сутність різних їх функцій;
- 5) пояснити, чим визначається стійкість (гомеостаз) біосфери;
- 6) дати визначення середовища взагалі та абіотичного, біотичного, антропогенного і природного зокрема;
- 7) проаналізувати сутність еволюційних процесів у біосфері, еволюцію рослинного й тваринного світу та людини;
- 8) схарактеризувати еволюцію антропогенної діяльності та взаємовідносин людини з природою;
- 9) обґрунтувати сучасні екологічні проблеми та проаналізувати роль «демографічного вибуху», пов'язаного з різким зростанням чисельності населення в останні десятиріччя;
- 10) спрогнозувати розвиток екологічних проблем на найближче майбутнє та розвиток біосфери.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. Як пов'язана Земля з іншими планетами сонячної системи та Місяцем?
2. Опишіть будову нашої Галактики.
3. Яка будова планети Земля та як зародилося на ній життя?
4. Дайте визначення поняття «біосфера» та назвіть її склад. Які її особливості?
5. Яка роль кожної із сфер Землі в життєдіяльності живих організмів?
6. Дайте визначення поняття «природне середовище». Яка його роль у житті живих організмів?

7. Які основні функції живої речовини біосфери ви знаєте, у чому полягає їх суть?
8. Як зародилося та розвивалося життя на Землі?
9. Що таке жива речовина та які її особливості?
10. З яких основних компонентів складається біосфера?
11. Що таке гомеостаз біосфери і в чому полягає його суть?
12. Як еволюціонувала біосфера? Назвіть найважливіші етапи.
13. Як відбувалась еволюція людини?
14. Які складались взаємовідносини людини з навколишнім природним середовищем і як вони змінювались в процесі еволюції антропогенної діяльності?
15. Як змінювалась чисельність населення в історичному розвитку і що таке «демографічний вибух»?
16. Зробіть аналітичний прогноз зростання чисельності населення Землі до 2050 року.
17. У чому полягає суть ноосфери? Які її характерні ознаки? Що треба зробити, щоб побудувати ноосферне суспільство на нашій планеті?
18. За добу людина споживає 500 л кисню. На кожну людину нині припадає одна свійська тварина, яка споживає кисню в 5 разів більше. На скількох людей і свійських тварин вистачить повітря в атмосфері, якщо не брати до уваги інших живих організмів?

ПРИРОДНІ РЕСУРСИ

3.1. КЛАСИФІКАЦІЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ

Природні ресурси — це найважливіші компоненти навколишнього природного середовища, які використовують для задоволення матеріальних і культурних потреб людини. Під потребами людини розуміють потребу або нестачу в чому-небудь необхідному для підтримання життєдіяльності організму, людської особистості, соціальних груп. М. Ф. Реймерс (1994) виокремлює шість основних груп потреб людини: біологічні, психологічні, етнічні, трудові, економічні, соціальні.

До потреб, що задовольняються природними ресурсами, належать біологічні, психологічні, трудові та економічні. До *біологічних потреб* належать потреби, що забезпечують виживання людини та збереження її здоров'я. Вони включають велику кількість різних факторів природного середовища: тепловий, радіаційний, магнітохвильовий комфорт; склад води й повітря, які не призводять до фізіологічних аномалій тощо. До фізіологічних потреб належать: збалансована за енергетичною цінністю та хімічним складом їжа, повітря, вода та ін. До *психологічних потреб* належать ті, що зумовлюють душевний спокій людини з урахуванням факторів зовнішнього середовища (комфортність житла, стан погоди, звуки, світло, випромінювання тощо).

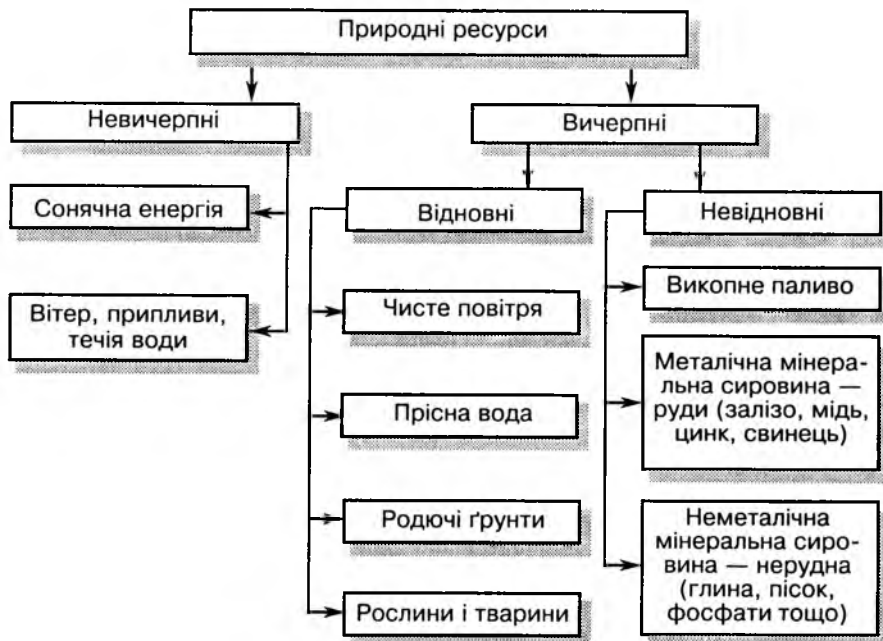
Трудові потреби людини забезпечують еколого-соціально-економічну адаптацію людини до умов природного й соціального середовищ з урахуванням її індивідуальних уподобань і сімейно-традиційних передумов. Природні умови та природні ресурси є одними з об'єктів і передумов прикладання праці.

Економічні потреби — це група потреб людини для матеріального забезпечення її існування (їжею, одягом, житлом, предметами вжитку, знаряддями праці, рекреації, джерелами інформації тощо).

Природні ресурси, які використовують для задоволення потреб людського суспільства (ресурси рослинного й тваринного світу, земельні, водні, рекреаційні та ін.), досить різноманітні, як і можливості їх застосування

в господарстві та побуті. Згідно з *законом обмеженості природних ресурсів*, усі природні ресурси в умовах Землі вичерпні. Їх поділяють на дві великі групи — невичерпні і вичерпні, які, в свою чергу, поділять на невідновні та відновні:

Основні типи природних ресурсів



Оскільки відтворення відновних природних ресурсів відбувається повільніше, ніж їх споживання, з одного боку, а невідновні ресурси перетворюються на форми, непридатні для подальшої експлуатації через значну розсіяність потрібних елементів або нову хімічну структуру, — з іншого, то відбувається вичерпність багатьох природних ресурсів.

Ще до недавнього часу людство вважало природні ресурси невичерпними, а тому прагнуло взяти від природи якнайбільше, нічого не віддаючи. Нині переконалися, що практично невичерпних ресурсів, крім сонячної енергії та космічного випромінювання, теплоти земних надр, сил гравітації та обертання Землі, енергії вітру, припливів і талої води, у природі більше не існує. *Умовно невичерпними* поки що, на даному етапі розвитку суспільства, можна вважати загальні запаси кисню в атмосфері та води в гідросфері. Однак через нерівномірний розподіл та антропогенне забруднення вже нині в окремих районах Землі відчувається гостра їх нестача, особливо чистої питної води.

Вичерпні — це ресурси, кількість яких невпинно зменшується відповідно до їх добування або вилучення з природного середовища. Їх, у свою чергу, поділяють на відновні (чисте повітря, вода, родючі ґрунти, рослинність, тваринний світ) і невідновні (мінеральні ресурси). Мінеральна сировина належить до невідновних ресурсів, і найголовніші з них (вугілля, нафта, природний газ, залізо, манган, поліметали) нині вичерпані або майже вичерпані.

У господарській діяльності ресурси поділяють щодо використання їх у сфері матеріального виробництва та невиробничій сфері. *Ресурси матеріального виробництва* — це промислові і сільськогосподарські. *Ресурси невиробничої сфери* — це ресурси прямого і непрямого споживання. З практичною метою ресурси кожного класу поділяють на дрібніші групи. Так, промислові ресурси — на енергетичні (нафта, вугілля, природний газ), ресурси для металургійної промисловості (залізна, манганова, титанова руди тощо), сировину для одержання предметів безпосереднього споживання (деревина) та продуктів харчування (гриби, фрукти, ягоди та інші дари ланів, садів, городів і лісів).

Біосфера Землі є замкненою системою з відносно сталою масою і обмінюється з космічним простором лише енергією. Тому людство має враховувати її здатність самовідтворювати свою біопродуктивність та вичерпність запасів невідновних ресурсів. Потрібно економно і раціонально використовувати природні ресурси, свідомо відмовившись від надлишків. Подальший розвиток життя на Землі залежить від наявності природних ресурсів, простору для життя і об'єктів для задоволення культурних та інших потреб.



3.2. ВОДА

Вода, як косна речовина біосфери і середовище, з якого зародилося й продовжує функціонувати життя, є головною складовою частиною гідросфери. Тому вона є насамперед середовищем для проживання багатьох рослин і тварин. Призначення її як природного ресурсу полягає в забезпеченні життєвих потреб рослинного й тваринного світу та людини. Вона є «будівельним матеріалом» для організмів і необхідна для забезпечення їхніх життєвих функцій. Тіла всіх живих організмів складаються переважно з води: в рослинах вміст води становить до 90—95 %, а в організмах тварин — 70 % і більше. Частка біологічної води, що входить до складу живих організмів, становить 0,003 % загальних запасів гідросфери. Людина для задоволення своїх життєвих потреб щодоби споживає 2—2,5 л чистої прісної води.

У виробничій і господарській діяльності люди використовують воду як сировину (приготування страв і напоїв), реагент для здійснення різних хіміко-технологічних процесів, теплоносії в теплоенергетичних процесах та для охолодження обладнання і матеріалів, а також використовують для очищення, миття, зрошення полів і поливання рослин, гідротранспортування тощо. З океанів, морів, річок і водойм виловлюють рибу та інших тварин, з підводних родовищ видобувають різну сировину (манган,

нікель, кобальт, залізо та ін.) і паливо (нафту, газ, газогідрати), збирають водяні рослини. Водне середовище використовують для транспортування вантажів (водний транспорт), а також для місць відпочинку і туризму (рекреаційне призначення).

Залежно від вмісту солей воду поділяють на прісну, солону, солонувату та слабкосолонувату. До прісних належать води, в яких міститься до 1 г/л розчинних солей. Води з високим вмістом солей (понад 1 г/л) називають солоними, які, в свою чергу, поділяють на слабкосолоні з вмістом розчинних солей 10 г/л, солоні і дуже солоні — 10—50 г/л та розсоли (ропа) — понад 50 г/л. До солонуватих належать природні води, солоність яких становить 16—40 г/л. Води океанів, морів та деяких озер належать до солоних вод з різним вмістом солей (до 40 г/л і більше — води Червоного моря). Люди для задоволення своїх потреб, а також для виробничих і господарських цілей використовують в основному прісну воду.

Маса прісної води на земній кулі становить 31 млн км³, основна кількість якої (96 %) зосереджена в льодовиках Гренландії, Антарктиди, гірських масивів, в айсбергах та зоні вічної мерзлоти. З усієї кількості прісної води тільки близько 1 % використовується людством для задоволення своїх потреб. Значні запаси прісної води, яка входить до складу мінералів, зосереджені у верхній частині земної кори на різних глибинах. Точні запаси цієї води визначити важко. За підрахунками В. І. Вернадського, її запаси становлять 1,3 млрд км³, що дорівнює запасам вод Світового океану. В атмосфері вода перебуває у вигляді водяної пари і конденсату (краплі води й льоду). Підземні води становлять 4 %, води льоду й снігу — 2 %, рік, озер та боліт — 0,4 % загальних запасів Землі.

Основним джерелом водопостачання для людей є річковий стік. Найбільший стік має річка Амазонка в Бразилії. Вода та її споживання розподілені на території Землі та по окремих регіонах нерівномірно. Найбільші запаси прісної води (до 80 %) зосереджені в озері Байкал (Росія). Нині понад мільярд чоловік на планеті не мають задовільного водозабезпечення. Тяжка ситуація склалася в Азійсько-Тихоокеанському регіоні (Бангкок, Таїланд, Південна Корея, Японія), у басейнах рік Нілу, Тигру та Євфрату. А в Об'єднаних Арабських Еміратах та деяких інших країнах п'ють опріснену морську воду.

Середньорічні водні ресурси України становлять близько 87,1 км³; місцеві, тобто ті, що формуються в межах країни, становлять 52,4 км³ (в середній за водністю рік). Річковий стік України становить приблизно 83,5 млрд м³, а в посушливі роки зменшується до 48,8 млрд м³. На території країни цей стік розподілений також нерівномірно. До 70 % стоку припадає на Південно-Західний економічний район, в якому проживає до 40 % населення. Головним постачальником прісної води є Дніпро, воду якого використовують до 60 % населення. Ріки Південний Буг, Західний Буг, Тиса, Дністер, Прут та інші забезпечують близько 35 % населення. Стан води і повноводдя в цих ріках залежить від стану їх приток і малих річок, яких налічується близько 63 тис. Стан останніх викликає тривогу,

оскільки 20 тис. з них уже висохли. Висихання малих річок призводить до деградації великих рік. Тому слід оздоровляти і зберігати ці річки.

До складу водних ресурсів України належать і підземні води. Загальна величина прогнозованих запасів підземних вод становить близько 57,2 млн м³/добу, з яких 15,6 млн м³/добу є затвердженими. Територіальний розподіл цих вод досить нерівномірний: їх максимальна кількість (8402 тис. м³/добу) знаходиться в Чернігівській області. Великі запаси підземних вод мають Київська, Полтавська, Херсонська, Харківська, Рівненська, Львівська, Сумська та Луганська області (від 3046 до 4186 тис. м³/добу).

Ресурси прісної води України, які включають річковий стік і підземні води, використовуються повністю, а в деяких південних районах відчувається нестача води. Для ліквідації останньої побудували канали: Південно-Кримський, Дніпро—Кривий Ріг, Сіверський Донець—Донбас та водосховища. Характерною ознакою природного розподілу водних ресурсів на території України є те, що місцям розташування найпотужніших споживачів води відповідають найменші запаси водних ресурсів (Донбас, Кривбас, Автономна Республіка Крим та інші південні регіони).

3.3. АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ

Атмосферне повітря є косною речовиною біосфери і середовищем існування живої речовини — рослин, тварин і людей. Атмосферне повітря забезпечує людей, рослинний і тваринний світ життєво необхідними газуватими речовинами (вуглекислий газ, кисень), захист Землі від дії мете-

Таблиця 3.1. Хімічний склад атмосферного повітря

Компонент	Вміст	
	% за масою	% за об'ємом
Азот	72,52	78,09
Кисень	23,15	20,94
Аргон	1,28	0,93
Оксид карбону (IV)	0,046	0,033
Неон	0,0012	0,0018
Гелій	0,000072	0,00052
Криптон	0,00033	0,0001
Ксенон	0,000039	0,000008
Оксид нітрогену (II)	0,0025	0,00025
Водень	0,0000035	0,00005
Метан	0,0008	0,00015
Оксид нітрогену (IV)	0,00008	0,000015
Озон	~ 0,000001	0,000002
Оксид сульфуру (IV)	—	0,000002
Оксид карбону (II)	—	0,00001
Аміак	—	0,000001

оритів, космічного опромінення, процеси виробничої діяльності людини киснем, азотом, воднем та інертними газами.

Атмосферне повітря використовують у промисловості як реагент для спалювання палива, теплоносії для нагрівання й охолодження продуктів, обладнання та приміщень, для добування зріджених газів (кисню, азоту, інертних газів). Атмосферний кисень є умовою життя людей і багатьох тварин.

Для спалювання палива, виробництва металургійної та хімічної продукції, на додаткове окиснення різних відходів щороку в усьому світі витрачається 10—20 млрд т кисню. На початок ХХІ ст. ця величина має зрости до 50 млрд т. Підвищення витрат кисню, спричинене активізацією антропогенної діяльності людини, становить не менш як 10—16 % щорічного біогенного утворення, що викликає наш неспокій і змушує бити на сполох.

Атмосферне повітря в нижніх шарах тропосфери складається переважно з азоту, кисню, аргону і оксиду карбону (IV) (табл. 3.1). У невеликих кількостях містяться неон, гелій, криптон, ксенон, оксиди нітрогену (II) і (IV), водень, метан, озон, оксид карбону (II) і аміак.

3.4. ЕНЕРГІЯ

Енергія — загальна міра руху при всіх матеріальних процесах і видах взаємодій. Якби процеси не відбувалися, якби перетворення форм руху не здійснювалися, завжди загальна кількість енергії залишається незмінною. Відповідно до закону збереження й перетворення енергії, вона за будь-яких процесів в ізольованій системі зберігається, перетворюючись лише в чітко певній кількості з одного виду на інший.

Джерелом енергії на Землі є сонячне випромінювання, кінетична енергія обертання планети Земля та її супутника Місяця і енергія земних надр. Кінетична енергія виявляється в морських припливах. Енергія земних надр підтримується розпадом урану і торію. Сонячна енергія виникає в результаті термоядерного перетворення водню на гелій і надходить на Землю у вигляді променевої енергії з довжиною хвиль 0,3—2,0 мкм. На поверхню атмосфери нашої планети постійно надходить потік енергії в кількості 8,09 Дж/см² за 1 хв. Ця величина відхиляється від середнього значення на 0,1—0,2 %. Річний потік сонячної енергії на Землю становить 10,5 ГДж/м², 40 % якої відбивається в космічний простір, 15 % поглинається атмосферою, 20 % витрачається на підтримання геологічного циклу, 0,06 % — на фотосинтез. В атмосфері основну кількість променевої енергії поглинає водяна пара, в гідросфері — вода, а в літосфері — гірські породи і ґрунт.

Поглинута біосферою сонячна радіація витрачається на здійснення роботи для забезпечення процесів життєдіяльності рослинного й тваринного світу та людського суспільства, частково розсіюється в космічний простір. Основні перетворювачі енергії в біосфері — живі організми. Рос-

лини та земна поверхня поглинають енергії в середньому 5 ГДж/м² за рік. Перенесення енергії в живій речовині біосфери характеризується низькою ефективністю. Перенесення від продуцентів до консументів I порядку становить 10 %, а від консументів I порядку до II — 20 %.

Для організації матеріального виробництва людина також використовує енергію, яку вона виробляє з викопного палива та добуває з природних джерел. Кількість енергії, що виробляється в світі, невпинно зростає одночасно зі зростанням потреб людини (табл. 3.2). В 60—70-х роках ХХ ст. кількість споживаної енергії подвоювалась упродовж 15 років, у 80-х роках — 10 років, тоді як останнє подвоєння чисельності населення відбулося впродовж 38 років. Отже, виробництво енергії відбувається випереджаючими темпами.

На початку 80-х років щорічне споживання енергії в світі наблизилось до 10 млрд т умовного палива (близько 2 т на людину). Доступного для добування вуглецю є 10—20 тис. млрд т. Якщо поділити величину резервів вуглецевого палива на видобуток, то нафти вистачить на 30—35 років, вугілля — на 200, газу — на 40—50 років.

Нині енергетичний потенціал Землі становить 1 млн МВт, надходження сонячної енергії — 173 000 ТВт. На початок ХХІ ст. очікується зростання енергетичного потенціалу до 100 тис. ТВт, що наближає нас до критичної межі, оскільки може призвести до перегрівання Землі. Нині в Україні виробляють 278,7 млрд кВт · год електроенергії.

На перших етапах свого розвитку людство задовольнялося в основному сонячною енергією. Більше того, надлишкова частина використаної енергії відкладалася у вигляді покладів вугілля, нафти, газу і торфу. Із зростанням чисельності населення та його потреб кількість споживаної енергії зростала і людство змушене було починаючи з ХVІІІ—ХІХ ст. «залізити в природну комору». Воно почало використовувати спочатку дере-

Таблиця 3.2. Світове споживання енергії в 1990 і 1997 рр. (Состояние мира 1999)

Джерело енергії	Рік			
	1990		1997	
	Усього, млн т нафтового еквівалента	Частка, %	Усього, млн т нафтового еквівалента	Частка, %
Вугілля	501	55	2122	22
Нафта	18	2	2940	30
Природний газ	9	1	2173	23
Ядерна енергія	0	0	579	6
Відновлювані джерела*	383	42	1833	19
Усього	911	100	9647	100

* Включно з геотермальною енергією та енергією біомаси, вітру, сонця.

вину, потім природні запаси вугілля, нафти і газу, а також енергію води, вітру та інших природних джерел. Нині енергію добувають різними способами. У 1980 р. 70 % світової кількості енергії вироблено спалюванням нафти й газу, 20 — вугілля, 3 — гідроелектростанціями, 2 % — атомними електростанціями. Решта 5 % припадає на нетрадиційні джерела енергії. Нині одна людина споживає в Японії 1,5—5 т, у США — близько 7 т, а в країнах, що розвиваються, — 0,15—0,3 т енергії в нафтовому еквіваленті.

Усі види енергетичних ресурсів можна поділити на первинні і вторинні. До первинних належать невідновні (нафта, вугілля, сланці, природний газ, газогідрати) та відновні (деревина, гідроенергія, енергія вітру, сонячна енергія, геотермальна енергія, торф, термоядерна енергія) енергоресурси. До вторинних енергоресурсів належать проміжні продукти збагачення і сортування вугілля, гудрони, мазут та інші залишкові продукти переробки нафти; тріски, пні, сучки, що утворились в процесі заготівлі деревини; горючі гази (доменний, коксовий); теплота відхідних газів; гаряча вода із системи опалення; відпрацьована пара силових промислових установок.

Більша частина викопних запасів органічного палива знаходиться в країнах Північної Америки (40 %) і Азії (35 %), менші запаси в Західній Європі (12 %), Африці (7 %), Південній Америці та Океанії (по 3 %). Запаси палива в надрах складаються з вугілля, нафти, газу, уранової руди. Світові запаси вугілля оцінюють у 9—11 трлн т умовного палива при видобутку понад 4,2 млрд т за рік. Запаси розвіданих родовищ вугілля становлять, млрд т: США — 430; країни СНД — 290; ФРН — 100; Австралія — 90; Англія — 50; Канада — 50; Індія — 29; Україна — 150.

Світові запаси нафти оцінюють у 840 млрд т умовного палива, з них 10 % — достовірні і 90 % — вірогідні запаси. Основним постачальником нафти на світовий ринок є країни Близького та Середнього Сходу. Вони мають 66 % світових запасів нафти, Північна Америка — 4 %, Росія — 8—10 %. В Україні запаси нафти становлять 125 млн т; нині щороку добувають 4,9 млн т. Немає родовищ нафти в Японії, ФРН, Франції та багатьох інших країнах.

Запаси природного газу оцінюють у 300—500 трлн м³. Найбільші запаси знаходяться в Іраку, Саудівській Аравії, Алжирі, Лівії, Нігерії, Венесуелі, Мексиці, США, Канаді, Австралії, Англії, Норвегії, Голландії. Росія має 30 % світових запасів і щороку видобуває 800—850 млрд м³ природного газу. В Україні запаси газу становлять понад 4100 млрд м³. Крім того, є досить великі запаси горючих сланців (2 млрд т) і торфу (3,5 млрд т). До невідновних видів палива належать газогідрати (СН₄ · nH₂O), родовища яких відкриті в багатьох районах світу. В Україні родовища газогідратів розташовані в Чорному морі.

Очікують, що на початок ХХІ ст. частка ядерної енергії в загальному енергозабезпеченні становитиме 15 %. В окремих країнах її частка значно вища вже нині, %: у США — 24, Франції — 65, Швеції — 40, ФРН — 25, Японії — 23, Україні — близько 40. Потреба в урані при цьому становить 135 тис. т. Запаси урану в надрах становлять понад 4 млн т, з них 50 % —

достовірні. На початок 1986 р. у світі діяло 350 енергетичних реакторів загальною потужністю понад 250 млн кВт. Нині у різних країнах світу вже збудовано понад 400 АЕС, які виробляють 5 % всієї енергії. У 1985 р. в СРСР частка АЕС у загальному обсязі виробництва електроенергії становила близько 14 %. Було побудовано 10 великих АЕС, на яких працювало 40 енергоблоків загальною потужністю 22 млн кВт, а в 1990 р. — 47 енергоблоків. В Україні нині працюють 4 АЕС (Чорнобильську АЕС закрито).

Перспективними є реактори на швидких нейтронах. В них з урану-238 утворюється вторинне паливо — плутоній-239, причому уран використовується повністю. У звичайних реакторах на теплових нейтронах, які працюють на урані-235, уран використовується неповністю. Ведуться дослідні роботи в галузі термоядерної енергетики. В результаті термоядерної реакції, що відбувається за температури близько 100 млн градусів, атоми гідрогену перетворюються на атоми гелію. Для того щоб цей процес був стійким, таку високу температуру плазми слід витримувати впродовж 1—2 с. Тривалість цього процесу в сучасних камерах «Токамак» сягає лише десятих часток секунди.

Згідно з прогнозом, до 2030 р. відновні джерела енергії замінять близько 2,5 млрд т умовного палива. Їх частка в загальному балансі теплоти і енергії становитиме близько 8 %. Використання цих джерел енергії зумовлене екологічними проблемами. Ресурси відновної енергії наведено в табл. 3.3.

Крім рослин і торфу, всі інші джерела називають ще нетрадиційними. Сонячна енергія за 22 сонячні дні за сумарною потужністю еквівалентна всім запасам органічного палива на Землі. В США протягом 1984—1988 рр. побудовано термоелектричні установки загальною потужністю 650 МВт. Термоелектричні установки меншої потужності побудовано в Іспанії та Йорданії. Вартість добутої в них енергії становить 10 центів за 1 кВт · год.

Таблиця 3.3. Ресурси відновної енергії

Первинна енергія	Джерело енергії	Світові ресурси, 1 млрд ТВт · год/рік
Механічна	Стік рік	0,028
	Хвилі морські	0,005—0,05
	Припливи і відпливи	0,09
	Вітер	0,5—5,2
Теплова	Гradient температур: води океанів і морів	0,1—1
	повітря	0,001—0,01
	земних надр (вулканів)	0,05—0,2
Промениста	Сонячне випромінювання: на поверхні Землі	200—280
	повна енергія	1570
Хімічна	Рослини і торф	10

Фотоелектроенергія виробляється напівпровідниковими приладами, що перетворюють сонячне випромінювання на електричний струм. Сонячна батарея з коефіцієнтом корисної дії 12 %, площею 40 м², побудована на південному боці даху, здатна забезпечити всі побутові потреби в електроенергії будинку. Сонячне теплозабезпечення використовують у багатьох країнах. Тільки в США експлуатують сонячні колектори площею 10 млн м², що економить 1,5 млн т палива на рік.

Енергію вітру використовують при його швидкостях понад 5 м/с. В Україні освоюють виробництво вітроенергетичних установок потужністю 1—2 МВт. Перетворення енергії вітру на електроенергію у 80-ті роки ХХ ст. в усьому світі становило 1660 МВт.

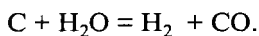
Геотермальні теплові електростанції (ГеоТЕС) використовують як енергію природні парогідротерми, що залягають на глибині до 5 км. Цей вид енергетики достатньо інтенсивно розвивається в США, Мексиці, Італії, Японії, Росії та на Філіппінах. Потужність найбільшої ГеоТЕС, побудованої в США, становить 50 МВт.

Для виробництва електричної і теплової енергії в лісопромисловості широко використовують біомасу — енергоносій рослинного походження, що утворюється в процесі фотосинтезу. Так, у Бразилії при використанні біомаси з винокурень утворюється настільки великий надлишок електроенергії, що її реалізація робить спирт дешевшим за нафту. Тільки з цукрової тростини можна добувати 50 % енергії, що виробляється нині у 80 країнах, які вирощують цю культуру. Річний обсяг органічних відходів (біомаси) в країнах СНД становить 500 млн т. Її використання може зекономити 6 млн т органічного палива щороку, а до 2010 р. — втричі більше.

Океани мають потенційну енергію у вигляді теплоти, енергії течії, хвиль і припливів. Енергопотенціал припливів оцінюють у 780 млн кВт. У Канаді працює припливна станція потужністю 20 МВт, в Росії — 400 кВт. Розробляється проект станції потужністю 87 млн кВт. Гідроенергетика, за прогнозами, збереже 3 % загального обсягу енергії, що виробляється, приблизно до середини наступного століття. В Україні майже повністю вичерпані можливості побудови гідравлічних електростанцій (ГЕС). У 1987 р. у колишньому СРСР на ГЕС вироблялось близько 300 млрд кВт · год електроенергії.

Потенційні гідроенергетичні ресурси річок такі: у Карпатах 250—500, у басейні Дніпра — 100—250 тис. м³ · год/км². Найменші потенційні гідроенергетичні ресурси на Причорноморській низовині — менш як 10 тис. м³ · год/км².

Перспективним та екологічно чистим паливом є водень. Він має втричі більшу теплоту згоряння, ніж нафта. Світове виробництво водню перевищує 200 млрд м³ на рік. Більше половини його використовують для виробництва аміаку й близько третини — на нафтопереробних заводах. Водень добувають з природного газу, нафти і вугілля за реакцією



Нині в усьому світі вчені працюють над проблемою добування водню з води. Електролізом добувати водень з води поки що дорого. В Японії працює дослідна установка, на якій водень добувають з води термохімічним методом. Вчені вже проводять дослідження з різними каталізаторами, які, знаходячись у воді, освітлені сонячним промінням, здатні в недалекому майбутньому забезпечити енергетику дешевим воднем.

Вторинні енергетичні ресурси (ВЕР) — це енергія різних видів, яка залишає технологічний процес чи установку і використання якої не є обов'язковим для здійснення основного технологічного процесу. Вона є побічною продукцією, що за відповідного рівня техніки може бути частково або повністю використана для потреб нової технології чи енергозбереження інших процесів на тому самому підприємстві або за його межами. Нині особливо великі витрати теплоти на електростанціях, у металургійній, хімічній, нафтопереробній та нафтодобувній промисловості, у сільському господарстві та інших галузях господарства. За розрахунками, до 50 % виробленої теплоти в Україні втрачається. Тому для енергозбереження є великі резерви.

ВЕР поділяють на три основні групи: надлишкового тиску, горючі і теплові. **ВЕР надлишкового тиску** — це потенційна енергія відходів, газів, води, пари з підвищеним тиском, яка може бути використана перед викидом в атмосферу. Такі ВЕР використовують для отримання механічної й електричної енергії. **Горючі ВЕР** — це горючі гази і відходи одного виробництва, які можуть бути застосовані у вигляді палива в інших виробництвах (тріски, тирса, стружка в деревообробній промисловості, доменний газ у металургійній, тверді й рідкі паливні відходи в різних галузях промисловості). **Теплові ВЕР** — фізична теплота відхідних газів, основної та побічної продукції виробництва, попелу і шлаків; гарячої води й пари; робочих тіл систем охолодження технологічних процесів. Теплові ВЕР можна використати для отримання теплоти, холоду, електроенергії в утилізаційних установках. Об'єм теплоенергії, виробленої за рахунок теплових ВЕР, становить близько 25 % у структурі теплоенергетичного балансу. Використання ВЕР у багатьох випадках економічно ефективно, оскільки питомі капіталовкладення в установку для утилізації теплових ВЕР, віднесені до 1 т заощадженого палива, нижчі, ніж ціна на паливо з урахуванням його транспортування.

3.5. СИРОВИНА

Сировина — це природні ресурси, які використовують у виробництві промислових продуктів. Вона є одним з основних компонентів технологічного процесу, який значною мірою визначає технологію виробництва, його економічність, якість продукту та екологічне навантаження на навколишнє природне середовище. У разі, коли вихідним матеріалом виробництва є сировина, яка вже зазнала промислової переробки, її називають **напівфабрикатом**. Як сировину використовують також відходи та побічні продукти інших виробництв.

За походженням сировину поділяють на мінеральну, рослинну і тваринну. Близько 70 % світової промислової продукції виробляють з мінеральних копалин, які видобувають з надр. За агрегатним станом розрізняють *тверду* (руда, вугілля), *рідку* (нафта, розсоли) і *газоподібну* (атмосферне повітря, природний газ) сировину. Мінеральну сировину, в свою чергу, поділяють на *рудну*, *нерудну* і *горючу* (органічну). *Рудною мінеральною сировиною* називають гірські породи або мінеральні агрегати, які містять метали, що можуть бути економічно вилучені в технічно чистому вигляді. Домішки в рудах, які не використовують у виробництві для отримання продуктів, називають *пустою породою*.

Нерудною (неметалевою) називають усю неорганічну сировину, яку використовують у виробництві хімічних, будівельних та інших неметалічних матеріалів, але яка не є джерелом добування металів. *Горюча мінеральна сировина*, тобто органічні копалини — вугілля, торф, нафта, сланці тощо — використовується як енергетичне паливо і як хімічна сировина.

Мінеральні ресурси належать до невідновних і характеризуються *рудним резервом*, під яким розуміють мінеральний матеріал, придатний для розробки. Резерви поділяють на визначені, передбачувані і прогнозовані. *Визначені* — це *резерви*, обсяг яких обчислено на підставі геологічної розвідки. *Передбачувані* — *резерви*, обсяг яких визначено шляхом екстраполяції даних геологічної розвідки. *Прогнозовані* — *резерви*, кількісна оцінка яких ґрунтується на геологічному характері родовища.

Показником виснаження ресурсів є видобуток на душу населення, який розраховують діленням загальної кількості видобутих ресурсів на чисельність населення країни або світу (світові запаси). Світові витрати ресурсів розподілені нерівномірно і їх можна характеризувати *індексом використання ресурсів (ІВР)* — коефіцієнтом витрати резервів за рік. Використання більшості металів становить 0,4—6 %. Якщо ІВР будь-якого металу становить 5 %, то його запаси будуть виснажені протягом $100 : 5 = 20$ років. Найбільшу тривалість «життя» серед металів мають залізо — 177, алюміній — понад 200 і титан — понад 300 років, найменше — золото, олово, свинець — близько 20 років, срібло — 14 років.

За ІВР ресурси поділяють на групи:

- 1) ресурси з великою швидкістю виснаження — $ІВР > 1,7$ % (золото, срібло, ртуть, олово, свинець, цинк, уран, мідь, стибій, вольфрам та ін.);
- 2) ресурси з малою швидкістю виснаження — $ІВР < 1,3$ % (молібден, нікель, титан, залізо, манган, кобальт, хром, алюміній та ін.).

Запаси руд у багатих родовищах на верхніх горизонтах Землі майже вичерпані. Нині видобувають бідніші руди (з меншим умістом металів, родовища яких залягають на більшій глибині і в складніших геологічних умовах).

Подовжити термін використання мінеральних ресурсів можна прискоренням пошуку нових родовищ, вдосконаленням технології видобутку руд, економічною та раціональною переробкою сировини, повторним використанням металів (переробка брухту) та пошуком заміників металів.

Балансові запаси залізних руд в Україні становлять 2 млрд т. Загальна кількість манганових руд — близько 2 млрд т, що становить 66 % світових запасів. На території країни є поклади хроміту, силікатів, уранових, нікелевих, титанових руд, ртуті, олова тощо. До нерудних належать родовища графіту — найбільші в Європі, фосфоритів, солей, доломітів, вогнетривких глин, пісків, кам'яних будматеріалів — граніту, мармуру, вапняку, крейди. В Україні зосереджені найбільші поклади каолінових глин для фарфоро-фаянсової та інших галузей промисловості.

Значним і поки що невикористаним резервом природних ресурсів є Світовий океан. Вже нині з морської води добувають калій, магній, бром, йод, кухонну сіль тощо. Геологи вважають, що в океанах більше, ніж на суші: мангану в — 1,5 раза, нікелю — в 3, кобальту — в 30 разів. У США, Бразилії, Австралії та інших країнах з берегових моноцитових пісків добувають цирконій, титан і рідкісноземельні елементи. Розробляється технологія добування золота з морської води. У Червоному морі з розсолів починають добувати срібло. Біля островів Японії з морського дна видобувають вугілля й залізну руду.

Дно океану на досить значних площах покрите залізомангановими конкреціями, в яких міститься 25 % мангану, 10—15 % заліза та близько 30 % інших елементів: міді — 1,9 %, кобальту — 1,5 %, нікелю — 2 % тощо. Останнім часом в придонних осадах виявлено промислові запаси газогідратів. Світовий океан є великою коморою природних ресурсів рослинного й тваринного походження (водоростей, риби, молюсків, ракоподібних тощо).

3.6. ҐРУНТИ

Ґрунти належать до біокосного компонента біосфери і утворюють *педосферу*. За визначенням В. В. Докучаєва (засновника вчення про ґрунти), під *ґрунтами* розуміють органіо-мінеральний продукт багаторічної спільної діяльності живих організмів, води, повітря, сонячного тепла та світла, що утворився з гірських порід. Залежно від кліматичних і геолого-географічних умов вони мають товщину від 15—25 см до 2—3 м. Основна маса організмів і мікроорганізмів літосфери зосереджена в ґрунтах на глибині не більше кількох метрів. Ґрунт забезпечує рослини поживними речовинами та водою. Він трансформує кліматичні фактори, відіграючи велику роль у колообігу речовин, води та вуглекислого газу. Ґрунт може підсилювати дію окремих абіотичних факторів (наприклад, зменшувати вплив атмосферної посухи за рахунок водоутримувальної здатності гумусу, руйнувати біологічно шкідливі токсичні речовини).

Ґрунт, як елемент біосфери, покликаний забезпечити біологічне середовище для людини, тварин, рослин та інших організмів. Він має високу буферність та енергоємність, значний резерв механізмів самоочищення, які так важливі для підтримання збалансованої взаємодії ґрунтової біоти і людини. Тільки ґрунтом можуть бути забезпечені повноцінні умови для

виробництва продуктів харчування і корму для тварин. Ґрунт перебуває в постійних обмінних взаємодіях з іншими елементами біосфери і залежить від їх стану. Він істотно впливає на прилеглі елементи біосфери та поверхневі й підземні води, атмосферне повітря тощо. Ґрунти перебувають під постійною дією клімату, флори і фауни та антропогенної діяльності. Ґрунт є середовищем існування багатьох комах.

У ґрунті можна виокремити кілька основних горизонтів: гумусовий, в якому зосереджена основна маса органічної речовини (підстилка і перегнійний горизонт); ілювіальний, в якому накопичуються поживні речовини; материнська вивітрена гірська порода і незмінена материнська порода. Степові ґрунти містять до 12 тис. т гумусу на 1 га, а лісові — до 100 тис. т.

Процес переробки опадів рослин і решток тіл тварин називають *гуміфікацією*. У процесі гуміфікації мертвою органічною речовиною живляться детритофаги та редуценти (комахи, бактерії, гриби). Гумус запобігає вимиванню поживних речовин, поліпшує структуру ґрунту і забезпечує утримання вологи в своїй товщі. Одночасно з гуміфікацією відбувається процес мінералізації органічної речовини. В результаті цього процесу з органічних речовин виділяються йони фосфору, нітрогену, калію та інших мінеральних елементів, які є джерелом поживних біогенних речовин для рослин. Біогенні речовини поділяють на *макроелементи* (азот, фосфор, калій та ін.) та *мікроелементи* (манган, залізо, мідь, молібден, бор, кобальт та ін.).

Отже, гумус визначає родючість ґрунтів. Залежно від його вмісту розрізняють чорноземи, що містять 7—10 % гумусу, та підзолисті ґрунти з 2—3 % гумусу. Чорноземи є головним природним багатством країн. За співвідношенням у ґрунті піщаних і глинистих часточок їх поділяють на піщані, супіщані, суглинкові, глинисті та щербисті. Ґрунтові пори заповнені водою й повітрям. Вода необхідна для кореневих систем рослин та ґрунтових тварин. Повітря є джерелом кисню для дихання. Склад ґрунтового повітря відрізняється від атмосферного підвищенням умістом (до 26 %) вуглекислого газу, який виділяється під час дихання організмів, що знаходяться в ґрунті. Поступово вуглекислий газ виділяється з ґрунту (до 25 кг/га CO₂ за годину). Чим вища температура ґрунту, тим активніше він «дихає». Виділюваний активний вуглекислий газ є продуктом живлення для зелених рослин, особливо низькорослих. Вода та її розчини в ґрунті є ресурсом для живлення тварин і рослин. Крім того, вона транспортує мінеральні речовини в різні ділянки ґрунту.

Спостерігаються циклічні добові, сезонні та багаторічні коливання властивостей ґрунту. Змінюється вологість, уміст вуглекислого газу, концентрація мікро- та макроелементів, уміст гумусу. У різні сезони може навіть змінюватись тип ґрунту, наприклад, болотно-лучний трансформуватись на лучний. Проте порівняно з іншими компонентами екосистем ґрунт стабільніше зберігає свої властивості й структуру.

Родючі ґрунти — важливий потенціал для розвитку сільського господарства. В Україні найродючішими є чорноземи з вмістом гумусу 3—7 % і товщиною гумусового шару 130—150 см. Вони займають понад 10 %

Таблиця 3.4. Структура земельного фонду України

Види основних угідь і функціональне їх використання	Площа земель	
	усього, тис. га	% загальної території
Сільськогосподарські угіддя:	41 854,3	69,3
рілля	33 080,9	54,8
багаторічні насадження	1000,5	1,6
сіножаті і пасовища	7772,9	12,9
Ліси та інші вкриті лісом площі:	10 380,2	17,2
вкриті лісовою рослинністю	8874,8	14,7
не вкриті лісовою рослинністю	180,7	0,3
Забудовані землі, з них під:	2336,9	3,9
житловою забудовою	427,7	0,7
промисловими об'єктами	334,2	0,6
громадською забудовою	221,3	0,4
вулицями, площами, набережними	519,6	0,9
об'єктами транспорту	459,0	0,8
Відкриті заболочені землі	940,4	1,6
Відкриті землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом (піски, яри; землі, зайняті зсувами, щебенем, галькою, голими скелями)	1168,5	1,9
Інші землі	1259,5	2,1
Усього земель (суша)	57 939,8	96,0
Води (території, що покриті поверхне- вими водами)	2415,0	4,0
Разом уся територія	60 354,8	100,0

території. Великі площі під сірими лісовими ґрунтами в Лісостепу та каштановими в Степу, що характеризуються високою якістю для сільськогосподарського виробництва.

Україна характеризується високим рівнем землезабезпечення. Земельний фонд її становить 60,3 млн га (табл. 3.4).

3.7. КЛІМАТ

Клімат — це статичний багаторічний режим погоди, який є однією з основних характеристик місцевості. Основні особливості клімату визначаються надходженням сонячної радіації, процесами циркуляції, характером підстилаючої поверхні. Впливають також широта й висота місцевості, наближення її до морського берега, рослинний покрив, наявність снігу та льоду, ступінь забруднення атмосфери. Ці фактори визначають широтну зональність клімату і сприяють формуванню місцевих різновидів (гірський, гумідний, арктичний, континентальний, морський, мусонний, субтропічний, тропічний, екваторіальний тощо). Клімат істотно впли-

ває на водний режим, ґрунт, рослинний покрив та інші компоненти природи.

У змінах клімату виділяють циклічні процеси від 3-, 11-, 33-річного до вікового, а також спрямовані зміни. Циклічні процеси є проявом автоколивань, які виникають під впливом флуктуації сонячної радіації, прозорості атмосфери тощо.

Клімат України помірно континентальний. Південний берег Криму належить до субтропічного поясу. Сумарна сонячна радіація змінюється від 4022 на півночі до 5237 МДж/м² на півдні Криму. На її території переважають північно-західні повітряні переміщення. Впродовж року над територією країни відбувається в середньому 45 циклонів і 35 антициклонів. Найвищі середні температури спостерігаються в третій декаді липня (+20...25 °С), найнижчі — в третій декаді січня (-3...-10 °С). Кількість опадів становить від 1500 (ст. Турбат у Карпатах) до 300 мм/рік на Азово-Чорноморському узбережжі, близько 550—760 мм/рік — у Лісостепу.

Люди живуть в усіх кліматичних зонах. Проте в екстремальних умовах холодної Півночі чи спекотної екваторіальної Африки чисельність населення зменшується, що пояснюється більшими витратами сил і ресурсів. У зв'язку зі зменшенням енергоресурсів дехто з футурологів прогнозує, що в майбутньому переважна частина населення Землі проживатиме в південних широтах з теплим кліматом. Тут менші витрати теплоти на опалення житла, не потрібен теплий одяг. Проте й середні широти з помірним кліматом не залишаться безлюдними. З метою зменшення енерговитрат на опалення житло будуватимуть глибоко під землею. Це заощадить будівельні матеріали та енергію на обігрівання.

3.8. ПРОСТІР ДЛЯ ЖИТТЯ

Площа суші на земній поверхні становить 149 млн км², але тільки третина її придатна для життя. Всього обробляється та зайнято містами й селами 15,1 млн км², 30,5 — луками й пасовиськами, 61,7 — скелями, пустелями й льодовиками, 41,6 — лісами. Нині суші для життя людей вистачає.

На сучасному історичному етапі в світі спостерігається демографічний вибух — різке зростання чисельності населення (див. рис. 2.5), яке в 1999 р. досягло 6 млрд чоловік. Кожних 4—5 дів населення Землі збільшується на 1 млн чоловік, а за кожний рік — на 85 млн. Передбачається, що в 2035—2040 рр. його чисельність становитиме близько 12 млрд чоловік, і ця величина має стабілізуватися. Для такої кількості населення вистачить придатної для життя площі. В цьому разі середня густина населення становитиме 240 чол/км² (приблизно на рівні Японії).

Україна розташована в центрі та на південному сході Центральної Європи і займає площу 603,7 тис. км² (це становить 31,5 % загальної площі центральноєвропейських країн). У країні проживає близько 47 млн чоловік, що становить понад 30 % населення Центральної Європи. Середня густина населення — 77,8 чол/км². Спостерігається тенденція до прогресу

уючого збільшення міського населення. Міста виникли близько 3 тис. років тому як найвища форма організації простору для життя людського суспільства. За прогнозами ООН, на початку ХХІ ст. половина населення мешкатиме в містах-гігантах з десятками мільйонів жителів. Найбільше місто в Україні — Київ, у якому проживає близько 3 млн чоловік. В Україні 425 міст і понад 900 селищ міського типу, в яких проживає 68 % міського населення. Всього в п'яти містах (Київ, Харків, Дніпропетровськ, Донецьк, Одеса) населення перевищує 1 млн чоловік. Густота сільського населення — 60—95 чол/км². Найбільша густота населення в Донецькій області — 200 чол/км². Порівняно з такими європейськими країнами, як Бельгія і Нідерланди, наша країна не є перенаселеною.

Як свідчить накопичений досвід, для збереження природного середовища великого регіону на рівні оптимуму (стабільність кліматичних умов, достатня кількість харчових продуктів та необхідні умови для відпочинку людей) треба залишити 30 % площі в природному стані без антропогенної діяльності (ліси, заказники, національні парки). Половина з тих 70 % площі, що залишається, має використовуватися для виробництва продуктів харчування. Зменшення площі незайманої природи призведе до негативних екологічних наслідків.

3.9. ПРОДОВОЛЬСТВО

Нині основну частку (до 98 %) продуктів харчування людей забезпечує суходіл, насамперед ґрунти. Для господарського використання при сучасному рівні техніки доступні 134 млн км², або 13,4 млрд га. З них пустельні й тундрові території становлять 17 млн км². На початок 70-х років ХХ ст. було розорано й оброблялося 1,5 млрд га, тобто 10,8 % придатної для сільськогосподарського використання суші. Луки й пасовиська займали майже 3 млрд га (22,3 %). У середньому на кожного мешканця планети припадає близько 1 га орних земель, луків і пасовищ, тоді як для мисливця палеоліту для задоволення його життєвих потреб потрібна була площа 20 км².

У зв'язку зі зростанням чисельності населення та виходом частини угідь з сільськогосподарського обороту (щороку 5—7 млн га) площа орної землі постійно зменшується. Так, у колишньому СРСР забезпеченість орними землями на душу населення знизилась з 1,4 га в 1965 р. до 0,76 га в 1985 р.

З майже 500 тис. видів рослин нашої планети людина використовує близько 23 тис. видів. Серед них близько 6 тис. видів — культурні рослини. З останніх у країнах СНД найпоширеніші 250 видів. До групи польових культур входить близько 90 найважливіших видів рослин, які забезпечують людей необхідними продуктами харчування, кормами для тварин і сировиною для технічної переробки. Серед квіткових рослин їстівних налічується 2897 видів. З найпоширеніших 1500 видів харчових, технічних і лікарських культурних рослин М. І. Вавилов виділив 1000 найголовніших, які займають 90 % площі, що обробляється.

В Україні практичну цінність для задоволення потреб людини мають 65 % видів її флори. До них належать кормові — близько 1000, дикорослі їстівні — 150, ефіроолійні — 400, вітаміноносні — 200, медоносні — 500, дубильні — 100, фарбувальні — 150, волокнисті — 50 та лікарські — 800 видів.

Населення планети споживає 8,7 млрд т органічної речовини, виробленої сільським господарством. Біомаса земної кулі разом з гумусом і органічними рештками становить 5500 млрд т. Щорічне виробництво органічної речовини еквівалентне $1,5 \cdot 10^{17}$ кДж енергії, з якої на частку рослинних продуктів припадає 89 %.

Земляни вирощують понад 80 видів головних сільськогосподарських культур. У світовому виробництві продуктів харчування 60 % припадає на частку зернових культур, з яких понад 40 % — рис і пшениця. Злакові забезпечують майже 50 % білка в раціоні харчування. Рис є основною їжею більш як 2 млрд чоловік і його виробництво в 1975 р. становило 325 млн т, пшениці 360 і кукурудзи — 293 млн т. Щороку вирощується понад 300 млн т картоплі та 125 млн т бобових (гороху, сої, арахісу).

У 1989 р. в колишньому СРСР було вироблено: зерна — 211,1; цукрових буряків — 97,5; картоплі — 72,0; овочів — 33,5; плодів і ягід — 9,9; винограду — 4,9 млн т. Середня врожайність зерна в країні становила 18,8 ц/га. Вироблено 20,0 млн т м'яса, 108,1 млн т молока і 84,6 млрд шт. яєць. Поголів'я свійських тварин становило: великої рогатої худоби — 119,6; свиней — 78,1; овець і кіз — 147,5 млн голів.

Україна в 1990 р. виробляла зернових і зернобобових культур — 38,7 млн т, цукрових буряків — 36,3; картоплі — 14,5; м'яса — 4,0; молока — 22,4; цукру-піску — 3,5 млн т; вилловлювала риби і добувала морепродуктів 0,9 млн т та виготовляла 380,8 тис. т тваринного масла. В 1994 р. в країні було 21,6 млн голів великої рогатої худоби, 15,3 млн свиней і 6,9 млн овець.

Для задоволення харчового раціону людини щороку потрібно близько 4 млн кДж (~1 млн ккал) в енергетичному еквіваленті. В світі лише кілька країн (Австралія, Канада, Нова Зеландія, США і ПАР) забезпечують населення продуктами харчування власного виробництва. Нині примара голоду нависла над багатьма країнами Азії, Африки та Латинської Америки. Щороку від голоду помирає понад 20 млн чоловік, близько 800 млн — голодує. Майже половина населення Землі неповноцінно (без тваринних білків) харчується. Щоб прогодувати 6,5 млрд населення, треба збільшити врожайність полів удвічі, що цілком можливо, виходячи з порівняння середніх і рекордних урожаїв. Так, для пшениці середній урожай становить — 20,85 ц/га, рекордний — 145,26 ц/га, для картоплі — відповідно 266,8 і 941,5, для рису — 25 і 144 ц/га. З наведеного прикладу можна зробити висновок, що за рахунок інтенсифікації сільського господарства виробництво продуктів харчування можна збільшити за певних умов у 3—4 рази.

До раціону людини входять продукти тваринництва (м'ясо, молоко та ін.). Для відгодівлі тварин згодують 33—40 % рослинного фуражного

зерна. Нині на кожного жителя планети припадає в середньому одна велика свійська тварина і один птах, які споживають у 5 разів більше їжі (в основному зерна), ніж людина. Трансформація біомаси з рослинної на тваринну зменшує її кількість у 10 разів, що потребує значного збільшення продуктивності від агросистем у разі введення значної частки продуктів тваринництва в раціон харчування. Отже, слід самообмежити себе в споживанні продуктів тваринництва і віддавати перевагу продуктам рослинництва.

Світові ресурси продовольства поповнюються продуктами Світового океану та інших водойм. Займаючи площу, що становить 71 % поверхні Землі, він сьогодні постачає 2 % продуктів (риба, ракоподібні, ссавці, криль та деякі рослини — ламінарія). В 1970—1990 рр. вилов риби в світі стабілізувався і становить 75 млн т за рік. Підраховано, що річний приріст риби в океані становить 230—250 млн т. З цієї кількості можна виловлювати близько 120 млн т. Важливим резервом поповнення ресурсів продовольства є аквакультура — розведення риби в ставках, особливо вирощування мідій, устриць. Мідії мають смачне м'ясо з повноцінним білком. У Франції вихід м'яса мідій на 1 га водойм становить 200—250 т за рік, тоді як з корів отримують 0,3 т, а розведенням курей — 2 т живої маси. Крім того, аквакультура економічно вигідніша. Тому в Україні на березі Чорного моря варто вирощувати мідії у більших масштабах, про що свідчить досвід впровадження цього методу під Одесою та в Криму. За рахунок аквакультури внесок океану в забезпечення людини їжею може збільшитися до 5 %.

Наприкінці ХХ ст. відкрився ще один шлях поповнення ресурсів продовольчих продуктів — застосування біотехнологій. *Біотехнологія* — це мікробіологічний синтез за допомогою бактерій білка та інших органічних речовин на основі відходів сільського господарства, деревини чи нафтопродуктів. Бактеріальний синтез дає змогу отримати білки з повним складом амінокислот. Особливо важливими є висока швидкість розмноження бактерій — вони дають потомство кожні 30 хв. З однієї клітини за 5 год утворюється тисяча нових. Так, при вирощуванні кормових дріжджів з 1 м³ об'єму апарата за добу можна одержати 30 кг білка. Це еквівалентно кількості білка, яку можуть дати 100 корів за той самий час. Складність цієї проблеми полягає в традиції поглядів людей на продукти харчування. Уже створено штучну чорну ікру, лососину, м'ясо, курячий та м'ясний бульйони, мармелад тощо. Навчилися робити штучні ароматизатори з будь-яким запахом (часнику, цибулі, шинки, м'ясного бульйону, банана та ін.). В Японії, США та Англії вже зараз випікають «зелений хліб» з добавкою порошку з морських водоростей, який дуже корисний для здоров'я.

Завдяки значним успіхам генетики, селекції, новим агробіотехнологіям, захистові рослин від шкідників і хвороб стало можливим вирощування швидкозростаючих рослин з підвищеним коефіцієнтом засвоєння сонячної енергії. Це відкриває нові, небачені до цього, можливості отримання відновлювальних енергоносіїв (біопалива) та іншої технічної сировини. Фахівці вважають, що в майбутньому розв'язати продовольчу проблему

дозволять успіхи в генній інженерії, внаслідок чого будуть створені високопродуктивні, стійкі проти хвороб, шкідників і несприятливих факторів навколишнього середовища сорти рослин та породи тварин (трансгенні організми). Нині площі під трансгенними рослинами розширюються стрімкими темпами. В 1999 р. вони займали 40 млн га. На початку ХХІ ст. очікується подвоєння посівних площ, які займатимуть трансгенні культури.

3.10. ГЕНЕТИЧНИЙ ФОНД ТА НАДБАННЯ ЛЮДСЬКОГО ІНТЕЛЕКТУ

Сукупність видів рослин і тварин Землі становить генетичний фонд. Рослинний світ планети утворює фітосферу (грец. *phiton* — рослинна сфера), до якої входить приблизно 500 тис. видів рослин. До складу основних груп рослин належить таке число видів:

Бактерії	1200	Зелені водорості	8000
Синьозелені водорості	2000	Інші водорості	1000
Діатомові водорості	1400—1600	Гриби	40 000—50 000
Жовто-зелені водорості	300	Лишайники	20 000
Бурі водорості	1500	Мохоподібні	25 000
Червоні водорості	3800	Судинні спорові	11 000
Пірофітові водорості	1200	Голонасінні	600
Золотисті водорості	1000	Покритонасінні	260 000

До складу фауни входить близько 1,5 млн видів, у тому числі: комах — 1 млн, джгутикових — 8000, інфузорій — 6000, губок — 5000, коралів — 6100, нематод — 10 000, моховаток — 2700, червононогих моллюсків — 9000, двостулкових моллюсків — 15 000, ракоподібних — 25 000, павукоподібних — 35 000, риб — 20 000, земноводних і плазунів — 6000, птахів — 8590, ссавців — 4000—4500 та багато інших.

Щільність генетичного різноманіття України, за оцінками європейських експертів (*Atlas Flora Europaeae*, 1999), коливається від 23 до 430 умовних одиниць (вищий рівень інтервалу властивий гірським районам Карпат і Криму). Порівняно з деякими країнами-сусідами таксономічне ядро біорізноманіття нашої країни має чимало переваг (табл. 3.5) і зумовлює певну відповідальність щодо збереження його.

За даними Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, вищих і нижчих рослин в Україні налічується понад 10 000 природних видів, із них 4500 видів вищих судинних рослин, 4000 — водоростей, близько 1000 — лишайників, 800 — мохів. Судинні рослини поділяють на дерева (76 видів), кущі, напівкущі, напівкущики (278), трав'янисті полікарпіки (2856) і монокарпіки (1313 видів).

Рослинний і тваринний світ є дзеркалом, в якому відбивається ставлення людини до природи. Всі елементи живої речовини біосфери тісно пов'язані між собою трофічними ланцюгами (мережею). Зміни в природі впливають на життєздатність, екологію та поширення окремих рослин і тварин. Екологічна рівновага в глобальній екосистемі — біосфері забез-

Таблиця 3.5. Максимальні показники біорізноманіття України і її сусідів (кількість видів, Alais gon. 2003)

Країна	Ссавці	Птахи, які гніздяться	Рептилії	Амфібії	Прісноводні риби	Безхребетні	Судинні рослини
Україна	117	270	21	17	184	44 371	5101
Білорусія	70	208	7	—	58	10 000	1720
Болгарія	94	383	36	16	207	25 761	3583
Угорщина	72	203	15	17	81	41 460	2214
Польща	85	224	9	18	66	28 384	2300
Румунія	84	249	25	19	—	—	3350
Туреччина	116	284	102	18	175	—	8579

печується біологічним розмаїттям. Зникнення будь-якого виду в біогеоценозі руйнує усталені зв'язки між окремими видами та іншими компонентами біогеоценозу (мікроорганізмами, комахами тощо). В природі кожний вид організмів відіграє певну і тільки йому властиву роль. Зникнення одного виду автоматично призводить до зникнення багатьох інших, об'єднаних спільним трофічним ланцюгом. Тому слід дбайливо оберігати генетичний фонд нашої планети.

Одним з найголовніших ресурсів людства є його розум. Сумарна маса мозку людства нині становить приблизно 9 млн т. Можливості розуму безмежні, і тому треба розумно розпоряджатися цим багатством. Плоди його діяльності слід спрямовувати на служіння людям і користь усій нашій біосфері. Вже нині людське суспільство має величезні здобутки в галузі науки і техніки. Людина змогла розгадати таємниці мікро- і макросвіту, подолати сили гравітації Землі і вирватися в безмежні далі космічного простору. Вона неодноразово побувала на поверхні Місяця, запустила космічні апарати на деякі планети Сонячної системи і до Сонця; навчилася перетворювати хімічні елементи; використовує в господарстві величезні запаси атомної енергії; побудувала автоматично керовані штучні екосистеми, які функціонують і в Космосі.

Досягнення людського інтелекту слід спрямовувати не на війни за життєвий простір, не на підкорення народів, а на забезпечення гармонійного співіснування з біосферою, стійкої динамічної екологічної та біологічної рівноваги, підвищення добробуту людей та оптимальних умов існування природи.



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) знати класифікацію природних ресурсів;
- 2) пояснити сучасні тенденції споживання природних ресурсів;
- 3) обґрунтувати сучасний стан забезпеченості людського суспільства природними ресурсами;

- 4) виходячи з тенденцій сучасного споживання природних ресурсів, скласти перспективний прогноз їх споживання в світі; в країні;
- 5) проаналізувати сучасний стан задоволення потреб населення України в природних ресурсах;
- 6) скласти перспективний прогноз споживання природних ресурсів в Україні.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. Як класифікують природні ресурси?
2. Дайте визначення, що таке відновні й невідновні природні ресурси і чим вони відрізняються.
3. Що таке вичерпні й невичерпні природні ресурси і чим вони відрізняються?
4. Схарактеризуйте воду як природний ресурс.
5. Знаючи сучасні витрати води в країні на одного мешканця (приблизно 150 л на одну добу), визначіть річну потребу населення України в прісній воді.
6. Схарактеризуйте атмосферне повітря як природний ресурс.
7. Яка життєва потреба людини в атмосферному повітрі, якщо середня тривалість життя людини становить 63 роки?
8. На спалювання палива в усьому світі витрачається приблизно 10 млрд т кисню. Скільки палива спалюється щороку в усьому світі, якщо це паливо — кам'яне вугілля?
9. Які енергетичні ресурси ви знаєте?
10. Обґрунтуйте, чому людство планети було змушене подвоювати споживання енергії останнім часом упродовж 10 років, тоді як у недалекому минулому це подвоєння відбувалося впродовж 20 років?
11. Як людство задовольнятиме власні енергетичні потреби в майбутньому?
12. Що називають рудною і нерудною мінеральною сировиною?
13. Дайте визначення «індексу використання резервів» та обчисліть його для вихопного палива, залізних руд.
14. Схарактеризуйте ґрунти як природний ресурс.
15. Які типи ґрунтів ви знаєте? Чим визначається їх якість?
16. Скільки вуглекислого газу виділяє садова ділянка площею 0,6 га за добу?
17. Схарактеризуйте клімат як природний ресурс.
18. Схарактеризуйте простір для життя як природний ресурс.
19. Нині в Україні проживає 47 млн населення. Яка буде густина населення, якщо кількість населення подвоїться? Скільки буде потрібно вихопного палива, якщо його витрати зберуться на сучасному рівні?
20. Які види продовольства споживає населення України?
21. Які добові витрати населення України (47 млн чоловік) у найважливіших видах продукції, якщо ці витрати зберуться на рівні 1993 р.?
22. Чи може нині Україна задовольнити свої потреби в продуктах харчування?
23. Схарактеризуйте генетичний фонд та надбання людського інтелекту як природні ресурси.
24. Яка ділянка лісу потрібна, щоб переробити за допомогою фотосинтезу весь вуглекислий газ, який видихає населення України; населення всієї планети?
25. Яка маса оксиду карбону (IV) перетворюється на зелені рослини, якщо на один моль поглиненого вуглецю витрачається 477,7 кДж енергії?
26. Скільки сонячної енергії поглинає суша?

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ЗАКОНИ ЗАГАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЇ

4.1. ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ

Вплив середовища на організми зазвичай оцінюють через окремі фактори. Поняття умов екологія замінила поняттям фактора. *Екологічний фактор* — це будь-який нерозчленований далі елемент середовища, здатний прямо чи опосередковано впливати на живі організми хоча б упродовж однієї з фаз їх індивідуального розвитку. Фактори поділяють на три групи: абіотичні (або фізико-хімічні), біотичні та антропогенні. До *абіотичних* належать кліматичні, атмосферні, ґрунтові (едафічні), геоморфологічні (орографічні), гідрологічні та інші. До *біотичних* належать фактори живої природи — вплив одних організмів або їх співтовариств на інші. Ці впливи можуть бути з боку рослин (фітогенні), тварин (зоогенні), мікроорганізмів, грибів тощо. *Антропогенні* — це фактори людської діяльності. Серед них розрізняють фактори прямого впливу на організми (наприклад, промисел) і опосередкованого — вплив на місце проживання (наприклад, забруднення середовища, знищення рослинного покриву, будівництво гребель на ріках тощо).

Визначення екологічного фактора характеризується такими ознаками:

1) нерозчленованість певного елемента середовища. Наприклад, глибину водойми не можна розглядати як екологічний фактор, тому що глибина впливає на мешканців водойми не безпосередньо, а через збільшення тиску, зменшення освітлення, зниження температури, збільшення солоності, зменшення вмісту кисню тощо. Саме температура, солоність, вміст кисню, освітленість, тиск та інші виступають як екологічні фактори водойми, що впливають безпосередньо на живі організми;

2) дія екологічних факторів може бути не прямою, а опосередкованою, тобто в цьому разі вони діють через численні причинно-наслідкові зв'язки.

Розрізняють десять груп екологічних факторів (загальна кількість — близько 60), об'єднаних за певним показником: за часом — *фактори часу* (еволюційний, історичний, діючий), *періодичності* (періодичний і неперіодичний); *за середовищем виникнення* (атмосферні, водні, геоморфологічні,

фізіологічні, генетичні, екосистемні); *первинні* та *вторинні*; за *походженням* (космічні, біотичні, абіотичні, природно-антропогенні, техногенні, антропогенні); за *характером* (інформаційні, фізичні, хімічні, енергетичні, термічні, біогенні, кліматичні, комплексні); за *спектром впливу* (вибіркової чи загальної дії); за *умовами дії*; за *об'єктом впливу* (летальні, екстремальні, обмежувальні, мутагенні, занепокоєння).

Прояв впливу факторів виражається у зміні життєдіяльності організмів. Це призводить до зміни чисельності популяції. При цьому слід зазначити такі закономірності:

1) за певних значень фактора складаються найсприятливіші умови для життєдіяльності організмів. Такі умови називають *оптимальними*, а відповідні значення фактора — *оптимумом* (рис. 4.1);

2) чим більше значення фактора відхиляється від оптимальних, тим сильніше пригнічується життєдіяльність особин. У зв'язку з цим виділяють зону їх *нормальної життєдіяльності*;

3) діапазон значень фактора, за межами якого нормальна життєдіяльність особин стає неможливою, називають *межею витривалості*. Розрізняють верхню і нижню межі витривалості. Діапазон значень фактора, за межами якого організм почувається пригнічено, називають *зоною пригнічення (песимуму)*.

Діапазон значень оптимуму й песимуму є критерієм для визначення *екологічної валентності (екологічної толерантності; лат. «толеранція» — терпіння)* — *здатності організму пристосовуватися до змін умов середовища*. Кількісно вона охоплює діапазон від нижнього песимуму (екологічний мінімум на шкалі фактора) до верхнього песимуму (екологічний максимум). У цьому полягає суть *закона екологічної валентності (екологічної толерантності)*, сформульованого В. Шелфордом (1913): *діапазон значень зміни фактора верхнього й нижнього песимумів, за яких організми*

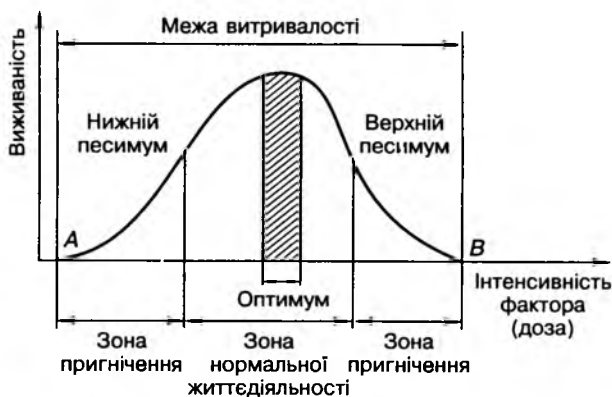


Рис. 4.1. Вплив інтенсивності фактора на життєдіяльність організму: А — екологічний мінімум; В — екологічний максимум

здатні пристосуватися до змін умов середовища, визначають межу витривалості. Екологічна валентність різних видів може значно різнитися. Так, північні олені витримують коливання температури повітря від -55 до $+20...+30$ °С, а тропічні корали гинуть уже в разі зміни температури на $5-6$ °С.

За екологічною валентністю організми поділяють на стено- та еврибїонти. *Стенобїонти* (грец. «стенос» — вузький та «бїос» — життя) — організми, що можуть жити за дуже незначної зміни факторів середовища (температури, кислотності, вологості, солоності тощо). До стенобїонтів належать орхідеї, далекосхідний рябчик, фореель та ін. *Еврибїонти* (грец. «еурї» — широкий) — організми, що можуть жити за значних змін факторів середовища (колорадський жук, пацюки, вовки, таргани, очерет тощо). Серед стено- та еврибїонтів залежно від конкретного фактора організми поділяють на стенотермні та евритермні (за реакцією на температуру), стеногалінні та евригалінні (за реакцією на солоність води), стенофоти та еврифоти (за реакцією на освітлення) тощо.

Серед сукупності різних факторів виділяють *лімітуючі*, тобто такі, значення (рівень, доза) яких наближається до межі витривалості організму (значення фактора менше або більше від оптимуму). Поняття лімітуючого фактора започатковане законами мінімуму Лібїха (1840) і толерантності Шелфорда. Найчастіше лімітуючими факторами є температура, світло, тиск, біогенні речовини тощо.

Правило Лібїха, або закон обмежувального фактора (*правило мінімуму*), має таке тлумачення: в комплексі факторів сильніше діє той, який ближче до межі витривалості.

Правило взаємодії факторів полягає в тому, що одні фактори можуть підсилювати або пом'якшувати силу дії інших факторів. Наприклад, надлишок теплоти може будь-якою мірою пом'якшувати зниження вологості повітря. Проте це не означає, що фактори можуть взаємозамінятися.

Закон лімітуючого фактора лежить в основі теоретичного обґрунтування величини гранично допустимої концентрації (ГДК) або дози (ГДД) забрудників. Цілком зрозуміло, що стосовно забруднювальних речовин нижня межа толерантності не має значення, а верхня не повинна збільшуватися ні за яких умов. Тому ті порогові значення фактора, за яких в організмі ще не відбувається жодних необоротних патологічних змін, які встановлюють експериментально, і слід приймати як ГДК (ГДД).

Потрібно брати до уваги закон *рівнозначності умов життя*: всі природні умови середовища, необхідні для життя, відіграють рівнозначні ролі. З нього випливає закон сукупної дії екологічних факторів. В природі екологічні фактори діють комплексно. Це треба пам'ятати, оцінюючи вплив хімічних забрудників, коли «сумаційний» ефект (на негативну дію однієї речовини накладається негативна дія інших, а до цього додається вплив стресової ситуації, шумів, різних фізичних полів — радіаційного, теплового, гравітаційного чи електромагнітного) дуже змінює умовні значення ГДК, наведені в довідниках.

Екологічні фактори на рівні особини, популяції, виду, екосистеми впливають по-різному. На рівні особин абіотичні фактори впливають насамперед на поведінку тварин, змінюють трофічні відносини з середовищем і характер метаболізму, діють на здатність розмножуватися і плодючість, значною мірою визначають розвиток, швидкість росту і тривалість життя тварин і рослин. На рівні популяції абіотичні фактори діють на такі параметри, як народжуваність, смертність, середня тривалість життя особини, швидкість зростання популяції та її розміри. Останні визначають характер динаміки чисельності популяції і просторовий розподіл особин у ній. На рівні виду абіотичні умови середовища проживання нерідко виступають як фактори, що визначають і обмежують географічне поширення.

Температурні умови можуть зумовити географічну мінливість видів. Німецький фізіолог Карл Бергман (1847) встановив: теплокровним тваринам зі сталою і притому високою температурою тіла в жаркому кліматі корисно випромінювати, а в холодному, навпаки, утримувати теплоту (*правило Бергмана*).

Друге морфолого-географічне правило, або *правило Аллена*, може бути сформульоване так: у теплокровних тварин у напрямі до тропіків спостерігається подовження хвостів, вух, дзьобів, парних кінцівок і різного роду наростів — чубів, ріжків, комірців тощо. Це правило поширюється на підвиди одного виду або на близькоспоріднені види.

Різниця в значеннях вологості на різних ділянках поверхні Землі позначається не лише на характері поширення тварин і рослин, а й на забарвленні хребетних тварин, про що говорить *правило Глогера*: колір хребетних тварин, що проживають у країнах з вологим кліматом, як правило, темніший і яскравіший, ніж у географічних популяцій тих самих видів, поширених у країнах із сухим кліматом.

На рівні екосистеми будь-який абіотичний фактор, що впливає на окремий вид, який входить до складу екосистеми, впливатиме і на саму екосистему, на її визначальні властивості. Дія абіотичних факторів може призвести до загибелі особин, що зумовить зменшення густоти популяцій, які входять до складу екосистеми. Це в кінцевому підсумку позначиться на видовому різноманітті, просторовому розподілі видів в екосистемі, на характері їх взаємодії один з одним.

Біотичні фактори поділяють на дві групи: внутрішньовидові та міжвидові взаємодії. Під *внутрішньовидовими*, або *гомотипічними*, реакціями розуміють взаємодію між особинами одного виду. *Ефект групи* — це вплив групи як такої і числа особин у групі на поведінку, фізіологію, розвиток і розмноження їх, зумовлений сприйняттям присутності особин свого виду за допомогою органів чуття. *Ефект маси*, на відміну від ефекту групи, не пов'язаний зі сприйняттям особинами одного виду присутності одна одної.

До гомотипічних реакцій крім групового і масового ефектів належить ще одна форма взаємодії між особинами одного виду — *внутрішньовидова конкуренція* — боротьба за можливість вижити, для чого необхідна енергія, яку отримують рослини у вигляді сонячного світла, а тварини у вигляді

різної поживи. Тому в боротьбі за оволодіння джерелами енергії відбувається напружена конкуренція, виникає суперництво між особинами одного виду. Відносно всіх видів конкуренції існує правило: чим більше збігаються потреби конкурентів, тим жорстокіша конкуренція (*правило конкурентної боротьби*). Отже, основним результатом внутрішньовидової конкуренції є дивергенція особин, що завершується формуванням популяцій.

Розрізняють дві основні форми конкуренції — пряму і побічну. *Пряма конкуренція*, або *інтерференція*, здійснюється прямим впливом однієї особини на іншу, наприклад, унаслідок агресивних зіткнень між тваринами або виділення токсинів (алелопатія) рослинами та мікроорганізмами. *Побічна конкуренція* не передбачає безпосередньої взаємодії між особинами. Вона відбувається опосередковано — внаслідок споживання різними тваринами одного й того самого ресурсу, який обов'язково має бути обмеженим. Тому таку конкуренцію зазвичай називають *експлуатаційною*.

Міжвидові, або *гетеротипічні, реакції* — це взаємодії між особинами різних видів. Дві популяції або впливають, або не впливають одна на одну. Якщо вплив є, він може бути сприятливим чи несприятливим. Якщо вплив між двома популяціями несприятливий, то взаємовідносини між ними мають характер конкуренції. Якщо дві популяції не впливають одна на одну, то спостерігається *нейтралізм* — випадок, який не становить особливого екологічного інтересу. Відносини, які мають взаємну користь, відносять до *мутуалізму*, якщо об'єднання двох популяцій облігатне (сторони не можуть існувати одна без одної). В такому разі говорять про *симбіоз*, а популяції називають *симбіонтами*. При *співробітництві* обидві популяції утворюють *співтовариство*. Воно не є обов'язковим, оскільки кожний вид може існувати ізольовано, проте життя в співтоваристві приносить користь обом.

У випадку *коменсалізму* популяції одного виду співтовариства (коменсал) мають користь із співжиття, а популяції іншого виду (хазяїн) не мають жодної вигоди. Відносини між коменсалами і хазяїнами характеризуються взаємною терпимістю. *Аменсалізм* — тип відносин, за яких одна популяція (аменсал) потерпає від пригнічення росту і розмноження, а друга (інгібітор) таких випробувань не зазнає. Аменсалізм спостерігається тільки у бактерій, грибів і рослин.

Хижацтвом називають таку взаємодію між популяціями, за якої одна з них, несприятливо впливаючи на іншу, дістає вигоду від цієї взаємодії. Хижак вбиває жертву і з'їдає її повністю або частково (винятком є ящірки, які залишають хижаку хвіст, і рослини, в яких траводіні, наприклад, колорадський жук, об'їдають тільки листки). *Паразитизм* є, по суті, хижацтвом, проте хазяїн, як правило, не гине відразу, а деякий час використовується паразитом. А відтак, паразитизм можна розглядати як особливу форму хижацтва.

Вирішальне значення в природі має міжвидова конкуренція, оскільки вона більшою мірою, ніж інші гетеротипічні реакції, визначає роль видів в екосистемах. *Міжвидова конкуренція* — це така взаємодія, коли два види суперничають через одні й ті самі джерела існування — поживу, життє-

вий простір тощо. Причому вона виникає в тих випадках, якщо використання джерела ресурсів одним видом призводить до обмеженого використання його іншим.

Внутрішньовидова конкуренція сильніша від міжвидової, однак *правило конкуренції* поширюється на останню. Конкуренція між двома видами тим сильніша, чим ближчі їхні потреби. Два види з цілком однаковими потребами не можуть існувати разом: один з них через деякий час обов'язково буде витіснений (*принцип конкурентного витіснення*, або *принцип Гаузе*). Узагальненням конкурентної боротьби в екосистемах є *закон максимізації енергії*, сформульований Г. і Ю. Одумами та доповнений М. Реймерсом: у конкуренції з іншими системами зберігається та з них, яка найбільше сприяє надходженню енергії та інформації і використовує максимальну їх кількість найефективніше.

4.2. ЕКОЛОГІЧНА СИСТЕМА

Основною функціональною одиницею біосфери є екологічна система (екосистема), до складу якої входять живі організми та абіотичне середовище. Причому кожна з цих частин впливають одна на одну та обмінюються речовиною і енергією. *Екосистема* — єдиний природний або природно-антропогенний комплекс, утворений живими організмами та середовищем їх існування, в якому живі й неживі компоненти поєднані між собою причинно-наслідковими зв'язками, обміном речовин та розподілом потоку енергії.

Р. Даждо (1975) дав математичне визначення екосистеми: екосистема (E) дорівнює сумі біотопу (Bm) і біоценозу (Bz), тобто $E = Bm + Bz$. Однак з таким математичним описом не можна погодитися, тому що $Bm \neq E - Bz$ і $Bz \neq E - Bm$, оскільки в математичному виразі екосистеми (E) не відображено обміну речовин та енергії, які впливають з визначення. А тому визначення екосистеми краще подати як функцію біоценозу, біотопу та обміну речовин (P), енергії ($Eя$) та інших екологічних факторів $\left(\sum_{i=1}^n E\phi \right)$ (А. К. Запольський):

$$E = f \left(Bz, Bm, P, Eя, \sum_{i=1}^n E\phi \right).$$

Структуру біоценозу складають продуценти — виробники живої органічної речовини, консументи (рослино- та м'ясоїдні тварини) — споживачі органічних речовин і редуценти — перетворювачі органічних речовин на прості мінеральні сполуки. *Продуценти* — автотрофні (хемо- та фототрофні) організми, що продукують органічну речовину з неорганічної. Продуценти є первинною ланкою ланцюгів живлення. *Консументи* — організми (їх сукупність), які споживають органічну речовину, створену продуцентами або перетворену консументами нижчих рівнів екологічної

піраміди. Розрізняють консументи першого порядку (травоядні), другого і вищих порядків (хижаки, паразити тощо). *Редуценти* — організми (переважно бактерії, гриби), які в процесі життєдіяльності перетворюють, розкладають органічні рештки на неорганічні речовини. Редуценти — заключна ланка ланцюгів живлення.

Залежно від способу добування і використання поживних речовин усі організми поділяють на авто- і гетеротрофи. *Автотрофи* — організми, що самостійно забезпечують себе їжею. Вони здатні утворювати органічні речовини з неорганічних за допомогою сонячного світла (фотосинтез) або енергії хімічних реакцій (хемосинтез). До автотрофів належать рослини та деякі бактерії. *Гетеротрофи* — організми, що живляться готовими органічними речовинами. Вони, на відміну від автотрофів, синтезують необхідні для їхнього життя речовини з готових органічних сполук. До гетеротрофів належать тварини, людина, деякі вищі паразитичні рослини, гриби та багато мікроорганізмів.

Основною структурною одиницею в системі живих організмів є вид. *Вид* (біологічний) — сукупність організмів зі спорідненими морфологічними ознаками, які можуть схрещуватися один з одним і мають спільний генофонд. Види мають морфологічні, фізіолого-біохімічні, еколого-географічні (біогеографічні) та генетичні характеристики. Вид підпорядкований роду і поділяється на підвиди і популяції. *Популяція* — сукупність особин одного виду з однаковим генофондом, яка живе на спільній території впродовж багатьох поколінь.

У природі види рослин і тварин розподіляються не випадково, а завжди утворюють певні, порівняно сталі комплекси (угруповання) — біоценози. *Біоценоз* (грец. «біос» — життя та «койнос» — загальний) — стала система живих організмів, які населяють більш-менш однорідну ділянку суші чи води і пов'язані між собою. Стійкою екологічною системою є біогеоценоз (грец. «біос» — життя, «гео» — земля та «койнос» — загальний). *Біогеоценоз* — однорідна ділянка суходолу чи водної поверхні з певним складом живих (біоценоз) та неживих (приземний шар атмосфери, ґрунт, вода, сонячна енергія) компонентів, що динамічно взаємодіють між собою в процесі обміну речовин та енергії. Біогеоценоз є більш загальним поняттям і його складовими є біотоп і біоценоз. *Біотоп* — ділянка суходолу чи водойми з однотипними умовами рельєфу, клімату та інших абіотичних факторів, яку займає певний біоценоз. Біотоп — неорганічний компонент біогеоценозу. Отже, біоценоз — спільнота живих організмів, що мешкають у межах одного біотопу.

Поняття «біоценоз» — умовне, оскільки поза середовищем існування організми жити не можуть. Цим поняттям зручно користуватися в процесі вивчення екологічних зв'язків між організмами. Залежно від місцевості, відношення до людської діяльності, ступеня насичення, повноцінності та інших факторів розрізняють біоценози суші, води, природні та антропогенні, насичені й ненасичені, повночленні та неповночленні.

У кожній екосистемі можна виділити такі компоненти: 1) неорганічні речовини (вуглець, азот, вуглекислий газ, вода та ін.), які вступають у коло-

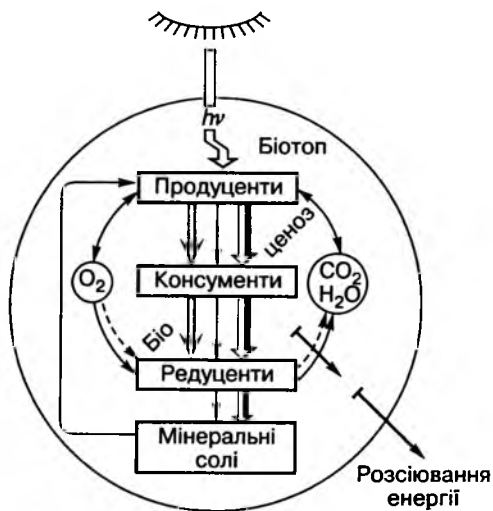


Рис. 4.2. Структура екосистеми, що включає потік енергії (\Leftrightarrow і \rightarrow) і два колообіги речовин [твердих (\Leftrightarrow) і газуватих (\rightarrow)]; \dashrightarrow — участь у колообігу анаеробних бактерій

обіг; 2) органічні речовини (білки, вуглеводи, гумінові речовини, ліпіди та ін.), які об'єднують біотичну та абіотичну частини екосистеми; 3) клімат (температура, вологість, тиск та ін.); 4) продуценти — автотрофні організми (переважно рослини); 5) консументи — гетеротрофні організми (переважно тварини); 6) редуценти (деструктори) — гетеротрофні організми (переважно бактерії та гриби).

Перші три групи — неживі компоненти, решта становить живу масу (біомасу). Розташування трьох останніх компонентів відносно потоку енергії, що надходить, — це структура екосистеми (рис. 4.2). Продуценти перетворюють сонячну енергію, вуглекислий газ і воду в процесі фотосинтезу на органічну речовину і кисень, тобто на енергію хімічних зв'язків. Консументи, поїдаючи продуцентів, розривають ці зв'язки. Вивільнена енергія використовується консументами для побудови власного тіла. Редуценти руйнують хімічні зв'язки молекул органічних речовин, які розщеплюються, і будують своє тіло. В результаті вся енергія, яку засвоїли продуценти, використовується на підтримання життя, а частина розсіюється в навколишній простір. Органічні речовини розкладаються на неорганічні і повертаються до продуцентів. Таким чином, структуру екосистеми утворюють три рівні (продуценти, консументи, редуценти) трансформації енергії і два колообіги — твердих і газоподібних речовин.

Згідно із законом *екологічної кореляції*, в екосистемі, як і в будь-якій іншій системі, всі види живої речовини і абіотичні екологічні компоненти функціонально відповідають один одному. Випадання однієї частини системи (виду) неминуче призводить до вимикання пов'язаних з нею інших частин екосистеми і функціональних змін.

Виділяють мікроекосистеми (пеньок з грибами, калюжа, ставок), мезоекосистеми (садова ділянка, ліс, озеро) і макроекосистеми (континент, океан). Глобальною екосистемою є біосфера. Ці екосистеми належать до природних. Крім того, поняття екосистем поширюється і на штучно створені людиною об'єкти. А тому залежно від роду діяльності людини виділяють такі екосистеми, як агроценоз (сади, сільськогосподарські угіддя, тваринницькі ферми тощо), промислові екосистеми (вугільна шахта, ме-

талургійний завод, очисні споруди тощо). Всі вони об'єднуються в антропогенні екосистеми.

Екосистеми — відкриті функціонально цілісні системи, які існують за рахунок надходження з навколишнього середовища енергії та частково речовини і які саморегулюються та самовідтворюються. Проте антропогенні екосистеми, що створені людиною і функціонують за її безпосередньою участю, не здатні саморегулюватися і самовідтворюватися. Здатність екосистем до саморегуляції та самопідтримання називають *гомеостазом*. Екосистеми не слід розглядати як щось стателе. Система, що зберігає свою стійкість за відносної стабільності зовнішнього середовища, здатна до різних змін унаслідок змін у зовнішньому середовищі і в складі самої екосистеми. Так, у покинутому полі спочатку з'являються багаторічні трави, на зміну яким послідовно приходять чагарники і деревна рослинність.

Зміна екосистем може відбуватися з різних причин. Розрізняють алогенні та автогенні зміни. *Алогенні зміни* зумовлені впливом геохімічних сил, які діють на екосистему зовні (кліматичні та геологічні фактори: ерозія, утворення осадових порід, пожежі, гороутворення, вулканізм тощо). *Автогенні зміни* зумовлені дією внутрішньосистемних процесів (наприклад, евтрофікація водойм під впливом забруднення). Всі зміни, які відбуваються з екосистемами, підпорядковуються *закону оптимальності*: ніяка система не може звужуватися або розширюватися до нескінченності. Жоден цілісний організм не може перевищити певні критичні розміри, які забезпечують підтримання його енергетики. Ці розміри залежать від умов живлення та факторів існування. Внаслідок інтенсивного забруднення навколишнього природного середовища спостерігаються швидкі зміни природних екосистем, пов'язані зі зникненням багатьох видів тварин і рослин.

У підтриманні гомеостазу беруть участь не лише організми та продукти їхньої життєдіяльності, а й неорганічна природа. Абіотичні фактори контролюють життєдіяльність організмів. Організми, в свою чергу, різними способами впливають на абіотичне середовище. Життєдіяльність організмів постійно призводить до змін інертних речовин, постачаючи в середовище нові речовини і джерела енергії. Швидкість зміни хімічного складу навколишнього середовища в результаті життєдіяльності організмів, які синтезують і розкладають органічні речовини, на чотири порядки вища, ніж швидкість його зміни під впливом геологічних процесів.

4.3. АНТРОПОГЕННІ І ШТУЧНІ ЕКОСИСТЕМИ

Антропогенні екосистеми є наслідком діяльності людини, спрямованої на задоволення її невпинно зростаючих потреб, насамперед у продуктах харчування. Як відомо, основною властивістю природних систем є здатність до саморозвитку, і насамперед до самовідновлення, хоча б упродовж одного—двох поколінь. Тому деякі науковці вважають, що немає підстав розглядати антропогенні екосистеми, включаючи і агроценози, як біологічні екосистеми. Однак із загальноприйнятого визначення

екосистеми впливає, що вони становлять «єдиний природний або природно-антропогенний» комплекс, утворений живими організмами і середовищем їх існування, в якому живі й неживі компоненти поєднані між собою причинно-наслідковими зв'язками, обміном речовин та розподілом потоку енергії». Усе це властиве і антропогенним екосистемам.

Щодо функцій самовідновлення і саморегулювання, то вони також не будуть властиві мікроекосистемам, якщо їх розглядати як системи, ізольовані від навколишнього природного середовища, від біосфери. Якщо розглядати, за сучасними уявленнями, систему (грец. *systema* — ціле, складене з частин, сполучення) як «множину елементів, що перебувають у відносинах і зв'язках один з одним і утворюють певну цілісність, єдність», антропогенна система відповідає цьому визначенню.

Отже, *антропогенні екосистеми* — це єдиний, цілісний природно-антропогенний комплекс, утворений людиною та середовищем її існування, в якому живі й неживі компоненти поєднані причинно-наслідковими зв'язками, обміном речовин та розподілом потоку енергії. Ці системи належать до штучних, у них обмін речовиною та енергією відбувається під впливом людини. А тому вони є відкритими незамкненими системами, які не здатні до самовідновлення та саморегулювання. В антропогенних системах існує рівновага за умови постійного втручання людини.

Залежно від роду діяльності людини антропогенні екосистеми поділяють на промислові (екосистеми металургійного заводу, харчового виробництва та ін.), сільськогосподарські (агроценози, птахофабрики, тваринницькі ферми та ін.), міські екосистеми (екосистеми комунального господарства, житлового будинку та ін.) тощо.

Раніше від інших були створені людиною сільськогосподарські екосистеми з метою забезпечення її потреб у продуктах харчування — агроценози, тваринницькі ферми тощо. *Агроценози* (грец. «агрос» — поле і «ценоз» — загальний) — це ценози, що утворюються і підтримуються людиною завдяки розробленій нею системою агротехнічних та агрохімічних заходів. Вони характеризуються видовою бідністю й одноманітністю. Відповідно до *закону ґрунтової*, поступове зниження природної родючості ґрунтів відбувається через тривале їх використання й порушення природних процесів ґрунтоутворення, а також унаслідок тривалого вирощування монокультур (у результаті накопичення токсичних речовин, що виділяються рослинами, залишками пестицидів та мінеральних добрив). В агроценозах здійснюється антропогенний обмін речовин, який є незамкненим і екологічно недосконалим. На вході в систему є природні ресурси та речовини, продуктовані людиною, а на виході — сільськогосподарські продукти та різні відходи, які не повертаються до цієї системи. Згідно із *законом сукупної дії природних факторів* (закон Мітчерліха—Гіннемана—Бауле), обсяг урожаю залежить не від окремого, нехай навіть лімітуючого фактора, а від усієї сукупності екологічних факторів одночасно.

В агроценозах регуляторні зв'язки дуже послаблені, що призводить до збільшення кількості шкідників і бур'янів. Тому вони не можуть довго

існувати і в них не відновлюється внутрішня рівновага після будь-якого природного чи антропогенного впливу без втручання людини. Проте вони мають високу біопродуктивність одного або кількох видів рослин і тварин, які постачають людству до 90 % продуктів харчування.

Останнім часом розроблені технології штучних екосистем — екосфери. Вперше (1967) їх почав створювати співробітник Гавайського університету (США) К. Фолсом. Подібні роботи виконуються і в інших країнах. *Екосфера* — це замкнений об'єм, який містить морську воду, пісок і певний набір автотрофів (продуценти — водорості) та гетеротрофів (консументи — коловертки і редуценти — бактерії). Технічною проблемою при створенні екосфер є попереднє повне звільнення всіх живих організмів від патогенних інфекцій. Якщо цього не здійснити, то організми швидко гинуть унаслідок низького видового різноманіття в екосфері. Останнє не дає змоги переробити речовини в паралельних трофічних ланцюгах. Джерелом енергії в екосфері є сонячне випромінювання, але в деяких екосферах використовують штучне освітлення. Екосфери є прообразом системи життєзабезпечення космонавтів у тривалих космічних подорожах.

До штучних технічних екосфер можна також віднести виробництва зі штучним кліматом у замкненому заводському приміщенні з працюючими робітниками, підводні човни, космічні кораблі та пілотовані космічні станції. У цих екосферах обмін речовиною та енергією здійснюється за участю людини. Існування таких об'єктів є штучним і нетривалим.

4.4. ЕКОЛОГІЧНА НІША

Місце проживання (біотоп) — це адреса виду, а екологічна ніша — це рід його заняття. *Екологічна ніша* — діапазон (відповідно до абіотичних та біотичних факторів) умов, за яких живе і відтворює себе популяція. Більш загальним є таке формулювання: *екологічна ніша* — це загальна сума всіх вимог організму до умов існування, включаючи простір, який він займає, функціональну роль у співтоваристві (наприклад, трофічний статус) та його толерантність відносно факторів середовища — температури, вологості, кислотності, складу ґрунту та ін.

Три критерії визначення екологічної ніші можна визначити як просторову, трофічну та багатовимірну ніші. *Просторова ніша*, або *ніша місцепроживання*, може бути названа «адресою» організму. *Трофічна ніша* характеризує особливості живлення і, відповідно, роль організму у співтоваристві, ніби його «професію». *Багатовимірна ніша* — це ділянка гіперпростору, вимірами якого є різні екологічні фактори. Вона охоплює діапазони толерантності з кожного фактора.

Розрізняють фундаментальну (потенційну) і реалізовану ніші. У *фундаментальній* організм займає її за відсутності конкурентів, хижаків та інших ворогів, у якій фізичні умови оптимальні. *Реалізована ніша* — фактичний діапазон умов існування організму, який або менший, ніж у фундаментальній ніші, або дорівнює їй. Фундаментальну нішу називають ще *преконкурентною*, а реалізовану — *постконкурентною*.

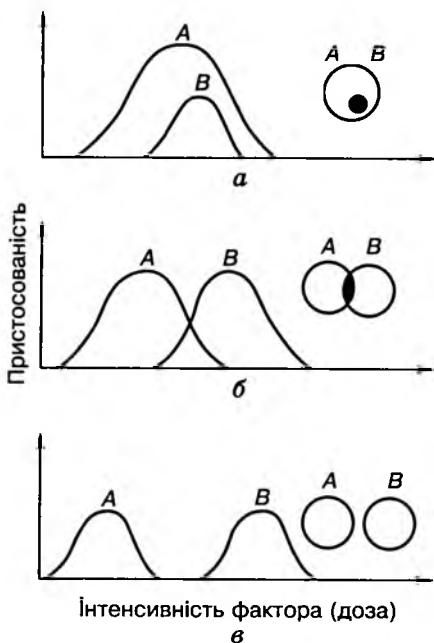


Рис. 4.3. Можливі взаємодії екологічних ніш видів А і В (за Піанкою)

Два види не можуть займати одну й ту саму екологічну нішу (*принцип Гаузе*). Цей принцип дав змогу збагнути, що для існування видів у конкурентних співтовариствах необхідні будь-які відмінності їхніх екологічних ніш. Оскільки для кожної з конкуруючих сторін уникнення взаємодії вигідне, конкуренція відіграє роль потужного еволюційного фактора, що призводить до розподілу ніш, спеціалізації видів і виникнення видового різноманіття. Явище розподілу екологічних ніш у результаті міжвидової конкуренції називають *екологічною диверсифікацією*. Екологічна диверсифікація між існуючими разом видами здебільшого здійснюється за такими параметрами: просторовим розміщенням,

раціоном живлення та розподілом активності в часі. Досить одного з перелічених параметрів, аби послабилась чи повністю зникла конкуренція.

Екологічна ніша може мати різну ширину за різними вимірами (трофічні зв'язки, просторовий розподіл тощо). Коли два організми різних видів використовують одні й ті самі ресурси, їхні ніші перекриваються. Перекривання може бути повним або частковим. Ніші можуть зовсім не перекриватися (рис. 4.3). Якщо ресурси є в недостатній кількості, то при перекриванні ніш виникає конкуренція. Остання тим інтенсивніша, чим більше це перекривання. Коли ніші повністю розділені (див. рис. 4.3, в), види, що їх населяють, не конкурують один з одним. Якщо екологічні ніші частково збігаються (див. рис. 4.3, б), види співіснують завдяки специфічності їхніх пристосувань (наприклад, особини одного виду займають схованки, недоступні для активнішого конкурента). Якщо ніша одного виду повністю включає в себе нішу іншого виду або ці ніші повністю перекриваються (див. рис. 4.3, а), відбувається конкурентне виключення одного з видів або витіснення домінуючим конкурентом свого суперника на периферію зони пристосування.

У природі особини кожного виду є об'єктами одночасно внутрішньовидової і міжвидової конкуренції. У разі посилення внутрішньовидової конкуренції відбувається диференціація виду. Останній займає більшу територію, поширюючись на менш сприятливі ділянки ареалу. Якщо переважає міжвидова конкуренція, то ареал зменшується до території з оптимальними умовами. Одночасно посилюється спеціалізація виду.

4.5. СУКЦЕСІЯ

Сукцесія — це послідовна зміна біоценозів, що спадкоємно виникають на одній і тій самій території внаслідок природних чи антропогенних факторів. При визначенні сукцесії потрібно враховувати три аспекти:

1) сукцесія відбувається під дією співтовариства — біотичного компонента екосистеми. Діяльність співтовариства спричинює зміни у фізичному середовищі, яке визначає характер сукцесії, її швидкість і межу, якої може досягти розвиток;

2) сукцесія — це впорядкований розвиток екосистеми, пов'язаний зі зміною видової структури та процесами, що відбуваються у співтоваристві;

3) завершенням сукцесії є утворення стабільної екосистеми, в якій досягаються максимальна біомаса і максимальна кількість міжвидових взаємодій на одиницю потоку енергії. Розрізняють сукцесії первинні і вторинні. *Первинні сукцесії* починаються на субстратах, які не зачепило ґрунтоутворення (скельні породи, водойми). При цьому формуються не лише фітоценози, а й ґрунт. *Вторинні сукцесії* відбуваються на місці сформованих біоценозів після їх порушення внаслідок ерозії, виверження вулканів, посухи, пожеж, вирубування лісів тощо. Сукцесії відбуваються внаслідок зміни умов проростання рослин під дією життєдіяльності організмів (*ендоекогенетична сукцесія*) або зовнішніх причин, зокрема антропогенної діяльності (*екзоєкогенетична сукцесія*). Зміни одного фітоценозу іншим під час сукцесії складають сукцесійний ряд, завершенням якого є утворення стійкого співтовариства. Це співтовариство перебуває у відносно стійкій рівновазі з середовищем.

До зміни екосистеми призводять висушування боліт, надмірні навантаження на ліси, розорювання земель, забруднення водойм тощо. Антропогенні дії часто призводять до спрощення екосистем. Такі явища називають *дигресіями* (лат. «дигресіон» — відхилення). Розрізняють, наприклад, пасовищні, рекреаційні та інші дигресії.

Сукцесії бувають авто- і гетеротрофні. В *автотрофних сукцесіях* центральною ланкою є рослинний покрив. До *гетеротрофних* належать сукцесії, що відбуваються в субстратах без живих рослин-продуцентів (беруть участь тварини та мертві рослини). Для сукцесій, особливо первинних, характерні такі ознаки:

1) на початкових стадіях малі видове різноманіття, біомаса та продуктивність;

2) з розвитком сукцесійного ряду збільшується взаємозв'язок між організмами. Ускладнюються ланцюги та мережі живлення;

3) інтенсифікуються процеси колообігу речовин, енергії та дихання екосистем;

4) зменшується кількість вільних екологічних ніш;

5) швидкість сукцесійного процесу переважно залежить від тривалості життя організмів, які відіграють в екосистемах головну роль;

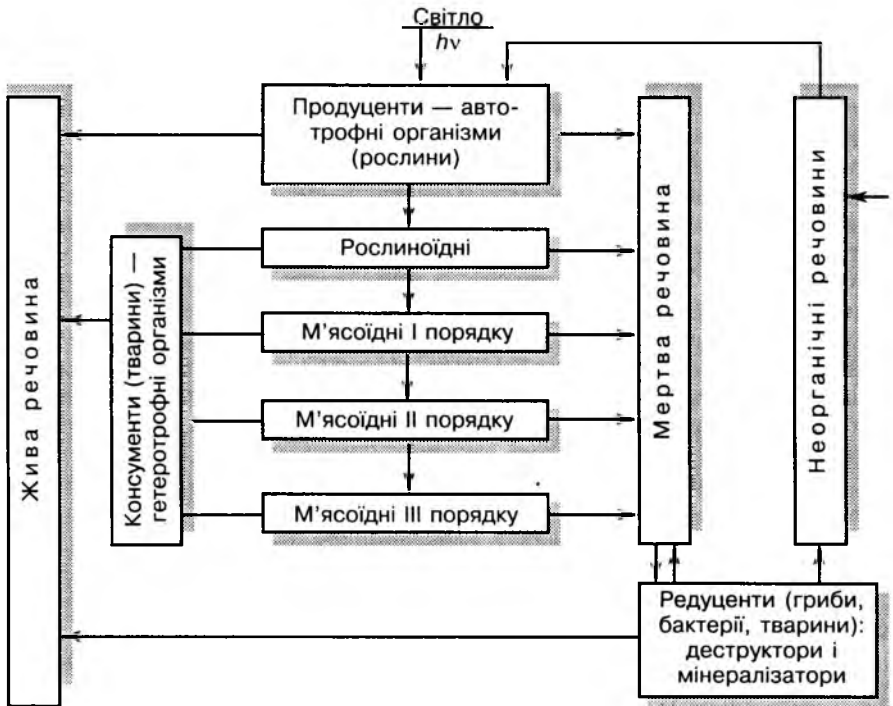
6) у зрілій стадії клімаксного співтовариства біомаса досягає максимальних значень.

4.6. ТРОФІЧНІ ЛАНЦЮГИ (МЕРЕЖІ)

У природі відбувається безперервний колообіг біогенних речовин, необхідних для життя. Авотрофи за допомогою фотосинтезу створюють органічні речовини, якими живляться гетеротрофи, а редуценти знов їх мінералізують. Таким чином, у процесі еволюційного розвитку життя в екологічних системах склалися певні ланцюги живлення (трофічні; грец. «трофо» — живлення). *Ланцюг живлення (трофічний ланцюг)* — послідовність груп організмів, кожна з яких (ланка ланцюга) є поживою для наступної, тобто поєднана зв'язками їжа — споживач. На базі трофічних зв'язків виникають ланцюги живлення, що включають групи організмів, у яких одні поїдають інших. До будь-якої екосистеми входить кілька трофічних рівнів або ланок ланцюга. На основі ланцюгів живлення складається екологічна піраміда (рис. 4.4).

Ланцюг живлення, як правило, складається з 2—5 ланок і включає представників продуцентів, консументів і редуцентів:

Функціональна схема ланцюга живлення



Перший рівень представлений авотрофними організмами (рослинами) — продуцентами, другий — гетеротрофами (тваринами) — консументами.

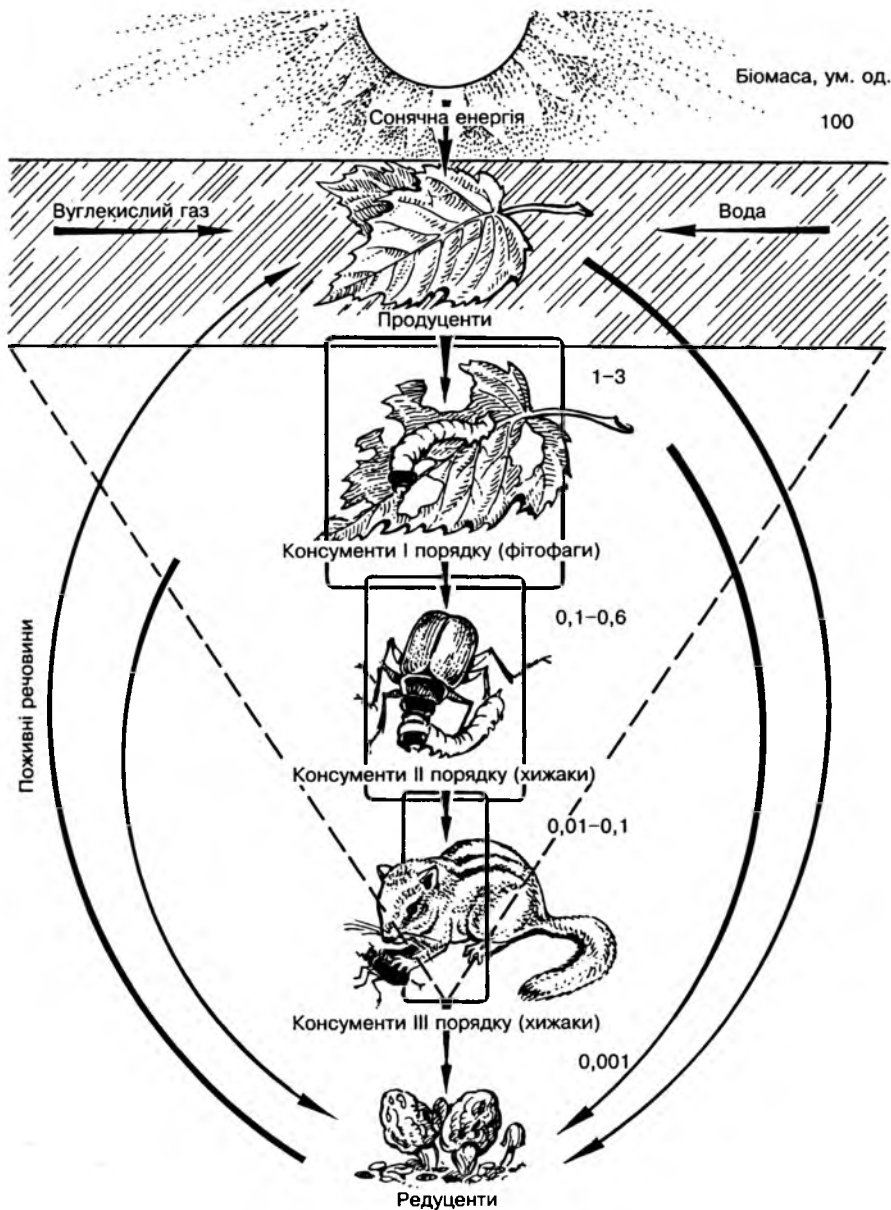


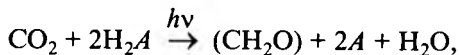
Рис. 4.4. Екологічна піраміда біомас (зображена в перевернутому вигляді) і трофічні рівні в екосистемі (за Ч. Елтоном)

тами першого порядку. Їх ще називають фітофагами (грец. «фітон» — рослина і «фагос» — той, що пожирає), які поїдають рослини. Третій рівень (інколи четвертий, п'ятий) представлений хижакми (зоофагами), або консументами другого (третього, четвертого) порядку. Останній рівень представлений в основному організмами, поживою яких є мертва речовина. Їх називають сапрофагами (грец. «сапрос» — гнилий), або редуцентами (лат. «редуцере» — повертати).

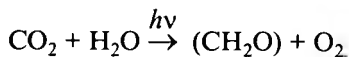
Головною властивістю ланцюга живлення є здійснення біологічного колообігу речовин і звільнення запасеної в органічній речовині енергії. Ланцюг живлення може бути не завжди повним. У деяких випадках у них немає рослин (продуцентів). Такими, наприклад, є ланцюги живлення, що формуються на основі розкладання трупів тварин або рослинних решток (лісова підстилка). В ланцюзі живлення часто відсутні або представлені в невеликій кількості тварини (гетеротрофи). Наприклад, у лісі відмерлі рослини відразу споживають редуценти, які розкладають органічні сполуки до мінеральних речовин і вуглекислого газу, завершуючи колообіг. У процесі кожного чергового перенесення енергії живлення з одного трофічного рівня на вищий більша частина (80—90 %) енергії втрачається, переходячи в теплоту.

Ланцюги живлення поділяють на два типи: ланцюги пасовиськ (від зеленої рослини до трав'яної тварини і далі — до хижаків, що поїдають рослиноїдних тварин) і детритні (ланцюги розкладання від детриту через мікроорганізми до детритофагів та їх споживачів — хижаків). Останнім часом вважають, що краще вживати термін «трофічна мережа», а не «ланцюг», оскільки до складу їжі кожного типу входить кілька видів. Кожен з цих видів, у свою чергу, може бути живленням для кількох інших видів.

Основним способом живлення рослин є фотосинтез, у процесі якого під дією сонячної енергії відбувається перетворення неорганічної речовини — вуглекислого газу і води на вуглеводи:



де A — донор електронів. У зелених рослинах (водорості, вищі рослини) донором електронів є вода. Тому в результаті фотосинтезу утворюється кисень:



У бактерій роль донора електронів можуть виконувати, наприклад, гідрогенсульфід та органічні речовини. Так, у зелених і пурпурних сіркобактерій відновлення оксиду карбону (IV) відбувається за схемою:



Під час фотосинтезу світлова енергія вловлюється хлоропластами і перетворюється в кінцевому підсумку на енергію хімічних зв'язків

вуглеводів. У розрахунку на один моль поглиненого вуглецю фіксується 477,7 кДж (114 ккал) енергії. В процесі фотосинтезу беруть участь як фотохімічні реакції, так і суто ферментативні (так звані темнові) реакції, а також процеси дифузії, завдяки яким відбувається обмін вуглекислим газом і киснем між рослинами та атмосферним повітрям. Кожний з цих процесів перебуває під впливом внутрішніх та зовнішніх факторів і може обмежувати продуктивність фотосинтезу загалом.

Рослинна маса формується не тільки за рахунок продуктів фотосинтезу. Поряд з вуглецем, киснем і воднем вона містить у середньому 2—4 % азоту (в білкових речовинах — 15—19 %). Серед біоелементів азот за кількістю його в рослинах посідає четверте місце. Приріст рослинної маси нерідко лімітується кількістю азоту.

Крім світлового живлення рослинам необхідне мінеральне живлення. Вони потребують багато елементів, які або надходять з мінералів, або стають доступними в результаті мінералізації органічної речовини. Всі хімічні елементи поглинаються у формі йонів і включаються в рослинну масу, накопичуючись у клітковому соці. Життєво необхідними і незамінними є основні елементи мінерального живлення, які потрібні у великих кількостях: калій, фосфор, кальцій, магній, сірка, натрій, а також мікроелементи — залізо, мідь, цинк, манган, молібден, бор і хлор. Крім того, існують елементи, потрібні тільки для деяких груп рослин: алюміній — для папоротей, силіцій — для діатомових водоростей, кобальт — для бобових.

Від наявності достатньої кількості живлення залежать усі форми життєдіяльності тварин. Особливість дії живлення як екологічного фактора для тварин полягає в тому, що екологічне значення має тільки нижня межа витривалості. У разі нестачі живлення вона є важливим лімітуючим фактором, тоді як його надлишок не лімітує розвиток особин. Як обмежувальний фактор нестача живлення впливає на плодючість і швидкість розвитку тварин. Підсумовуючи сказане, можна сформулювати такий принцип життєвого розвитку (А. К. Запольський): *рушійною силою розвитку організмів є наявність достатнього живлення*. Необхідна кількість кормів зростає зі збільшенням маси тварини. Географічне поширення тварин часто зумовлене фактором живлення. Добові, сезонні та інші регулярні міграції тварин здебільшого пов'язані з потребами живлення.

У процесі живлення тварини й рослини дістають енергію, необхідну для життєдіяльності, і поживні речовини, необхідні для побудови тканин тіла та виконання всіх фізіологічних функцій. Вимоги до живлення можуть значно змінюватися залежно від стану організму, пори року тощо. Для рослин і тварин мають значення як кількість поживних речовин, так і їх якісний склад.

Ефективність трофічних ланцюгів оцінюється величиною біомаси екосистеми та її біологічною продуктивністю. *Біомаса* — загальна маса живих організмів, яка нагромаджена в популяції, біоценозі чи біосфері на будь-який момент часу. Вона виражається в одиницях сирової чи сухої маси

або енергії на одиницю поверхні чи об'єму (гектар або квадратний чи кубічний метр). Найбільшу біомасу на суші серед гетеротрофів мають безхребетні та ґрунтові організми (біомаса дощових черв'яків може сягати 1000—1200 кг/га). Близько 90 % біомаси біосфери припадає на біомасу наземних рослин. Найбільшою є маса тропічних лісів (до 1700 т/га), а найнижчою — тропічних і субтропічних пустель (близько 2,5 т/га). Біомаса лучних степів становить 250 ц/га (наземна), лісової смуги Полісся — до 3500—4000 (наземна) і 960 ц/га (підземна).

4.7. ЕКОЛОГІЧНА ПІРАМІДА

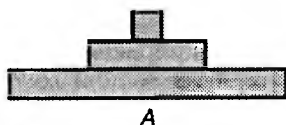
В екологічних системах (біогеоценозах) у процесі еволюції в ланцюгах живлення визначилась важлива закономірність, що дістала назву *правила екологічної піраміди*: кількість рослинної маси приблизно в 10 разів більша за масу рослиноїдних тварин, а маса трав'яїдних у стільки ж разів більша за масу хижаків (рис. 4.5). Завдяки тому, що при переході від однієї ланки трофічного ланцюга до іншої втрачається до 80—90 % зв'язаної енергії у вигляді теплоти, довжина ланцюгів невелика. Найефективнішим є передавання енергії від одного консумента до іншого, і тому ці ряди найдовші.



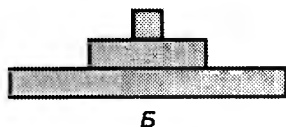
Рис. 4.5. Екологічна піраміда

Співвідношення чисельності організмів, величини біомас або зв'язаної у біомасі енергії зображають у формі екологічних пірамід (рис. 4.6). Відповідно розрізняють піраміди чисельності, біомаси та енергії. В основі піраміди розміщують відповідні значення першого трофічного рівня екосистеми, а на вершині — останнього. Від основи піраміди до її вершини числові значення, як правило, зменшуються, тому вона спрямована вгору. В енергетичних екологічних пірамідах таке зменшення спостерігається завжди. Екологічні піраміди наочно характеризують не лише кількість біомаси, а й інтенсивність її переробки. Проте ця величина має в цьому випадку тільки якісний характер.

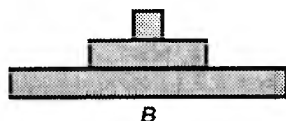
У трофічних ланцюгах усі речовини послідовно переходять від одного виду організмів до іншого. Проте якщо біогенні речовини



Хлопчик — 1
Телята — 4,5
Люцерна — 20 млн рослин



Хлопчик — 48 кг
Телята — 1035 кг
Люцерна — 8211 кг



Хлопчик — 34,8 кДж (8,3 ккал)
Телята — $4,97 \cdot 10^3$ кДж ($1,19 \cdot 10^3$ ккал)
Люцерна — $6,24 \cdot 10^3$ кДж ($1,49 \cdot 10^3$ ккал)

Рис. 4.6. Екологічні піраміди:

A — чисельності організмів; *B* — біомаси організмів; *B* — зв'язаної енергії (за Ю. Одумом)

ни активно засвоюються і беруть участь у біологічному колообігу, то ксенобіотики, синтезовані людиною і не властиві природі, накопичуються при переході від одного виду трофічного ланцюга до іншого. Оскільки величина біомаси в екологічних пірамідах закономірно зменшується приблизно в 10 разів при переході на новий трофічний рівень, концентрація ксенобіотиків на одиницю біомаси збільшується. Так, якщо концентрація пестициду ДДТ, який використовували для знищення комах, у тілі водяних комах становила 0,04 г на один кілограм біомаси, то у рослиноїдних риб вона дорівнювала 10, у хижих риб досягала 50 і у птахів, які харчувалися рибою, — до 75 г на один кілограм біомаси. Отже, впродовж чотирьох ланок трофічного ланцюга концентрація ДДТ зростає в 1875 разів. Аналогічно концентруються й інші ксенобіотики, проте числові значення їх відрізняються, але закономірно збільшуються від основи екологічної піраміди до її вершини.

Концентрування речовин у трофічних ланцюгах слід враховувати в разі забруднення біосфери ксенобіотиками, тому що при споживанні в їжу тварин і птахів концентрації цих забруднювальних шкідливих речовин можуть бути значними. Трофічні ланцюги виконують ще й бар'єрну функцію, що сприяє самоочищенню завдяки концентруванню речовин і виведенню їх з біологічного колообігу.

Кількість та інтенсивність збільшення біомаси характеризують біологічну продуктивність виду, угруповання або екосистеми. *Біопродуктивністю* називають швидкість продукування біомаси на певній площі за одиницю часу. Вона може бути *первинною* (продуктивність продуцентів) і *вторинною* (біомаса, продукована консументами та організмами, які розкладаються). Первинна продуктивність материків становить близько 53 млрд т органічної речовини, Світового океану — до 30 млрд т. На

суші основним джерелом первинної біомаси є тропічні ліси, ліси Полісся та Сибіру, в океані — зони глибинних вод біля материків у тропіках, які збагачені фосфором і азотом, а також материкові мілини холодних морів.

Уся біомаса планети здатна прогодувати не більш як 7—10 млрд чоловік, за одними даними, і не більш як 12 млрд чоловік, за іншими. Уже нині щорічної біомаси, яку збирає людство, недостатньо для харчування населення Землі. Тому необхідно вирішити насамперед проблему регулювання чисельності населення Землі, підвищення продуктивності біосфери та її охорони від посиленого антропогенного тиску.

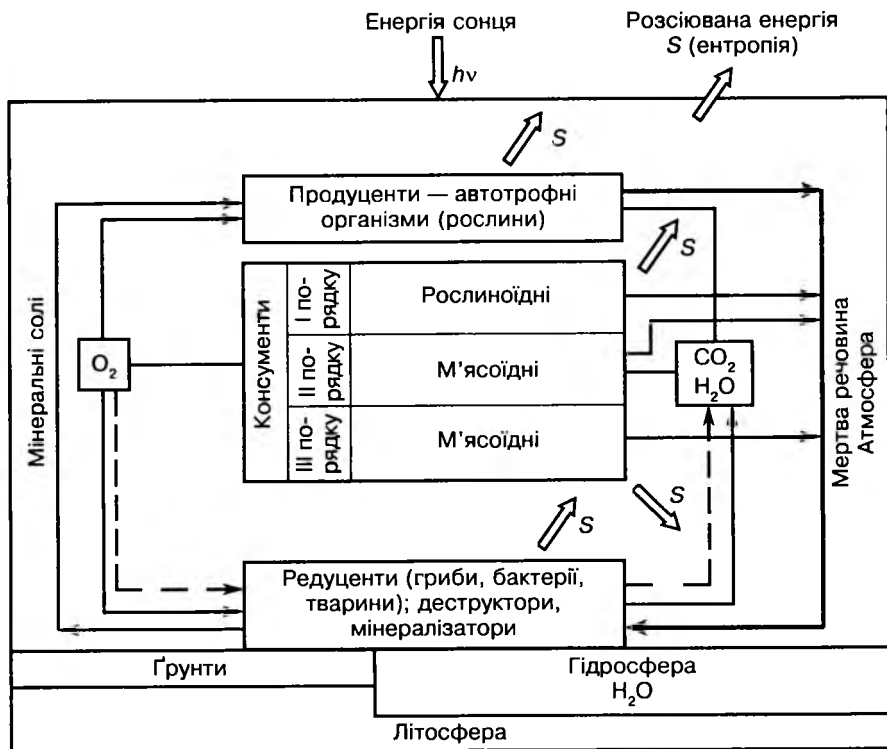
4.8. ПРИРОДНИЙ КОЛООБІГ РЕЧОВИН

У біосфері постійно здійснюється безперервний колообіг речовин, що сприяє перебігу всіх процесів життєдіяльності організмів. Нескінченна взаємодія абіотичних факторів середовища та живих організмів екосистем супроводжується безперервним обміном речовиною між біотопом і біоценозом у вигляді органічних та мінеральних сполук, які по черзі змінюють одні одних. *Колообіг речовин — це повторюваний процес взаємопов'язаного перетворення, переміщення речовин у природі, який має циклічний характер і відбувається за обов'язкової участі живих організмів.* Розрізняють малий (біологічний) і великий (геологічний) колообіги речовин, а також колообіги біогенних елементів. Малий, або біологічний (біотичний), колообіг відбувається в мікроекосистемах. Співіснування в кожній з таких екосистем живих організмів (продуцентів, консументів і редуцентів), пов'язаних обміном речовин, зумовлюють безперервно повторюваний колообіг основних елементів, необхідних для живої клітини (див. схему на с. 91).

У кожній системі відбувається колообіг речовин, як результат взаємодії автотрофів і гетеротрофів у ланцюгу живлення. Різні види організмів споживають речовини, необхідні їм для задоволення життєвих потреб: для підтримання процесів життєдіяльності, росту та відтворення. При цьому вони безперервно виділяють у навколишнє середовище більш або менш складні органічні та мінеральні продукти метаболізму.

Органогени — вуглець, кисень, водень, азот, фосфор, сірка та ще близько 30 елементів, які необхідні для побудови простої клітини (табл. 4.1), безперервно перетворюються на органічні речовини (ліпіди, цукри і амінокислоти) або споживаються у вигляді неорганічних йонів автотрофними рослинами, а потім мікроорганізмами-деструкторами. Останні розкладають виділення, рослинні рештки та трупи на розчинні мінеральні елементи або газоподібні речовини (NH_3 , H_2S , CH_4 та ін.). Утворені неорганічні сполуки повертаються в ґрунт, воду та атмосферу, тобто здійснюється безперервна циркуляція біогенних елементів. Вони розчиняються в континентальних поверхневих водах, виносяться в моря та потрапляють в атмосферу. Між ґрунтом, водою та атмосферним повітрям відбу-

Схема колообігу речовин та енергії в біосфері



⇔ — потік енергії; → — колообіг твердої речовини; → — колообіг газоподібної речовини; -- → — участь анаеробних бактерій

вається постійний газообмін. Таким чином здійснюється великий (геологічний) колообіг між океанами і континентами в межах усїєї планети.

Відповідно до закону біогенної міграції атомів, який сформулював В. І. Вернадський, міграція хімічних елементів на земній поверхні та в біосфері загалом здійснюється під переважаючим впливом живої речовини, організмів. Так відбувалося і в геологічному минулому, мільйони років тому, так відбувається і в сучасних умовах. Жива речовина або бере участь у біохімічних процесах безпосередньо, або створює відповідне, збагачене на кисень, вуглекислий газ, водень, азот, фосфор та інші речовини середовище.

З понад 90 хімічних елементів, що трапляються у природі, 30—40 необхідні живим організмам. Деякі з них (карбон, кисень, водень, азот, фосфор) потрібні у значних кількостях, інші — в малих або зовсім малих. Всі ці елементи беруть участь у біогеохімічних колообігах. Під останніми розуміють обмін хімічних елементів у вигляді органічних речовин і неорганічних сполук між живими організмами та неорганічним середовищем.

Таблиця 4.1. Вміст хімічних елементів у біосфері й тілі людини

Елемент	Масова частка, %	
	у біосфері	у тілі людини
Гідроген (водень)	0,95	9,31
Карбон (вуглець)	0,18	19,37
Нітроген (азот)	0,03	5,14
Оксиген (кисень)	50,02	62,81
Флуор (фтор)	0,10	0,009
Натрій	2,36	0,04
Магній	2,08	0,001
Алюміній	7,30	Сліди
Силіцій	25,80	0,64
Фосфор	0,11	0,63
Сульфур (сірка)	0,11	0,18
Хлор	0,20	0,22
Калій	2,28	1,38
Кальцій	3,22	0,0001
Манган	0,08	0,005
Ферум (залізо)	4,18	0,006

Різні стадії цього колообігу відбуваються всередині екосистем між автотрофами й гетеротрофами. На шляху між останніми елементи потрапляють до так званого резервного фонду. *Резервний фонд* — це велика маса в основному не пов'язаної з організмами речовини, яка повільно рухається. На відміну від резервного, обмінний фонд — це швидкий обмін речовиною між організмами та її безпосереднім оточенням.

Розрізняють три основних типи біогеохімічних колообігів: 1) колообіг газоподібних речовин з резервним фондом в атмосфері або гідросфері; 2) осадовий цикл з резервним фондом у земній корі; 3) колообіг води. Резервний фонд в атмосфері й гідросфері доступніший. Тому біогеохімічні колообіги, пов'язані з цим фондом, стійкіші. Осадові цикли, в яких бере участь фосфор і залізо, менш стабільні. На них більше впливають різні місцеві зміни. Це пояснюється тим, що основна маса речовини знаходиться в малоактивному і малорухомому резервному фонді земної кори. Тому якщо надходження речовин з обмінного фонду в резервний здійснюється швидше, ніж їх вихід, то частина речовини вилучається з колообігу. Завдяки наявності в атмосфері та гідросфері резервного фонду вуглецю, азоту, кисню, сірки колообіги можуть швидко саморегулюватися. Існування біогеохімічних циклів сприяє саморегуляції всієї екосистеми та надає їй більшої стійкості.

Жива речовина, завдяки якій відбувається біологічний колообіг речовин в екосистемах, характеризується високою активністю (швидким колообігом). Уся жива речовина біосфери оновлюється в середньому впродовж восьми років. Фітомаса суші поновлюється приблизно за 14 років, біомаса Світового океану — за 33 доби, а його фітомаса — щодня.

Колообіг води

Вода належить до основних речовин, необхідних для життя, та найпоширеніших у біосфері. В організмі людини вода становить до 73 % маси тіла, грибів — 80, а деяких медуз — 98 %. Вода в трьох агрегатних станах (рідка вода, газоподібна водяна пара і твердий лід) присутня в усіх трьох складових біосфери: атмосфері, гідросфері та літосфері. Основну роль у біогеохімічному колообігу відіграє атмосферна вода — переважно у вигляді водяної пари. Розподілена вона в атмосфері дуже нерівномірно і її розподіл залежить від географічної широти.

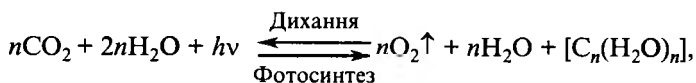
Під дією сонячної радіації вода випаровується з поверхні Світового океану і піднімається в атмосферу. Вологе повітря піднімається вгору, де водяна пара конденсується і утворює хмари. Завдяки охолодженню хмар вода у вигляді опадів — дощу, снігу та граду або у вигляді роси, після конденсації вологи на холодній поверхні, повертається на сушу чи в океан. В океан випадає близько 80 % загальної кількості опадів. Отже, переважно колообіг води здійснюється між атмосферою та океаном. На суші вода фільтрується в ґрунт, випаровується в атмосферу та поповнює річковий стік. Вода, що потрапила в ґрунт, використовується для живлення рослин, у процесі інфільтрації надходить у водоносні горизонти та підземні ріки. З поверхні суші та зелених рослин вода виділяється в атмосферу. Коренева система рослин також сприяє надходженню ґрунтової води в атмосферу. Завдяки транспірації рослинного покриву випаровується значна кількість води. Так, культура, яка продукує 20 т біомаси з одного гектара, поглинає близько 2000 т води. На фотоліз молекули води при асиміляції її хлорофілом витрачається близько 0,15 % загальної маси води, яку поглинає рослина. Рослини виділяють води тим більше, чим краще вони забезпечуються нею. Гектар лісу випаровує від 20 до 50 т води за добу. Сумарне випаровування води рослинами та з поверхні ґрунту відіграє головну роль у колообігу води на суходолі. Водяний стік на суші поповнює її втрати внаслідок випаровування та просочування. Поверхневий стік і води підземних горизонтів забезпечують у кінцевому підсумку повернення води в гідросферу. Впродовж 2 млн років уся вода гідросфери зазнає фотолізу та повторного синтезу живими організмами.

Колообіг вуглецю

У колообігу вуглецю вирішальне значення відіграють CO і CO₂. Це найінтенсивніший з усіх біогеохімічних циклів. Вуглець активно циркулює між неорганічним середовищем та живими організмами ланцюгами живлення. У природі він існує у вигляді карбонатів біогенного походження і переважно у вигляді оксиду карбону (IV) (викопні вуглеводні — нафта, вугілля та інші не беруть участі в природному колообігу). Використовуючи вуглекислий газ, що міститься в атмосфері, автотрофні рослини суходолу здійснюють первинне продукування біомаси. За деякими оцін-

ками її величина становить приблизно 164 млрд т сухої маси на рік. Існують два резервних фонди вуглецю: газоподібного в атмосфері та розчиненого у водах Світового океану. Кількість оксиду карбону (IV) в океані у 50 разів більша від загального його вмісту в атмосфері. В континентальних водах вміст карбонатної кислоти незначний.

Циркуляція вуглецю в біосфері здійснюється завдяки фотосинтезу і диханню. Процеси фотосинтезу та дихання можна подати такою схемою:



де hv — енергія фотона сонячного випромінювання з довжиною хвилі 0,65—0,70 мкм, що поглинається хлорофілом.

Живі організми (автотрофи й гетеротрофи) споживають енергію для здійснення хімічної та осмотичної, електричної (нервові клітини) та механічної (рух тварин) роботи, яка необхідна для їхнього росту, життєдіяльності та відтворення. Процес дихання є протилежним фотосинтезу, в результаті якого споживається кисень і виділяється вуглекислий газ. Цей процес характерний не тільки автотрофам і гетеротрофам. У кожній екосистемі органічна речовина споживається не лише в ланцюгах живлення хижаків. Рослинні рештки, змертвілі рослини, виділення і трупи, що складають органічну субстанцію, в аеробних умовах окиснюються до повної мінералізації численними сапрофітами та ґрунтовими бактеріями. Розкладання органічних решток може відбуватися ще й унаслідок ферментації в анаеробних умовах з виділенням вуглекислого газу.

Повний колообіг атмосферного вуглекислого газу здійснюється дуже швидко. Його повне відновлення відбувається впродовж 300 років. Загальна маса вуглецю в біосфері становить $200 \cdot 10^{14}$ т і в тисячу разів перевищує кількість вуглецю, який циркулює між живими організмами, атмосферою, гідросферою та ґрунтами літосфери.

У ґрунті дуже часто вуглецевий цикл гальмується. Органічні речовини мінералізуються частково, трансформуючись у складний комплекс органічних кислот, які утворюють так званий гумус. Останній разом з глиною утворює вбирний комплекс ґрунту, який відіграє вирішальну роль у затриманні та циркуляції мінеральних солей — поживних речовин для рослин.

За будь-яких умов органічна речовина повністю не мінералізується аеробним шляхом і тому накопичується в осадових породах. У результаті відбувається блокування колообігу вуглецю. Величезні поклади вугілля, нафти та інших вуглеводневих копалин і вапняків у водному середовищі є результатом блокування циклу вуглецю в далекому минулому. Незважаючи на значні розміри запасів цих копалин, у масштабах біосфери вони надзвичайно малі. До недавнього часу (до появи сучасного промислового розвиненого суспільства) колообіг вуглецю в біосфері був бездоганним.

Більша частина біомаси розкладалася під час дихання живих організмів. Вуглекислий газ, що виділявся, повністю компенсував кількість вуглекислого газу, що поглинався з атмосфери в процесах фотосинтезу. Останнім часом, коли людина почала використовувати запаси викопних вуглеводнів, спостерігається збільшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері.

Колообіг кисню

Кисень є найпоширенішим елементом у біосфері і головною складовою живої речовини. В тілі людини міститься 62,8 % кисню і 19,4 % вуглецю. Колообіг кисню ускладнюється через його здатність утворювати численні хімічні сполуки. В результаті виникає багато епіциклів між атмосферою, літосферою та гідросферою.

Атмосферний кисень і кисень, що міститься в численних поверхневих мінералах (залізнi руди, осадові кальцити), мають біогенне походження. Спочатку в атмосфері Землі кисню не було. Його почали продукувати автотрофи. Фотосинтезуючі організми сприяли осадженню оксиду феруму в гідросфері, щоб позбавитися від кисню, який був побічним продуктом і токсичним відходом.

Формування в атмосфері озонового екрана, здатного затримувати сонячну радіацію, відбулося за вмісту кисню в атмосфері, що становив 1 % сучасного. Це сприяло інтенсивному розвитку автотрофних еукаріотів у верхніх горизонтах води, інтенсифікувало фотосинтез і відповідно утворення кисню. Колообіг кисню відбувається в основному між атмосферою і живими організмами. Частково кисень утворюється внаслідок дисоціації озону під дією сонячної радіації у верхніх шарах атмосфери. Процес продукування та виділення кисню в процесі фотосинтезу протилежний процесу його споживання гетеротрофами під час дихання. Він супроводжується руйнуванням органічних молекул, взаємодією кисню з воднем, який відщеплюється від субстрату, і утворенням води.

Для повного відновлення всього атмосферного кисню потрібно 2000 років. Якщо не враховувати антропогенної діяльності, то нині процеси фотосинтезу й дихання зрівноважені. Тому накопичення кисню в атмосфері не відбувається, і його вміст залишається сталим. Кисень, фіксований літосферою у вигляді алюмосилікатів, кремнезему, карбонатів, сульфатів, оксидів феруму тощо, становить $590 \cdot 10^{14}$ т. У біосфері циркулює $39 \cdot 10^{14}$ т O_2 у вигляді газу чи сульфатів, розчинених в океанічних і континентальних водах.

Колообіг азоту

Основна частина азоту міститься в атмосфері. Колообіг азоту є одним з найскладніших. Величезна кількість живих організмів забезпечує швидку циркуляцію азоту в різних екосистемах. Азот разом з вуглецем бере участь в утворенні протеїнових речовин.

Газоподібний азот безперервно надходить в атмосферу завдяки діяльності денітрифікуючих бактерій. Бактерії-фіксатори разом з ціанофітами (синьозелені водорості) постійно поглинають азот, перетворюючи його на нітрати. Утворення нітратів неорганічним шляхом постійно відбувається в атмосфері в результаті електричних розрядів під час грози. Проте цей процес відіграє другорядну роль порівняно з діяльністю нітрифікуючих мікроорганізмів, головним чином аеробних, анаеробних та автотрофних бактерій.

Найактивнішими споживачами азоту є симбіотичні бактерії бобових. Рослини постачають бактеріям вуглеводи, а вони рослинам — органічний азот, який синтезують з газоподібного азоту атмосфери. Азотфіксуючі бактерії збагачують на азот не лише наземну частину бобових рослин, а й ґрунт. Як каталізатор для синтезу азоту ці бактерії використовують молібден. Встановлено, що середнє надходження нітритного азоту абіотичного походження осадженням з атмосфери в ґрунт не перевищує 10 кг/(рік · га), вільні бактерії синтезують 25, тоді як симбіоз з бобовими продукує його в середньому 200 кг/(рік · га).

У водному середовищі також існують різні види нітрифікуючих бактерій. Проте головна роль у фіксації атмосферного азоту належить численним видам фотосинтезуючих синьозелених водоростей. Нітритний азот, який виробляють численні наземні й водяні організми, поглинається рослинами і надходить у листя. Там він відновлюється до амонію. За наявності карбонових кислот амоній трансформується в азот амінів, а потім протеїнів.

Колообіг азоту відбувається також за участю деструкторів. Цей елемент міститься в біомасі й безперервно надходить у середовище в складі органічного детриту, виділень і трупів. Протеїни та інші форми органічного азоту, що містяться у відходах, зазнають дії біоредуруючих мікроорганізмів (грибів, гетеротрофних бактерій і актиноміцетів). При цьому органічний азот перетворюється на аміак. Частина аміачного азоту може безпосередньо надходити в корені рослин і знову перетворюватися на азот протеїнів або використовуватися нітрифікуючими бактеріями.

Денітрифікація, що відбувається в ґрунтах, призводить до зменшення нітратів. Деякі бактерії, наприклад *Pseudomonas*, здатні розкладати йони NO_3^- до N_2 , які повертаються в атмосферу. Процес денітрифікації відбувається в анаеробних умовах. Здебільшого процес денітрифікації завершується на стадії утворення нітритів або аміаку.

Азот може надходити в атмосферу від діючих вулканів, які компенсують втрати азоту, виключеного з колообігу внаслідок осадження його на дно океанів.

Біогеохімічні осадові колообіги характеризують усі інші біогенні елементи. Розглянемо як приклад тільки колообіги фосфору й сірки. Ці елементи мають велике значення для обміну речовин. Сірка відіграє особливу роль у побудові протеїнових структур, а фосфор — нуклеїнових кислот.

Колообіг фосфору

Фосфор належить до одного з основних елементів живої речовини і його запаси повністю зосереджені в літосфері. Основними джерелами неорганічного фосфору є вивержені та осадові породи (апатити, фосфори-ти). Неорганічний фосфор у земній корі розчиняється континентальною водою і поглинається рослинами суходолу. Таким чином він залучається до трофічних ланцюгів. Потім органічні фосфати разом з трупамі, виділеннями та відходами живих речовин повертаються в землю. Тут вони зазнають дії мікроорганізмів і перетворюються на мінеральні ортофосфати, які споживають зелені рослини та інші автотрофи.

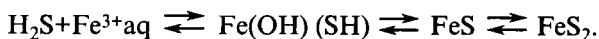
У водні екосистеми фосфор постачають ріки. Останні безперервно збагачують океани фосфатами, які використовуються фітопланктоном та іншими живими організмами. Повернення мінеральних фосфатів у воду відбувається за допомогою біовідновників.

У природі фосфор трапляється в розчинних і нерозчинних формах: органічні фосфати біомаси, які перетворюються на органічні фосфати переважно з мертвої неорганічної речовини, а потім на розчинні органічні фосфати. Останні трансформуються в розчинні мінеральні фосфати, які знову повертаються в біомасу у вигляді органічних фосфатів. Фосфорний цикл у природі повністю не замикається. Якщо в наземних екосистемах колообіг фосфору здійснюється в умовах, наближених до оптимальних, з мінімальними втратами на вилуговування, то в океані відбувається безперервне осадження збагачених фосфатами органічних речовин. Фосфати, що відклалися на великих морських глибинах, виключаються з біосфери і більше не беруть участі в колообігах. Однак поступово за допомогою геологічних процесів фосфорні осади підіймаються на поверхню і знову залучаються до колообігів, тривалість яких вимірюється десятками й сотнями мільйонів років. Фосфор виноситься на суходіл з виловленою рибою та птахами, що живляться рибою. Проте кількість фосфору, яка щороку надходить на сушу за рахунок рибальства, незначна і не перевищує 60 000 т. Ця кількість значно менша за ту, що надходить унаслідок змивання мінеральних добрив, які вносять в агроекосистеми. Таким чином, у природних умовах повернення фосфору з океанів не здатне компенсувати втрати цього елемента на осадження. Людина прискорює цю тенденцію, постійно збільшуючи використання мінеральних фосфорних добрив.

Колообіг сірки

У природі сірка трапляється у вигляді водних розчинів неорганічних сполук (переважно сульфатів), газоподібних речовин (H_2S і SO_2) та різних осадів. Колообіг сірки відбувається головним чином за рахунок осадового механізму в ґрунті й воді. Основне джерело сірки, доступної для живих організмів, — це сульфати завдяки їх добрій розчинності у воді. Рослини поглинають їх, відновлюють і перетворюють на сірковмісні амінокислоти (цистин, метіонін, цистеїн).

Чорний намул, який трапляється на дні багатьох морів (наприклад, Чорного), озер та інших прісноводних водойм, багатий на організми, що розкладають сірковмісні речовини в анаеробних умовах. Деякі різновиди бактерій можуть відновлювати гідрогенсульфід до елементного сульфур. Існують також хемосинтезуючі бактерії, що знову окиснюють сірководень до сульфатів, які використовують автотрофні продуценти. Ці бактерії здатні виробляти клітинну енергію без доступу світла за рахунок окиснення неорганічних сульфатів. Остання фаза колообігу сірки є осадовою. Вона полягає в осадженні сірки залізом в анаеробних умовах:



Таким чином відбувається повільне і поступове накопичення сірки в глибоко розташованих осадових породах. Ці породи в біосфері містять основні запаси сірки, яка трапляється переважно у вигляді піритів і сульфатів (гіпс). В атмосферу сірка може надходити також у результаті вулканічної діяльності.

4.9. ЕНЕРГЕТИКА ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

Єдиним джерелом енергії, яка підтримує життя в біосфері нашої планети, є сонячна радіація. Чим більше надходить на Землю сонячної енергії, тим інтенсивніший перебіг життєвих процесів за сталості інших екологічних факторів. Близько 99 % сонячної енергії припадає на випромінювання з довжиною хвиль 0,2—4 мкм. Майже половина цієї енергії — це хвилі видимого спектра (0,38—0,77 мкм), друга частина — хвилі ультрафіолетової та інфрачервоної ділянок спектра.

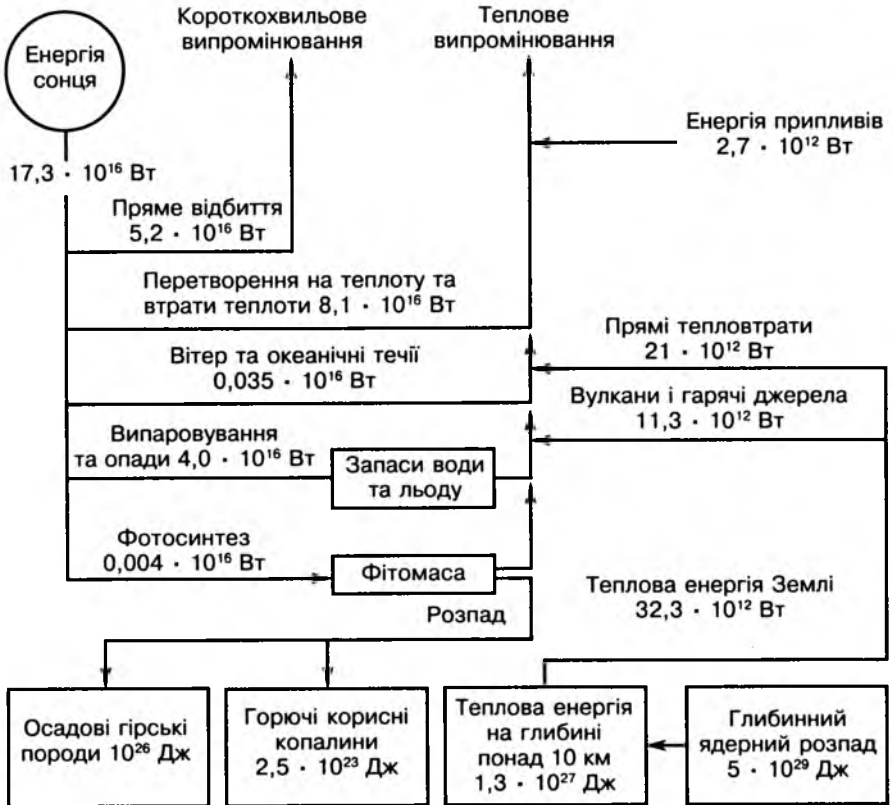
Понад 30 % сонячного випромінювання, яке досягає верхньої межі стратосфери, відбивається в космічний простір хмарами, 8 % — пилом повітря (див. схему на с. 97).

Понад 10 % усієї енергії поглинається водяною парою, озоном та іншими газами. Лише 52 % сонячної енергії досягає поверхні Землі, з якої близько 10 % відбивається (рис. 4.7). Отже, тільки приблизно 40 % сонячної енергії надходить до екосистем, з яких близько 25 % використовують рослини для здійснення фотосинтезу.

Хлорофіл поглинає сонячну енергію з довжиною хвиль 0,4—0,5 мкм і 0,61—0,69 мкм, які знаходяться відповідно в голубій і червоній частинах спектра. І тільки 10 % енергії, отриманої рослинами, трансформується в біомасу. Тому коефіцієнт корисної дії фотосинтезу дуже низький і знаходиться в межах 0,1—1,6 %.

Енергія, яку споживають рослини, становить у середньому 1 % сонячної радіації, яка надходить на земну поверхню. Тільки невелика кількість рослин використовують до 3 % енергії. Отже, *рушійною силою розвитку живої речовини в будь-якій екосистемі є різниця в кількості енергії, яка надходила в систему і яка розсіялася нею в навколишнє середовище* (А. К. Запольський).

Планетарний потік енергії (за Скіннером)



Відповідно до закону *однапярменості потоку енергії*, енергія, яку одержує екосистема і яка засвоюється продуцентами, розсіюється або разом з їхньою біомасою незворотно передається консументами першого, другого, третього та інших порядків, а потім редуцентам, що супроводжується втратою певної кількості енергії на кожному трофічному рівні в результаті процесів, які супроводжують дихання.

4.10. БІОЛОГІЧНА І ЕКОЛОГІЧНА РІВНОВАГА ТА БІОРІЗНОМАНІТТЯ

Стойкість екологічних систем зокрема і біосфери загалом значною мірою залежить від біологічного різноманіття. Чим воно більше, тим стійкіші екосистеми. *Біологічне різноманіття* — це інтегральне поняття, що описує варіабельність, властиву всім видам екосистем (водних та су-

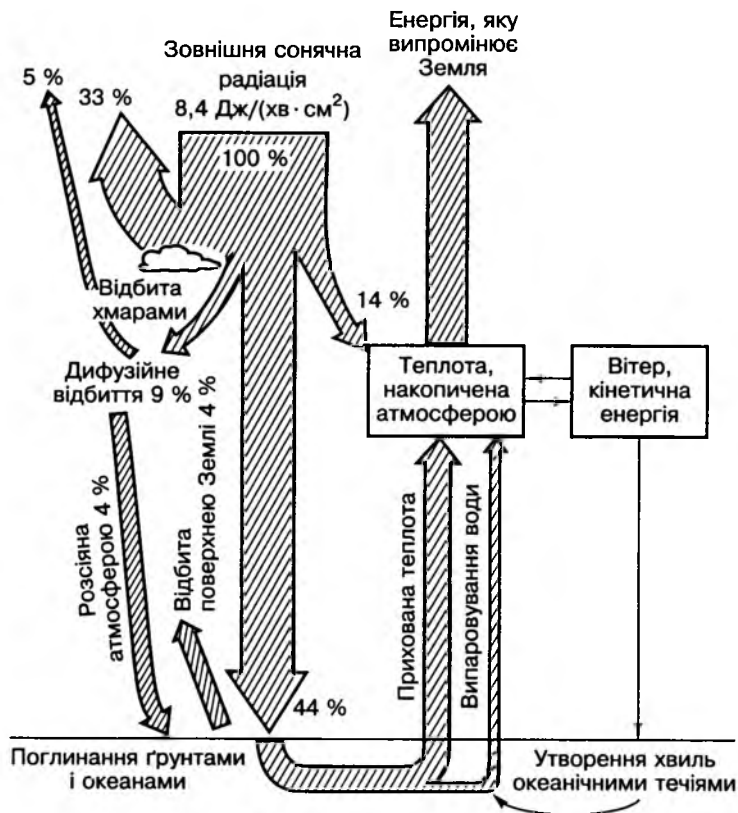


Рис. 4.7. Схема балансу сонячної енергії на поверхні Землі (за Рамадом)

ходу). Розрізняють генетичне, внутрішньовидове та видове різноманіття. *Генетичне різноманіття* — різноманіття генотипів рослин і тварин, *внутрішньовидове* — наявність різновидів та популяцій у межах виду, *видове* — кількість та різноманіття видів на певній території. Біологічне різноманіття визначається різноманіттям окремих організмів за віком, статтю та життєвим станом, популяцій за структурними типами, генотипів, угруповань та екосистем. Основою стійкого існування екосистем є біологічне різноманіття. У 1992 р. була прийнята Міжнародна конвенція про збереження біологічного різноманіття на Землі, а в 1998 р. — закон України про збереження біологічного різноманіття в країні.

Згідно з *законом внутрішньої динамічної рівноваги*, речовина, енергія, інформація, динамічні якості окремих природних систем та їх ієрархії тісно пов'язані між собою так, що будь-яка зміна одного з показників неминуче призводить до функціонально-структурних змін інших, однак при цьо-

му зберігаються загальні якості системи — речовинно-енергетичні, інформаційні та динамічні.

Стабільність і стійкість біо- та екосистем визначається *принципом Ле Шательє* (1884), згідно з яким будь-які зовнішні впливи, що виводять систему з рівноваги, спричинюють у цій системі процеси протилежного напрямку, що прагнуть послабити зовнішній вплив і повернути систему в початковий рівноважний стан. Так, біота Світового океану поглинає майже половину вуглекислого газу атмосфери, компенсуючи підвищене надходження цього газу антропогенного походження. Однак біота суходолу не здатна компенсувати надходження антропогенного оксиду карбону (IV), тобто екосистеми не можуть повернутись у початковий рівноважний стан. Отже, виникає загроза існуванню самих екосистем, спричинена порушенням біологічної та екологічної рівноваги. Під біологічною розуміють рівновагу, що склалася між рослинним і тваринним світом, тобто між живою речовиною, а під екологічною — рівновагу, що склалася в екосистемах і біосфері між живою речовиною та навколишнім природним середовищем.

Відповідно до *закону максимуму біогенної енергії* (закон Вернадського — Бауера), будь-яка біологічна та «біонедосконала» система з біотою, що перебуває в стані «стійкої нерівноваги» (динамічно рухливої рівноваги з докільям), збільшує, розвиваючись, свій вплив на середовище. Бауер стверджує, що живі системи ніколи не перебувають у стані рівноваги і виконують за рахунок своєї вільної енергії корисну роботу проти рівноваги.

У природі в процесі еволюційного розвитку відбувається безперервна зміна внаслідок вимирання як окремих особин, так і цілих видів. На зміну приходять інші види, більш пристосовані до умов існування. При цьому видове різноманіття зростає, а отже, підвищується і стійкість екосистем. Головним фактором стійкості біосфери є наявність живої речовини з великою різноманітністю форм життя. За *законом генетичної різноманітності*, усе живе генетично різне і має тенденцію до збільшення біологічної різноманітності. Розрізняють різноманітність біохімічну, доклітинну, клітинну, тканинну, анатомічну, фізіологічну, гено- і фенотипову з притаманною їм варіабельністю та мінливістю ознак, прямими і зворотними зв'язками з матерією, енергією й інформацією. Порушення цих зв'язків призводить до виходу структурно-функціональних живих систем за фізіологічно допустимі межі й свідчить про патологічний стан. Залежно від глибини цього стану можливе повернення до гомеостазу або воно стає неможливим і призводить до загибелі клітин, тканин, органу, організму, популяції, угруповання чи екосистеми. Різноманітність форм живлення різних організмів відтворює різноманіття дублюючих один одного енергетичних потоків та колообігу речовин. Це сприяє швидкому і адекватному реагуванню екосистем на зміни різних факторів і відновленню динамічної, біологічної та екологічної рівноваги. Проте процеси антропогенного впливу, що спостерігаються останнім часом, стали настільки грандіозними і відбуваються так інтенсивно, що природа часто не здатна

відновлювати цю динамічну рівновагу. Не виключено, що подальше збільшення антропогенного впливу може спричинити незворотні катастрофічні зміни в біосфері.

На Землі нині щодоби зникає кілька видів. Як свідчать дослідження вчених, техногенні втрати видів перевищують природні темпи їх елімінації у 100—1000 разів. Очікують, що у найближчі 50—100 років може бути втрачено близько 50 % сучасного видового різноманіття.



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) дати визначення екологічного фактора і пояснити на прикладі вплив різних факторів;
- 2) пояснити зміст закону екологічної толерантності та його практичне значення;
- 3) розкрити суть правила взаємодії факторів та правила конкурентної боротьби;
- 4) сформулювати визначення екологічної ніші і пояснити зміст цього визначення на прикладах;
- 5) дати визначення термінів «екосистема», «біоценоз» та «біотоп»;
- 6) пояснити суть трофічного ланцюга та його значення для функціонування екосистеми;
- 7) розкрити зміст закону концентрування речовин у трофічних ланцюгах;
- 8) пояснити суть автотрофного та гетеротрофного живлення;
- 9) пояснити, в чому полягає відмінність між природними, антропогенними та штучними екосистемами;
- 10) розкрити фізико-хімічну суть процесу живлення рослин;
- 11) розкрити зміст правила екологічної піраміди;
- 12) пояснити суть процесів колообігу речовин;
- 13) пояснити суть біологічної та екологічної рівноваги в екосистемах.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. Які екологічні фактори ви знаєте і в чому вони виявляються?
2. Як визначають гранично допустиму концентрацію, наприклад умісту нітратів у воді, за допомогою закону лімітуючого фактора? Скористайтесь рис. 4.1.
3. Що таке стенобіонти і еврибіонти? Як їх поділяють залежно від конкретного фактора?
4. У чому полягає суть лімітуючого фактора?
5. Розкрийте зміст «сумаційного» ефекту в разі комплексного впливу екологічних факторів.
6. Дайте пояснення правил Бергмана, Аллена і Глогера.
7. Що таке гомотипічні й гетеротипічні реакції?
8. У чому полягає принцип конкурентного витіснення (принцип Гаузе)?
9. Що таке екологічна ніша? Дайте визначення і наведіть приклади.
10. Які критерії визначення екологічної ніші ви знаєте?
11. Що таке фундаментальна і реалізована ніші?
12. Що називають екологічною диверсифікацією?

13. Що називають екосистемою? Як можна математично обґрунтувати це визначення?
14. Опишіть структуру найпростішого біоценозу.
15. Що називають біоценозом, біотопом, біогеоценозом, видом, популяцією?
16. Що таке автотрофи і гетеротрофи?
17. Які види екосистем ви знаєте? Наведіть приклади.
18. У чому полягає суть сукцесії?
19. Що називають трофічним ланцюгом (мережею)?
20. За допомогою правила екологічної піраміди та закону константності речовини зробіть розрахунки, скільки людей може прогодувати біосфера, якщо середня маса людини дорівнює 60 кг?
21. Від чого залежить біомаса біосфери, екосистеми?
22. Як впливає наявність кількості їжі на розвиток популяції?
23. Чим визначається біопродуктивність?
24. У чому полягає суть колообігу речовин (води, вуглецю, кисню, азоту, фосфору, сірки)?
25. За допомогою рівняння реакції фотосинтезу зробіть розрахунок споживаної сонячної енергії 1 га пшеничного лану, якщо його загальна біомаса становить 100 т.
26. Що є рушійною силою розвитку живої речовини в екосистемі?
27. У чому полягає суть біологічної та екологічної рівноваги в біосфері?

ПРИРОДНІ ТА АНТРОПОГЕННІ ЗАБРУДНЕННЯ БІОСФЕРИ

5.1. ЗАБРУДНЕННЯ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

До недавнього часу (приблизно до XIII ст., коли чисельність населення становила 300—350 млн чоловік) природа активно переробляла всі надходження речовин у біосферу, тобто відбувалося самоочищення. Продукти життєдіяльності всіх організмів, включаючи й людину, були переважно органічного походження. Після перетворення їх редуцентами на неорганічні сполуки вони включалися в природний колообіг речовин. Знаряддя праці чи предмети вжитку, хоча й мали неорганічну природу, використовувались у відносно невеликій кількості, і це не становило загрози для навколишнього природного середовища. Проте в подальшому, зі зростанням чисельності населення, значно збільшувалися його потреби, для задоволення яких людство почало залучати багато нових речовин (порох, кислоти, солі, пізніше — різні хімічні препарати для боротьби зі шкідниками сільського господарства тощо), які були не властиві природі і за відносно невеликий проміжок часу вона не встигала до них адаптуватися, тобто вони не включалися в природний процес колообігу речовин. Це призвело до їх накопичення і в подальшому стало завдавати значної шкоди екосистемам загалом і людині зокрема.

Отже, *забруднення* — це внесення у навколишнє середовище або виникнення в ньому нових, зазвичай не характерних хімічних і біологічних речовин, агентів або внесення в надлишковій кількості будь-яких уже відомих речовин, які чинять шкідливий вплив на природні екосистеми й людину і яких природа не здатна позбутися самоочищенням. Речовини, які спричинюють забруднення навколишнього природного середовища, називають *забрудниками*, або *полютантами*. Забруднення біосфери означає не просто внесення в ґрунт, воду чи повітря тих або інших чужорідних компонентів. У будь-якому випадку об'єктом забруднення є біогеоценоз. Надлишок одних речовин у природному середовищі або наявність інших призводить до зміни екологічних факторів (змінюються склад атмосфери, води, ґрунту тощо). При цьому порушуються процеси обміну речовин, знижується інтенсивність асиміляції продуцентів і біопродуктивність біогеоценозу загалом. Завдається

велика шкода всім процесам життєдіяльності, яка в кінцевому підсумку призводить до екологічної кризи та екологічної катастрофи. Під *екологічною кризою* розуміють ситуацію, що виникла в природних екосистемах у результаті порушення рівноваги під дією стихійних природних явищ або в результаті антропогенних факторів (вирубування лісів, зарегулювання рік, забруднення атмосфери, гідросфери, ґрунтів тощо). *Екологічна катастрофа* — це зміни необоротного характеру, що відбулися в екосистемах чи в біосфері.

Забрудники, що потрапили в атмосферне повітря чи води Світового океану, переміщуються на значні відстані і можуть опинитися там, де їх раніше не було. Більшість з них хімічно активні й здатні взаємодіяти з живою речовиною. Ввійшовши до складу тканин і органів живих організмів, такі речовини здебільшого стають отрутою для живої природи.

Існують різні принципи класифікації забруднень навколишнього середовища. Розглядаючи процес забруднення біосфери в широкому розумінні з позицій теорії перешкод, Г. В. Стадницький і А. І. Радіонов (1988) запропонували класифікувати їх так (див. схему на с. 106).

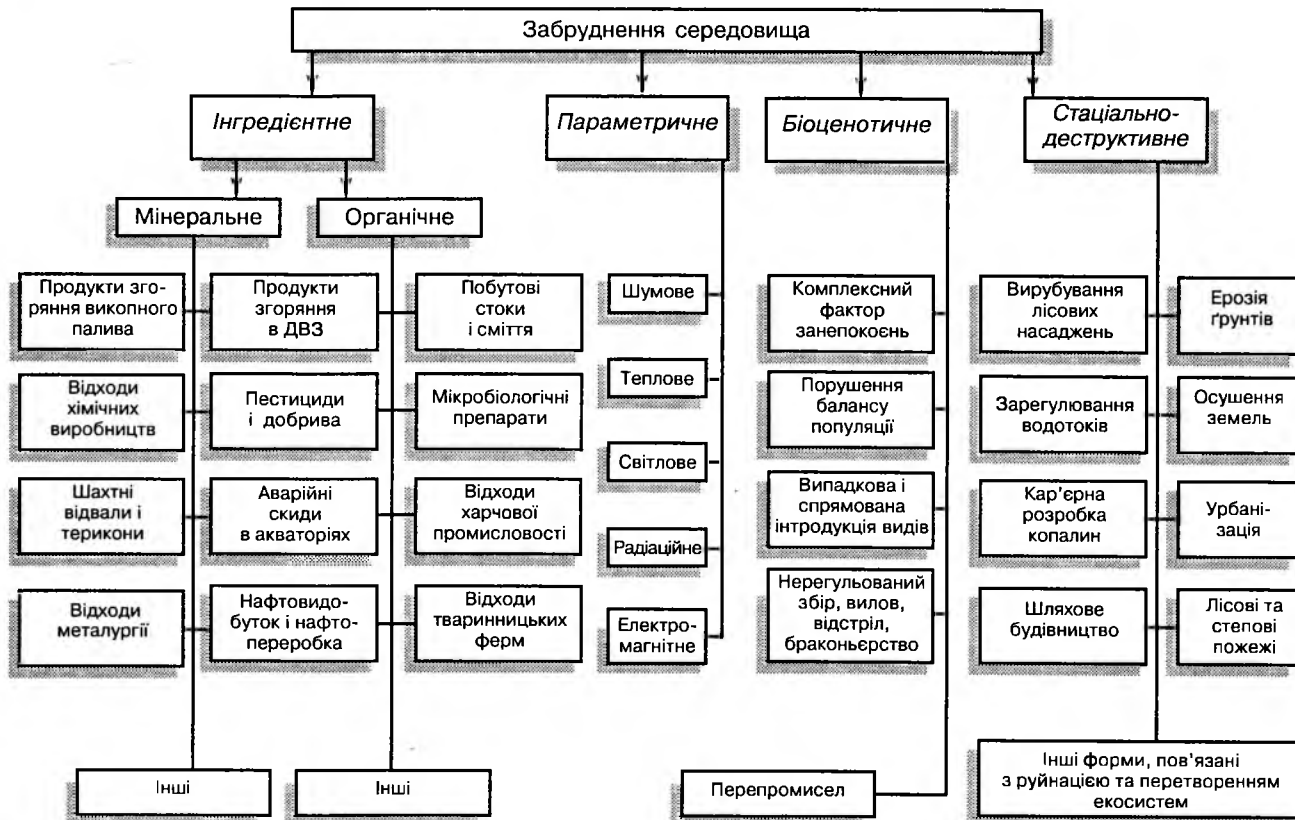
Інгрєдїєнтне забруднення, як сукупність речовин, кількісно або якісно чужорідних природним біогеоценозам; *параметричне забруднення*, спричинене зміною якісних параметрів навколишнього середовища; *біоценотичне забруднення*, яке полягає в дії на склад і структуру популяції живих організмів; *стаціонально-деструктивне забруднення*, що є наслідком зміни ландшафтів і екологічних систем у процесі природокористування, пов'язану з оптимізацією природи в інтересах людини. Цю класифікацію вірніше було б назвати класифікацією перешкод, які заважають нормальному функціонуванню біосфери і завдають шкоди біоценозам та біотопам. Проте нас цікавить антропогенний тиск на біосферу, насамперед наслідки впливу на біосферу техногенної діяльності людини. Тому в подальшому розглянемо класифікацію забруднень, які є наслідком техногенної діяльності людини.

Забруднення поділяють на *природні*, спричинені будь-якими природними, зазвичай катастрофічними чинниками (повені, виверження вулканів, селевий потік тощо), і *антропогенні*, що виникають унаслідок діяльності людей. Антропогенні забруднення за типом походження поділяють на механічні, хімічні, фізичні та біологічні.

До механічних забруднень належать різні предмети у воді й ґрунті, а також тверді часточки різного розміру. Хімічні забруднення — це різноманітні сторонні штучні хімічні речовини (рідкі, тверді та газоподібні), які утворилися внаслідок хімічної реакції в хімічній, металургійній чи інших галузях господарства. Вони потрапляють у біосферу і порушують встановлені природою процеси колообігу речовин та енергії. Фізичні забруднення поділяють на теплові, електричні, радіаційні та світлові, а також шуми, вібрації та гравітаційні сили.

Теплові (термальні) забруднення виникають унаслідок підвищення температури середовища, головним чином у зв'язку з промисловими викидами нагрітих відхідних газів і води. *Світлові* забруднення пов'язані з порушенням природного освітлення місцевості в результаті дії штучних

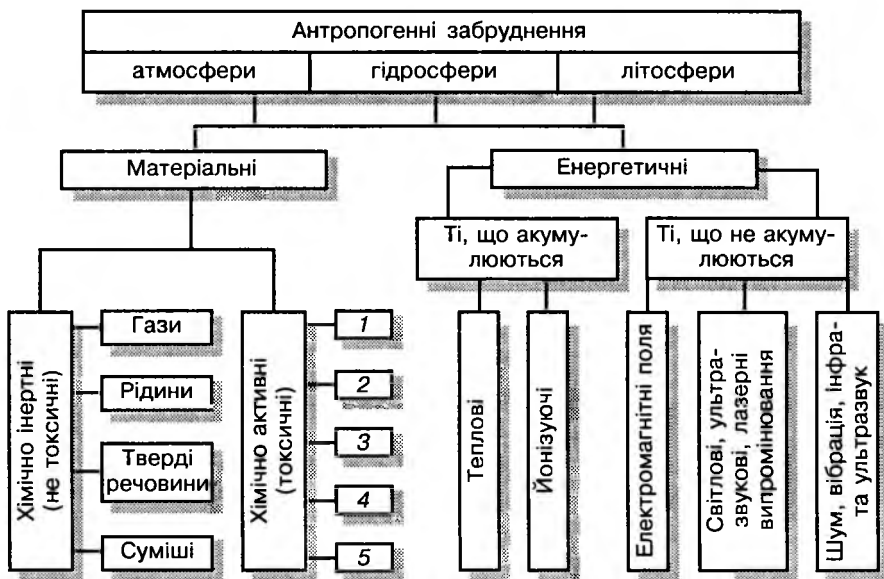
Класифікація забруднень екосистем



джерел світла, що призводить до появи аномалій у житті тварин і розвитку рослин. *Шумове* забруднення є наслідком збільшення інтенсивності шуму понад природний рівень. *Електромагнітне* забруднення створюється в результаті зміни електромагнітних властивостей середовища (від ліній електропередач, радіо і телебачення тощо), що призводить до геофізичних аномалій і змін у біологічних структурах. *Радіоактивне* забруднення пов'язане з підвищенням природного радіаційного фону і концентрації в середовищі радіоактивних речовин. *Мікробіологічне* (мікробне) забруднення спричинюється появою незвично великої кількості мікроорганізмів унаслідок масового їх розмноження на антропогенних субстратах або середовищах, які змінилися після господарської діяльності людини.

Згідно з іншою класифікацією, техногенні забруднення поділяють на дві основні групи — матеріальні та енергетичні:

Антропогенні забруднення біосфери



1 — загальносоматичні — призводять до отруєння всього організму (оксиди карбону, ціаністі сполуки, свинець, ртуть, арсен та його сполуки).

2 — подразнювальні — призводять до подразнення дихальних шляхів та слизової оболонки (хлор, аміак, сірчистий газ, фторид гідрогену, оксиди нітрогену, озон, ацетон та ін.).

3 — сенсibiliзувальні — діють як алергени (розчинники, лаки та ін.).

4 — канцерогенні — призводять до появи ракових пухлин (азбест, радон, оксиди хрому та ін.).

5 — мутагенні — зумовлюють зміну спадкової інформації (свинець, радій, уран та ін.).

До *матеріальних* належать викиди в атмосферу (газоподібні, рідкі, тверді та змішані), стічні води (умовно чисті й брудні) та тверді відходи (нетоксичні й токсичні). До *енергетичних* віднесені теплові викиди, шум, вібрація, ультразвук, електромагнітні поля, світлове, лазерне, інфрачервоне, ультрафіолетове, йонізуюче та електронне випромінювання. За ознакою взаємодії з навколишнім середовищем забруднення поділяють на стійкі, які не руйнуються впродовж тривалого часу (наприклад, пластмаси), і нестійкі, які швидко руйнуються під дією природних фізико-хімічних або біохімічних процесів.

Під *навмисними забрудненнями* розуміють цілеспрямоване знищення лісів, використання родючих земель і пасовиськ під забудову, утворення внаслідок техногенної діяльності людей кар'єрів, шламонакопичувачів, териконів, мулових майданчиків, неправильне використання поверхневих і підземних вод, мінеральних та інших природних ресурсів.

Супутнє забруднення — це поступові зміни біосфери під впливом антропогенної діяльності (спустелювання, потепління в результаті «парникового ефекту», руйнування озонового шару, висихання боліт, озер, морів, випадання кислотних дощів тощо).

Антропогенні відходи виникають як у результаті промислової діяльності, так і споживання. Відповідно до цього їх поділяють на відходи виробництва і відходи споживання. *Відходами виробництва* вважають невикористані залишки сировини, матеріалів або напівфабрикатів, що утворилися при виготовленні продукції і повністю або частково втратили свої споживчі властивості. До них належать також продукти фізико-хімічної чи механічної переробки сировини, отримання яких не було метою виробничого процесу і які в подальшому можуть бути використані в господарстві як готова продукція після відповідної обробки або як сировина для подальшого перероблення.

Таблиця 5.1. Класифікація речовин за ступенем небезпечності (ГОСТ 12.1.007—76)

Показник токсичності (встановлений експериментально або затверджений директивним органом)	Норма класу небезпечності речовин			
	Надзвичайно небезпечні 1	Високо-небезпечні 2	Виважено небезпечні 3	Малонебезпечні 4
ГДК робочої зони, мг/м ³	<0,1	0,1—1,0	1,1—10,0	>10,0
Середня смертельна доза, введення в шлунок, мг/кг	<15	15—150	151—5000	>5000
Середня смертельна доза, на шкірну, мг/кг	<100	100—500	501—2500	>2500
Середня смертельна концентрація, інгаляція, мг/м ³	<500	501—5000	5001—50 000	>50 000
Коефіцієнт можливого отруєння	<300	300—30	29—3	<3
Зона гострої дії	<6,0	6—18	18,1—54	>54
Зона хронічної дії	>10	10—5	4,9—2,5	<2,5

До відходів споживання відносять різні вироби, комплектувальні деталі тощо, які з тих чи інших причин не придатні для подальшого використання. Ці відходи поділяють на промислові та побутові. До перших належать металобрухт, обладнання, що вийшло з ладу, вироби технічного призначення з гуми, пластмаси, скла тощо. До побутових належать харчові відходи, зношені вироби побутового призначення (одяг, взуття та ін.), різноманітні використані вироби (пакувальні матеріали, скляна та інші види тари), побутові стічні води тощо.

Класифікацію відходів можна здійснювати за такими ознаками: за місцем утворення, можливістю переробки, агрегатним станом, токсичністю. За місцем утворення відходи поділяють на промислові, агропромислові та побутові. За можливістю переробки всі відходи можна поділити на вторинні матеріальні ресурси, які вже переробляються або переробка яких планується, і на відходи, переробка яких на цьому етапі розвитку економіки недоцільна і які становлять безповоротні втрати. За агрегатним станом відходи поділяються на тверді (гравій, пісок тощо), рідкі (розчини, емульсії, суспензії тощо) та газоподібні (гази та їх суміші, водяна пара, парогазова суміш). За токсичністю відходи класифікують залежно від небезпечності отруєння на чотири класи (табл. 5.1).

5.2. ПРИРОДНЕ ЗАБРУДНЕННЯ БІОСФЕРИ

Ще й понині в науковій літературі дискутується питання про вплив глобальних катастроф на розвиток живих організмів у біосфері. Вперше на це вказав французький учений Ж. Кюв'є (XVIII ст.). Багатий фактичний матеріал, зібраний ученими, свідчить, що впродовж тривалого життя на Землі відбулися як повільні еволюційні, так і революційні зміни. Останні пояснюють катастрофічними наслідками величезних повеней та інших природних стихій. Так, відомо, що динозаври жили на Землі впродовж майже 150 млн років і становили величезну групу рептилій (травоїдних і хижих). Наприкінці крейдового періоду вони раптово зникли, не залишивши по собі нащадків. Це одне з найзагадковіших явищ природи. Вплив екологічних катастроф на великомасштабні зміни розвитку живої природи на Землі нині детально досліджують багато вчених. Ці зміни вони пояснюють внутрішніми змінами самої Землі, зумовлені її властивостями, та зовнішніми космічними. Проте як земні, так і космічні зміни тісно пов'язані між собою, і можна розглядати тільки їх спільний вплив.

На біосферу Землі значний вплив має насамперед сонячна активність. Про цей вплив уперше зазначив російський учений О. Л. Чижевський. Численні неспростовні дані свідчать про те, що багато явищ на Землі і в біосфері тісно пов'язані з активністю Сонця. Так, різке збільшення чисельності окремих видів і популяцій («хвилі життя») — це результат зміни сонячної активності. Існує думка, що сонячна активність впливає й на деякі геологічні процеси (катастрофи, катаклізми), а також на соціальну активність людського суспільства. Зокрема, серію аномальних явищ, які відбу-

валися в 1989 р., пов'язують з високою сонячною активністю. Впродовж 1,5—2 міс. спостерігалися землетруси на острові Ітуруп, сталися велика аварія на продуктопроводі в районі Челябінська, події в Тбілісі, затонув атомний підводний човен «Комсомолец» тощо.

На розвиток життя значно впливає магнітне поле Землі. Магнітне поле захищає життя на планеті від йонізуючого сонячного та космічного випромінювання, яке глибоко впливає на тканини та генетичний апарат організмів. Під впливом зменшення напруженості магнітного поля, як показав канадський учений Я. Крейн, у тканинах організмів виникають необоротні зміни і розвивається безпліддя. Як засвідчують геофізики, в геологічній історії Землі неодноразово зменшувалась напруженість магнітного поля і навіть мінялися місцями північний і південний полюси. Такі інверсії відбувалися неодноразово. Крім того, нинішній магнітний стан, який називають епохою прямої полярності, триває близько 700 тис. років і напруженість магнітного поля планети поступово знижується. Якщо цей процес триватиме й надалі в такому самому темпі, то приблизно через 2 тис. років напруженість магнітного поля зменшиться до нуля і потім почне зростати в протилежному напрямі. Для живих організмів це може мати катастрофічні наслідки, пов'язані зі зміною їх властивостей та вимиранням. Різко зросте кількість мутацій.

Російські вчені В. Красовський та Й. Шкловський пояснюють причини земних катастроф спалахами наднових зірок. Суть цього явища полягає в тому, що деякі зірки раптом спалахують і починають випромінювати в мільйони разів більше світла, ніж до спалаху. Такі вибухи наднових зірок супроводжуються дуже високими дозами ультрафіолетового, рентгенівського і космічного випромінювання енергії. Якщо такі спалахи відбудуться поблизу Землі, а це ймовірно, то вони матимуть катастрофічні наслідки для живих організмів. У цьому разі різко підвищиться радіаційний фон, збільшиться число мутацій, що призведе до загибелі багатьох організмів.

Катастрофічними наслідками супроводжуються падіння на поверхню Землі метеоритів, комет, астероїдів. Свідченням таких падінь є величезні кратери (десятки й сотні кілометрів), виявлені на поверхні Землі. На території України поблизу с. Болтишка Кіровоградської області утворився кратер діаметром 25 км, а в Сибіру, в басейні р. Хатанги — ще більший (близько 100 км). Енергію вибуху, що відбувся під час зіткнення з метеоритом, оцінюють у 10^{23} Дж, що в сотні тисяч разів перевищує енергію найпотужніших землетрусів, або приблизно 120 млн атомних бомб такої потужності, які було скинуто на Хіросіму. В результаті таких зіткнень утворюються величезні маси пилу, які спричиняють значні кліматичні зміни, зокрема похолодання. При зіткненні з водами океану виникають катастрофічні зливи на величезній поверхні Землі.

Останнім часом з'явилися свідчення на користь того, що масова загибель динозаврів могла спричинитися падінням на Землю одного або кількох космічних тіл. Зокрема, про це свідчить іридієва аномалія на межі

крейдового та палеогенового періодів, тобто геологи виявили тонкий прошарок глини, збагаченої іридієм, кобальтом, нікелем та іншими металами, які характерні для метеоритів. Динозаври зникли внаслідок кліматичної катастрофи, спричиненої забрудненням атмосфери пилом і сажею під час пожежі і внаслідок цього різким похолоданням. На території Землі виявлено сліди багатьох таких падінь космічних тіл, що утворили величезні кратери. Зокрема, такими були Каменський (22 км) і Гусевський (4 км) кратери на Донбасі. Останнє зіткнення Землі з великим метеоритом відбулося приблизно 50 тис. років тому на території США. В результаті цього зіткнення утворився Аризонський кратер діаметром 1,2 км і завглибшки 180 м.

Величезну пожежу і повалення лісу на значній площі (кілька сотень квадратних кілометрів), що відбулися в Сибіру в 1908 р., пов'язують з вибухом невеликої комети (Тунгуський вибух). У 1968 р. побоювалися зіткнення астероїда Ікар із Землею. Та, на щастя, астероїд пройшов на відстані близько 6 млн км від нашої планети. Подібних астероїдів розміром 1 км, які можуть зіткнутися із Землею, астрономи нарахували близько 1300. Ймовірність зіткнення оцінюється як один випадок на 100 тис. років. Нині астрономи ведуть активні спостереження за рухом астероїдів, щоб запобігти катастрофічним наслідкам їх зіткнення з нашою планетою.

Інші катастрофічні події — землетруси, тайфуни, повені, буревії, виверження вулканів мають локальний екологічний вплив і загалом не впливають на еволюцію біосфери. Вони завдають значної матеріальної шкоди навколишньому природному середовищу, призводять до загибелі багатьох представників рослинного й тваринного світу та до людських жертв. За оцінками К. Ситника, О. Брайона і А. Городецького, збитки від стихійних лих в усьому світі щороку досягають 30 млрд доларів, а кількість людських жертв становить близько 250 тис. чоловік. Найбільших збитків завдають повені, а найбільше людей гине від буревіїв. Зокрема, великих збитків від повені в 1998 р. зазнала Україна в Закарпатті, коли р. Тиса вийшла з берегів і затопила величезні площі, спостерігалися гірські селі та значні зсуви ґрунту. Взимку в гірських районах унаслідок снігопадів відбуваються зсуви снігових лавин, які руйнують селища та призводять до загибелі людей і тварин, що спостерігалось в горах Франції, Австрії, Швейцарії та інших країн взимку 1999 р.

5.3. АНТРОПОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ БІОСФЕРИ

З початку XVIII ст. було зроблено низку наукових відкриттів, які сприяли розвитку сучасного промислово розвинуеного суспільства. Одночасно були введені в культуру нові види рослин, що підвищило ефективність землеробства та тваринництва в сільському господарстві. В другій половині XIX ст. з появою сучасної індустрії зміни стали особливо відчутними. Все в більшій кількості почали використовувати викопні мінеральні ресурси — вугілля, нафту, залізну руду та ін.

Сучасний розвиток людського суспільства Землі характеризується надзвичайно інтенсивним зростанням чисельності населення. Так, починаючи з 1900 до 1999 р. кількість населення зросла від 1,6 до 6 млрд чоловік (див. рис. 2.6), тобто за сторіччя збільшилася в 3,75 раза. Таким самим темпом зростали й потреби населення, про що свідчать дані табл. 5.2.

Енергетичні потреби тільки США за останні сто років збільшилися в 70 разів. Кількість нафти, споживаної Францією, зросла з 5 млн т у 1939 р. до 100 млн т у 1970 р. Світове виробництво рідких вуглеводнів у 1971 р. перевищило 2,5 млрд т. Щоб уявити величезні розміри споживаної енергії сучасним суспільством, наведемо такий приклад: загальна маса викопного палива, яка була спалена в 1959 р., еквівалентна 5% загальної кількості сонячної енергії, яку щороку поглинають усі первинні продуценти біосфери і перетворюють її на органічні сполуки. На планеті щороку спалюють 10 млрд т умовного палива. Всього цивілізація спожила 120 млрд т палива, причому понад 65 % з них — після 1945 р.

Упродовж 80-ти років з початку ХХ ст. із надр Землі було видобуто корисних копалин більше, ніж за всю попередню історію людства. Обсяги піднятих на поверхню гірських порід перевищують внос ґрунту річок у Світовий океан. Світове виробництво і споживання первинних енергоресурсів на початку 90-х років становило 10 млрд т умовного палива, що в чотири рази більше, ніж у 1971 р. Відповідно цьому зростанню відбувалася деградація біосфери. В результаті спалювання вугілля, нафти, газу та інших паливних ресурсів в атмосферу планети щороку викидається понад 22 млрд т оксиду карбону (IV) і понад 150 млн т сірчистого газу. Щороку в ріки скидається понад 160 км³ забруднених стічних вод, в ґрунти вноситься сільським господарством понад 500 млн т мінеральних добрив і близько 4 млн т пестицидів. Більша частина з них осідає в ґрунтах та виноситься поверхневими водами у водойми Світового океану (ріки, озера, моря та океани). Згідно з розрахунками академіка В. А. Ковди, біосфера Землі зазнає впливу від людства у 2000 разів більше, ніж від решти живого світу.

У результаті споживання величезної кількості природних ресурсів щороку утворюється і нагромаджується значна кількість відходів господарської діяльності людей. Адже з добутих природних мінеральних ресурсів лише 2—8% використовується, а решта потрапляє у відходи.

Таблиця 5. 2. Обсяг споживання товарів на світовому ринку

Рік	Обсяг споживання				
	нафти, млн т	чавуну, млн т	добрив, млн т	пшениці, млн т	автомобілів, млн шт.
1900	0,025	70,0	—	69,0	—
1920	5,6	80,0	—	105,0	—
1940	20,0	95,0	31,0	140,0	5,0
1960	125,0	336,0	62,0	250,0	16,4
1980	260,0	716,0	210,0	445,0	30,0

Внаслідок такого господарювання тільки за ХХ ст. втрачено близько 20 % родючих земель. Випадання «кислотних дощів» стало звичним явищем, що призвело до втрати величезної площі лісів. З'явилися «діри» в озоновому шарі атмосфери. Внаслідок цього та інтенсивної хімізації сільськогосподарських угідь різко зросла захворюваність дорослого населення й дітей. Істотно скоротилася середня тривалість життя. Зменшення площі родючих земель та їх урожайності призвели до того, що велика кількість населення на земній кулі голодує. Так, у 1978 р., за даними комітету ООН з питань харчування (ФАО), від голоду померло понад 12 млн дітей віком до 5 років. У 1980 р. від нестачі продуктів харчування потерпало 800 млн чоловік, тобто кожний п'ятий на Землі голодував.

Нечуваними темпами скорочується ресурсна база. Багато корисних копалин перебуває на межі вичерпності. Нині бездумно і марнотратно використовують багато видів різних копалин. Цей процес марнотратства можна порівняти хіба що з винищенням мамонтів нашими пращурами у далеку давнину. Темпи винищення мамонтів були настільки інтенсивними, що приблизно за 1000 років вони повністю зникли. Якщо темпи споживання мінеральних ресурсів залишаться такими, як в останнє десятиріччя, то вони будуть вичерпані за 400—500 років. А ресурси Світового океану можуть зникнути ще раніше. Катастрофічно забруднилася біосфера антропогенними відходами. Нині важко знайти на Землі куточок, де б можна було подихати чистим повітрям і напитися чистої води.

Розвиток деградаційних процесів на Землі передбачали вже давно. Так, стародавній мислитель Ібн Сіна (Авіценна) ще тисячу років тому попереджав про згубну для природи і небезпечну для людства господарську діяльність, яка побудована тільки на безмежному споживанні. Особливо загрозливих масштабів ця діяльність набула в останні десятиліття. Прогноз фахівців Римського клубу під керівництвом Д. Медоуза, зроблений у 1972 р., застерігав про наближення глобальної екологічної кризи, наслідком якої може бути незворотна деградація природного середовища, тобто катастрофа.

Як бачимо, основними джерелами антропогенного забруднення навколишнього природного середовища є промисловість, сільське та комунальне господарство. Серед забруднювальних промислових об'єктів найбільший внесок роблять підприємства енергетичної галузі (ТЕС, ГРЕС, АЕС, котельні), промислові об'єкти металургійної, нафтопереробної, хімічної та целюлозно-паперової промисловості, а також цементні та інші заводи будівельної індустрії. Великими забрудниками докільля є військово-промисловий комплекс, гірничозбагачувальна промисловість та автомобільний, повітряний, морський, річковий і залізничний види транспорту.

Енергетика, металургійна промисловість та автотранспорт створюють близько 85 % усього обсягу забруднень. Металургійна промисловість України зумовлює близько 35 % усіх забруднень атмосфери і природних вод. У результаті спалювання викопного палива, зокрема вугілля, утворюються різні шкідливі для здоров'я речовини — діоксин, хлорвуглевод-

ні та різні похідні вуглеводнів, що мають канцерогенні та мутагенні властивості. Величезні площі родючих земель займають шламосховища, звалища, терикони та відвали породи.

Близько 85 % забрудників повітря викидають над промисловими районами, 10—15 % — над містами, 1—2 % — над сільською місцевістю і 0,1 % — над Світовим океаном. У великих містах на кожному квадратному кілометрі за добу осідає 1,5 т пилу. Найбільш забрудненими містами України є Київ, Дніпропетровськ, Донецьк, Дніпродзержинськ, Одеса, Харків та інші промислово розвинені міста. Найбільшим забрудником міського повітря є автомобільний транспорт, на частку якого припадає 40 % усіх забруднень. За рік автомобіль споживає понад 1 млн т кисню, якого вистачило б для дихання 30 млн чоловік. В атмосферне повітря міста потрапляє оксид сульфуру (IV), оксиди карбону (II) і (IV), оксиди нітрогену, гідрогенсульфід, сірковуглець, діоксини, фенол, формальдегід, хлор, аміак, сульфати, важкі метали, бензпірен, пил та інші шкідливі речовини.

За кількістю промислових забруднень на душу населення Україна посідає одне з перших місць у Європі. Щорічний обсяг шкідливих речовин, які потрапляють на один квадратний кілометр площі України, у 6,5 раза вищий, ніж у США, і в 3,2 раза — ніж у країнах Європи. Це є наслідком нерациональної структури господарювання і недосконаліх технологій. У країні переважають енерго- та матеріалоемні технології, що характеризуються значними обсягами забруднень. Зонами екологічного лиха оголошено понад 15 % території країни. В ній функціонує 1700 шкідливих виробництв, у тому числі 4 АЕС. Близько 1000 хімічних підприємств є особливо небезпечними. Виявлено багато районів, де повітря, води і ґрунти дуже забруднені нафтопродуктами (нафтобази, аеродроми, нафтоховища, нафтопереробні заводи, автопарки, автозаправки, нафтові свердловини тощо). Значну кількість забруднювальних речовин викидає транспорт, особливо автомобільний. При спалюванні одного кілограма етильованого бензину в атмосферу викидається близько 1 г свинцю (ГДК його в повітрі становить 0,0007 мг/м³). Кожний автомобіль за рік споживає з атмосфери 4350 кг кисню і викидає в неї 3250 кг оксиду карбону (IV), 530 кг високотоксичного оксиду карбону (II) CO, 93 кг вуглеводнів, 27 кг оксидів нітрогену і близько 1 кг свинцю. Нині в світі налічується близько 500 млн автомобілів.

Найпоширенішими газовими забрудниками є сірчистий газ, оксиди нітрогену, бензпірен, аміак та інші речовини. У вигляді твердих часточок у димах містяться вугілля, попіл, сульфати та сульфідні металів (заліза, міді, цинку, свинцю), кремнезем, хлориди, сполуки кальцію, натрію, фосфору, а також пара у вигляді туману сульфатної та нітратної кислот, ртуті, фенолу тощо. До забрудників довкілля належать також різні шуми від виробництв і транспорту та йонізуюче випромінювання, вібрації, електромагнітне випромінювання, світлотеплові впливи тощо.

До значних забрудників довкілля належить комунально-житлове господарство. Щорічний обсяг побутового сміття в Україні становить близько

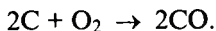
40 млн м³, яке знищується на 656 міських звалищах площею 2650 га та на 4 сміттєспалювальних заводах. У 2000 р. накопичення сміття наблизилось до 1,5—1,9 м³ на душу населення за рік. Майже 80 % звалищ експлуатується без допоміжних засобів проти забруднення води та атмосфери. Внаслідок значної забрудненості довкілля України виникають різні епідемії хвороб (туберкульоз, гепатит та ін.), зменшилася середня тривалість життя населення до 62 років, тоді як у США, Японії та Швейцарії вона становить 75—79 років. У країні значно збільшилась смертність населення, яка, починаючи з 1992 р., перевищила народжуваність. Упродовж останніх років чисельність населення зменшилась на 5 млн і поступово зменшується далі. Забруднення навколишнього середовища спричинює загибель лісів, парків, рослинного й тваринного світу. Забруднення повітря згубно впливає на будівлі, пам'ятки культури, водойми і ґрунти, спричинює корозію металів.

Небезпека сучасної екологічної ситуації полягає в тому, що порушуються численні механізми гомеостазу, якщо не в біосфері, то у великих екосистемах, наслідком яких є регіональні кризи. В стадію глобальної кризи біосфера, на щастя, поки що не вступила. Проте окремі великі збурення вона вже гасити не в змозі. Наслідком цього є або розпад екосистеми (збільшуються площі спустошених земель), або поява нестійких агроценозів чи урбанізованих (міських) комплексів. Нині першочерговим і невідкладним завданням є недопущення глобальної кризи і катастрофи та колапсу (повного й незворотного розпаду системи), які настануть слідом за нею.

5.4. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАБРУДНИКІВ

Схарактеризуємо найпоширеніші забруднювальні речовини.

Оксид карбону (II) CO, або чадний газ, — не має кольору та запаху і є одним з найпоширеніших забрудників повітря. Він утворюється при неповному згорянні палива за реакцією



За концентрації в повітрі більш як 1 % він негативно впливає на рослини, тварин і людину, понад 4 % — спричинює смерть. Токсичність чадного газу полягає в тому, що, потрапляючи в кров, він позбавляє еритроцити (червоні кров'яні тільця) здатності транспортувати кисень, настає кисневе голодування, задуха, запаморочення і навіть смерть. Він спричинює розлад серцево-судинної системи та розвиток атеросклерозу.

Оксиди нітрогену NO_x (N₂O, NO, N₂O₃, NO₂, N₂O₅) для людини значно небезпечніші, ніж оксид карбону (II). Вони утворюються внаслідок недосконалої технології спалювання палива та в процесі виплавлення металів. Тому їх багато в районах ТЕС, котельень, металургійних і хімічних заводів. У повітря викидаються переважно підприємствами, що виробляють нітратну кислоту, целулоїд, анілінові фарби та віскозний шовк. Сполучаючись з водою в дихальних шляхах, вони утворюють нітратну й ні-

тритну кислоти, які спричинюють сильні подразнення слизових оболонок і тяжкі захворювання. Вони поглинаються листям рослин, які втрачають після цього кормові якості і хворіють.

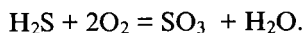
Токсичні вуглеводні (парафіни, нафтени, ароматичні вуглеводні, бензпірен та ін.) — пара неповного згоряння палива, що викидається з двигунів внутрішнього згоряння. Надзвичайно шкідливими є ненасичені (олефінові) вуглеводні, що становлять 35 % загальної кількості вуглеводневих викидів. Нині вчені встановили наявність у вихлопних автомобільних газах понад 200 сполук, найшкідливішими серед яких є бензпірен, оксиди нітрогену, альдегіди, сполуки плумбуму й ртуті. Вуглеводневі сполуки спричинюють утворення смогу — фотохімічного туману у великих містах (Лондон, Токіо, Мехіко, Мілан, Нью-Йорк та ін.). Це явище загрожує і нашим індустріальним містам з великими обсягами автотранспорту (Київ, Дніпропетровськ, Донецьк, Харків, Одеса, Сімферополь, Запоріжжя та ін.). Сприятливими умовами виникнення смогу є літні сонячні безвітряні дні.

Сірчаний ангідрид SO_2 утворюється внаслідок окиснення сірчастого ангідриду в атмосфері під час фотохімічних і каталітичних реакцій і є аерозолем або розчином сульфатної кислоти в дощовій воді. Сульфатна кислота підкиснює ґрунти, посилює корозію металів, руйнування гуми, мармуру, вапняків, доломітів. Вона загрожує захворювання легеневої системи та дихальних шляхів людини й тварин. Сірчаний ангідрид поширений у районах хімічної, нафтохімічної та металургійної промисловості, ТЕС, котельні, коксохімічних і цементних заводів. Сірчаний ангідрид дуже шкідливий і для рослин, оскільки легко ними засвоюється і порушує їх життєдіяльність.

Сірчастий ангідрид SO_2 , або сірчаний газ, виділяється під час згоряння палива з домішками сірки (вугілля, нафти, природного газу), переробки сірчанних руд, горіння териконів, виплавлення кольорових металів. За високих його концентрацій у рослинах швидко зникає хлорофіл, клітини розриваються і спостерігається некроз тканин, які набувають коричневого кольору. Найчутливіші види рослин, такі як люцерна, соя та ячмінь, виявляють симптоми пошкодження вже за концентрацій сірчастого ангідриду $0,3\text{—}0,5 \text{ млн}^{-1}$ при тривалості дії не менш як $2\text{—}3$ год. У разі інтенсивнішого впливу сірчаного газу може спостерігатися майже повний некроз молодих голів хвойних дерев, їх повне обпадання. Оксид сульфур (IV) та інші його сполуки подразнюють слизову оболонку очей і дихальних шляхів. Тривала дія малих концентрацій цього газу призводить до виникнення хронічного гастриту, гепатопатії, бронхіту, ларингіту та інших хвороб. Є відомості про зв'язок між вмістом сірчаного газу в повітрі та рівнем смертності від раку легенів.

Гідрогенсульфід H_2S і **карбондисульфід** CS_2 викидаються в повітря окремо або разом з іншими сульфуровмісними сполуками підприємствами, що виготовляють штучне волокно, цукор, а також нафтопереробними й коксохімічними заводами. Характерною ознакою цих забрудників є різкий, неприємний, подразливий запах і висока токсичність (вони в 100 разів

токсичніші за сірчаний газ). В атмосфері гідрогенсульфід повільно окиснюється до сірчаного ангідриду:



Гідрогенсульфід утворюється в природі в результаті діяльності вулканів та сульфатредукуючих бактерій. Дія останніх спостерігається в місцях з нестачею кисню — донні відклади річок, боліт, озер і морів, у портах і районах стоку забруднених вод із суші, в каналізаційних мережах міст. Сульфатредуючі бактерії відщеплюють кисень від молекул сульфатної кислоти та її сполук, що містяться в стоках та застійних водах, і виділяють гідрогенсульфід. Якщо останній утворює чорні сульфідні сполуки, то він нешкідливий. Вільний гідрогенсульфід дуже небезпечний. Він має різкий запах тухлих яєць і густину $1,19 \text{ г/дм}^3$, добре розчиняється у воді. Цей газ легко поглинається слизовими оболонками очей, носа, дихальних шляхів. У значних кількостях він дуже подразнює ці органи, роз'їдає їх, призводить до запалення трахеї, бронхів, легенів і навіть до смерті. Внаслідок тривалої дії незначних концентрацій гідрогенсульфіду виникають подразнення шкіри, сип, фурункули. Одне-два вдихання газу високих концентрацій зумовлює параліч органів дихання та смерть. Карбондисульфід впливає на нервову систему, викликаючи явище гострої інтоксикації, а також розвиток атеросклерозу.

Сполуки хлору поширюються в повітрі навколо хімічних заводів, що виробляють хлоридну кислоту, пестициди, цемент, суперфосфат, оцет, гідролізний спирт, хлорне вапно, соду тощо. У великих кількостях вони дуже шкідливі для рослин, тварин і людини. В атмосфері ці сполуки перебувають у вигляді молекулярного хлору та хлориду гідрогену; 84 % сумарної кількості сполук хлору в атмосфері сконцентровано в районах, де сильно розвинена промисловість. Вільний хлор та його сполуки діють на органи нюху, світлову чутливість очей, порушують ритм дихання.

Сполуки флуору характерні для районів, де діють підприємства, що виробляють алюміній, емаль, скло, кераміку, фарфор, сталь, фосфорні добрива. В повітрі вони містяться у вигляді газоподібних HF або пилюватих часточок флюориту. Сполуки флуору надзвичайно токсичні. До нього дуже чутливі комахи. Надлишки фтору (накопичуються в рослинах, а через рослинний корм — в організмі тварин) призводять до швидкого псування зубів, кісток, зниження діяльності молочних залоз, некрозу нирок, ушкодження кишок. Сполуки флуору викликають різке подразнення шкіри і слизових оболонок. Тривала їх дія може призвести до носових кровотеч, нежиті, кашлю, пневмосклеротичних змін у легенях.

Важкі метали. Великої шкоди навколишньому природному середовищу завдають важкі метали — мідь, нікель, свинець, кадмій, ртуть та ін. *Свинець* може міститися в ґрунтах, воді й повітрі. У великих містах у дощових водах і снігу вміст свинцю сягає 250—350 мкг/л. Головним джерелом його надходження в природне середовище є автотранспорт. Свинець у вигляді аерозольних часточок викидається з вихлопними газами, які утворюються

в двигунах внутрішнього згоряння при використанні етильованого бензину. В складі останнього як антидетонатор використовують тетраетилсвинець. Сполуки плюмбуму, які дуже шкодять здоров'ю людини, містяться також у свинцевих фарбах, свинцевих покриттях водогінних труб, ризних прокладках, ізоляціях електрокабелів тощо.

Наявність незначної кількості свинцю в організмі призводить до тяжких захворювань, зниження інтелектуального розвитку, перезбудження, розвитку агресивності, неуважності, глухоти, безпліддя, затримки росту, порушень вестибулярного апарату тощо. Навіть незначні домішки свинцю в повітрі, воді чи їжі шкодять нервовій та кровоносній системам дітей. У промислово розвинених країнах (Японії, США, Англії, Франції, Швеції та Німеччині) було прийнято рішення і припинено виробництво етильованого бензину та свинцевих фарб. Таке саме рішення прийняла незалежна Україна.

У середньому в організмі людини міститься 120 мкг свинцю, розподіленого у всіх органах, тканинах і кістках. З м'яких тканин свинець поступово виводиться, а з кісток скелета — дуже повільно (десятки років). Органічні сполуки плюмбуму надходять в організм людини через шкіру, слизові оболонки, з водою та їжею, а неорганічні — переважно через дихальні шляхи. Нині мешканець великого міста щодня вдихає з повітрям та поглинає з їжею до 45 мкг свинцю, з яких в його організмі затримується до 16 мкг. Цей свинець проникає в кров і розподіляється в кістках (90%), печінці та нирках. Іноді загальна його кількість в організмі досягає 0,5 г і більше, що значно перевищує ГДК в крові (50—100 мкг/100 мл).

Людина є однією з останніх ланок ланцюга живлення. А в межах цього ланцюга концентрація свинцю від ланки до ланки зростає: у донних водоростях, які поглинають свинець із забруднених вод, його концентрація підвищується в 700 разів, у фітопланктоні — в 4000, у зоопланктоні — в 3000, у молюсках — у 4000 разів.

Кадмій є досить отруйною речовиною, незначні концентрації якої призводять до серйозних захворювань нервової системи, кісткових тканин, а тривала дія — навіть до смерті. Його ГДК становить 0,001 мг/л. Тяжке кісткове захворювання, відоме в Японії як «ітай-ітай», спричинене хронічним отруєнням кадмієм, що містився в рисі. Рис накопичував цю речовину внаслідок забруднення відходами гірничодобувної промисловості, розміщеної поблизу полів. У цих районах щодня в організм потрапляло до 600 мкг кадмію. В США нині в організм дорослої людини потрапляє за добу 50—60 мкг кадмію, в Швеції — 15—20, у Японії — до 80 мкг. Основна маса кадмію виводиться з організму досить швидко, адсорбується лише близько 2 мкг за добу.

Виявлено, що в природне середовище кадмій надходить переважно в результаті антропогенної діяльності — під час видобутку та переробки деяких металоносних корисних копалин, згоряння деяких видів палива, спалювання побутових відходів на звалищах, а також з промисловими стічними водами. Потрапляючи в ріки, кадмій далі виноситься в море, де

накопичується в морських рослинах, планктоні, кістках риб. До речі, морські фосфорити, як і добрива, які з них виготовляють, містять підвищену кількість кадмію, а це призводить до його накопичення в ґрунтах.

Ртуть — дуже отруйна речовина. Особливо токсичними є органічні сполуки ртуті: метилмеркурій, етилмеркурій тощо. Потрапляючи в організм, вона циркулює з кров'ю і, з'єднуючись з білками, частково відкладається в печінці, селезінці та тканинах мозку. Особливо небезпечні сполуки ртуті для немовлят. Характерні ознаки ртутного отруєння — поява на краях ясен синьо-чорної смуги, зниження працездатності, поганий сон, послаблення нюху, головний біль, тремтіння пальців. Ртуть, що потрапила в організм унаслідок разового отруєння, виводиться сечогінними засобами дуже повільно — впродовж трьох-чотирьох місяців.

Пил. Вплив пилу, що викидається в атмосферу, на організм людини пов'язаний з його дисперсністю. Дрібні часточки проникають у дихальні шляхи і подразнюють слизові оболонки. Тривала дія дуже дрібного пилу може призвести до закупорювання пор і зниження потовиділення. У людей, які постійно мешкають в умовах запиленої місцевості, спостерігаються фіброзні зміни в легенях. Пил, що містить отруйні речовини (арсен, ртуть, свинець), призводить до отруєння. Азбестовий пил здатний спричинювати фіброз легенів. Крім того, він посилює шкідливу дію оксиду сульфурі (IV). Деякі метали належать до речовин, що зумовлюють ракові захворювання, зокрема арсен і хром. Отруєння селеном зазвичай закінчується смертю.

Вуглеводні подразнюють дихальні шляхи, з'являється нудота, запаморочення, сонливість, розлад дихання й кровообігу. Деякі вуглеводні є канцерогенами.

Радіонукліди. Дуже небезпечними для здоров'я людини є радіонукліди. Постійна дія радіоактивних речовин навіть у малих дозах порушує нервову діяльність, функції статевих залоз, травного каналу, органів дихання, спричинює розлад у роботі надниркових залоз, гіпофіза й щитоподібної залози, змінює склад крові і порушує діяльність серцево-судинної системи, а в деяких випадках виникає і канцерогенний ефект.

5.5. ФІЗИЧНІ ЗАБРУДНЕННЯ БІОСФЕРИ

Біосфера зазнає різноманітних фізичних забруднень: теплових, шумових, світлових, вібраційних, інфразвукових, електромагнітних та йонізуючих.

Шумове забруднення. Під *шумом* розуміють усі неприємні та небажані звуки або їх сукупність, які заважають нормально працювати, сприймати потрібні звукові сигнали, відпочивати і призводять до різних порушень екосистеми. Шуми негативно впливають на здоров'я людей, знижують їх працездатність, призводять до захворювань серцево-судинної (гіпертонія), нервової та ендокринної систем і органів слуху. Вони можуть також істотно впливати на життєдіяльність біоценозів різних екосистем.

Рівень звукового тиску шумів вимірюють белами (Б) і децибелами (дБ). Це умовні одиниці характеристики сили звуку, які показують, наскільки звук (шум) у логарифмічних відносних величинах вищий за поріг слухового сприйняття людини. Звичайна розмова ведеться в межах інтенсивності звуку 30—60 дБ, що відповідає частоті 250—10000 Гц (герц). Допустимі межі сили звуку становлять 45—85 дБ, больовий поріг — 140 дБ. У разі постійного шуму силою 70 дБ виникає розлад ендокринної та нервової систем, 90 дБ — порушується слух, 120 дБ — з'являється нестерпний фізичний біль. В середині приміщень різного призначення рекомендують діапазони шумів: для сну, відпочинку — 30—45 дБ; для виробничих приміщень — 56—70 дБ.]

Гранично допустимі норми шуму залежать від частоти звуку. Низькочастотні шуми за рівня до 100 дБ не завдають особливої шкоди слуху. Проте високочастотні є небезпечними при рівнях понад 75—80 дБ. Джерелами шумів є транспорт, промислові об'єкти, гучномовні пристрої, ліфти, телевізори, музичні інструменти тощо. Потужними джерелами шумів, які негативно впливають на здоров'я людей, є потужна електроакустична апаратура та рок-ансамблі. В концертних залах, де вони виступають, інтенсивність звуку досягає 120 дБ. Для порівняння наведемо кілька прикладів інтенсивності шумів: цокання годинника — близько 30, шелест листя і тихий шеліт на відстані 1 м — 10—15 дБ, рух вагона метро і вантажної машини — 90—95, поїзда — 95—100, робота телевізора — 80—95, літака в повітрі — 105 дБ. Європейська економічна комісія ООН визначила максимально допустимі рівні шуму: для легкових автомобілів — 80 дБ; автобусів і вантажних машин — 81—88 дБ. З метою запобігання шкідливому впливу шумів на здоров'я людей створюють шумовловлювальні екрани, поглинальні фільтри та різні пристрої. Радикально дії шумів можна запобігти, використовуючи безшумні механізми.

Теплове забруднення є наслідком теплових викидів переважної більшості промислових підприємств, устаткування і машин, що використовують процеси горіння, нагрівання, вибуху, теплові агрегати тощо. Теплові агрегати мають невисокий тепловий ККД і викидають в атмосферу значну кількість теплоти. На теплових електростанціях щороку втрачається $42 \cdot 10^{12}$ кДж. Значна кількість електроенергії, яку споживають різні прилади, у вигляді теплових втрат розсіюється в навколишній простір. Багато теплоти надходить у довкілля від опалювальних систем, теплотрас, транспортних засобів, систем охолодження та інших джерел. Нині, поки що вся розсіювана теплота значно менша, ніж та, що надходить з природних джерел, і не чинить істотного впливу на тепловий баланс планети. Проте вона може мати суттєвий вплив на окремі екосистеми у разі значних промислових викидів теплоти. Верхня межа витривалості організмів стосовно температурного фактора не перевищує 40—45 °С. Оптимум становить 15—30 °С. Окремі види бактерій і водоростей можуть жити і розмножуватися за температури 80—88 °С. Підвищення температури води у ставках-охолодниках потужних теплових електростанцій до 36 °С істот-

но зменшує біопродуктивність і може завдати значної шкоди існуючим біоценозам.

Вібрації — це тремтіння або струс усього тіла людини чи окремих його частин під час виконання різних робіт (роботи в шахтах з відбійним молотком, розпилювання матеріалів, бетоноукладання, пневмоподрібнення тощо). Тривалі вібрації призводять до сильної втоми і значних порушень багатьох функцій організму: струсу мозку, деформації м'язів, розриву тканин, порушення діяльності нервової і серцево-судинної систем, кровообігу, чутливості шкіри тощо. Розрізняють локальну та загальну вібрації. Допустимі норми вібраційних навантажень становлять 2—2000 Гц, для коливальних рухів — від 0,45—1,12 до 4 см/с. Рівень коливань шуму при зазначених параметрах змінюється від 99 до 120 дБ. Для зменшення негативного впливу вібрації використовують віброізоляцію, прокладки, килимки, вібродемпфірування, пружинні основи й опори та інші пристрої.

Електромагнітні поля. Деякі види техніки створюють електромагнітні поля, які в окремих районах у сотні разів перевищують середній природний фон. Головними джерелами електромагнітного випромінювання є радіотелевізійні та радіолокаційні станції, засоби радіозв'язку, високовольтні лінії електропередачі (ЛЕП), електростанції й трансформаторні підстанції, а також лінії електротранспорту. Рівень електромагнітних випромінювань у цих місцях змінюється від 50—100 до 300 Гц і значно перевищує допустимі гігієнічні норми. Значення електромагнітного поля поблизу потужних ЛЕП (понад 1000 кВ) перевищує норму в 20 разів. Мірою забруднення електромагнітними полями є напруженість поля, одиницею якої є вольт на метр (В/м). Ці поля негативно впливають на нервову систему. Поле напруженістю 1000 В/м спричинює головний біль і сильну втому, а за більших значень — неврози, безсоння, імпотенцію та інші тяжкі захворювання.

Йонізуюче випромінювання. Особливо небезпечним забрудником природного середовища є йонізуюче випромінювання, зокрема радіація. Радіонукліди, потрапляючи з їжею, водою або повітрям в організм, руйнують його клітини і тканини, органи і гени. Одиницею еквівалентної дози випромінювання є зіверт. *Зіверт* дорівнює дозі будь-якого виду йонізуючого випромінювання, що чинить таку саму біологічну дію, як і доза рентгенівського чи гамма-випромінювання в 1 Гр (грей). *Грей* — одиниця поглинутої дози випромінювання; 1 Гр дорівнює поглинутій дозі випромінювання, за якої опроміненій речовині масою 1 кг передається енергія йонізуючого випромінювання 1 Дж.

Розрізняють природну та штучну радіацію. Природними є випромінювання Сонця, космічне випромінювання, а також випромінювання внаслідок радіоактивного розпаду мінералів у надрах Землі. Інтенсивність цього випромінювання залежить від висоти над рівнем моря та географічного положення.

Джерелами штучної радіації є медичні рентгенівські установки, ядерна медицина, атомні електростанції, відеотермінали, деякі будівельні ма-

теріали, випробування ядерної зброї. Постійний викид радіоактивних частинок відбувається з димами ТЕС, які спалюють вугілля, під час видобутку радіоактивної сировини, її обробки й транспортування, захоронення радіоактивних відходів, проведення досліджень в інститутах атомно-енергетичного профілю. В стратосфері радіоактивні речовини можуть знаходитись протягом 3—4 років, у тропосфері — кілька місяців, випадаючи на поверхню Землі з атмосферними опадами.

Біологічний ефект радіації зумовлений взаємодією енергії з речовиною, наслідком чого є канцерогенез, або розвиток раку. В процесі радіоактивного розпаду утворюються також вільні радикали, які руйнують живі клітини й тканини організму людини. Зміна структури може бути настільки значною, що її відновлення стає неможливим. Зміна генетичного коду клітини організму, яку називають *мутацією*, може призвести до розвитку раку.

Дуже небезпечною для організму є наявність вільних радикалів, які мають високу хімічну активність. Утворення вільних радикалів відбувається під дією йонізуючого випромінювання. Цей процес особливо прискорюється під дією хімічних забрудників. В організмі вільні радикали можуть руйнувати клітини і порушувати їх генетичний код. Таким чином, біологічні ефекти радіації скорочують тривалість життя, спричинюючи захворювання на рак, лейкемію, призводять до серцево-судинних захворювань, а також до зменшення опірності організму різним інфекціям. Особливо чутливі до дії радіації діти та люди зі слабким здоров'ям.

5.6. НОРМУВАННЯ І МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАБРУДНЕННЯ

Ефективним методом зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище та забезпечення екологічної безпеки біосфери є застосування в господарській діяльності безвідходних технологій з повним використанням усіх компонентів сировини. Однак нинішній рівень розвитку техніки не дає змоги розробити подібні технології, а тому поки що основним напрямом охорони довкілля є нормування кількості викидів, стоків та відходів і контроль за ними. В основі нормування лежить установлення *гранично допустимих концентрацій* (ГДК) шкідливих речовин (полютантів) в атмосферному повітрі, воді й ґрунті та харчових продуктах. При встановленні ГДК приймають найнижчий рівень забруднення, який ґрунтується на санітарно-гігієнічних нормах. *ГДК полютанта* — це такий його максимальний вміст у природному середовищі (воді, повітрі, ґрунті) або продукті, який не знижує працездатності та самопочуття людини, не шкодить її здоров'ю в разі постійного контакту, а також не зумовлює небажаних (негативних) наслідків у нащадків. Якщо фактична концентрація полютанта в середовищі більша за ГДК, то воно не придатне для забезпечення життєдіяльності людини. В цьому разі треба здійснювати заходи щодо зменшення концентрації забрудника в середовищі.

Для визначення ГДК використовують високочутливі тести, пов'язані зі зміною світлової чутливості ока, потенціалів мозку тощо. Вони дають змогу виявити мінімальні впливи токсичних речовин на організм людини навіть у разі короткочасної їх дії. Для виявлення тривалого впливу токсичних речовин проводять лабораторні дослідження на тваринах у спеціально обладнаних камерах із застосуванням різних тестів. Під час визначення ГДК враховують дію забрудників не лише на здоров'я людини, а й на диких і свійських тварин, рослини, гриби, мікроорганізми та біоценози загалом. Використовують також матеріали епідеміологічних досліджень. До визначеного порогу впливу додають коефіцієнти запасу. ГДК виражають у міліграмах на метр кубічний (мг/м^3) — у повітрі, на дециметр кубічний (мг/дм^3) — у воді та в міліграмах на кілограм (мг/кг) — у ґрунті та продуктах харчування.

Для кожного середовища визначено різні види ГДК. Для повітряного середовища: $\text{ГДК}_{\text{рз}}$ — робочої зони, за яку вважають простір заввишки до 2 м над підлогою, де знаходяться робітники (рівень вдихання); $\text{ГДК}_{\text{м,р}}$ — максимальна разова, при вдиханні впродовж 20 хв не повинна спричинювати негативних наслідків в організмі людини; $\text{ГДК}_{\text{с,д}}$ — середньодобова, не повинна негативно впливати в разі необмежено тривалого (впродовж років) вдихання. Для водного середовища: $\text{ГДК}_{\text{в}}$ — у воді господарсько-питного й культурно-побутового призначення; $\text{ГДК}_{\text{в,р}}$ — у водоймах рибогосподарського водокористування. Для ґрунту: $\text{ГДК}_{\text{гр}}$ — в орному шарі ґрунту, не повинна негативно впливати не тільки на здоров'я людини, а й на самоочисну здатність ґрунту. Для продуктів харчування — $\text{ГДК}_{\text{пр}}$, або інакше *допустима залишкова кількість* (ДЗК) речовини, що не чинить шкідливого впливу на здоров'я людини.

У разі наявності в повітрі чи воді кількох домішок враховують їх сумарну шкідливу дію за формулою

$$C_1 / \text{ГДК}_1 + C_2 / \text{ГДК}_2 + \dots + C_n / \text{ГДК}_n \leq 1,$$

де C_1, C_2, \dots, C_n — концентрації забрудників, мг/м^3 ; $\text{ГДК}_1, \text{ГДК}_2, \dots, \text{ГДК}_n$ — ГДК забрудників, мг/м^3 .

Дуже шкідливою є дія таких полютантів, як сірчистий газ, оксид нітрогену (IV), сульфатна кислота, фторид гідрогену, фенол та аерозолі. Тому в разі їх спільної наявності визначають сумарний вплив цих забрудників.

Встановлено національний стандарт (ГДК) для найпоширеніших забрудників. Значення ГДК одних і тих самих полютантів для різних середовищ різняться. Неоднакові також максимальні разові й середньодобові ГДК одних і тих самих полютантів. Так, $\text{ГДК}_{\text{м,р}}$ сірчистого газу становить — $0,5 \text{ мг/м}^3$, а $\text{ГДК}_{\text{с,д}}$ — $0,05$; ГДК пари фториду гідрогену — відповідно $0,02$ і $0,005$, аміаку — $0,2$ і $0,004 \text{ мг/м}^3$.

Для нормування різних викидів в атмосферу і скидів у водойму забруднювальних речовин запропоновано ще один норматив — гранично допустимий викид в атмосферу (ГДВ) або гранично допустимий скид у водойму (ГДС). *Гранично допустимі викиди* — це кількість шкідливих речовин,

яка не повинна перевищуватися під час викиду в повітря за одиницю часу, щоб концентрація забрудників повітря на межі санітарної зони не була вищою від ГДК. Встановлюють ГДВ на основі розрахунку розсіювання домішок в атмосфері.

Санітарно-захисні зони (СЗЗ) — це ділянки землі навколо підприємств, що відокремлюють їх від житлових масивів з метою зменшення шкідливого впливу цих підприємств на здоров'я людини. Їх розташовують з півднірного боку підприємств і засаджують пилистійкими деревами та чагарниками, що мають бактерицидні властивості (береза, біла акація, грецький горіх, дуб, канадська тополя, сосна, смерека, бузина, смородина та ін.).

Згідно із санітарними нормами проектування промислових підприємств, виділяють 5 класів промислових об'єктів із СЗЗ завширшки від 50 м до 3000 м з урахуванням ступеня забруднення повітря поблизу виробництва. Перший клас поділяють на підкласи ІА з СЗЗ завширшки 3000 м та ІБ — 1000 м. До першого класу А з СЗЗ завширшки 3000 м належать особливо небезпечні об'єкти (АЕС та ін.). До першого класу Б з СЗЗ завширшки 1000 м належать хімічні, нафтопереробні, паперово-целюлозні та металургійні заводи й підприємства, що займаються випалюванням коксу, вторинною переробкою кольорових металів, видобутком нафти, природного газу та кам'яного вугілля. До другого класу із СЗЗ завширшки 500 м належать цементні, гіпсові, вапнякові та азбестові заводи і підприємства, що виробляють свинцеві акумулятори, пластичні маси, видобувають горючі сланці, кам'яне, буре та інше вугілля. До третього класу із СЗЗ завширшки 300 м належать підприємства з виробництва скловати, керамзиту, толю й руберойду, вугільних виробів для електропромисловості, різних лаків та оліф, ТЕЦ, заводи залізобетонних виробів, асфальтобетонні, кабельні заводи тощо. До четвертого класу СЗЗ завширшки 100 м належать підприємства металообробної промисловості, машинобудівні заводи, електропромисловість з невеликими ливарними цехами, виробництва неізоляваного кабелю, котлів, цегли, металевих електродів, будівельних матеріалів з відходів ТЕС. До п'ятого класу із СЗЗ завширшки 50 м включено підприємства легкої промисловості, металообробної промисловості з термічною обробкою без ливарних цехів, виробництва лужних акумуляторів, приладів для електротехнічної промисловості без застосування ртуті й лиття, друкарні, виробництва харчової промисловості, пункти очищення й промивання цистерн, виробництво стиснених і зріджених продуктів розділення повітря.

5.7. ЕКОЛОГІЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ

Для оцінки рівня забруднення навколишнього природного середовища крім гранично допустимих концентрацій використовують ще такий критерій, як *гранично допустиме екологічне навантаження* (ГДЕН) та техногенне навантаження на природні об'єкти. Техногенне навантаження характеризується *модулем техногенного навантаження*, під яким розумі-

ють обсяг стічних вод та твердих відходів промислових і комунальних об'єктів, рознесених по адміністративних одиницях (областях), що вимірюються в тисячах тонн на квадратний кілометр за рік.

Для Київської області максимальний модуль техногенного навантаження становить 1000 тис. т/км² за рік. До техногенно напружених належать також Донецька, Дніпропетровська і Запорізька області, які мають модуль техногенного навантаження 100—1000 тис. т/км² за рік. Середні показники модуля техногенного навантаження (10—50 і 50—100 тис. т/км² за рік) мають Львівська, Івано-Франківська, Хмельницька, Вінницька, Одеська, Черкаська, Полтавська, Харківська, Луганська і Херсонська області та Автономна Республіка Крим. Мінімальне техногенне навантаження (1—10 тис. т/км² за рік) спостерігається для Волинської, Рівненської, Житомирської, Чернівецької, Тернопільської і Закарпатської областей.

Щодо визначення ГДЕН, то на сьогодні в науковій і технічній літературі його поки що не існує і не розроблені методики його нормування. Недоліком показника «модуль техногенного навантаження» є те, що в ньому не враховуються газоподібні викиди в атмосферне повітря, які спричиняють значні забруднення середовища. Тому *модуль техногенного навантаження* (МТН) доцільно визначити як об'єм політантів у газових викидах в атмосферне повітря, у стічних водах, що скидаються у водойми, та в неутилізованих твердих відходах антропогенної діяльності, який вимірюється в тис. т/км² на рік (А. К. Запольський).

Для оцінки екологічної ситуації під час складання екологічних карт користуються показником екологічного навантаження, рівнем техногенного навантаження. За ступенем гостроти виділяють п'ять видів екологічних ситуацій (В. М. Котляков, Б. І. Кочуров та ін., 1990): катастрофічні, критичні (кризові), напружені, задовільні, умовно сприятливі. *Катастрофічні* характеризуються глибокими й незворотними змінами природи, втратою природних ресурсів і різким погіршенням умов проживання населення. При цьому істотно погіршується стан здоров'я населення, втрачаються генофонд біоти та унікальні природні об'єкти.

У разі *критичних (кризових) ситуацій* виникають значні зміни ландшафтів, наростає загроза втрати ресурсів та унікальних природних об'єктів і значно погіршуються умови проживання населення. Після припинення антропогенного впливу можлива нормалізація екологічної ситуації та часткове відновлення ландшафтів. При *напружених ситуаціях* спостерігаються негативні зміни окремих компонентів ландшафтів, деякі порушення природних ресурсів та умов проживання населення. *Задовільна ситуація* характеризується незначними змінами ландшафтів, що мало впливають на здоров'я людей. Вона зникає в результаті процесів саморегуляції природного комплексу або вжиття природоохоронних заходів. *Умовно сприятливі ситуації* формуються в ландшафтах, які мало зазнавали антропогенної дії або впливу екстремальних природних процесів.

У «Методичних вказівках з виділення зон екологічного лиха» (1992) виділяють зони екологічного лиха, екологічної небезпеки та екологічної

кризи. *Зона екологічного лиха* — це ділянка території, де в результаті антропогенної діяльності відбулися незворотні зміни навколишнього природного середовища, за якими послідувало істотне погіршення здоров'я людей, порушення екологічної рівноваги, руйнування екосистем та деградація флори і фауни. *Зона екологічної небезпеки* — територія, в межах якої систематично порушуються екологічні нормативи й регламенти, виявляються ознаки деградації компонентів природного середовища, в окремих групах населення рівень екологічно залежних захворювань вищий від середньостатистичного для місцевості. *Зона екологічної кризи* — територія, в межах якої відбувається деградація основних екосистем, природні ресурси перебувають на межі зникнення, демографічні й медико-екологічні показники систематично нижчі, ніж середньостатистичні для місцевості.

5.8. ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ І ЯКІСТЬ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Для керування процесом охорони природи, раціонального природокористування та забезпечення екологічної безпеки навколишнього природного середовища потрібна організація обліку антропогенних змін та їх проявів як в окремих регіонах, так і в глобальних масштабах (державні, континентні, біосферні). Такий облік потрібно здійснювати з метою запобігання будь-яким негативним наслідкам у повсякденному господарюванні та погіршенню якості природного середовища, а також для прогнозування змін у середовищі та їх наслідків. Ці завдання вирішують за допомогою екологічного моніторингу. *Екологічний моніторинг* — це комплексна науково-інформаційна система спостережень, оцінки й прогнозування змін стану навколишнього середовища та живих організмів під впливом антропогенних факторів.

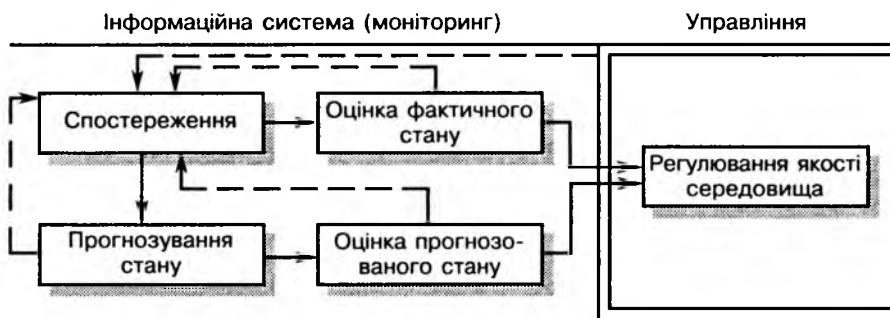
Розрізняють моніторинг фоновий, біологічний (біосферний) та господарський. За *фонового моніторингу* здійснюють систематичні стаціонарні заміри, які проводять за єдиною програмою стану атмосфери, ґрунту, природних вод та особливостей земної поверхні. За *біологічного моніторингу* здійснюють систематичну оцінку стану видів рослин і тварин. *Господарський моніторинг* проводять з метою оцінки діяльності окремих сільськогосподарських або промислових об'єктів. Проведення глобального моніторингу розпочато на основі рішення Міжнародної наради, що відбулася в 1974 р.

Для керування раціональним природокористуванням, що не допускає небажаних відхилень якості середовища або своєчасно запобігає їм, поряд з отриманням відповідної інформації потрібно визначити нормативи оптимального середовища для нормальних умов життя людини. Для цього необхідно встановити *гранично допустимі екологічні навантаження* (ГДЕН) на навколишнє середовище, перевищення яких може призвести до його погіршення, а отже, до збитків і погіршення здоров'я самої люди-

ни. Якість середовища можна виражати в абсолютних або умовних одиницях (балах), що характеризують кожен з критеріїв або параметрів. Сумарне значення балів і характеризує стан середовища в певному регіоні. Так, США з 1969 р. характеризують стан середовища *індексом якості природного середовища* (ІЯПС). Його визначають за результатом бальних оцінок стану повітря, ґрунтів, природних ресурсів тощо. Максимальне значення ІЯПС становить 700 балів. У США цей індекс знизився з 406 балів у 1969 р. до 343 у 1977 р.

Бальна оцінка дає змогу щороку аналізувати, за рахунок яких факторів погіршується якість природного середовища. При цьому необхідне також ретельне спостереження за якістю середовища з отриманням відповідної оцінкової інформації, яке здійснюється за допомогою моніторингу. Основні елементи моніторингу такі: 1) стеження, тобто спостереження за факторами впливу і станом навколишнього природного середовища; 2) прогнозування майбутнього стану середовища; 3) оцінка фактичного й прогнозованого стану природного середовища:

Блок-схема системи моніторингу



Розрізняють три рівні стеження за станом навколишнього середовища: 1) глобальні космічні спостереження з супутників або пілотованих кораблів за станом біосфери; 2) регіональні аероспостереження за окремими великими регіонами, здійснювані з літаків; 3) наземні спостереження окремих районів. Для останніх використовують нерухомі (стаціонарні) і рухомі пости. Наприклад, у місті з населенням до 500 тис. чоловік має бути не менш як 3—5 стаціонарних постів, призначених для аналізу атмосферного повітря, води у водоймах і ґрунтів.

З добутої інформації на першому етапі виконують аналіз ефектів впливу різних факторів на навколишнє природне середовище, у тому числі визначення видів заподіяної шкоди та виявлення критичних факторів. На другому етапі визначають екологічні навантаження на природні екосистеми і на третьому — розраховують гранично допустимі екологічні навантаження (ГДЕН) на цю екосистему з урахуванням економічних і соціальних факторів.

Залежно від масштабу та об'єктів спостереження розрізняють медико-біологічний моніторинг — моніторинг факторів, пов'язаних зі здоров'ям людини, кліматичний — зі станом клімату, екологічний — зі станом екосистеми та ін. Ю. А. Израель визначив критерії високої якості навколишнього природного середовища:

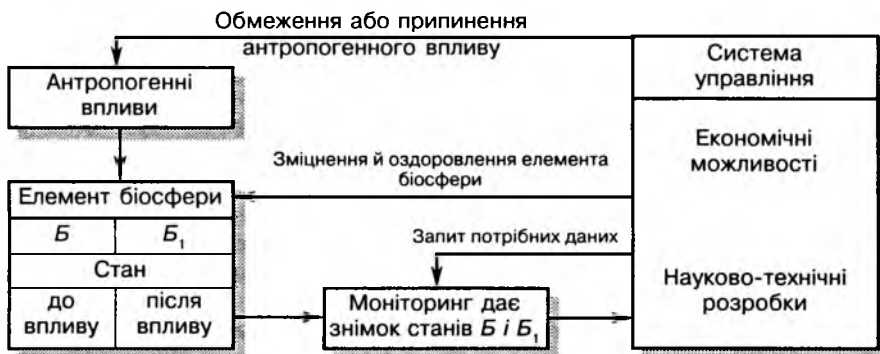
1) таке середовище дає можливість для сталого існування і розвитку екосистеми в певному місці, яка історично виникла, створена або перетворена людиною;

2) у таких умовах відсутні нині й не загрожують у майбутньому несприятливі наслідки для будь-якої популяції, що перебуває в цьому місці історично або тимчасово.

Для постійного підтримання високої якості навколишнього середовища потрібно мати систему керування його станом, яка б впливала на екологічне нормування, тобто на систему норм забруднювальних речовин і допустиму інтенсивність їх надходження в природне середовище. При цьому особливу увагу слід приділяти стійким поллютантам (хлорорганічні пестициди — ДДТ, альдрин та ін., поліхлорбефеніл (ПХБ), ртуть, радіонукліди).

Екологічну значущість різних факторів оцінюють за допомогою гранично допустимих концентрацій (ГДК), гранично допустимих викидів (ГДВ), гранично допустимих скидів (ГДС) для джерел забруднення і гранично допустимих екологічних навантажень (ГДЕН). На основі аналізу цих факторів роблять висновок про *допустимі впливи на екосистему*. Під допустимими розуміють впливи, що не призводять до перевищення допустимого навантаження на екосистему:

Схема системи управління станом середовища



В екосистемі має постійно створюватися середовище, оптимальне для життя людини. Незважаючи на всі досягнення розуму людини, вона залишається біологічним видом, для задоволення життєвих потреб якої необхідні певні умови середовища: склад повітря і води, якість їжі, темпера-

тура тощо. З погляду на ці фактори і говорять про якість середовища, тобто про ступінь його відповідності потребам людини та біоценозам.

Для нормальної життєдіяльності людства потрібна система екологічного захисту, яка б забезпечувала екологічну безпеку біосфери. Ці функції виконує система глобального моніторингу, організована на базі космічної та обчислювальної техніки на основі міжнародного співробітництва. Штучні супутники Землі ведуть спостереження за станом біосфери, а ЕОМ обробляють добуту інформацію. Національний (у межах держави), регіональний (у межах району) і локальний (у межах населеного пункту або підприємства) моніторинги забезпечують постійний контроль за ступенем забруднення навколишнього природного середовища, що дає змогу вчасно вживати запобіжних заходів для забезпечення задовільної якості середовища. Система моніторингу допомагає уникнути переходу критичних рівнів якості середовища, тобто запобігти незворотним змінам, які призводять до екологічної катастрофи.



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) дати визначення забруднення навколишнього природного середовища;
- 2) назвати основні принципи класифікації забруднень природного середовища та основні їх види;
- 3) дати визначення понять «екологічна криза» та «екологічна катастрофа»;
- 4) схарактеризувати природні та антропогенні забруднення біосфери;
- 5) зробити аналіз екологічного стану навколишнього середовища з визначенням причин негативних наслідків та шляхів їх подолання;
- 6) схарактеризувати основні полютанти та їх вплив на здоров'я людини;
- 7) пояснити принципи нормування та методи визначення властивостей забруднень;
- 8) дати визначення понять «гранично допустиме екологічне навантаження» та «якість середовища»;
- 9) пояснити, в чому полягає сутність екологічного моніторингу.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. Що називають забрудненням навколишнього середовища?
2. Які методи класифікації забруднень ви знаєте? Дайте характеристику і наведіть приклади.
3. Що називають «екологічною кризою» і «екологічною катастрофою»?
4. Які фізичні забруднення біосфери ви знаєте? Дайте пояснення на прикладах.
5. Які види відходів ви знаєте?
6. У чому полягає суть класифікації речовин за ступенем небезпечності?
7. Які природні забруднення біосфери ви знаєте? Наведіть приклади.
8. Якщо людство планети щороку споживатиме нафти стільки, скільки Франція в 1970 р., скільки споживатиметься її всього?

9. Щороку в атмосферу планети викидають 22 млрд т вуглекислого газу і понад 150 млн т сірчистого газу. Скільки спалюють при цьому кам'яного вугілля, якщо інші види палива не використовують, і який у ньому вміст сірки?
10. На початку 90-х років ХХ ст. споживання енергоресурсів становило 10 млрд т умовного палива (теплотворна здатність 27 МДж/кг). Скільки при цьому виділиться CO_2 , якщо це паливо вуглецеве?
11. Скільки кисню споживають усі автомобілі світу і яка площа лісу потрібна для його вироблення?
12. Які найпоширеніші забрудники атмосферного повітря ви знаєте і якої шкоди вони завдають здоров'ю людини?
13. Що називають шумовим забрудненням і які діапазони шумів допускаються в приміщеннях різного призначення?
14. Які джерела радіаційного забруднення ви знаєте? У чому полягає їх небезпека?
15. Як здійснюють нормування забруднень навколишнього середовища і які методи визначення їх властивостей ви знаєте?
16. Що таке ГДК полютанта і як її визначають?
17. Що таке ГДВ і ГДС?
18. Що таке санітарно-захисна зона і які розміри вона має для різних типів підприємств?
19. Що таке «модуль техногенного навантаження» і від чого він залежить?
20. Що таке «гранично допустиме екологічне навантаження» і від чого воно залежить?
21. Що називають екологічним моніторингом? Які види моніторингу ви знаєте?
22. Від чого залежить якість природного середовища?
23. Дайте характеристику екологічного стану району вашого проживання і спробуйте підрахувати для нього модуль техногенного навантаження.
24. Скільки оксиду карбону (IV) і оксиду карбону (II) викидають в атмосферу всі автомобілі планети? Скільки органічного палива при цьому спалюється?

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА АТМОСФЕРИ

6.1. ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

У результаті антропогенної діяльності відбувається забруднення атмосфери, що призводить до зміни хімічного складу атмосферного повітря. Під забрудненням атмосфери розуміють рідкі й тверді часточки та газоваті речовини, що надходять в атмосферу внаслідок побутової та промислової діяльності людей, а також фізіологічного життя людей і тварин у понаднормовій кількості. І взагалі, *забрудненістю атмосфери* називають несприятливі зміни стану атмосферного повітря, цілком або частково зумовлені діяльністю людини, які безпосередньо чи опосередковано впливають на розподіл енергії, що надходить, рівні радіації, фізико-хімічні властивості атмосфери та умови існування живих організмів.

Забруднення атмосфери відбувається також і природним шляхом: вулканічні гази, природний пил, спори грибів, мікроорганізми, пилок рослин тощо. Різні джерела забруднення природного та антропогенного походження наведено в табл. 6.1. Щороку в атмосферу внаслідок спалювання палива та з інших джерел потрапляє до 25 млрд т оксиду карбону (IV), понад 200 млн т оксиду карбону (II), близько 200 млн т оксиду сульфуру (IV), понад 50 млрд т різних вуглеводнів. До 2050 р. вміст вуглекислого газу в атмосфері може подвоїтись порівняно з 1978 р. У 1988 р. в колишньому СРСР викиди в атмосферу від стаціонарних джерел становили 64 млн т, а викиди транспорту досягали 37 млн т. У багатьох містах України концентрації забруднювальних речовин у кілька разів перевищували ГДК (табл. 6.2).

Основними джерелами забруднення є енергетика (теплові та електричні станції), промислові підприємства, транспорт (у першу чергу автомобільний), комунальне й сільське господарство та військово-промисловий комплекс. При цьому частка різних джерел дуже різниться. Так, у США на транспорт припадає 42 %, спалювання палива в стаціонарних установках — 21, промисловість — 14, спалювання деревного палива — 8, спалювання сміття — 8, на інші джерела — 10 %. Внаслідок спалювання палива утворюється 15 % вуглеводнів, 60 — оксидів нітрогену, 80 — сірчистого

Таблиця 6.1. Види забруднень і джерела забруднення атмосфери (Франсуа Рамад, 1981) із доповненням (А. К. Запольський)

Забруднювальна речовина		Джерела забруднення
Гази	Вуглекислий газ	Вулканічна діяльність, дихання живих організмів, спалювання викопного палива
	Оксид карбону (II)	Вулканічна діяльність, двигуни внутрішнього згоряння, горіння
	Вуглеводні	Рослини, бактерії, двигуни внутрішнього згоряння
	Органічні сполуки	Хімічна промисловість, спалювання відходів, різне паливо
	Сірчистий газ та інші похідні сірки	Вулканічна діяльність, морські бризи, бактерії, спалювання викопного палива
	Похідні азоту	Бактерії, горіння
	Радіоактивні речовини	Атомні електростанції, ядерні вибухи
Тверді часточки	Важкі метали і мінеральні сполуки	Вулканічна діяльність, метеорити, вітрова ерозія, водяний пил, промисловість, двигуни внутрішнього згоряння, металургія, гальваніка
	Органічні речовини, природні й синтетичні	Лісові пожежі, хімічна промисловість, різне паливо, спалювання відходів, сільське господарство (пестициди)
	Радіоактивні речовини	Ядерні вибухи, аварії на атомних електростанціях

Таблиця 6.2. Викиди шкідливих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел (за даними Держкомстату колишнього СРСР)

Місто	У тому числі					
	Усього	Викиди, тис. т				
		Твердих	Газо-подібних і рідких	З них		
				сірчистий ангідрид	оксиди нітрогену	оксид карбону (II)
Донецьк	178	22	156	31	7	110
Запоріжжя	267	70	197	25	14	147
Київ	70	12	58	19	22	5
Маріуполь	777	113	664	54	30	573
Одеса	88	19	69	15	5	27
Москва	312	30	282	70	99	28

ангідриду і 26 % — пилу; від автотранспорту — 50 % вуглеводнів, 15 — оксидів нітрогену, 21 — пилу і 1 % — вуглекислого газу. У містах багато пилу утворюється внаслідок стирання автопокришок об поверхню покриття, а також органічних речовин і бактерій з побутових відходів та сміття.

Вихлопні гази автомобільного транспорту містять у середньому 4—5 % оксиду карбону (II), а також ненасичені вуглеводні й альдегіди з неприємним запахом, сірковмісні сполуки та сполуки п्लомбуму в разі застосування етильованого бензину. До їх складу входять також канцерогенні сполуки. Легковий автомобіль під час руху викидає до 3 м³ за годину оксиду карбону (II) CO, а вантажний — 6 м³ і більше. Щороку понад 200 млн автомобілів викидають в атмосферу близько 200 млн т оксиду карбону (II), 40 млн т вуглеводнів, 20 млн т оксидів нітрогену та значну кількість свинцю.

Значною мірою забруднюють атмосферу літаки. Так, викиди чотири-моторного реактивного літака на злеті з повним навантаженням еквівалентні вихлопу 6850 автомобілів марки «фольксваген». У цих вихлопах міститься багато бензпірену. В портових містах джерелом забруднення є суднові дизельні двигуни, які споживають до 2 т палива за годину.

Одним із головних забрудників повітря є спалювання палива в теплоенергетиці. Під час спалювання 1 т вугілля в трубу викидається до 23 кг попелу, 15 кг оксиду сульфуру (IV) і значна кількість сажі. Теплові електростанції світу щороку викидають 120 млн т попелу і приблизно 60 млн т оксиду сульфуру SO₂. Очікується, що на початку XXI ст. викиди попелу можуть збільшитись до 1,5 млрд т, SO₂ — до 450 млн т за рік.

Кожне з наведених джерел пов'язане з викидами специфічних домішок, склад яких не завжди піддається ідентифікації. Найпоширенішими забрудниками, що надходять з промисловими викидами, є попіл, сажа, оксид цинку, силікати, хлорид п्लомбуму, сірчистий і сірчаний ангідриди, гідрогенсульфід, меркаптани, альдегіди, вуглеводні, смоли, оксиди нітрогену, аміак, озон, оксиди карбону, фторид і хлорид гідрогену, силікофторид натрію, радіоактивні гази та аерозолі.

Теплові електростанції викидають в атмосферу гази, що містять азот, кисень, оксиди сульфуру і нітрогену, оксиди карбону й металів, попіл та радіонукліди. Підприємства чорної металургії викидають гази, що містять пил і оксиди карбону, сульфуру, нітрогену та металів. На 1 т виплавленого чавуну припадає 4,5 кг пилу; 2,7 кг SO₂; 0,1—0,5 кг мангану, а також сполуки арсену, фосфору, стибію, п्लомбуму, меркурію, рідкісних металів та смолистих речовин.

Агломераційні фабрики викидають гази з великим вмістом пилу та оксиду сульфуру (IV) (до 190 кг SO₂ на 1 т руди). Мартенівські і конверторні цехи викидають гази з великою кількістю пилу. На 1 т мартенівської сталі викидається 3000—4000 м³ газів з пиловмістом 0,5 г/м³, 60 кг CO і 3 кг SO₂. Коксохімічні виробництва забруднюють атмосферу пилом і леткими сполуками.

Підприємства кольорової металургії викидають запилені гази, що містять флуориди, оксид сульфуру (IV) та оксиди кольорових і важких металів. З 1 т пилу, що викидається в атмосферу під час виплавляння мідних руд, можна вилучити до 100 кг міді й трохи менше свинцю та цинку. Хімічні

виробництва забруднюють атмосферу пилом, що містить органічні та неорганічні сполуки, а також різними газами. Найхарактерніші газові викиди деяких хімічних виробництв наведено в табл. 6.3.

Заводи промисловості будівельних матеріалів викидають пил, фториди, оксиди сульфуру (IV) та нітрогену (IV). У викидах нафтодобувної та нафтопереробної промисловості містяться різні вуглеводні, гідрогенсульфід і газу з неприємним запахом (стирол, дивініл, толуол, ацетон, ізопрен та ін.).

Під впливом атмосферних опадів, сонячної радіації, перенесення повітряних мас, взаємодії з гідросферою й літосферою та діяльності мікроорганізмів атмосферне повітря позбавляється від сторонніх домішок. Цей процес називають *самоочищенням атмосфери*. Проте в результаті антропогенної діяльності утворюється така велика кількість забруднень, що атмосфера вже не здатна самоочишатися і відбувається значне накопичення забруднювальних речовин у повітрі.

За останні десятиріччя масштаби техногенних викидів в атмосферу істотно зросли і за розмірами наближаються до їх природних надходжень

Таблиця 6.3. Викиди в атмосферу деяких хімічних виробництв
(за даними І. Є. Кузнєцова і Т. М. Троїцького)

Виробництво	Компоненти викидів
Нітратної кислоти	NO, NO ₂ , NH ₃
Сульфатної кислоти	NO, NO ₂ , SO ₂ , SO ₃ , H ₂ SO ₄
Гідрогенхлориду	HCl, Cl ₂
Оксалатної кислоти	NO, NO ₂ , C ₂ H ₂ O ₄ (пил)
Сульфамінової кислоти	NH ₃ , NH(SO ₃ NH ₄) ₂ , H ₂ SO ₄
Фосфору і фосфатної кислоти	P ₂ O ₅ , H ₃ PO ₄ , HF, Ca ₅ F(PO ₄) ₃ (пил)
Оцтової кислоти	CH ₃ CHO, CH ₃ CO ₂ H
Складних добрив	NO, NO ₂ , NH ₃ , HF, H ₂ SO ₄ , P ₂ O ₅ , HNO ₃
Карбаміду	NH ₃ , CO(NH ₂) ₂ (пил), CO
Аміачної селітри	CO, NH ₃ , HNO ₃ , NH ₄ NO ₃ (пил)
Суперфосфату	H ₂ SO ₄ , HF, пил суперфосфату
Аміачної води	NH ₃
Рідкого хлору	HCl, Cl ₂ , Hg
Хлорного вапна	Cl ₂ , CaCl ₂ (пил)
Поліхлорвінілової смоли	Hg, HgCl ₂ , NH ₃
Тетрахлоретилену	HCl, Cl ₂
Ацетону	CH ₃ CHO, (CH ₃) ₂ CO
Аміаку	NH ₃ , CO
Метанолу	CH ₃ OH, CO
Капролактаму	NO, NO ₂ , SO ₂ , H ₂ S, CO
Оксиду титану (IV)	TiO ₂ , FeO, Fe ₂ O ₃ , FeSO ₄ , H ₂ SO ₄ (пил)
Ацетилену	C ₂ H ₂ (сажа)
Карбофосу	SO ₂ , P ₂ O ₅ , H ₂ S, пил карбофосу
Мінеральних пігментів	SO ₂ , SO ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeSO ₄ , H ₂ SO ₄
Целюлози	H ₂ S, Cl, SO ₂ , CH ₃ SH, (CH ₃) ₂ S

або за деякими інгредієнтами перевищують їх. В атмосферу викидається все більше ксенобіотиків, від яких вона не встигає очищатися.

На форзаці I представлено у спрощеному вигляді карту забрудненості атмосферного повітря на території України (В. А. Барановський, 2000). Вона характеризує сумарну забрудненість атмосферного повітря і містить якісну та кількісну оцінку можливого впливу на здоров'я населення. Ступінь забрудненості атмосферного повітря встановлювали за кратністю перевищення фактичної концентрації забрудників відповідної ГДК з урахуванням класу небезпечності, сумачії біологічної дії забруднень повітря і частоти перевищення ГДК.

Для складання карти автор використав розраховані показники зон розсіювання і величини сумарного забруднення. В результаті цього на карту нанесено ареали розсіювання сумарного забруднення навколо населених пунктів. Інтегральна фоновая оцінка забрудненості повітря відображена за допомогою ізоліній та ареалів і має такі рівні: низький (індекси від 0 до 1); нижчий від середнього (1—3); середній (3—6); підвищений (6—12); високий (12—24); дуже високий (24—48) і надзвичайно високий (понад 48).

Основні забрудники атмосферного повітря згруповано в такі класи: галогени, сульфур та його сполуки, нітроген та його сполуки, карбон та його сполуки, органічні сполуки, метали та завислі речовини. Для порівняння класів між собою проведено їх стандартизацію. За стандарт прийнято 3-й клас шкідливості речовин.

Як видно з цієї карти, найвище забруднення характерне для Донецько-Придніпровського регіону, а також для зон навколо обласних центрів. Порівняльний аналіз карт забрудненості атмосферного повітря і метеорологічного потенціалу атмосфери свідчить про те, що на території України переважають процеси розсіювання забрудників. Виняток становлять гірські райони Криму і Карпат, де умови сприятливі для їх накопичення. Проте в цих районах невеликий рівень промислового забруднення, в них недоцільно розмішувати промислові об'єкти. Вся територія України має певний позитивний потенціал самоочищення атмосфери. Це дає змогу прогнозувати поліпшення екологічного стану атмосферного повітря за умови дотримання певних природоохоронних заходів.

6.2. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАБРУДНЕНЬ АТМОСФЕРИ

За агрегатним станом забруднювальні речовини поділяють на газові, рідкі, тверді та змішані. Промислові викиди в атмосферу також поділяють:

- за організацією відведення й контролю — на організовані і неорганізовані;
- за температурою викидних газів — нагріті, температура яких вища від температури атмосферного повітря, та холодні;

- за локалізацією — в основному, допоміжному та підсобному виробництвах;
- за ознаками очищення — викиди без очищення (організовані і неорганізовані) та після очищення (організовані). Під очищенням газу розуміють відокремлення від газового потоку або переведення в нешкідливий стан забруднювальних речовин.

Організований промисловий викид — це викид, який надходить в атмосферу через спеціально споруджені газоходи. *Неорганізованим* називають промисловий викид, що надходить в атмосферу у вигляді неспрямованих потоків газу внаслідок порушення герметичності обладнання, відсутності або незадовільної роботи обладнання для відсмоктування газу в місцях завантаження, вивантаження та зберігання продукту, а також через повітряні ліхтарі цехових приміщень.

Промислові викиди в атмосферу поділяють на первинні й вторинні. *Первинні* — це викиди, що надходять в атмосферу безпосередньо від джерела, *вторинні* є продуктами первинних, але можуть бути токсичнішими й небезпечнішими, ніж первинні (наприклад, перетворення деяких речовин у результаті фотохімічного окиснення). Всі існуючі джерела забруднення атмосферного повітря можна розподілити на природні та штучні, або антропогенні: (див. схему на с. 137, табл. 6.1).

Космічний пил утворюється під час згоряння метеоритів. Природний пил є постійною складовою земної атмосфери. Він складається з дрібних завислих у повітрі часточок розміром 10^{-4} — 10^{-3} см, які мають органічне або неорганічне походження. Пил утворюється під час вивітрювання гірських порід і ґрунту, виверження вулканів, пожеж у лісах, степах і торфовищах, випаровування з поверхні морів та океанів, а також аеропланктоном, бактеріями, спорами рослин, цвільовими та іншими грибами, продуктами гниття, бродіння й розкладання тварин і рослин.

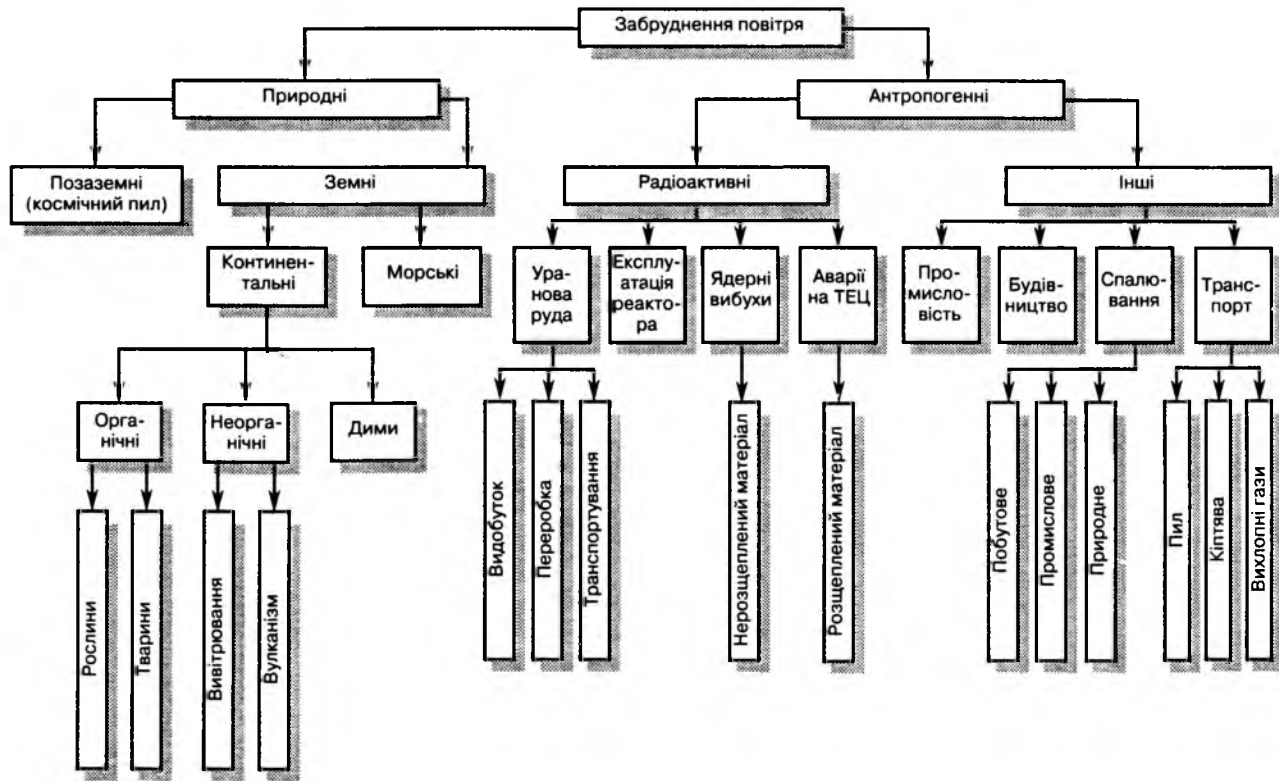
Атмосферний пил сприяє конденсації водяної пари і, таким чином, утворенню опадів, поглинає пряму сонячну радіацію і захищає організми від сонячного опромінення. Біологічне розкладання, що включає життєдіяльність ґрунтових бактерій, сприяє утворенню гідрогенсульфіду, аміаку, вуглеводнів, оксидів нітрогену й карбону.

Усі джерела забруднення атмосферного повітря промисловими викидами можна класифікувати за такими ознаками:

1) за призначенням: *технологічні*, що складаються з хвостових газів після вловлювання на установках, продування апаратів та повітряних витяжок; *вентиляційні викиди* — місцеві відсмоктування від обладнання та загальнообмінна витяжка;

2) за місцем розташування: *незатінені*, або *високі*, що знаходяться в зоні недеформованого вітрового потоку (високі труби і точкові джерела, що видаляють забруднення на висоту, більшу від висоти будівлі в 2,5 раза); *затінені*, або *низькі*, розташовані на висоті, меншій у 2,5 раза від висоти будівлі; *наземні*, розміщені близько до земної поверхні (відкрито розташоване обладнання, каналізаційні колодязі, пролиті токсичні речовини і скиди відходів виробництва);

Класифікація забруднень атмосферного повітря (за Г. В. Стадницьким і А. І. Радіоновим)



3) за геометричною формою: *точкові* (труби, шахти, дахові вентилятори), *лінійні* (аераційні ліхтарі, відкриті вікна, близько розташовані важкі шахти й факели);

4) за режимом роботи: *безперервні* і *періодичної дії*, *залпові* та *миттєві*. Залпові викиди можливі під час аварій, спалювання швидкогорючих відходів виробництва на спеціальних площадках знищення. Миттєві викиди забруднення викидаються впродовж часток секунди інколи на значну висоту. Вони трапляються під час підривних робіт і аварій;

5) за місцем розташування: *внутрішньоплощеві*, коли викинуті в атмосферне повітря забруднення залишаються у високій концентрації на території промислової зони, тоді як у житлових районах забруднень не спостерігається; *позаплощеві*, коли вони можуть спричинювати значні забруднення повітря на території житлового району.

6.3. ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ ЗАБРУДНЕНЬ АТМОСФЕРИ

Атмосферне повітря є одним з основних природних ресурсів, без якого людина може прожити лише кілька хвилин, тоді як без їжі — до 70 днів. В організмі людини немає органів, які б забезпечували запас кисню хоч на невеликий проміжок часу, тому її організм змушений постійно і безперервно споживати свіже повітря для підтримання процесів життєдіяльності. Зміна хімічних і фізичних властивостей повітря може порушувати гомеостаз її організму, спричинюючи небажані негативні відхилення в здоров'ї.

Тігиснічне значення атмосфери полягає в забезпеченні процесів життєдіяльності киснем. У людини немає захисних механізмів, які б компенсували нестачу повітря, тому вона повинна постійно споживати в спокійному стані 8—10 л за одну хвилину, 500 л за годину і 12 000 л (15 кг) за добу свіжого повітря. При фізичних навантаженнях споживання повітря збільшується в десятки разів. Якщо в стані спокою людина за годину споживає 500 л кисню, то під час ходьби зі швидкістю 8 км/год — 5200 л (5 кг). Організм людини адаптувався до чистого повітря, тому він завжди потребує його в чистому вигляді зі сталими властивостями: хімічним складом, температурою, тиском, електричним станом, швидкістю руху та йонізацією.

Ступінь дисперсності твердих часточок, що містяться в повітрі, впливає як на їх властивості (леткість, розчинність, електричні та оптичні властивості тощо), так і на глибину їх проникнення в органи дихання та затримку в легенях. Якщо розмір часточок становить більш як 10 мкм, вони осідають з наростаючою швидкістю зі збільшенням їх розмірів. Якщо їх розміри знаходяться в межах 0,1—10 мкм, то вони осідають зі сталою швидкістю. Часточки пилу розміром менш як 0,1 мкм зовсім не осідають і перебувають у постійному броунівському русі.

При надходженні до легенів часточки пилу затримуються на поверхні легеневої тканини, що спричинює їх накопичення, створюючи високу кон-

центрацію токсичних речовин. Маючи велику активну поверхню, самі часточки не тільки мають негативний вплив, а й адсорбують на своїй поверхні велику кількість різних речовин (газів, золів тощо), що також спричинює накопичення токсинів та їх негативну дію на організм. Особливо це небезпечно в разі накопичення радіоактивних і канцерогенних речовин та важких металів. Налічується до 400 канцерогенних речовин, серед яких найбільш активними і дуже небезпечними є бензпірен, дибензантрацен, діоксини та ін.

Радіоміетичні речовини так само, як і йонізуюче випромінювання, пригнічують поділ клітин, зумовлюють злякисні переродження і мутації. До них належать сполуки, що містять хлоретилу групу $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ (іприт), метилтіооксигрупу $-\text{O}-\text{SO}_3\text{CH}_2$, епоксидну $-\text{CH}-\text{CH}_2$ та ети-

ленімідну $-\text{N} \begin{matrix} \text{CH}_2 \\ \diagup \\ \diagdown \\ \text{CH}_2 \end{matrix}$ групи. Характерною особливістю цих речовин є здат-

ність зв'язуватися з білками. В організм вони потрапляють у вигляді золів (туманів) або сорбуючись на аеродисперсіях.

Аеродисперсії змінюють клімат, особливо освітленість. Вплив аеродисперсій визначається їх кількістю, дисперсністю, хімічним складом та іншими фізико-хімічними властивостями. Чим менші розміри часточок, тим слабкіше вони затримуються. В альвеолах легенів найкраще затримуються часточки розміром близько 1 мкм. Гігроскопічні часточки здатні коагулювати і збільшувати свої розміри. Поглиблене дихання, наприклад, під час значних фізичних навантажень, збільшує ступінь затримання пилу в легенях. Часточки неправильної форми осідають повільніше. Легше сорбуються в легеня часточки сферичної форми. Часточки з гострими гранями можуть спричинювати мікротравми дихального епітелію, порушувати його бар'єрну функцію, сприяти проникненню мікроорганізмів та розвитку пневмоконіозів.

Більшість твердих часточок несуть на собі негативний або позитивний заряд, що посилює їх здатність затримуватися в легенях. Від хімічних властивостей пилу залежить їх біологічна активність, зокрема алергенні властивості, фіброгенність, подразнювальна дія тощо. До особливо агресивних фіброгенних речовин належить оксид силіцію (IV), здатний спричинювати фіброз легенів. На поверхні дихальних шляхів оксид силіцію (IV) утворює силікатну кислоту, яка спричинює силікоз. Шкідливим є пил з кислотними або лужними властивостями, оскільки він зумовлює зміну рН і порушує роботу епітелію. Пил з алергенними властивостями (пил борошна, соломи, льону, бавовни, шовку, шерсті, фруктів, хрому) призводить до появи бронхіальної астми.

Якщо часточки пилу сорбували газу, то вони погано змочуються і слабо коагулюють. Пил може сорбувати також отруйні газу і за певних умов їх десорбувати, спричинюючи отруєння. У разі сорбції пилом кисню він стає легкозаймистим і може викликати вибух. Вибухонебезпечність пилу

залежить від його концентрації, дисперсності, вологості, наявності легких сполук тощо. Найнебезпечнішим є органічний пил.

Пил може спричинювати захворювання на туберкульоз, сибірку (легенева форма) у робітників, що займаються заготівлею шерсті. Зерновий пил містить спори різних грибів, у тому числі збудників актиномікозу. Якщо атмосфера забруднена пилом, легені незадовільно вентилуються і стають сприйнятливими до різних легеневих захворювань. Пил може призводити до атрофії та ерозії слизової оболонки носа й носоглотки, катару бронхів, трахеї, загострення туберкульозу легень, нападів бронхіальної астми. Пил може сорбувати й нести на собі канцерогенні, мутагенні, токсичні та радіоміметичні речовини.

Забруднення атмосферного повітря призводить до погіршення санітарно-гігієнічних показників: збільшується частота туманів, зменшується видимість і прозорість для ультрафіолетового випромінювання, погіршуються санітарно-побутові умови життя населення, спостерігається негативний вплив на розвиток рослин та організм людини. Тумани збільшують охолоджувальність тіла, гнітюче впливають на настрій та самопочуття людей. Збільшення кількості пилу в атмосфері зменшує її прозорість і видимість. Пил і сажа проникають у помешкання, забруднюючи їх. Це призводить до того, що мешканці менше провітрюють свої помешкання, а отже, менше споживають свіжого повітря. Забруднення споруд і будинків попелом, сажею та смолами призводить до того, що сірчисті сполуки руйнують будівельні матеріали і зумовлюють корозію металів.

Забруднення атмосфери вражають фруктові дерева, ліси, сільськогосподарські культури та трав'яний покрив. Для рослин особливо небезпечними є сірчистий газ, хлор, фтор, пил і смолисті речовини. Отруйні гази токсично діють на протоплазму рослинних клітин, сірчистий газ пригнічує процеси фотосинтезу. Пил і сажа закупорюють пори клітин рослин, ускладнюють доступ сонячних променів до хлоропластів. У лісах, які задимлюються промисловими підприємствами, зникають бджоли, птахи та звірі.

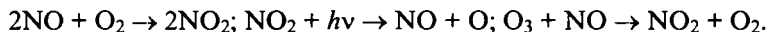
6.4. ТРАНСФОРМАЦІЯ ЗАБРУДНЕНЬ В АТМОСФЕРІ

Атмосферне повітря завдяки нерівномірному нагріванню сонячними проміннями у різних широтах, особливо між полярними й екваторіальними зонами, інтенсивно циркулює. Циркуляція повітря усереднює склад компонентів у ньому та сприяє переміщенню водяної пари з океанів у континентальні райони і забруднень на великі відстані. Крім переміщення забруднень відбуваються їх різноманітні хімічні перетворення. В атмосфері під дією йонізуючих випромінювань відбуваються фотохімічні процеси з утворенням оксидів нітрогену, озону та ін. Озон утворюється у повітрі під впливом УФ-випромінювання з довжиною хвилі 253 нм, а оксид

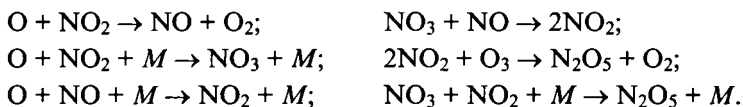
нітрогену — до 100 нм. Поверхні Землі досягають лише промені з довжиною хвилі близько 290 нм. При цьому можливе перетворення оксиду нітрогену (II) на оксид нітрогену (IV), утворення та накопичення озону в атмосфері тощо. Під час взаємодії вуглеводнів з озоном або атомарним киснем утворюються вільні пероксидні високоактивні речовини, здатні вступати в реакцію з оксидами нітрогену та іншими сполуками і утворювати складні комплексні сполуки з окиснювальними властивостями — оксиданти. Під дією сонячної радіації утворюються електронно-збуджені молекули: $A + h\nu \rightarrow A^*$, відбувається дезактивація за рахунок флуоресценції: $A^* \rightarrow A + h\nu$ та дезактивація після зіткнення з іншими молекулами: $A^* + Q \rightarrow A + Q'$, а також дисоціація: $A^* \rightarrow B + C$ ($h\nu$ — енергія фотона, випромінюваного Сонцем; ν — частота, пов'язана з певним фотоном; $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж · с — стала Планка).

Хімічні перетворення в тропосфері й стратосфері ініціюються продуктами фотолізу молекул O_3 , O_2 , H_2O , N_2O і NO_2 . В атмосфері на висоті 80 км і вище утворюється атомарний кисень: $O_2 + h\nu \rightarrow 2O$, який утворює озон: $O + O_2 + M \rightarrow O_3 + 2M$, де M — речовина, що приймає надлишок енергії. Озон зазнає фотохімічної дисоціації: $O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O$.

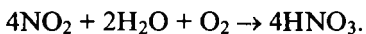
Оксиди нітрогену антропогенного походження здебільшого потрапляють в атмосферу у вигляді NO . Далі відбуваються такі перетворення:



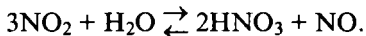
Можливі й інші численні реакції за участю речовин, що містять кисень і азот:



Далі утворюється нітратна кислота:



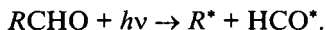
Оксид нітрогену (IV) може гідролізуватися в газовій фазі:



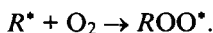
Нітратна кислота реагує з йонами металів, утворюючи нітрати. Атомарний кисень та озон можуть взаємодіяти з органічними сполуками з утворенням органічних і неорганічних вільних радикалів. Для олефінових вуглеводнів можливий перебіг реакції



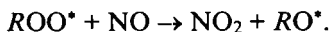
де RO^* і HCO^* — вільні радикали. Утворений альдегід $RCHO$ може зазнавати фотодисоціації за реакцією



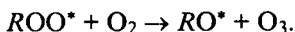
Крім альдегідів фотохімічно активні також кетони, пероксиди й ацилнітрати. Поглинаючи сонячну енергію, вони також утворюють пероксидні радикали:



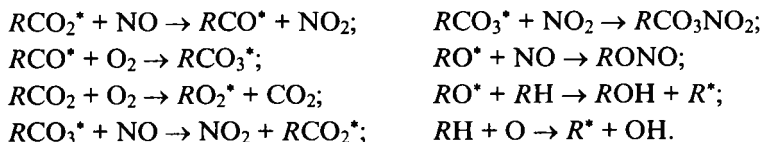
Ці радикали здатні окиснювати NO до NO₂ за реакцією



Може утворюватися також озон за реакцією пероксидних радикалів з киснем:



Можливий перебіг й інших реакцій:



Наявність вільних радикалів в атмосферному повітрі призводить до утворення смогу. Основними продуктами фотохімічних реакцій є альдегіди, кетони, оксиди карбону, органічні нітрати та оксиданти. Останні включають озон, оксид нітрогену (IV), сполуки типу пероксіяцетилнітратів (ПАН) тощо. ПАН подразнює слизові оболонки дихальних шляхів і пошкоджує рослинність. Подразнювальною речовиною, що міститься в смозі, є також пероксибензоїлнітрат (ПБН).

За наявності NO₂ і SO₃ відбувається фотодисоціація NO₂ з утворенням атомарного кисню й озону, а далі оксид сульфуру (IV) взаємодіє з атомарним киснем за реакцією SO₂ + O + M → SO₃ + M.

Сірчаний ангідрид, сполучаючись з парою води, утворює пароподібну сульфатну кислоту, при взаємодії з йонами металів — сульфати. У забрудненій атмосфері за одночасної наявності SO₃, NO, NO₂ та вуглеводнів, під час опромінення олефінів і ароматичних сполук утворюються значні кількості аерозолів. Кількість аерозолів зменшується з підвищенням відносної вологості повітря.

Атмосферні забруднення спричиняють гострі та хронічні отруєння, чинять метатаксичну й прототорну дію. Широко відомі випадки масових отруєнь людей наслідком короткочасного підвищення рівня забруднення атмосферного повітря. У 1930 р. в Бельгії в долині річки Маас наслідком виникнення токсичного туману захворіли тисячі людей, померло 60 чоловік. У 1948 р. в США в місті Донора захворіло 50 % населення (6 тис. чол.), 20 чоловік померли. У 1952 р. внаслідок утворення токсичного туману в Лондоні померло 4 тис. чоловік.

У разі утворення смогу різко збільшується забруднення повітря сажею й сірчистими сполуками, вуглеводнями, озоном та оксидами нітрогену. Утворенню смогу сприяє температурна інверсія, що настає в ясні сонячні

дні при охолодженні землі за рахунок випромінювання. При цьому в безвітряну погоду всі забруднення поширюються в приповерхневому шарі. Під час смогу особливо потерпають і частіше гинуть люди з хронічними респіраторними та серцево-судинними захворюваннями.

Інтенсивне забруднення атмосфери внаслідок антропогенної діяльності призвело до глобальних екологічних криз, пов'язаних з потеплінням планети, появою кислотних дощів та руйнуванням озонового шару.

6.5. ПАРНИКОВИЙ ЕФЕКТ

Упродовж усього історичного періоду планети її клімат неодноразово змінювався. Однак ці зміни, як свідчать дослідження, відбувалися поступово. Останнім часом у результаті швидкого зростання населення планети та його потреб відбувається інтенсивний розвиток промисловості й енергетики. Усе це призвело до утворення викиду в атмосферу величезної кількості забруднень та невикористаної теплоти.

За підрахунками, внаслідок спалювання значної кількості палива в атмосферу викидається понад $3 \cdot 10^{14}$ МДж теплоти, яка розсіюється в навколишньому середовищі. Потепління планети відбувається головним чином унаслідок забруднення атмосфери тепличними газами — переважно вуглекислим газом і меншою мірою метаном, оксидами нітрогену, озonom, водяною парою та ін. Посилюють це явище фреони. Вчені з університету Нордридж (Велика Британія) показали, що побічний продукт виробництва фреону HCFC за своєю парниковою дією у 10 тис. разів перевищує оксид карбону (IV). У земній атмосфері оксид карбону (IV) та деякі інші гази діють подібно до скла в парнику: вони пропускають сонячне світло, але затримують теплоту розігрітої сонцем поверхні Землі, що зумовлює розігрівання поверхні планети. Це явище дістало назву «парникового ефекту». Появі «парникового ефекту» сприяють також оксид нітрогену N_2O , метан CH_4 , водяна пара H_2O , фторхлорметани — фреони ($CFCl_3$, CF_2Cl_2 та ін.). Загальний уміст «парникових» газів в атмосфері становить, частини на мільйон: вуглекислого газу — 355; метану — 1,75; оксидів нітрогену — 0,31; фторхлорвуглеців — 0,001. Річне зростання концентрації цих газів в атмосферному повітрі становить, %: оксиду карбону (IV) — 0,5, оксидів нітрогену — 1,0, метану — 0,7, фторхлорвуглеців — 0,3. За останні 40 років кількість викидів оксиду карбону (IV) зросла на 35%. Збільшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері спричинює також інтенсивне вирубування лісів. Вважають, що в другій половині ХХ ст. температура Землі збільшувалася за кожні 10 років на 0,3 °С. За даними підрахунків ООН, до 2100 р. температура зросте на 3 °С. Це може призвести до танення льодовиків Антарктики, Арктики та гірських, що зумовить підняття рівня вод Світового океану на 2—3 метри і затоплення багатьох прибережних районів. Могуть зникнути під водою густонаселені міста і навіть цілі країни.

Потепління спричинить істотну зміну клімату майже на всій планеті, що може мати негативні і навіть катастрофічні наслідки. Основні клі-

матичні зони змістяться на північ на 400 км. Настане потепління в зонах тундри, збільшиться посушливість у середніх широтах, де розвинуте зернове землеробство (деякі штати США, Україна, Кубань, чорноземні зони Росії). Клімат тут стане напівпустельним, що призведе до значного зниження врожаїв. Це потребуватиме змін в агротехніці та реорганізації сільськогосподарства, що, за підрахунками японського вченого Д. Утідзіми, підвищить собівартість сільськогосподарської продукції на 10—20 %.

Збитки, заподіяні майбутнім потеплінням клімату, оцінюють приблизно в 10^{13} доларів. Людство не має таких коштів. А тому з метою запобігання впливу «парникових» газів на всесвітній конференції ООН у Токіо в 1998 р. було прийняте рішення про квотування викидів «парникових» газів. Це має на меті обмежити зростання викиду їх в атмосферу.

6.6. КИСЛОТНІ ДОЩІ

Оксиди сульфуру і нітрогену, що потрапили в атмосферу, окиснюються і, сполучаючись з водою, утворюють туманоподібні краплини сульфатної та нітратної кислот. Переносячись вітрами на значні відстані, вони згодом випадають разом з дощем, який має кислу реакцію. *Кислотними* називають взагалі будь-які опади — дощ, сніг, туман, якщо значення їх рН становить менш, ніж 7,0. Кислотні дощі мають значення рН частіше в межах 4,1—2,1, а в деяких випадках навіть менш як 2,1. Спостереження свідчать, що 100 років тому дощова вода мала рН = 7,0, тобто опади були нейтральними. Вперше кислотні дощі зареєстровані в Англії в 1972 р., вони були наслідком потрапляння в атмосферу оксидів сульфуру і нітрогену. Поступово індустріалізація охоплювала все більшу кількість країн, а надходження оксидів сульфуру і нітрогену безперервно збільшувалось, особливо загрозливих масштабів набувши в наш час. Тому кислотні опади випадають всюди. У Західній Європі кислотність дощів у 1990 р. знизилась на 0,2 одиниці рН порівняно з 1989 р. В Україні кислотні дощі часто випадають у Сумській, Черкаській та Рівненській областях, де в повітря викидається значна кількість оксидів сульфуру і нітрогену. Україна забруднюється також за рахунок транскордонного перенесення цих оксидів з країн Західної Європи.

Під впливом кислотних опадів відбувається закиснення водойм і ґрунтів, вимивання з ґрунту калію, магнію і кальцію та зменшення врожайності сільськогосподарських культур на 3—8 %, деградація флори і фауни. У закиснених водоймах гине риба і численні види комах. Внаслідок випадання кислотних дощів гинуть ліси, особливо букові, тисові та кедрові. Загибель лісів зумовлює гірські зсуви та селі. Кислотні опади прискорюють руйнування житлових будинків і архітектурних пам'яток, оздоблених мармуром і вапняком. Кислотний сніг завдає ще більшої шкоди, ніж дощ, оскільки він може накопичуватись упродовж тривалого часу, що призводить до значного закиснення ґрунту під час танення снігу навесні. Кислотність талої води в десятки разів вища від кислотності дощової.

У багатьох країнах кислотні дощі завдають значних збитків. Так, у Швейцарії від кислотних дощів гине третина лісів, у Великій Британії висихають 69 % букових і тисових лісів. Від кислотних опадів особливо потерпають закриті водойми — озера й ставки. У Швеції в 4 тис. озер риба повністю зникла. В Україні за останні 35 років площа кислих ґрунтів зросла на 33 %. Кислі ґрунти потребують вапнування, що підвищує собівартість сільськогосподарської продукції.

6.7. РУЙНУВАННЯ ОЗОНОВОГО ШАРУ

Розташований в атмосфері на висоті 20—35 км озоновий шар є природним захисним бар'єром від проникнення на поверхню Землі жорсткого ультрафіолетового випромінювання Сонця з довжиною хвилі 325—400 нм. Цей шар має відносно невелику товщину, він надійно захищає живу речовину біосфери від згубного впливу такого випромінювання. Якби не існувало озонового шару, то життя на суходолі Землі було б неможливим, як це було на світанку його зародження.

Як уперше помітили метеорологи США (М. Моліна і Ш. Роуланд), останнім часом озоновий шар атмосфери зазнає руйнування. Цей небажаний і небезпечний процес інтенсивно відбувається під дією деяких хімічних речовин — хлор- і бромпохідних вуглецю (фреони), тетрахлориду карбону, метилхлороформу та ін. Особливо небезпечними є фреони (CFCl_3 — фреон 11, CF_2Cl_2 — фреон 12, CF_2ClBr — галон 1211), які широко застосовують у техніці й побуті як холодоагенти, розпорошувачі в аерозольних упаковках тощо. Світове виробництво фреонів на початку 90-х років ХХ ст. перевищило 1,4 млн т за рік. Під дією ультрафіолетового випромінювання фреони розкладаються з виділенням атомарного хлору, який є ефективним каталізатором розщеплення озону на кисень. Так, один атом хлору призводить до розкладання 100 тис. атомів озону. Руйнування озонового шару спричинюють також космічна і ракетна техніка та сучасні надзвукові літаки. Викиди продуктів згоряння палива з їхніх двигунів розкладають озон до кисню та інших сполук.

Внаслідок руйнування озонового шару концентрація озону почала зменшуватися, а в деяких місцях, зокрема над Антарктидою, в ньому часто виникає «пульсівна дірка». Вміст озону в ній менший від звичайного на 40—50 %. Ця «дірка» чітко виявляється із серпня по жовтень (антарктична весна), а нині вона не затягується і влітку і має надзвичайно велику площу, що дорівнює площі Антарктиди. Внаслідок цього в країнах південної півкулі Землі спостерігається підвищення ультрафіолетовий фон. Це спричинює збільшення кількості захворювань людей на рак шкіри та катаракту. «Озонову дірку» виявлено і в північній півкулі над Антарктикою (Шпіцберген). За оцінками НАСА (США), з 1978 по 1990 рік кількість озону в озоновому шарі зменшилася на 45 %. Цей процес зменшення концентрації озону невпинно триває. Так, за спостереженнями з канад-

ського супутника «Німбус 7», за період з 1980 по 1991 рік швидкість руйнування озону становила 0,224 % за рік. Як показали супутникові спостереження, за останні 15 років ультрафіолетове випромінювання на поверхні Землі зросло більш ніж на 10 %, а в районах Антарктиди — більш ніж на 40 %. Це призводить до зниження імунітету та збільшення частоти інфекційних захворювань людей і тварин. Як стверджує «Грінпіс», зменшення товщини озонового шару на 10 % призводить до збільшення захворювань на рак шкіри 300 тис. населення.

З метою запобігання подальшому руйнуванню озонового шару атмосфери уряди багатьох країн підписали в 1985 р. у Відні (Австрія) Конвенцію про охорону атмосферного озону і скорочення виробництва фреонів та інших речовин, що руйнують озон.

6.8. ЯДЕРНА ЗИМА

Надзвичайно небезпечними є забруднення атмосфери радіонуклідами, яке трапляється під час аварій на атомних електростанціях та інших ядерних об'єктах і випробувань ядерної зброї. Особливо небезпечною, навіть катастрофічною була б ядерна війна, яка призвела б до загибелі не тільки людства, а й усього живого на Землі. Розрахунки, виконані на електронно-обчислювальних машинах американськими і російськими вченими, свідчать, що в разі ядерного конфлікту з використанням ядерних зарядів потужністю 1000 Мт тротилу, незалежно від місця вибуху, виникнуть величезні пожежі, які спричинять потепління на 1 °С. Це супроводжуватиметься буревіями і призведе до значних руйнувань будівель та рослинного покриву. Радіонукліди течіями повітря швидко поширяться по всій земній кулі. Внаслідок пожеж і руйнування нафтових і газових свердловин в атмосферу виділиться багато «парникових» газів (оксидів карбону, метану та ін.), значна кількість пилу і сажі. Це призведе до підвищення температури ще на 4—5 °С, танення льодовиків та підвищення рівня води в Світовому океані, в результаті чого будуть затоплені величезні території суходолу. Надходження в стратосферу значної кількості оксидів нітрогену спричинить істотне (на 40—60 %) руйнування озонового шару. Це значно збільшить ультрафіолетове опромінення Землі. У повітря здіймуться понад 5 млрд т дрібнодисперсних часточок пилу і попелу. По земній поверхні прокотяться вогняні смерчі. Пил, попіл і сажа чорною хмарою затягнуть усе небо над землею, прозорість атмосфери зменшиться в 200 разів. Настане ядерна ніч, що призведе до повної загибелі рослинного покриву біосфери.

При цьому відбудеться нагрівання тропосфери й охолодження приземного шару повітря на 15—30 °С упродовж першого місяця конфлікту. Локальні зниження температури сягатимуть -40... -50 °С. Настане ядерна зима, що триватиме кілька місяців. Після осідання пилу і сажі атмосфера прогріється на 20—30 °С вище від норми, що спричинить повені на великих площах і селі в гірських районах, які супроводжуватимуться буревіями

та снігопадами, масовою загибеллю рослин, тварин і людей. Поширяться епідемії хвороб. Гіршого пекла і не уявити. Таким чином, локальний ядерний конфлікт може спричинити загибель людства, а можливо, і всього життя на Землі.

Людство, нарешті, зрозуміло, яку загрозу приховує в собі ядерна зброя. І тому заявило: *ядерній зброї на Землі — ні!*

6.9. НОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ І ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНИКІВ В АТМОСФЕРІ

З метою визначення токсичних речовин, що містяться в атмосферному повітрі у вигляді газів, пари, аерозолів і пилу, проводять дослідження атмосферних забруднень. Взагалі забруднення токсичними речовинами, які можуть міститися в складному поєднанні, нелегко дослідити і проаналізувати. Дослідження атмосферного повітря пов'язані з визначенням мікрограмових кількостей речовин, тому для його аналізу слід застосовувати високочутливі методи. Проте для оцінки забруднення атмосферного повітря самих визначень концентрації забрудників, нехай навіть і точних, недостатньо. Потрібно ще визначити ГДК, щоб мати можливість порівняти, наскільки визначена концентрація домішок перевищує допустиму межу. Як уже зазначалося, для повітря встановлені ГДК_{р,з} — гранично допустимі концентрації робочої зони — та ГДК шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених місць. Гранично допустимі концентрації дають змогу сформулювати вимоги до очисних споруд та визначити санітарно-захисну зону. Тому ГДК можна розглядати як один із шляхів запобігання надмірним забрудненням атмосфери. Однак ГДК санкціонують на законних засадах забруднення атмосферного повітря до певної межі. Слід пам'ятати, що ГДК встановлені лише для однієї речовини, а на практиці в повітря викидається кілька одночасно. Їх спільну дію не вивчено. Крім того, визначення ГДК проводили на тваринах, і ці дані перенесли на людей. А тому це слід враховувати в практичних умовах, зокрема визначити сумарний ефект комплексу забруднювальних речовин.

З метою стабілізації стану повітряного середовища та поліпшення якості повітря в країні передбачається розробити стандарти якості повітря, пов'язавши їх з міжнародною системою стандартів. Передбачається також створити нову систему екологічного нормування. Будуть введені технологічні стандарти і нормативи для забруднювальних речовин викидних газів з урахуванням можливостей новітніх технологій.

Значення ГДК деяких забруднювальних речовин в атмосферному повітрі населених пунктів наведено в табл. 6.4.

Важливим нормативом, який дає змогу кількісно оцінити викид забруднювальних речовин в атмосферу, є гранично допустимий викид.

Під час проектування промислових підприємств слід дотримуватись певних норм викидів шкідливих речовин, для чого визначають максимальне значення приземної концентрації забруднювальної речовини

Таблиця 6.4. Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів

Речовина	Гранично допустима концентрація, мг/м ³		Клас небезпечності
	максимальна разова	середньодобова	
Оксид нітрогену (IV) NO ₂	0,085	0,085	2
Аміак NH ₃	0,2	0,2	4
Ацетон	0,35	0,35	4
Бензин нафтовий (малосірчистий)	5,0	1,5	4
Бензпірен	—	0,1 мкг/100 м ³	1
Бутиловий спирт	0,1	0,1	3
Оксид ванадію (V)	—	0,002	1
Дихлоретан	3,0	1,0	2
Метанол	1,0	0,5	3
Нітробензол	0,008	0,008	2
Ртуть металева	—	0,0003	1
Сажа (кіптява)	0,15	0,05	3
Свинець та його сполуки в перерахунку на Pb	—	0,0007	1
Сірчистий ангідрид SO ₂	0,5	0,05	3
Гідрогенсульфід H ₂ S	0,008	0,008	2
Карбондисульфід	0,03	0,005	2
Ціанідна кислота HCN	—	0,01	2
Хлоридна кислота HCl	0,2	0,2	2
Оксид карбону (II) CO	3,0	1,0	4
Фенол	0,01	0,01	3
Хром CrO ₃	0,0015	0,0015	1
Етанол	5,0	5,0	4
Етилен	3,0	3,0	3

C_m (мг/м³). У разі викиду шкідливих газів з одиночного точкового джерела з круглим устям за несприятливих метеорологічних умов на відстані X_m (м) від джерела C_m визначають за формулою

$$C_m = \frac{AMFm\eta}{H^2 \sqrt[3]{\Delta TV_1}}$$

де A — коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери (табл. 6.5); M — маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу, г/с; F — безрозмірний коефіцієнт, що залежить від швидкості осідання шкідливих речовин (для газуватих речовин і дрібнодисперсних аерозолів — пилу, попелу $F = 1$. Для дрібнодисперсних аерозолів з коефіцієнтом очищення викидів не менш як 90 % $F = 2$, від 75 до 90 % $F = 2,5$, менш як 75 % і в разі відсутності очищення $F = 3$); H — висота джерела викиду над рівнем землі, м; η — безрозмірний коефіцієнт, що залежить від рельєфу місцевості (у разі рівної місцевості або з перепадом висоти не більш як

Таблиця 6.5. Значення коефіцієнта A

Географічний район	Значення A
Європейська територія СНД і Урал на північ від 52° пн. ш. (за винятком центра європейської території), Україна	160
Для розташованих в Україні джерел заввишки до 200 м у зоні від 50° до 52° пн. ш.	180
Те саме на південь від 52° пн. ш.	200

50 м на 1 км $\eta = 1$); ΔT — різниця температур викидних газів T_2 і навколишнього атмосферного повітря T_n (за останню приймають середню максимальну температуру повітря найжаркішого місяця року); m і n — коефіцієнти; V_1 — витрата викидних газів, м³/с, яку визначають за формулою

$$V_1 = \pi D^2 W_0 / 4,$$

де D — діаметр устя джерела викиду, м; W_0 — середня швидкість викидних газів з устя джерела викиду, м/с.

Значення коефіцієнтів m і n залежать від параметрів f , V_m , V'_m і f_e :

$$f = 1000 W_0 D / H^2 \Delta T;$$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\Delta T V_1 / H};$$

$$V'_m = 1,3 W_0 D / H;$$

$$f_e = 800 (V'_m)^3.$$

Коефіцієнт m визначають залежно від f за формулами:

$$m = 1 / (0,67 + 0,1 \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } f < 100;$$

$$m = 1,47 / \sqrt[3]{f} \quad \text{при } f \geq 100.$$

Для $f_e < f < 100$ значення коефіцієнта m обчислюють при $f = f_e$. Коефіцієнт n при $f < 100$ визначають залежно від V_m за формулами:

$$n = 0,532 V_m^2 - 2,13 V_m + 3,13 \quad \text{при } 0,5 \leq V_m < 2;$$

$$n = 4,4 V_m \quad \text{при } V_m < 0,5.$$

Відстань X_m (м) від джерела викидів, на якій приземна концентрація C (мг/м³) за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення C_m , визначають за формулою

$$X_m = \alpha H (5 - F) / 4,$$

де безрозмірний коефіцієнт α при $f < 100$ обчислюють за формулами:

$$\alpha = 2,48 (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } V_m \leq 0,5;$$

$$\alpha = 4,95 V_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } 0,5 < V_m < 2;$$

$$\alpha = 7 \sqrt{V_m} (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } V_m > 2.$$

Якщо $f > 100$ або $\Delta T \approx 0$, значення α визначають за формулами:

$$\begin{aligned}\alpha &= 5,7 && \text{при } V'_m \leq 0,5; \\ \alpha &= 11,4 V'_m && \text{при } 0,5 < V'_m < 2; \\ \alpha &= 16 \sqrt{V'_m} && \text{при } V'_m > 2.\end{aligned}$$

Для холодних викидів ($\Delta T \approx 0$) висоту труби визначають за формулою

$$H = [AMFD\eta / 8V_1(\text{ГДК} - C_\Phi)]^{3/4},$$

де C_Φ — фонові концентрації шкідливої речовини, мг/м³.

Значення гранично допустимого викиду (ГДВ, г/с) для одиночного джерела з круглим устям у разі, коли $C_\Phi < \text{ГДК}$, визначають за формулою

$$\text{ГДВ} = (\text{ГДК} - C_\Phi) H^2 \sqrt[3]{\Delta T V_1} / (AFm\eta).$$

Якщо $f \geq 100$ або $\Delta T \approx 0$, ГДВ обчислюють за формулою

$$\text{ГДВ} = (\text{ГДК} - C_\Phi) H^{4/3} \cdot 8V_1 / (AFm\eta D).$$

6.10. ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ГАЗОДИМОВИХ ВИКИДІВ

З метою зменшення забруднення атмосферного повітря пилом та іншими шкідливими домішками потрібно на всіх промислових підприємствах організувати ефективне очищення відхідних газових викидів. Усі методи очищення можна розподілити на три групи: механічні, фізико-хімічні й хімічні (див. схему на с. 151).

Вибір методу очищення залежить від кількості відхідних газів та їх складу. Механічні методи застосовують для очищення вентиляційних та інших газових викидів від грубодисперсного пилу. В них пил відокремлюється під дією сили гравітації, інерції або відцентрової сили.

Вибираючи систему пиловловлювання, слід враховувати швидкість газового потоку, вміст пилу та його фізико-хімічні властивості, розмір часточок і наявність водяної пари. Існує два види пиловловлювання: сухе і мокре. З екологічного й економічного погляду досконалішими є сухі пиловловлювачі. Вони дають змогу повернути у виробництво вловлений пил, тоді як при мокрому утворюються водяні суспензії, переробка яких потребує більших матеріальних затрат. Недоліком сухого пилоочищення є те, що воно забезпечує високий ступінь очищення тільки у разі малої запиленості відхідних газів.

Механічне *сухе пиловловлювання* здійснюють в осаджувальних камерах, циклонних сепараторах, механічних та електричних фільтрах. В осаджувальних камерах очищають гази з грубодисперсними часточками пилу розміром від 50 до 500 мкм і більше (рис. 6.1, а). Ефективнішою є осаджувальна камера Говарда (див. рис. 6.1, б), в якій газовий потік розбивається горизонтальними пластинами на окремі секції. Незважаючи на незначний аеродинамічний опір і невисоку вартість, ці апарати застосовують рідко через труднощі їх очищення. З них відхідні гази направляють в інші, ефективніші апарати для подальшого очищення.

Методи очищення відхідних газодимових викидів



Значно поширеніші циклонні сепаратори (рис. 6.2). У них запилений газ, обертаючись по спіралі, відкидає часточки пилу на стінки апарата 3, 4, звідки вони потрапляють у пилоосаджувальну камеру 5. Циклонні сепаратори ефективно очищають гази, що містять часточки розміром не менш як 25 мкм. Коефіцієнт корисної дії циклонів залежить від концентрації пилу і розмірів його часточок. Середня ефективність знепилення газів у циклонах становить 78—86 % для пилу розміром 30—40 мкм. Основний недолік циклонів — значне абразивне спрацювання частин апарата пилом. Тому ці частини вкривають синтетичними матеріалами або зносостійкими сплавами, що здорожує конструкцію апарата. Циклони використовують для очищення запилених газів і повітря з великими часточками в різних галузях промисловості.

У фільтрах газовий потік проходить крізь пористий матеріал різної щільності й товщини. Очищення від грубодисперсного пилу здійснюють у фільтрах, заповнених коксом, піском, гравієм, насадкою різної природи й форми. Для очищення від тонкодисперсного пилу використовують

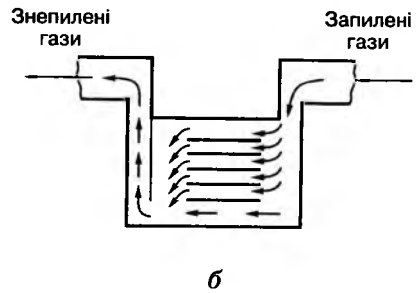
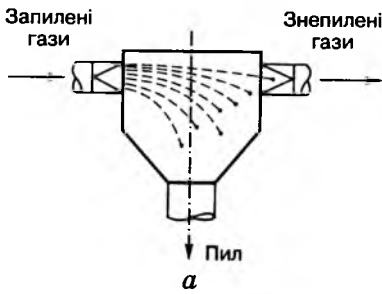


Рис. 6.1. Пилоосаджувальна камера (а) та осаджувальна камера Говарда (б)

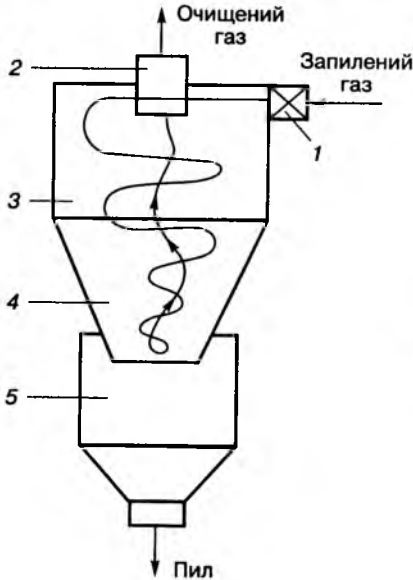


Рис. 6.2. Циклон:

1 — вхідний патрубок; 2 — вихлопна труба;
3 — циліндрична камера; 4 — конічна камера;
5 — пилоосаджувальна камера

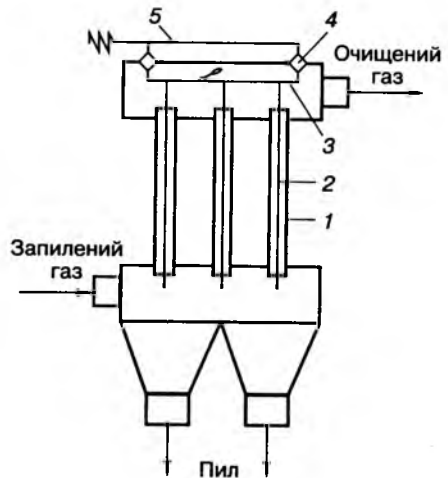


Рис. 6.3. Трубчастий електрофільтр:

1 — осаджувальний електрод; 2 — коронувальний електрод; 3 — рама; 4 — ізолятор; 5 — струшувальний пристрій

фільтрувальний матеріал типу паперу, повсті або тканини різної щільності. Папір використовують для очищення атмосферного повітря або газів з низьким вмістом пилу. В промислових умовах застосовують тканини або рукавні фільтри. Вони мають форму барабана, тканинних мішків або кишень, що працюють паралельно. Їх очищують струшуванням або продуванням повітря. Останнім часом як фільтрувальні тканини широко ви-

користують синтетичні матеріали та скловолокно, що можуть витримувати температуру 150—250 °С, вони хімічно і механічно стійкіші і менш вологоємні порівняно з шерстю та бавовною. Останні дають змогу очищати гази з температурою не вище за 100 °С. Головною перевагою рукавних фільтрів є висока ефективність очищення, яка досягає 99 % для всіх розмірів часточок. Для тонкого очищення застосовують керамічні фільтри, фільтри з пластмас або скла. Ефективність пиловловлювання в них може досягати 99,99 %, а температура очищуваного газу — 500 °С.

Для тонкого очищення газів від пилу використовують електрофільтри (рис. 6.3). Крім пилу вони можуть також очищати гази від аеро- та гідрозолів, тобто вловлювати більш дисперговані часточки. Електрофільтр складається з коронувального (негативного) 2 і осаджувального (позитивного) 1 електродів. Останній виготовляють у вигляді трубки або пластини. Електрофільтр живиться постійним струмом високої напруги (50—100 кВ). При напруженості електричного поля між електродами 15 кВ/см повітря йонізується і створює позитивні та негативні заряди. Заряджені частинки осідають на часточки пилу, внаслідок чого вони рухаються до протилежно заряджених електродів і осідають на них. У сухих електрофільтрах для очищення поверхні електродів від пилу використовують струшувальні пристрої 5 ударно-молоткового типу. За допомогою електрофільтрів очищають значні об'єми газів від пилу з розміром часточок 0,01—100 мкм за температури газів до 500 °С. Фільтри ефективно працюють при невеликих газових потоках, досягаючи ступеня очищення 99,9 %.

Для підвищення ефективності роботи електроди інколи змочують водою. Такі електрофільтри називають *мокрими*. У мокрих пиловловлювачах запилений газ зрошується рідиною або контактує з нею. Найпростішою конструкцією є промивна башта, заповнена кільцями Рашига, скловолокном або іншими матеріалами. До апаратів такого типу належать скрубери та труби Вентурі. Часто для видалення шламів, що утворюються, труби Вентурі доповнюють циклонами. На рис. 6.4 зображено порожнистий форсунковий скрубер — циліндрична (або прямокутна) башта, виготовлена з металу, цегли чи залізобетону. Скрубери працюють за принципом протитечії: газ рухається знизу вгору, а поглинальна рідина (частіше вода) розпилюється форсунками згори вниз. Швидкість газу в скруберах — 1,0—1,5 м/с. Ефективність очищення газів залежить від змочуваності пилу і досягає 96—98 %. Для вловлювання важкозмочуваного пилу, наприклад вугільного, у воду додають поверхнево-активну речовину (ПАР). Скрубери можна застосовувати для холодних і гарячих газів, які не містять токсичних речовин (кислот, хлору тощо), оскільки вони видаляються в атмосферу разом з очищеним газом у вигляді туману.

У барботажних апаратах запилений газ пропускають крізь рідину (воду). Їх доцільно використовувати для очищення гарячих газів з часточками пилу розміром понад 5 мкм. Барботаж використовують також у пінних апаратах. Для створення піни у воду додають ПАР. Ефективність очищення в цих апаратах досягає 97—99 %.

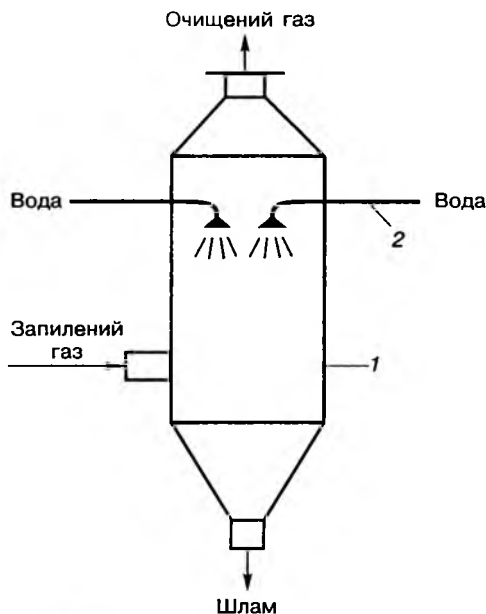


Рис. 6.4. Порожнистий форсунковий скруббер:

1 — корпус; 2 — форсунки

Недоліком мокрої очистки газів є те, що вловлений пил перетворюється на мокрий шлам. Для видалення останнього потрібно будувати шламову каналізацію, що здорожує конструкцію. Мокрі пиловловлювачі типу труби Вентурі характеризуються значними витратами електроенергії для подавання й розбризкування води, особливо для уловлювання пилу з розміром часточок менш як 5 мкм. Під час очищення деяких газів можлива лужна або кислотна корозія. Значно погіршуються умови розсіювання через заводські труби відхідних газів, зволожені

них під час охолодження в апаратах цього типу.

В апаратах інерційного пиловловлювання різко змінюється напрям потоку (рис. 6.5). Часточки пилу за інерцією вдаряються об поверхню, осаджуються і через розвантажувальний пристрій видаляються з апарата. У середині апаратів розміщені пластини або кільця, об які вдаряється газ. Зверху апарати можуть зрошуватися водою. Тоді пил з них видаляється у вигляді шламу.

Ультразвукові апарати використовують для підвищення ефективності роботи циклонів або рукавних фільтрів. Ультразвук сприяє адгезії і закріпленню часточок пилу. Ці апарати ефективні у разі високої концентрації пилу в очищуваному газі. Для збільшення ефективності роботи апарата його зрошують водою. Такі апарати в комплексі з циклоном застосовують для уловлювання сажі, туману різних кислот тощо.

До фізико-хімічних методів очищення газових викидів належать абсорбція і адсорбція. *Абсорбція* — це процес хімічного осадження або зв'язування забруднювальних речовин під час пропускання очищуваного газу крізь рідкий поглинач. Апарати для такого очищення називають абсорберами. В цих апаратах очищуваний газ і абсорбувальна рідина рухаються назустріч один одному. Принципову схему установки для абсорбційно-десорбційного видалення забрудника із газів подано на рис. 6.6. Забруднений газ надходить в абсорбер 1, де газовий поллютант, що потребує видалення, контактує з холодним абсорбентом. Останній вибірково поглинає забрудника. Очищений газ видаляється в атмосферне повітря.

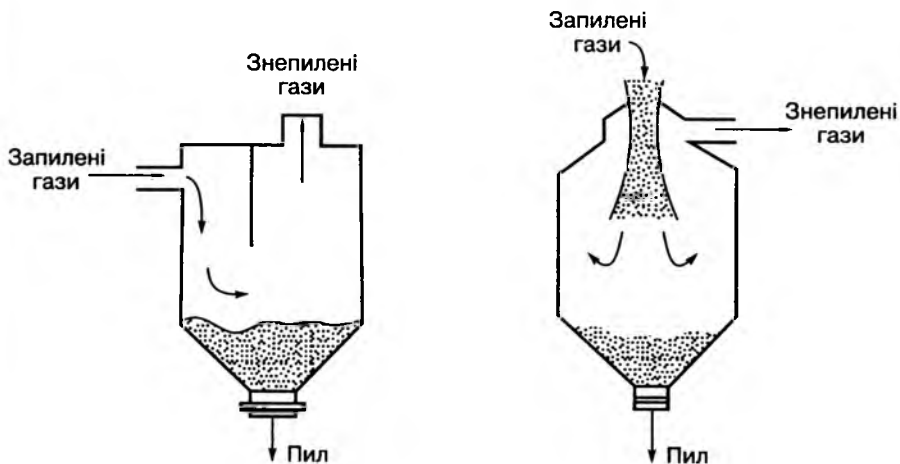


Рис. 6.5. Інерційні пиловловлювачі

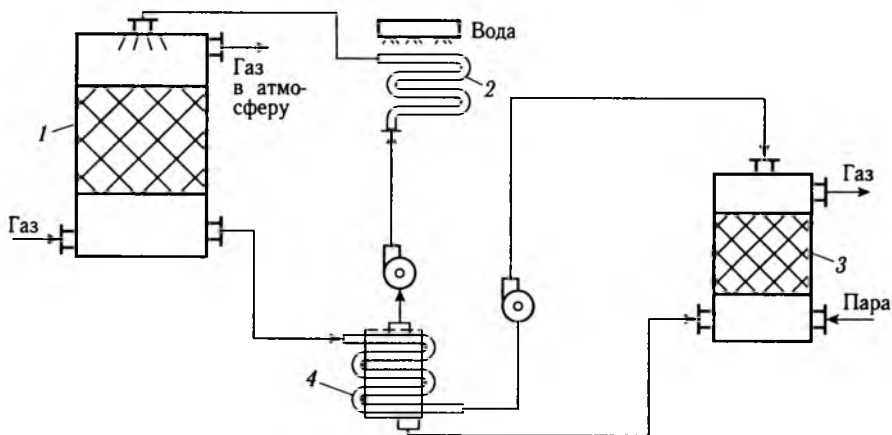
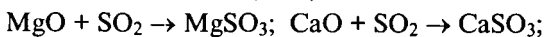


Рис. 6.6. Принципова схема установки абсорбційно-десорбційного видалення поллютантів із забруднених газів

Розчин поглинач, що вміщує абсорбований полютант надходить у теплообмінник 4, нагрівається в ньому і подається насосом в десорбер 3. Поглинений полютант десорбують нагріванням поглинач паром. Очищений поглинач через теплообмінник 4 і холодильник 2 знову повертається в абсорбер, здійснюючи таким чином багаторазову циркуляцію. Абсорбцію застосовують для очищення повітря і відхідних газів, що містять токсичні забруднення — кислотні тумани, оксиди карбону (IV) і (II), ціанідну або ацетатну кислоти, сірчистий газ, оксиди нітрогену, різні

розчинники тощо. Як поглинач використовують суспензії, що містять оксиди магнію і кальцію або вапняк:



Ефективність очищення становить 90—95 %. Шлами після очищення можуть використовуватись для подальшого перероблення й отримання продуктів. Недоліком цих апаратів є ускладнення процесу видалення шламів у разі утворення важкорозчинних речовин.

Адсорбційний метод очищення газів — це сорбція газуватих речовин на поверхні або в об'ємі мікропор твердого тіла. Тверду речовину, на поверхні або в об'ємі пор якої відбувається концентрування очищуваних речовин, називають *адсорбентом*. Поглинявані забруднювальні речовини, що перебувають у газовій або рідкій фазі, називають *адсорбтивом*, а після переходу в адсорбований стан — *адсорбатом*. У техніці використовують тверді адсорбенти з сильнорозвинutoю внутрішньою поверхнею. Найчастіше як адсорбент використовують активоване вугілля, силікагель та глини, що мають велику поверхню. Один грам активованого вугілля має поверхню близько 5 км². Вилучені з очищуваних газів речовини — адсорбтиви, які в подальшому видаляють за допомогою десорбції, можуть бути використані для тих чи інших цілей. Цей процес називають регенерацією адсорбента і здійснюють здебільшого нагріванням перегрітою парою.

Апарати, в яких здійснюють адсорбцію, називають адсорберами. Їх виконують вертикальними, горизонтальними і з кільцевими полицями, на яких розташовують адсорбент. За розміром і формою часточок активоване вугілля буває гранульованим і порошкоподібним. Гранульоване вугілля виготовляють у формі циліндриків діаметром від 2 до 5 мм, причому висота циліндрика завжди більша від діаметра. Гранульоване вугілля застосовують переважно в установках зі стаціонарним шаром адсорбенту. Для збільшення поверхні та інтенсивності масообміну гранульоване вугілля подрібнюють і розсівають на фракції. Подрібнене вугілля використовують у процесах зі стаціонарним, рухомим і киплячим шаром адсорбенту. В цьому разі процес здійснюють у безперервному режимі із застосуванням гранул вугілля з підвищеною міцністю проти стирання. Перевагою безперервного процесу є повна його автоматизація, можливість здійснювати хроматографічне розділення суміші компонентів поряд з їх виділенням з газу, зменшення витрат теплоти на регенерацію вугілля. Недоліком методу є великі енергетичні витрати через високий опір шару адсорбенту.

Адсорбцією на активованому вугіллі очищують відхідні гази від гідрогенсульфіду у виробництві штучного волокна. За допомогою адсорбції на силікагелі очищують газові викиди від оксидів нітрогену. Цей метод

широко застосовують для очищення викидних газів від багатьох інших шкідливих домішок.

Хімічні методи очищення викидних газів засновані на хімічному зв'язуванні шкідливих забруднювальних речовин. Дуже поширеним методом є хемосорбція, коли очищуваний газ промивають розчином речовин, що реагують із забруднювальними домішками. Так, для вловлювання оксидів нітрогену застосовують торфолужні композиції з гідроксидом кальцію або аміаком. У результаті хемосорбції утворюється добриво з 6—8 %-м вмістом зв'язаного азоту у вигляді нітратів кальцію і амонію.

Спалювання використовують для знешкодження горючих вуглеводнів, що не використовуються у виробництві. З економічного погляду це малоефективний процес, оскільки теплота не використовується і тільки призводить до теплового забруднення навколишнього середовища. Якщо концентрація горючих речовин недостатня для горіння, то застосовують *термічне окиснення*. При цьому очищуваний газ спалюють у полум'ї пальника.

У багатьох випадках для знешкодження відхідних газів застосовують *каталітичні процеси* окиснення, відновлення та розкладання. Наприклад, вихлопні автомобільні гази очищають від оксиду карбону (II) окисненням до вуглекислого газу на мідно-мангановому каталізаторі, що є сумішшю оксидів мангану і купруму:



Каталітичне відновлення оксидів нітрогену до N_2 здійснюють за допомогою відновників — водню, метану або аміаку за наявності платино-паладієво-родієвих каталізаторів.



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) схарактеризувати забруднення атмосфери;
- 2) назвати основні принципи класифікації забруднень атмосфери і пояснити їх практичне значення;
- 3) пояснити, що таке організовані й неорганізовані промислові викиди;
- 4) навести класифікацію джерел забруднення атмосферного повітря;
- 5) описати екологічний вплив забруднень атмосфери на здоров'я людей та стан довкілля;
- 6) схарактеризувати хімічну та фізико-хімічну поведінку забруднень в атмосфері;
- 7) пояснити хімічну та фізико-хімічну сутність «парникового ефекту», кислотних опадів, «озонової дірки» та вплив ядерних випробувань на стан атмосфери;
- 8) визначити сутність нормування якості атмосферного повітря;
- 9) зробити розрахунки приземної концентрації шкідливих речовин та гранично допустимих викидів у атмосферу;
- 10) схарактеризувати різні методи очищення газових викидів та можливості їх застосування на підприємствах.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. Назвіть види забруднень атмосфери і дайте їх коротку характеристику.
2. Знаючи обсяги добування енергетичних ресурсів у країні, зробіть розрахунок можливих викидів вуглекислого газу і сірчистого ангідриду в атмосферне повітря в Україні. Як зміниться викид цих речовин в атмосферу, якщо споживання палива збільшити вдвічі?
3. Які шкідливі викиди в атмосферу і в якій кількості зроблять 200 тис. легкових автомобілів за добу та за рік?
4. Яку кількість і яких шкідливих речовин викидає в атмосферу щороку чорна металургія, енергетика та автомобільний транспорт України?
5. Дайте визначення і поясніть на прикладах, що таке організований і неорганізований, первинний і вторинний викиди.
6. Назвіть ознаки, за якими класифікують джерела забруднення атмосферного повітря, і наведіть приклади.
7. Як впливає забруднення атмосфери на здоров'я людей та стан довкілля?
8. Скільки кисню споживає сім'я з чотирьох чоловік за добу і скільки потрібно дерев для його вироблення?
9. Як можна зменшити забруднення атмосфери?
10. Що відбувається з оксидами нітрогену, водяною паром, гідрогенсульфідом і оксидом сульфуру (IV), які потрапили в атмосферу з газовими викидами?
11. Як «поводяться» хлорфторорганічні сполуки в атмосфері?
12. Схарактеризуйте сутність «парникового ефекту» та його можливі наслідки.
13. Що сприяє випаданню кислотних опадів та які їх наслідки?
14. Що таке «озонова дірка» і що спричинює її утворення?
15. Як запобігти випаданню кислотних опадів? Як зменшити руйнування озонного шару?
16. Як запобігти катастрофічним змінам клімату внаслідок антропогенної діяльності?
17. Які можливі наслідки термоядерної війни?
18. У чому полягає відмінність між ГДК і ГДВ?
19. В атмосферу викидають 1000 г/с відхідних газів, у яких міститься 7 % CO_2 і 0,3 % SO_2 . Визначте максимальне значення приземної концентрації цих забрудників, якщо підприємство розташоване в Київській області і має 100-метрову димову трубу діаметром 6 м. Температура викидних газів 120 °С. Середня кількість викидних газів становить 10 тис. м^3 за годину.
20. На підприємстві утворюються газодимові викиди, що містять пил з розміром часточок від 2 до 500 мкм та 0,8 % оксидів сульфуру. Запропонуйте конструкцію очисної споруди.
21. В яких випадках застосовують очищення викидних газів від пилу в пилловловлювальних камерах, циклонах та електрофільтрах?
22. Сформулюйте оптимальні умови роботи циклонів та електрофільтрів.
23. В яких випадках використовують абсорбційне і адсорбційне очищення газодимових викидів?
24. Чому на більшості підприємств при спалюванні палива в котельнях не використовують очищення викидів від «парникових» газів?
25. У чому полягає сутність методів очищення викидних газів спалюванням термічним та каталітичним окисненням, каталітичним відновленням?
26. Скільки і яких викидів в атмосферу здійснюється в процесі виробництва 100 млн т сталі?

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГІДРОСФЕРИ

13/6 7.1. СПОЖИВАЧІ ВОДИ

Вода входить до складу всіх організмів біосфери, в тому числі і до складу тіла людини. У ньому вона виконує роль структурного компонента, розчинника і переносника поживних речовин, учасника біохімічних процесів, регулятора теплообміну з навколишнім середовищем. Від забезпеченості водою залежить життєдіяльність усіх живих організмів. Вода регулює клімат планети, забезпечує господарську та промислову діяльність людей.

Основними споживачами води є сільське й комунальне господарство та промисловість. У сільському господарстві воду використовують для поливу рослин, напування й приготування корму для свійських тварин, у комунальному господарстві — для пиття та приготування їжі для людей, для задоволення їхніх санітарно-гігієнічних потреб, як теплоносії тощо. У промисловості воду використовують як сировину, реагент та розчинник для проведення різних технологічних процесів, а також для промивання сировини й продуктів тощо.

Усі галузі господарства за відношенням до водних ресурсів поділяють на користувачів і споживачів. *Користувачі* використовують воду як середовище або джерело енергії і не забирають її з джерел (водний транспорт, рибальство, туризм, спорт, гідроелектростанції тощо). *Споживачі* забирають воду з джерел і використовують її за призначенням (пиття, приготування їжі, вирощування сільськогосподарської продукції, здійснення технологічних процесів на виробництві, обігрівання приміщень тощо).

У багатьох випадках вода після використання частково або повністю повертається до джерел, але зі зміненою якістю. Найбільше (до 70 %) прісної води споживає сільське господарство. Особливо велика кількість води витрачається в зрошувальному землеробстві. Нині у світі зрошується близько 15 % площ усіх сільськогосподарських угідь (в 1970 р. — 235 млн га). За деякими прогнозами, зрошуванні площі найближчим часом зростуть до 420 млн га. Питоме споживання залежить від виду сільськогосподарських культур, фізико-географічних умов району, технічного стану зрошуваль-

них систем і способу поливу. Як приклад наведемо норми зрошення деяких культур, м³/га: зернові — 1500—3500, цукрові буряки — 2500—6000, багаторічні трави — 2000—8000, рис — 8000—15000.

Обсяг споживаної води в промисловості оцінюють *водоемністю виробництва*, під якою розуміють кількість води, необхідної для виробництва однієї тонни готової продукції. Водоемність різних видів продукції коливається в дуже широких межах, м³/т: сталі, чавуну — 15—20, сульфатної кислоти — 25—80, синтетичного волокна — 500, міді — 500, пластмас — 500—1000, синтетичного каучуку — 2000—3000. Для роботи ТЕС потужністю 300 тис. кВт потрібно близько 300 км³ води на рік. Середній хімічний комбінат щодоби витрачає 1—2 млн м³ води.

Споживання води населенням характеризують *питомим водоспоживанням*, під яким розуміють добовий об'єм води в літрах, необхідний для задоволення всіх потреб одного мешканця міста чи села. Питоме водоспоживання в містах більше, ніж у селах, і значною мірою залежить від ступеня благоустрою (наявності водопроводу, каналізації, центрального водяного опалення тощо). Так, питоме водоспоживання для деяких міст становить, л/добу: Нью-Йорк — 600, Париж — 500, Москва — 400, Київ — 300, Лондон — 263. У великих містах з населенням понад 3 млн чоловік добові витрати води сягають 2 млн м³, а річні — близько 1 км³. При цьому використовується вода досить високої якості, що потребує складної технології водопідготовки.

Якість води в кожному конкретному випадку визначається вимогами споживача. Категорія *якості води* — це показник ступеня забрудненості водного об'єкта, який визначається за сукупністю встановлених показників складу і властивостей води (фізичних, хімічних, біологічних, бактеріологічних) і задовольняє вимоги споживачів та дотримання їх є обов'язковим упродовж визначеного часу.

7.2. ЗАБРУДНЕННЯ ВОД СВІТОВОГО ОКЕАНУ

Основними джерелами забруднення вод є атмосферні опади, стоки з сільськогосподарських полів, ферм та інших об'єктів, міські й промислові стічні води та водний транспорт. Усі водні ресурси поділяють на підземні, поверхневі та атмосферні. *Підземні води* поширюються в земній корі до глибини 13—14 км. Вони заповнюють пори, тріщини й пустоти, мають тісний контакт з ґрунтом і породами земної кори. Для них характерне поширене розміщення водоносних горизонтів, що відокремлені водонепроникними пластами породи, слабкий зв'язок з атмосферою, незначний розвиток біологічних процесів, бідність форм життя, підвищені температура й тиск. Усе це сприяє меншому забрудненню вод нечистотами та мікроорганізмами, завдяки чому вони переважно доброякісні. Знаходячись на значних і різних глибинах, вони характеризуються стабільнішим хімічним складом, містять більше корисних для здоров'я людини речовин (сполук кальцію, йоду, флуору та ін.). Проте й підземні води можуть забруднюватися, якщо фільтрувального шару порід недостатньо.

За глибиною залягання підземні води поділяють на три зони. Верхня зона, глибина якої здебільшого становить 2—6 м, але може досягати 20—60 (середина України) і навіть 300 м (південна частина України), має активний водообмін, зазнає дії фільтрівних атмосферних опадів та деякою мірою атмосферного повітря. Мінералізація води коливається в межах 100—1000 мг/дм³. Середня зона розміщена на глибинах 300—600 м, інколи — 2000 м. Цю воду використовують для бальнеологічних цілей. Нижня зона залягає на глибині кількох кілометрів. У ній практично немає водообміну і містяться високомінералізовані води хлорнатрієво-кальцієвого складу, інколи зі значним вмістом галогенсульфіду, броду та рідкісних елементів. Ці води використовують у промисловості для добування йоду, броду та рідкісних елементів.

З господарсько-питною метою використовують переважно води верхньої зони. Якість води залежить від ґрунтів та порід, розміщених нижче. Ґрунти торф'яно-тундрової зони збагачують воду органічними речовинами рослинного походження. Це стосується також болотних вод. Чорноземи, каштанові та солончакові ґрунти сприяють появі у воді переважно мінеральних речовин. Зі збільшенням глибини залягання вод зменшується число мікроорганізмів і на глибині 6 м і нижче воно дорівнює нулю. Шар ґрунту завтовшки 3,5—4 м на полях фільтрації затримує до 90 % мікроорганізмів.

Господарська діяльність людей спричинює забруднення підземних вод. Найбільший вплив на хімічний склад підземних вод мають інтенсивний розвиток промисловості, міст і хімізація сільського господарства, які супроводжуються появою значної кількості стічних вод і газових викидів. При цьому в атмосферу, ґрунти й поверхневі води потрапляють різні неорганічні та органічні речовини. Біологічне забруднення підземних вод зумовлюють різні мікроорганізми (бактерії, віруси та ін.). Найнебезпечнішим є забруднення вод хвороботворними мікроорганізмами, що можуть надходити в ґрунтові води з полів фільтрації, скотних дворів, вигрібних ям тощо.

До поверхневих вод належать води океанів, морів, озер, річок, боліт, ручаїв та штучних водосховищ. Океани, моря та деякі озера мають солону воду. Ріки, більшість озер, ставки, штучні водосховища, болота й ручаї містять прісну воду, яку використовують для господарського водозабезпечення. Річкову воду найчастіше використовують для господарсько-питного й технічного водозабезпечення.

Характерною особливістю річкової води є нестабільність і неоднорідність хімічного й бактеріологічного складу, незначна мінералізація за значного вмісту органічних речовин, рослинних і тваринних організмів, у тому числі й мікроорганізмів. У ній інтенсивно відбуваються біологічні процеси. Ці води доступні для будь-яких забруднень. Нестабільність складу пояснюється зміною кількості води в ріках залежно від пори року та метеорологічних факторів, а також локальними забрудненнями водоєм промисловими та господарсько-побутовими стічними водами. Основними

джерелами забруднення є господарсько-побутові й зливові води. Останні змивають з ґрунтів значні кількості бруду і переносять їх у ріки та інші поверхневі водойми. До них додаються промислові стічні води, в яких містяться шкідливі хімічні речовини. [Стічні води — води, які відходять після використання в побутовій, промисловій та сільськогосподарській діяльності людини або які пройшли через будь-яку забруднену територію чи об'єкт.

Залежно від характеристики стічні води поділяють на умовно чисті (оборотні) і брудні. Умовно чистими (оборотними) стічними водами вважають води після охолодження технологічного обладнання, компресорів та іншого устаткування. Після використання в технологічних процесах їх охолоджують у градирнях і заводських ставках, у деяких випадках звільняють від зависей і знову повертають на охолодження. Брудні стічні води різняться за складом забрудників, який визначається технологією виробництва.

Усі види забруднень можна розподілити на хімічні, фізичні, біологічні й теплові. У різних технологічних процесах у промисловості використовують воду, внаслідок чого утворюються такі відпрацьовані стічні води:

- ▶ реакційні води, що виділяються під час реакцій. Вони забруднені домішками сировини і продуктів реакції;
- ▶ промивні води після промивання сировини, продуктів, обладнання, тари, маточні водні розчини;
- ▶ води, що надходять із сировиною у вигляді вільної та зв'язаної води;
- ▶ водні екстрагенти і абсорбенти;
- ▶ охолодні води, що не стикаються з сировиною і продуктами;
- ▶ побутові води з їдалень, душових, після миття приміщень, пралень, туалетів та ін.;
- ▶ атмосферні опади, що стікають з території промислових підприємств та інших господарських об'єктів.

Залежно від виду виробництва ці води містять різні шкідливі сполуки неорганічної (луги, кислоти, мінеральні солі) та органічної (органічні сполуки, поверхнево-активні речовини, мийні засоби, пестициди, нафтопродукти тощо) природи. Більшість з них отруйні для біоти водойм. Ці сполуки поглинаються фітопланктоном і передаються ланцюгами живлення більш високоорганізованим організмам. У результаті вміст шкідливих речовин у м'ясі хижої риби (щука, судак, окунь) може в тисячі разів перевищувати їх вміст у воді. Це дуже небезпечно для людей, птахів і тварин, що споживають цю рибу.

Особливо сильно забруднюють природні поверхневі води промислові стічні води хімічних, нафтопереробних, металургійних, шкіряних заводів, текстильних і целюлозно-паперових фабрик, м'ясокомбінатів та інших підприємств. Підприємства целюлозно-паперової промисловості скидають у водойми значні кількості целюлозного волокна та розчинених органічних сполук (вуглеводів, смол, жирів). Забруднені стічні води утворюються під час обробки целюлозної й паперової маси, під час промивання й

загушення целюлози, конденсації звуков, розганяння скипидару-сирцю, видалення шлаків, «мокрого» обкорування деревини.

Значну кількість органічних сполук, не властивих природі (ксенобіотиків), містять стоки хімічних підприємств органічного синтезу, виробництва пластмас і мийних засобів. Багато з цих речовин дуже стійкі, біологічно активні і важко видаляються зі стоків, наприклад мийні засоби — детергенти.

У сільському господарстві для підвищення врожаїв і продуктивності земель застосовують пестициди, які змиваються з полів у ріки, озера та інші водойми. Тваринництво є постачальником значної кількості мертвої органіки — гною, підстилки, сечовини, які потрапляють у водойми. Наявність сполук нітрогену в поверхневих водах спричинена органічними речовинами тваринного або рослинного походження. При цьому вміст аміаку може коливатися від 0,05 до 1,0 мг/дм³ і більше, нітритів — від 0,01 до 0,09 і вище, нітратів — до 5—10 мг/дм³. У відкритих водоймах міститься також багато різних органічних речовин — феноли, вуглеводні, гумінові сполуки тощо. Їх кількість нерідко сягає 70 % маси сухого залишку. Окиснюваність коливається в межах 2—30 мг O₂/дм³, зменшуючись узимку і збільшуючись улітку. Найбільшу окиснюваність мають води з вмістом гумінових речовин, що спричинює підвищену кольоровість (50—100 градусів і більше).

Біологічне забруднення води відбувається за рахунок надходження зі стічними водами різних мікроорганізмів, рослин і тварин (найпростіші, гриби, черви, бактерії, віруси та ін.). Багато з них є хвороботворними для людей, тварин і рослин. Найбільшими біологічними забрудниками є комунально-побутові стічні води. Промисловими біологічними забрудниками є підприємства шкірообробної промисловості, м'ясокомбінати й цукрові заводи. Бактеріальне обсіменіння рік, що протікають повз густонаселені райони, є дуже значним. Так, у водосховищі Москви число колоній досягає 429 000 в 1 мл, а подекуди може бути значно вищим (600 000 і більше). Колі-індекс становить відповідно кілька мільйонів.

Фізичне забруднення води пов'язане зі зміною її фізичних властивостей: прозорості, вмісту зависей та інших нерозчинних домішок, температури й радіоактивності. Нерозчинні речовини (пісок, намул, глинисті часточки та ін.) потрапляють у воду з поверхневим змивом, особливо в разі розорювання водозахисних смуг уздовж річок і наближення орних ділянок до узрізу води. Багато зависей потрапляє у водойми із суспензіями з підприємств гірничорудної промисловості (драги, промивні установки та ін.). Пил заноситься з поверхні ґрунту сильними вітрами, особливо в суху погоду. Тверді завислі часточки зменшують прозорість води, пригнічуючи таким чином процеси фотосинтезу водяних рослин, забивають зябра риб тощо. Особливу небезпеку для всього живого становлять радіоактивні домішки, що потрапляють у водойми з викидами АЕС, особливо під час аварій, з часточками попелу ТЕС.

Теплове забруднення спричинює спускання у водойми теплих вод з різних енергетичних установок. Надходження нагрітих вод у ріки й озера

істотно змінює їх термічний і біологічний режими. Найбільшими тепловими забрудниками є ТЕС і АЕС. Підвищення температури води у водоймах призводить до таких негативних наслідків: до 26 °С шкідливого впливу не спостерігається; в інтервалі 26—30 °С відбувається пригнічення життєдіяльності риб; понад 30 °С спостерігається шкідлива дія на біоценози, а за 34—36 °С гине риба та деякі види інших організмів. У теплих водах порушуються умови нересту риб, гине зоопланктон, риби уражуються паразитами і хворобами.

Води морів і особливо океанів характеризуються не тільки високою мінералізацією (до 35 г/дм³), а й порівняно сталим сольовим складом. Це зумовлено величезною масою води в морях і океанах. Тому постачання ріками значної кількості різних речовин практично не впливає на співвідношення головних йонів у водах Світового океану. Проте спостерігаються коливання солоності води в окремих його частинах і на різних глибинах. Величина солоності коливається залежно від кліматичних умов, випаровування, льодоутворення, течій, стоку вод великих рік тощо. Найвищу солоність мають води тропічних широт (350—370 г/дм³), меншу — у високих широтах північної та південної півкуль (300—340 г/дм³). Солоність і хімічний склад внутрішніх морів, що мають обмежений водообмін зі Світовим океаном або зовсім його не мають, значно відрізняється від солоності вод океану. Так, у деяких містах Фінської затоки солоність становить 10—20 г/дм³, в Азовському морі — 110—120 і в Чорному — 170—180 г/дм³. У морських водах містяться також азот нітратів — 0,003—0,68 мг/дм³, сполуки фосфору — до 0,1 мг/дм³ та деякі мікроелементи: рубідій, цезій, літій, арсен, бром, йод, флуор, ферум, манган, купрум, ванадій, молібден, нікол, аурум, аргентум та ін., а також радіоактивні елементи.

Води Світового океану значно забруднені і їх стан викликає занепокоєння. Води океанів і морів забруднюються річковими стоками, з якими щороку надходить понад 320 млн т заліза, 6,5 млн т фосфору та інших речовин. З атмосфери у воду океанів потрапляє 1 млн т вуглеводнів, 200 тис. т свинцю, 62 млн т фосфору й азоту, 5 тис. т ртуті. До найбільших забрудників вод Світового океану належать нафта та її продукти. Щороку її потрапляє 5—6 млн т. Нафтове забруднення в деяких районах Світового океану стає катастрофічним, що загрожує життєдіяльності місцевої флори і фауни.

Моря й океани забруднюються також побутовими й промисловими твердими відходами, яких накопичилося понад 20 млрд т. Особливо небезпечним є радіоактивне забруднення, що спричинюється випробуваннями ядерної зброї, роботою ядерних реакторів на військових підводних човнах і криголамах, скиданням контейнерів з радіоактивними відходами. Загальна радіоактивність у водах Світового океану визначається в $5,5 \cdot 10^{19}$ Бк або $1,5 \cdot 10^{19}$ Кі, що в 30 разів перевищує викиди під час аварії на Чорнобильській АЕС.

Несприятливим станом вод Світового океану і проблемами його захисту занепокоєне усе світове співтовариство. Тому ООН розробила кілька

важливих угод, підписаних більшістю країн, які регулюють видобуток корисних копалин з морських родовищ, судноплавство та вилов риби. До цих угод належить і «Хартія морів», підписана більшістю країн у 1982 р. За станом вод Світового океану стежить міжнародна служба моніторингу.

7.3. ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДОЙМ УКРАЇНИ

Коротко розглянемо екологічний стан водойм України. Ріки Дніпро та Дністер є найбільшими прісноводними водоймами країни, в басейнах яких проживає близько 80 % населення. Ці ріки впродовж тривалого часу мали велику біологічну продуктивність, а їх природні ресурси споживали мільйони людей. З інтенсивним розвитком промисловості, сільського й житлово-комунального господарства було побудовано понад 800 водосховищ, у тому числі 13 з об'ємом понад 100 млн м³, значно зросло споживання прісної води та скидання забруднених стічних вод. Для потреб промисловості й сільського господарства з Дніпра щороку відбирають близько 15 млрд м³ води і скидають у нього близько 10 млрд м³ неочищених стічних вод. В атмосферу басейну щороку викидається понад 10 млн т газопилових забруднень з промислових об'єктів. У басейні Дніпра працюють 4 атомні електростанції. У стічних водах містяться в надлишковій кількості амонійний та нітритний азот, нафтопродукти, фенол, солі важких металів та хлороганічні пестициди. З дощовими й талими водами в Дніпро та його водосховища потрапляє близько 500 тис. т сполук нітрогену, 1 тис. т заліза, 40 тис. т фосфорних і 20 тис. т калійних добрив, 40 т нікелю, 2 т міді, 0,5 т хрому. В результаті води Дніпра містять 3—38 ГДК амонійного азоту, 5—29 ГДК цинку, 2—25 ГДК мангану та ін.

Значної шкоди Придніпров'ю завдало будівництво шістьох ТЕС та водосховищ, що затопили майже 700 тис. га родючих заплавлених земель (близько 2,1 % загальної площі України). В результаті такого будівництва режим Дніпра наблизився до застійного озерного. Різко зменшився водообмін і створилися застійні зони. Ріка втратила здатність самоочищатися. Піднявся рівень ґрунтових вод далеко від берегів. Почастішала евтрофікація вод і посилюлося засолення ґрунтів. Майже в десять разів збільшився об'єм підземного стоку вод. У нижній частині басейну іригації змінився водно-сольовий режим ґрунтів, зменшився вміст гумусу в ґрунтах та посилювалася їх ерозія в прибережній зоні. Внаслідок затоплення водою садів та городів щороку втрачається 3—4 млн т фруктів і овочів та близько 1 млн т зерна. Екологічна, енергетична та рибогосподарська вигода від створення водосховищ незначна, а нині вони перетворилися на гігантські накопичувачі промислового й побутового бруду. Майже половина річного обсягу стоку Дніпра забруднена.

Надзвичайно небезпечним є радіаційне забруднення донних відкладів Дніпра, особливо Київського водосховища, після аварії на ЧАЕС. У намулах Дніпродзержинського й Дніпровського водосховищ накопичуються значні кількості заліза, важких металів, фенолу та нафтопродуктів. Київ-

ське, Канівське й Дніпродзержинське водосховища забруднені нітратним та амонійним азотом (11—16 ГДК). Максимальні концентрації міді (110 ГДК) спостерігалися в Дніпродзержинському водосховищі, цинку (140 ГДК) — у Канівському водосховищі.

Більшість приток Дніпра забруднені переважно амонійним і нітратним азотом, фенолами, нафтопродуктами та сполуками важких металів. Найвищий рівень забруднення встановлено у воді річок Устя, Тур'я, Мокра Московка, особливо сполуками купруму й цинку, максимальні концентрації яких відповідно дорівнюють 30—35 і 14—19 ГДК. Високий вміст міді (44—17 ГДК) і мангану (38 ГДК) спостерігався у водах Горині (сmt Оржів), Тетерева (м. Житомир), Гнилоп'яті (м. Бердичів), Десни (м. Чернігів).

У басейні р. Дунай спостерігається високе забруднення нітратним азотом (11—16 ГДК), сполуками цинку (11 ГДК), мангану (10—21 ГДК) та нафтопродуктами, р. Дністер — нітратним азотом (13—19 ГДК), сполуками купруму (80), цинку (1,1) і мангану (16—61 ГДК). Особливо забрудненими є притоки Дністра — річки Тисьмениця, Свіча, Чечва, Бистриця-Солотвинська, Золота Липа, Коропець, Серет — амонійним і нітратним азотом, фенолами та сполуками купруму й цинку.

У надзвичайно незадовільному екологічному стані перебуває Азовське море. Погіршення екологічної ситуації зумовлене будівництвом гребель і водосховищ на ріках Дон і Кубань, які живлять море, впровадженням зрошувального землеробства та рисосіяння в прибережних районах, облаштуванням великих водозаборів у басейнах Дону й Кубані, які щороку недодають в Азовське море 10—15 км³ прісної води. Зростання забруднення навколишнього середовища викидами хімічної та металургійної промисловості (Ростов, Таганрог, Камиш-Бурун, Маріуполь, Донецьк), змив пестицидів з полів та будівництво численних баз відпочинку також сприяли погіршенню екологічного стану і призвели до різкого зменшення біологічної продуктивності екосистем. Так, вилов риби, який 50 років тому був у 40 разів більшим, ніж у Чорному й Балтійському морях разом узятих, скоротився в 40 разів.

У Чорному морі поступово підіймається до поверхні межа насичених гідрогенсульфідом глибинних вод. Якщо раніше вона була на глибині 150—200 м, то нині — 80—110 м. Значно погіршилася якість води в Дністровському й Дніпровському лиманах, Каркінітській і Каламітській затоках, а також у Сасикському водосховищі. Шельфові води Чорного моря забруднюються незадовільно очищеними стічними побутовими водами міст, розташованих на узбережжі. Внаслідок незадовільного санітарного стану часто закривали пляжі цих міст.

На форзаці II наведено в спрощеному вигляді карту «Україна. Забрудненість поверхневих вод» (В. А. Барановський, В. Г. Бардов, С. Т. Омельчук, 2000), що ґрунтується на санітарно-гігієнічному підході до якості води в природних водоймах. Стан водних об'єктів аналізували за результатами досліджень поверхневих вод на пунктах господарсько-питного, куль-

турно-побутового та рекреаційного водокористування, проведених Центральною СЕС у 1983—1985 та 1995—1997 рр. Гігієнічна класифікація водних об'єктів за ступенем забруднення передбачала оцінку якості води за органолептичними, токсикологічними, загальносанітарними та бактеріологічними показниками. Перевищення концентрації забруднювальних речовин у 4—8 і більше разів ГДК оцінювалася в 3—4 бали (норма 2), що є перешкодою для питного водокористування. Небажаною є питна вода з дуже високою (понад 1000 мг/дм³) і дуже низькою (менш як 100 мг/дм³) мінералізацією.

Санітарний режим природних вод оцінювали за вмістом розчиненого кисню, БСК₅ і БСК₂₀, окиснюваністю і ХСК. До цієї групи належать важливі характеристики вмісту у воді розчинних органічних речовин, мікроорганізмів і бактерій. Бактеріологічні показники визначали за індексом ЛКП (вмістом бактерій групи кишкової палички). Вміст цих компонентів оцінювали порівнянням їх з ГДК, а сумарний їх вміст — за допомогою індексного принципу, який дав змогу привести всі показники окремих політантів до єдиної системи вимірювання та їх зіставлення.

За отриманими індексами забрудненості оцінювали якісний стан води за ступенем забрудненості: допустима (індекси 0—5), помірна (5—10), підвищена (10—15), висока (15—20) і дуже висока (понад 20). Вода з допустимим рівнем забрудненості (індекс 0—5) характеризується як чиста і може використовуватися без обмеження. У разі вживання води з помірним забрудненням, що характеризується як умовно чиста, існує ризик несприятливого її впливу на стан здоров'я людей. Решта градацій гігієнічної оцінки характеризують її як забруднену і непридатну для вживання.

Загалом для водомірних постів України переважають помірно забруднені води, тобто умовно чисті. Екологічно чиста вода виявлена в Закарпатській, у південній частині Вінницької, на південному сході Харківської та заході Одеської областей, а також у південно-західній частині Автономної Республіки Крим. Підвищена забрудненість води відмічена у Львівській, Одеській, Запорізькій, Дніпропетровській та Донецькій областях. Висока забрудненість води — в північній частині Донецької області і дуже висока — на значній території Херсонської області.

Малі річки забруднені значно більше, ніж великі. Вони мають невисоку стійкість і низький потенціал самоочищення. Отже, швидшими темпами деградують малі річки.

Забруднення поверхневих вод значною мірою впливає на якість підземних вод. Найбільш незадовільний якісний стан підземних вод на Півдні України: в Одеській, Миколаївській, Херсонській і Запорізькій областях та Автономній Республіці Крим. Понаднормове забруднення пестицидами спостерігається у Вінницькій, Житомирській, Луганській та Миколаївській областях і Автономній Республіці Крим. Нітратне забруднення, що перевищує ГДК, відмічається практично на всій території України, за винятком її західних областей.

7.4. ПОВЕДІНКА ЗАБРУДНЕНЬ У ВОДОЙМАХ ТА ВПЛИВ ЇХ НА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЬ ОРГАНІЗМІВ І ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ

Самоочищення води

У природних водоймах, розташованих далеко від населених пунктів, розвиваються типові для певних місцевостей біоценози: водорості, бактерії, гриби, найпростіші, вищі, рослини й тварини. Ці біоценози перебувають у певній біологічній рівновазі, властивій даним кліматичним та екологічним умовам. Стічні води, що потрапляють до водойм, призводять до зміни умов середовища і біологічного складу. Якщо хімічний склад та інші властивості стічних вод сталі, у водоймі складається співтовариство організмів, що відповідає новим екологічним умовам. Різні групи організмів поетапно розкладають органічні речовини. У результаті складних біохімічних процесів бактерії та інші мікроорганізми розкладають вуглеводи, білки та жири на простіші сполуки. Кінцевими продуктами є мінеральні солі (сульфати, нітрати, фосфати), гази (вуглекислий газ, водень, гідрогенсульфід, аміак) і вода. Ці сполуки споживають із води водорості та вищі рослини. Водорості за наявності сонячного випромінювання засвоюють вуглекислий газ і виділяють кисень, який використовується для окиснення органічних сполук.

Дуже важливу роль у процесі самоочищення відіграють нижчі види тварин: найпростіші одноклітинні та ракоподібні. Вони живляться водоростями, грибами й бактеріями, запобігаючи надмірному розвитку останніх і можливості вторинного забруднення. Дрібні тварини поїдаються рибами, а риба використовується в їжу людиною та більшими тваринами. Так замикається ланцюг біологічних змін, пов'язаних із самоочищенням водойм. Якщо розкладання органічних речовин відбувається повністю, а його продукти використовуються для побудови нової органічної матерії, надлишок її постійно видаляється з води. У водоймі встановлюється біологічна рівновага, наслідком якої є чиста вода.

Однією з найважливіших умов, необхідних для перебігу біологічних та біохімічних процесів у процесі самоочищення води, є наявність у ній розчиненого кисню. Якщо кількість кисню достатня для біологічних перетворень органічних забруднень, процес самоочищення води відбувається безперервно з підтриманням у середовищі достатнього вмісту кисню. Якщо кисню у воді міститься недостатньо, його може не вистачити для підтримання життєвих процесів: аеробне середовище в такому разі перетворюється на анаеробне. Органічні сполуки замість окиснення зазнають анаеробного розкладання з виділенням гідрогенсульфіду, метану, водню, оксиду карбону (IV), що призводить до вторинного забруднення водойми.

Швидкість біологічних процесів у водоймі залежить від багатьох факторів. Так, з підвищенням температури вона зростає, що супроводжується швидшою витратою кисню у водоймі. Це спричинює певну небез-

пеку для водойм у разі скидання в них значної кількості стічних вод улітку або теплих стоків. Влітку кисень витрачається значно швидше, ніж узимку.

Евтрофікація водойм

Стічні води з сільськогосподарських полів і тваринницьких ферм та деякі промислові містять у своєму складі багато біогенних речовин — органічних сполук нітрогену та фосфору. Багато азоту і фосфору міститься в побутових стічних водах. У них міститься (в грамах на людину за добу): сполук нітрогену (в перерахунку на N) — 7—8 ; фосфору (в перерахунку на P) — 1,5—1,8; калію (в перерахунку на K) — 3. Зростання вмісту біогенних елементів, особливо фосфатів, у ріках, озерах та інших водоймах спричинює інтенсивний розвиток синьозелених та деяких інших водоростей (цвітіння водойм). Це супроводжується різким зниженням вмісту у воді кисню. Вода стає непридатною для життя, гинуть риба та інші водяні тварини. У водоймах починають переважати анаеробні процеси. Цей процес називають евтрофікацією. *Евтрофікація вод* — накопичення у водоймах органічних речовин під впливом антропогенних факторів (забруднення стічними водами) або з природних причин. Підвищення біологічної продуктивності екосистеми відбувається внаслідок збагачення її поживними речовинами (фосфором, азотом та ін.). Природна евтрофікація спостерігається тисячоліттями, а антропогенна настає набагато швидше, особливо у водоймах з уповільненим обміном води — озерах, ставках, водосховищах тощо. Евтрофікація вод — процес оборотний. Ефективними засобами боротьби з евтрофікацією вод є припинення надходження біогенних елементів у водойми, очищення стічних вод, агротехнічні й лісогосподарські заходи, що зменшують винесення біогенних речовин з площі водозабору, і збагачення киснем води.

Вплив забруднень на життєдіяльність організмів і здоров'я людей

Забруднення рік, озер, морів і океанів набуває загрозливого характеру і в багатьох районах перевищує їх здатність до самоочищення. У результаті зменшуються ресурси прісної води. Вже нині в багатьох країнах та південних районах України спостерігається її нестача. Незадовільне водозабезпечення населення часто є наслідком істотного погіршення якості води, зумовленого антропогенним забрудненням патогенними мікроорганізмами та різними ксенобіотиками господарсько-побутового й техногенного походження. За даними ООН, у світі щороку виробляють до 100 тис. нових хімічних сполук, серед яких близько 15 тис. є потенційними токсикантами. Скидається понад 120 км³ стічних вод за рік, які здатні зробити непридатною для вживання близько 7 тис. км³ чистої води, що в 1,5 раза більше від усього річкового стоку колишнього СРСР упродовж року

(4700 км³). Внаслідок непродуманих і нераціональних рішень створюються загрозові та катастрофічні екологічні ситуації на багатьох акваторіях. До них належать забруднення вод найбільшого прісноводного озера Байкал, катастрофічне обміління озера Арал внаслідок надмірного використання річкових стоків Амудар'ї й Сирдар'ї для поливу бавовняних полів тощо.

Забруднення вод Світового океану нафтою порушує тепло- і вологообмін між атмосферою і океаном, становить загрозу для розвитку флори і фауни. Так, локальні забруднення в Середземному та Північному морях призводять до загибелі сотень тисяч морських птахів, риб, тюленів та інших тварин.

Дуже небезпечні наслідки має біологічне забруднення, особливо в місцях масового відпочинку людей (курортні й рекреаційні зони узбережжя озер, морів та інших водойм). Упродовж останніх років багаторазово закривалися пляжі Чорного та Азовського морів та на багатьох інших водоймах унаслідок виявлення у воді збудників холери, дизентерії, вірусного гепатиту та інших інфекцій.

Вживання мешканцями японської затоки Мінамата риби й крабів, виловлених у забруднених пестицидами водах, спричинило хронічне захворювання центральної нервової системи (хвороба «Мінамата»). Там само, в Японії, забруднення вод кадмієм на рисових плантаціях викликало масове захворювання «ітай-ітай» («ох-ох»), пов'язане з ураженням кісткової системи людини. Щороку від таких хвороб, як холера, дизентерія, більгаріоз, онхоцеркоз та ін., що передаються через воду, у світі вмирає до 50 тис. чоловік. Спалахи холери відмічалися в країнах Африки (Танзанія і Мозамбік). Встановлено, що близько 80 % хвороб у світі зумовлено незадовільною якістю води. Від хвороб, пов'язаних з водою, потерпає близько половини населення планети.

7.5. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН

Під забруднювальними воду речовинами розуміють такі, вміст яких у воді зумовлює порушення норма якості води. Згідно з класифікацією, запропонованою Л. А. Кульським, забруднювальні речовини за їх фазово-дисперсним станом і відношенням до дисперсійного середовища поділяють на чотири групи. Домішки перших двох груп (крім високомолекулярних сполук) утворюють термодинамічно нестійкі гетерогенні системи, а двох інших — термодинамічно рівноважні оборотні гомогенні системи (див. схему на с. 171).

До *першої групи* належать не розчинні у воді зависі, а також бактерії та планктон. Вони кінетично нестійкі і підтримуються у завислому стані динамічними силами водяного потоку. В стані спокою зависі осідають. Розмір їх часточок становить 10^{-3} — 10^{-7} м.

Друга група домішок поєднує гідрофільні й гідрофобні мінеральні та органічно-мінеральні колоїдні часточки ґрунтів, недисоційовані і нерозчинні форми високомолекулярних гумусових речовин, детергенти та інші речо-

Класифікація забруднювальних речовин у природних і стічних водах

Система	Гетерогенна				Гомогенна		
Група	Перша		Друга		Третя	Четверта	
Фізико-хімічна характеристика	Суспензії та емульсії		Колоїдно-розчинні речовини		Молекулярно-розчинні речовини	Речовини, дисоційовані на йони	
Розміри, м	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Основні представники	Тонкі зависі Крупні зависі		Гідрофобні колоїди		Розчинені гази	Катіони	
	Планктон		Гумінові речовини		Органічні речовини	Аніони	
	Бактерії		Віруси		Органічні електроліти		
Методи контролю	Ультрамікроскоп				Електропровідність		
	Мікроскоп		Електронний мікроскоп				
	Пори фільтрів: паперових		Пори гіперфільтраційних мембран				
	Седиментаційний аналіз		Діаліз Релєєвське розсіювання		Поглинання світла в ультрафіолетовій і видимій частинах спектра		

вони. До цієї групи належать також віруси і мікроорганізми, які за своїми розмірами близькі до колоїдних часточок. Розміри дисперсних часточок знаходяться в межах 10^{-7} — 10^{-9} м. Кінетична стійкість гідрофобних домішок характеризується співвідношенням сил гравітаційного поля і броунівського руху. Агрегативна стійкість їх зумовлена електростатичним станом міжфазної поверхні і утворенням на поверхні частинок стабілізуювальних шарів.

Третя група забруднювальних домішок включає молекулярно-розчинні сполуки розміром менш ніж 10^{-9} м. До неї відносять розчинені гази, органічні речовини біологічного походження та інші домішки, що можуть міститися в складі промислових і господарсько-побутових стоків. У водному середовищі можливий перебіг двох процесів: сполучення різнорідних молекул (гідратація) і сполучення однорідних молекул (асоціація). Молекулярно-розчинні речовини здатні за рахунок водневих зв'язків утворювати з водою неміцні сполуки, що існують лише в розчині. Велике значення ці зв'язки мають також при асоціації молекул розчиненої речовини. Необхідною умовою їх виникнення є достатня полярність валентних зв'язків гідрогену у вихідних речовинах.

До четвертої групи забруднювальних домішок належать електроліти — речовини з йонним або сильно полярним зв'язком, які під впливом полярних молекул води дисоціюють на йони. Кристалічні структури цих речовин руйнуються переважно в результаті процесу гідратації.

Для кожної групи домішок можна виділити деякі специфічні фізико-хімічні методи контролю їх вмісту. При цьому враховують розмір часточок, рухливість в електричному полі, взаємодію зі світловим випромінюванням, кінетичну нестійкість системи «вода — домішка» та інші особливості.

7.6. КОНТРОЛЬ І УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ВОДИ

Рациональне використання і відтворення водних ресурсів та екосистем має бути спрямоване на забезпечення стійкого функціонування водних екосистем, захист, збереження та відновлення водних ресурсів поверхневих, підземних і морських вод. Це здійснюють з метою забезпечення безпечного для життя і здоров'я населення використання водних об'єктів, достатніх водних ресурсів для потреб комунального, сільського та рибного господарства, промисловості, енергетики й транспорту.

Контроль і управління якістю води є одним із засобів санітарної охорони водойм від антропогенних забруднень та забезпечення максимальної продуктивності водних екосистем і раціонального використання водних ресурсів. Основним завданням інженера-технолога є економне використання чистої води та запобігання забрудненню водойм промисловими стоками.

Ступінь допустимого забруднення води у водоймах, що визначається її фізичними властивостями і здатністю до нейтралізації домішок та самоочищення, розглядають як *гранично допустиме навантаження на водойму (ГДН)*. Оскільки в результаті споживання води її ресурси зменшуються і можливі ушкодження екосистем або можливе використання водойм для купання, рибальства та відпочинку, обмеження навантаження тільки з погляду потрапляння у воду промислових забруднень є недостатнім. У цих випадках потрібно розробляти нормативи *гранично допустимого екологічного навантаження на водойму (ГДЕН)*.

Відповідно до регламенту водокористування «Правила охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами» допустиме навантаження на водойму ($C_{\text{доп}}$) визначається як різниця між установленим нормативним навантаженням (тобто можливістю) та існуючим ($C_{\text{існ}}$). Так, якщо під нормативним навантаженням розуміють концентрацію деякої речовини ($C_{\text{норм}}$), то можливість скидання цієї речовини у водойму ($C_{\text{доп}}$) становить

$$C_{\text{доп}} = C_{\text{норм}} - C_{\text{існ}}$$

Якщо показники складу і властивостей води у водоймі змінилися в результаті виробничої діяльності та побутового використання і стали непридатними для одного з видів водокористування, таку водойму

вважають забрудненою. Якщо різні домішки перебувають у межах, допустимих нормативами, водойму вважають не забрудненою.

Поняття «забрудненість води» не є абсолютним. Воно стосується певного місця водойми і конкретного водокористувача. Тому водний об'єкт поза місцем водокористувача не вважають забрудненим навіть у разі повної руйнації екосистеми внаслідок скидання шкідливих речовин. Незважаючи на те що подібний підхід розглядається поки що як об'єктивно необхідний (з технічних причин повністю припинити скидання відходів виробництва у водойми неможливо), з екологічного погляду він зовсім не правомірний. Звідси випливає правило — порада інженеру виробництва: незалежно від того, забезпечується чи не забезпечується нормативне навантаження на водний об'єкт в установленому місці водокористування, інженер зобов'язаний ужити всіх технічно допустимих заходів для того, аби звести до мінімуму скидання шкідливих речовин від технологічних процесів.

7.7. НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ВОДИ

Під забрудненістю розуміють такий стан водного об'єкта в офіційно встановленому місці його використання, за якого спостерігається відхилення від норми в бік збільшення вмісту тих чи інших компонентів. Критерієм забрудненості води є погіршення її якості внаслідок зміни хімічного складу, органолептичних властивостей і вмісту шкідливих для людей та рослинних і тваринних організмів речовин, а також підвищення температури води, що несприятливо впливає на умови життєдіяльності водяних організмів. *Водоохоронними* називають заходи, вжиття яких забезпечує дотримання норм якості води у водоймі. Розрізняють п'ять основних аспектів водоохоронних заходів: юридичний, організаційний, екологічний, економічний і технічний. Основна нормативна вимога до якості води у водоймі — збереження встановлених гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин.

Склад і властивості води у водоймах мають відповідати нормативам у контрольному створі (контрольний створ — поперечний перетин водотоку, в якому здійснюється контроль за якістю води), закладеному на водотоках, на відстані одного кілометра вище від найближчого за течією пункту водокористувача (господарсько-питне водопостачання, місця купання, організованого відпочинку, територія населеного пункту тощо), а на непроточних водоймах — на відстані одного кілометра по обидва боки від пункту водокористувача. У багатьох випадках стічні води скидають у межах міської забудови. Отже, першим пунктом водокористування в цьому випадку є населений пункт. Тому стічні води слід очищати або розбавляти перед скиданням у водойму чи розсіювати відразу після випускання до встановлених нормативів ГДК.

Як і для забрудників атмосферного повітря, для води встановлено окреме нормування якості води. Принцип розподілу тут інший і пов'язаний

з категорією водокористувачів. Останніх поділяють на дві категорії: використання води для задоволення потреб населення та для рибогосподарських цілей. Відповідно встановлено два види нормативів. *Санітарно-гігієнічні нормативи* якості води (для потреб населення) — науково обгрунтовані величини концентрації забруднювальних речовин та показники якості води (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні), які не впливають прямо або опосередковано на життя та здоров'я населення. *Рибогосподарські нормативи* якості води — це науково обгрунтовані величини концентрації забруднювальних речовин та показники якості води (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні), які не впливають на збереження і відтворення промислово цінних видів риб. Для потреб населення, підприємств харчової промисловості та культурно-побутових цілей (купання, відпочинок) використовують воду господарсько-питного призначення. Вода для рибогосподарських цілей має відповідати умовам життєдіяльності цінних порід риб, що мають високу чутливість до вмісту у воді кисню.

Гранично допустимі концентрації деяких речовин у питній воді та воді для рибогосподарського призначення наведено в табл. 7.1. Лімітуючі показники шкідливості забруднювальних домішок стічних вод установлюють за санітарно-токсикологічним, загальносанітарним, органолептичним та бактеріологічним показниками.

Органолептичні показники визначають за запахом, смаком, кольором, кількістю завислих речовин, рН, загальною твердістю, загальною мінералізацією, сухим залишком, вмістом магнію, мангану, заліза, хлоридів, сульфатів, нафтопродуктів тощо. Питна вода має містити не більш як 1 г/л (в деяких випадках допускається 1,5 г/л) солей. Вона не повинна містити гідрогенсульфід і метан, що надають їй неприємного запаху і смаку. Вміст солей кальцію і магнію зумовлює твердість води. Загальна твердість води має становити 7—10 ммоль · екв/л.

Важливим показником є прозорість води, яка зумовлює інтенсивність фотосинтезу, глибину проникнення світла в товщу води. Прозорість залежить від каламутності води, тобто від вмісту в ній завислих речовин. Водневий показник, або концентрація йонів водню (рН), визначає кислотність чи лужність води. При рН = 7 вода нейтральна, рН < 7 — кисла і рН > 7 — лужна. Водневий показник питної води має становити 6,5—8,5.

Токсикологічні властивості води визначають за вмістом азоту (аміаку, нітратів, нітритів), фтору, СПАР (сполук поверхнево-активних речовин), фенолу, ціанідів, міді, свинцю, цинку, хлору, нікелю, цезію-137 і стронцію-90. Санітарні показники оцінюють за вмістом розчиненого кисню, хімічним споживанням кисню (ХСК) та біологічним споживанням кисню (БСК).

Бактеріологічні показники визначають за вмістом бактерій, які поділяють на сапрофітних (не шкідливі для людини, інколи навіть корисні) та патогенних (хвороботворні). Оскільки патогенні бактерії виділити із всієї маси мікроорганізмів складно, то для оцінки якості води користуються

Таблиця 7.1. Гранично допустимі концентрації деяких домішок у водоймах господарсько-побутового водокористування

Домішки	Лімітуючий показник	ГДК шкідливих домішок у водоймах, мг/л	
		господарсько-побутового призначення	рибогосподарських
Аміак (у перерахунку на азот)	Загальносанітарний	2,0	0,1
Арсен [As(III)], крім органічних сполук	Санітарно-токсикологічний	0,05	0,05
Каламутність	Загальносанітарний	1,5	—
Солі амонію (в перерахунку на NH ₄ ⁺)	— « —	—	5,0
Бензин	Органолептичний	0,1	—
Бензол	Санітарно-токсикологічний	—	—
Берилій (Be)	— « —	0,5	—
ДДТ технічний	— « —	0,0002	—
Дихлоретан	Органолептичний	0,2	0,0
Залізо [Fe(II)]	— « —	2,0	—
Кобальт (Co ²⁺)	— « —	0,5	—
	Санітарно-токсикологічний	—	—
Магній (Mg ²⁺)	Загальносанітарний	1,0	0,01
Мідь (Cu ²⁺)	— « —	—	50,0
Нітрати за азотом	— « —	0,1	0,01
	Санітарно-токсикологічний	—	—
Поліакриламід	— « —	10,0	—
Свинець (Pb)	— « —	2,0	—
Гідрогенсульфід	— « —	0,1	0,01
Сульфідиди	Органолептичний	1,0	1,0
Нафтосірковмісна	Загальносанітарний	0,0	—
	Органолептичний	0,1	0,05

мікробним числом (загальне число бактерій в 1 см³ води) і колі-індексом (кількість кишкових паличок в 1 см³ води) або колі-титром (об'єм води в кубічних сантиметрах, що припадає на одну кишкову паличку).

Допустимі концентрації радіонуклідів у поверхневих водах встановлюють виходячи з умови, щоб у разі потрапляння радіонуклідів в організм щодня впродовж усього життя створювалося внутрішнє опромінення, безпечне для людини. Важкорозчинні радіонукліди, потрапляючи в травний канал, легко надходять у кров, розносячись по всьому організму, накопичуються в печінці, кісткових тканинах, щитоподібній залозі тощо.

Гранично допустимі концентрації деяких радіонуклідів у воді відкритих водойм наведено в табл. 7.2.

Різні категорії водокористувачів висувають неоднакові вимоги до якості води. Так, наявність пестициду гексахлорану в господарсько-питній воді не повинна перевищувати 0,02 мг/л, тоді як у воді для рибогосподарських

Таблиця 7.2. ГДК деяких радіонуклідів у воді відкритих водойм

Радіо-нуклід	Критичний орган	ГДК, Бк/кг	Радіо-нуклід	Критичний орган	ГДК, Бк/кг
³² P	Кров	$1,8 \cdot 10$	⁹⁰ Sr	Кісткова тканина	1,1
⁵⁶ Fe	Кров	$3,70 \cdot 10$	¹³¹ I	Щитоподібна залоза	22,2
⁶⁴ Cu	Печінка	$2,20 \cdot 10$	¹⁴⁰ Ba	Кісткова тканина	$2,59 \cdot 10^2$
⁸⁹ Sr	Кісткова тканина	$1,11 \cdot 10$	¹⁴⁴ Ce	Травний канал	$1,1 \cdot 10^2$
¹³⁷ Cs	М'язова тканина	$3,70 \cdot 10$			

цілей його вміст зовсім не допускається. Це пояснюється зростаючим накопиченням цієї речовини в ланках ланцюга живлення. Деякі домішки небезпечні в разі потрапляння в травний канал, тоді як інші — при контактній дії. Відповідно наявність перших обмежує можливість використання води для приготування їжі та пиття (санітарно-токсикологічне обмеження), а других — купання (санітарне обмеження).

Деякі речовини шкідливі у відносно високих концентраціях саме під час контактної або органолептичної дії, тому їх ГДК у господарсько-питній воді значно вища із загальносанітарного погляду. Проте у воді для рибогосподарських цілей вони небезпечні для іхтіофауни, відповідно, норми ГДК на ці речовини тут вимогливіші. Так, для господарсько-питної води ГДК аміаку (за азотом) становить 2 мг/л, тоді як для води рибогосподарського призначення — у 40 разів менша. Нафтопродукти належать до слабкоотруйних речовин, проте вони мають різкий запах, тому в основу обмежень тут закладають органолептичні властивості води (ГДК — 0,3 мг/л). Проте м'ясо риби, що мешкає в забрудненій нафтою воді, має більш різкий запах. Крім того, нафта токсична для ікри, мальків і личинок. Тому у водоймах для розведення риби вміст нафти має бути меншим (0,05 мг/л).

Для води культурно-побутового та господарсько-питного призначення в основу нормування покладені переважно санітарно-токсикологічні, загальносанітарні та органолептичні обмеження, а для води рибогосподарського призначення — рибогосподарські, токсикологічні і почасти органолептичні ліміти. Всього для води господарсько-питного призначення встановлені ГДК для 640 речовин, рибогосподарського призначення — для 147 речовин.

У 1997 р. Міністерство охорони здоров'я України з метою забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення затвердило Державні санітарні правила і норми (СанПіН) «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання», де сформульовані жорсткіші вимоги щодо вмісту забруднювальних речовин, які за своїми показниками наближаються до нормативів Всесвітньої організації охорони здоров'я (табл. 7.3).

Одного дотримання гранично допустимих концентрацій недостатньо для забезпечення якості води. Для гарантування якості води в створі во-

Таблиця 7.3. Показники якості питної води

№ пор.	Показник	Одиниця	Норматив, не більше	Клас небезпеки
<i>Неорганічні компоненти — токсикологічні показники</i>				
1	Алюміній	мг/дм ³	0,2(0,5)	2
2	Барій	мг/дм ³	0,1	2
3	Арсен	мг/дм ³	0,01	2
4	Селен	мг/дм ³	0,01	2
5	Свинець	мг/дм ³	0,01	2
6	Нікель	мг/дм ³	0,1	3
7	Нітрати	мг/дм ³	45,0	3
8	Фтор	мг/дм ³	1,5	3
<i>Органічні компоненти</i>				
1	Тригалометани (ТГМ, сума)	мг/дм ³	0,1	2
2	Хлороформ	мг/дм ³	0,06	2
3	Дибромхлорметан	мг/дм ³	0,01	2
4	Тетрахлоркарбон	мг/дм ³	0,002	2
5	Пестициди (сума)	мг/дм ³	0,001	—
<i>Інтегральні показники</i>				
1	Окиснюваність (К ₂ МпО ₄)	мг/дм ³	4,0	—
2	Загальний органічний вуглець	мг/дм ³	4,0	—
<i>Органолептичні показники</i>				
1	Запах	ПР	2	—
2	Каламутність	НОМ	0,5(1,5)	—
3	Кольоровість	град	20(35)	—
4	Присмак	ПР	2	—
5	Водневий показник, рН, у діапазоні	Одиниці рН	6,5—8,5	—
6	Мінералізація загальна (сухий залишок)	мг/дм ³	1000(1500)	—
7	Твердість загальна	ммоль · екв/дм ³	7(10)	—
8	Сульфати	мг/дм ³	250(500)	4
9	Хлориди	мг/дм ³	250(350)	4
10	Мідь	мг/дм ³	1,0	3
11	Манган	мг/дм ³	0,1	3
12	Залізо	мг/дм ³	0,3	3
13	Хлорофеноли	мг/дм ³	0,0003	4
<i>Показники радіаційної безпеки</i>				
1	Загальна об'ємна активність альфа-випромінювачів	Бк/дм ³	0,1	—

№ пор.	Показник	Одиниця	Норматив, не більше	Клас небезпеки
2	Загальна об'ємна активність бета-випромінювачів	Бк/дм ³	1,0	—
<i>Мікробіологічні показники безпеки</i>				
1	Число бактерій в 1 см ³ води, що досліджується (ЗМЧ)	Колонієутворювальних одиниць (мікроорганізмів)/см ³ , КУО/см ³	100	—
2	Число бактерій групи кишкових паличок (коліформних мікроорганізмів) в 1 см ³ води, що досліджується (індекс БГКП)	Колонієутворювальних одиниць (мікроорганізмів)/дм ³ , КУО/дм ³	3	—
3	Число термостабільних кишкових паличок (фекальних коліформ — індекс Фк) в 100 см ³ води, що досліджується	Колонієутворювальних одиниць (мікроорганізмів)/100 см ³ , КУО/100 см ³	—	—
4	Число патогенних мікроорганізмів в 1дм ³ води, що досліджується	Колонієутворювальних одиниць (мікроорганізмів)/дм ³ , КУО/дм ³	—	—
5	Число коліфагів в 1дм ³ води, що досліджується	Бляшкоутворювальних одиниць /дм ³ , БУО/дм ³	—	—
<i>Паразитологічні показники безпеки</i>				
1	Число патогенних кишкових найпростіших у 25 дм ³ води, що досліджується	Штук (клітин, цист)/25 дм ³	—	—
2	Число кишкових гельмінтів у 25 дм ³ води, що досліджується	Штук (клітин, яєць, личинок)/25 дм ³	—	—

докористування і водоспоживання для кожного підприємства встановлюють *гранично допустиме скидання (ГДС)* шкідливих речовин. ГДС — це маса речовини у зворотній воді (вода зворотна — вода, що повертається за допомогою технічних споруд і засобів з господарської ланки колообігу води в його природні ланки у вигляді стічної, шахтної, кар'єрної чи дренажної), максимально допустима до відведення з установленим режимом у певному пункті водного об'єкта за одиницю часу з метою забезпечення

норм якості води в контрольному створі або непогіршення природного складу і властивостей води, які сформувалися, якщо вони гірші за нормативні.

У разі скидів, пов'язаних з плановим ремонтом каналізаційних мереж і споруд підприємствами, що експлуатують комунальні системи каналізації, встановлюється тимчасово узгоджений природоохоронними органами (на період скиду) обсяг зворотних вод та їх концентрацій (ТУС). *Тимчасово-узгоджений скид (ТУС)* — маса речовин у зворотній воді, тимчасово допустима до відведення у водний об'єкт за поетапного досягнення ГДС. ГДС виражають у грамах за секунду і визначають за формулою

$$\text{ГДС} = C_{\text{ст}} q,$$

де $C_{\text{ст}}$ — максимально допустима концентрація забруднювальної речовини в стічній воді, мг/л; q — витрата стічних вод, м³/с. ГДС встановлюють з урахуванням ГДК шкідливих речовин у місцях водокористування, здатності водойми до самоочищення та оптимального розподілу маси речовин, що скидаються.

Якщо у водойму скидають кілька речовин з однаковим лімітуючим показником шкідливості і з урахуванням домішок, що надходять сюди з розташованих вище випусків, сума відношень фактичних концентрацій цих речовин (C_1, C_2, \dots, C_n) до відповідних ГДК ($\text{ГДК}_1, \text{ГДК}_2, \dots, \text{ГДК}_n$) не повинна перевищувати одиниці, тобто $C_1/\text{ГДК}_1 + C_2/\text{ГДК}_2 + \dots + C_n/\text{ГДК}_n \leq 1$.

Забруднення, які містяться в промислових стоках, здатні окиснюватися в природних водах, що пов'язано зі споживанням розчиненого у воді кисню. Це може призвести до його нестачі у воді та евтрофікації водойми. За хімічним складом і кількістю домішок у воді розраховують потребу в кисні на окиснення і визначають ступінь загрози евтрофікації. Для цього використовують такі показники, як хімічне (ХСК) і біологічне (БСК) споживання кисню, які контролюються санітарними лабораторіями підприємств.

ХСК — це кількість кисню в міліграмах або грамах на один літр води, потрібна для окиснення вуглецевмісних речовин до CO_2 , H_2O , і NO_3 , сірковмісних — до сульфатів, а фосфоровмісних — до фосфатів. **БСК** — кількість кисню, що витрачається за певний проміжок часу на аеробне біохімічне окиснення (розкладання) нестійких органічних сполук, які містяться в аналізованій воді. БСК визначають для різних проміжків часу: за 5 діб (БСК₅), за 20 діб (БСК₂₀), а також незалежно від часу — на повне окиснення органіки (БСК_{пов}). Розмірність ХСК і БСК однакова: міліграми кисню на літр (мг O_2 /л). Отже, ХСК визначається як кількість кисню, що витрачається на хімічне окиснення органічних і неорганічних сполук, які містяться у воді, під дією окисників. БСК визначається як кількість кисню, що споживається для біохімічного окиснення речовин, які містяться у воді, в аеробних умовах. Тому ХСК і БСК можна розглядати як міру загрози антропогенної евтрофікації водойми.

7.8. УМОВИ СКИДАННЯ СТИЧНИХ ВОД У ВОДОЙМИ

Розглянемо загальні вимоги до складу та властивостей води господарсько-питного призначення при скиданні у водойму стічних вод.

1. Водойма не повинна мати на поверхні води плівок будь-якого характеру.

2. Вміст завислих речовин не повинен перевищувати 15 мг/л.

3. Вода не повинна мати запахів і присмаків інтенсивністю понад два бали. Інтенсивність запахів і присмаків за балами розподіляється так:

Інтенсивність присмаку або запаху	Ніякого	Дуже слабкий	Слабкий	Помітний	Виразний	Дуже сильний
Бал	0	1	2	3	4	5

Зазвичай виокремлюють такі види запахів: ароматний (квітковий, огірковий), земляний, болотний, гнильний, деревинний, цвільовий, хлорний, нафтовий, фенольний, сірководневий, непевний (не схожий на жоден із зазначених запахів). Смак розрізняють гіркий, кислий і солоний. Усі інші смакові відчуття кваліфікують як присмаки.

4. Вода не повинна мати забарвлення при розгляданні її в стовпчику заввишки 20 см. Кольоровість води за платино-кобальтовою або імітувальною шкалою не повинна перевищувати 20 град. В окремих випадках допускається до 35 град. (один градус кольоровості відповідає вмісту в 1 л розчину 2,49 мг хлорплатинату калію і 2,018 мг хлориду кобальту).

5. Температура води в результаті скидання стічних вод не повинна підвищуватися влітку більш як на 3 °С, взимку — більш як на 5 °С порівняно з максимальною природною температурою в цю пору року.

6. Реакція води має залишатися в межах рН = 6,5...8,5, тобто бути слабкокислою, нейтральною або слабколужною.

7. Мінеральний склад за сухим залишком не повинен перевищувати 1000 мг/л (в окремих випадках допускається до 1500 мг/л), у тому числі хлоридів — 300, сульфатів — 500, нітратів (за азотом) — 10 мг/л, загальна твердість — 7—10 ммоль · екв/л.

8. Вміст розчиненого кисню має становити не менш як 4 мг/л у будь-який період року в пробі, відібраній до 12 год дня.

9. Біохімічне споживання кисню (БСК₅) при 20 °С не повинно перевищувати 15 мг О₂/л. У чистих водоймах БСК не перевищує 2 мг О₂/л, у забруднених може досягати 50 мг О₂/л.

10. ХСК для побутового водокористування не повинно перевищувати 80 мг О₂/л.

11. У воді не повинно бути збудників хвороб. Стічні води перед скиданням у водойму слід знезаражувати.

12. Отруйні речовини не повинні міститися в концентраціях, які можуть завдати шкоди здоров'ю людини.

Крім нормативних вимог до якості води у водоймах підприємства повинні незаперечно виконувати виробничі обмеження на скидання стічних вод. Забороняється скидати у водойми такі види стічних вод: 1) води, які за використання раціональної технології можуть бути максимально використані в системах оборотного водопостачання або організації безстічних виробництв; 2) води з цінними домішками, які необхідно утилізувати; 3) води, що містять виробничу сировину, реагенти, напівпродукти та кінцеві продукти виробництва в кількостях, які перевищують установлені нормативи технологічних витрат; 4) води, що містять шкідливі речовини, для яких не встановлені ГДК; 5) води, які з урахуванням їх складу та місцевих умов можуть бути використані для зрошення в сільському господарстві за умови дотримання санітарних вимог.

Не допускається скидання у водойми кубових залишків і технологічних відходів. Встановлені обмеження поширюються і на зливову каналізацію, що відводить атмосферну воду з промислових ділянок, товарно-сировинних баз та інших територій, стік з яких може спричинити забруднення водойм.

Розрахунок концентрації шкідливої речовини в місці водокористування

Контроль і управління якістю води у водоймах передбачає вирішення таких завдань: 1) визначення необхідного ступеня очищення стічних вод; 2) встановлення достатнього ступеня розбавлення стічних вод для того, щоб у пункті водокористування домішки розсіювалися до безпечних концентрацій; 3) прогнозування якості води на певну перспективу. Ці завдання вирішують для водотоків і непроточних водойм. Розглянемо це для водотоків.

Розрахунок складу забруднень стічних вод. Для розрахунку середньої концентрації забруднень одного показника шкідливості, за наявності кількох потоків стічних вод, потрібні дані про витрати кожного потоку q_i і вміст у ньому домішки C_i :

$$C_{\text{сеп}} = (q_1 C_1 + q_2 C_2 + \dots + q_n C_n) / (q_1 + q_2 + \dots + q_n). \quad (7.1)$$

Порівнюючи розрахункове значення $C_{\text{сеп}}$ і гранично допустиму концентрацію (ГДК) цієї речовини у воді водного об'єкта, встановлюють, чи можливе скидання у водойми неочищених стічних вод, чи необхідне їх попереднє очищення. Залежно від величини $C_{\text{сеп}}$ і необхідної глибини очищення вибирають відповідний метод знешкодження стічних вод.

Визначення умов скидання стічних вод у водойму. Балансове рівняння змішування стічних вод з природними записують у такому вигляді:

$$q C_{\text{ст}}^{\text{з}} + a Q C_p = (q + a Q) C_{\text{ГДК}}, \quad (7.2)$$

де q — витрати стічних вод, м³/добу; Q — найменші середньомісячні витрати ріки, м³/добу; $C_{\text{ст}}^{\text{з}}$ — допустима концентрація забруднювальної

речовини в стічних водах, мг/л; C_p — концентрація тієї самої забруднювальної речовини в річці, мг/л; $C_{ГДК}$ — санітарний норматив забруднювальної речовини у воді водойми, мг/л; a — коефіцієнт змішування стічних вод з водою ріки.

Розв'язуючи рівняння відносно $C_{ст}^g$, дістанемо вираз

$$C_{ст}^g = aQ(C_{ГДК} - C_p)/q + C_{ГДК}, \quad (7.3)$$

який дає змогу визначити допустиму концентрацію забруднювальних речовин у стічних водах перед скиданням у водойму і визначити необхідний ступінь очищення E за співвідношенням

$$E = 100(C_{ст} - C_{ст}^g)/C_{ст}, (\%), \quad (7.4)$$

де $C_{ст}$ — фактична концентрація забруднення в стічних водах, мг/л.

У разі високого забруднення води водойми, тобто при $C_p \geq C_{ГДК}$, рівняння (7.3) набуває вигляду

$$C_{ст}^g \leq C_{ГДК}. \quad (7.5)$$

У цьому випадку вимоги до стоків будуть такими самими, як до водойми в місці скидання стічних вод (у розрахунковому створі).

Друге завдання — визначення максимальної граничної концентрації полютанта ($C_{мг}$), яку можна допустити в стоках перед скиданням (ГДК в пункті водоспоживання). Її значення визначають за формулою

$$C_{мг} = aQ(GDK - C_p)/q + GDK. \quad (7.6)$$

Отже, $C_{мг}$ беруть за основу при вжитті заходів санітарної охорони водойм. За допомогою цього рівняння можна визначити умови, за яких розбавлення стоків у водоймі неможливе, і скидання повинно виключатися. Якщо вода нижче від місця скидання вже забруднена так, що

$$C_{мг} = C_{ГДК}, \text{ або } [C_{мг} + aQ/q(GDK - C_p)] > GDK,$$

то в цих умовах скидання стічних вод не допускається, навіть якщо нормативні вимоги до води водойми віднести до стічних вод.

Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод за вмістом завислих речовин. Допустимий вміст завислих речовин ($C_{ст}^g$) в очищуваних стічних водах, які скидають у водойми, розраховують виходячи з балансу забруднень з урахуванням розбавлення стоків водою ріки за рівнянням

$$C_{ст}^g = C_{доп}(aQ/q + 1) + C_p, \quad (7.7)$$

де $C_{доп}$ — допустиме збільшення вмісту завислих речовин у водоймі в результаті скидання стічних вод, мг/л (вміст завислих речовин не повинен зростати більш ніж на 0,25 для господарсько-питного і на 0,75 мг/л — для культурно-побутового водозабезпечення); C_p — концентрація завислих речовин у водоймі до скидання стічних вод, мг/л; a — коефіцієнт змішування стічних вод з водою водойми; Q — найменша середньомісячна витрата води, м³/с; q — витрати стічних вод, м³/с.

Необхідний ступінь очищення розраховують за формулою

$$E = (C_{ст} - C_{ст}^z) / E_{ст} \cdot 100 \%, \quad (7.8)$$

де $C_{ст}$ — концентрація завислих речовин у стічних водах до очищення, мг/л.

7.9. ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО СТУПЕНЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Ступінь очищення або розбавлення стічних вод перед їх скиданням у водойму визначають після встановлення величини α за рівнянням Фролова—Родзіллера:

$$\alpha = (1 - \beta) / (1 + Q/q \beta), \quad (7.9)$$

де $\beta = e^{-\alpha} \sqrt[3]{L}$; L — відстань за фарватером від місця скидання стічних вод до найближчого створу водокористування, м; α — коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування, визначається за формулою

$$\alpha = \varepsilon \varphi \sqrt[3]{E/q}, \quad (7.10)$$

де φ — відношення відстаней між місцями скидання і водокористування за фарватером по прямій лінії; ε приймають таким, що дорівнює 1 за берегового і 1,5 — за стрижневого скидання стічних вод; E — коефіцієнт турбулентної дифузії, що для рівнинних рік становить

$$E = V_{сер} H_{сер} / 200, \quad (7.11)$$

де $V_{сер}$ — середня швидкість течії ріки, м/год; $H_{сер}$ — середня глибина русла, м. Остаточна кратність необхідного розбавлення стічних вод дорівнює

$$n = (a + Q + q) / q. \quad (7.12)$$

У разі скидання стічних вод у непроточні водойми (озера, водосховища тощо) використовують метод М. А. Руффеля, за яким повне розбавлення стічних вод ($n_{пов}$) є результатом сумісного впливу початкового розбавлення ($n_{поч}$), що відбувається в місці випускання у водоймі за рахунок швидкості вихідного струменя, і основного ($n_{осн}$), що здійснюється під час подальшого протікання струменя:

$$n_{пов} = n_{поч} n_{осн}. \quad (7.13)$$

Величину $n_{поч}$ визначають за додатковими формулами, різними для поверхневого й глибинного випускання, а $n_{осн}$ — за графіками-номограмами, наведеними в довідниках.

З екологічного погляду розбавлення стічних вод перед скиданням у водойми є недосконалим технологічним прийомом, який не зменшує скидання забруднювальних речовин. Тому ним варто користуватися в окремих випадках, коли кількість забруднювальних речовин незначна і на підприємстві невеликий об'єм стічних вод.

7.10. ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Для виконання всіх зазначених вище вимог стічні води перед скиданням у водойми слід очищати. Всі методи очищення поділяють на три основні групи — механічні й механохімічні, хімічні й фізико-хімічні та біохімічні (див. схему на с. 185).

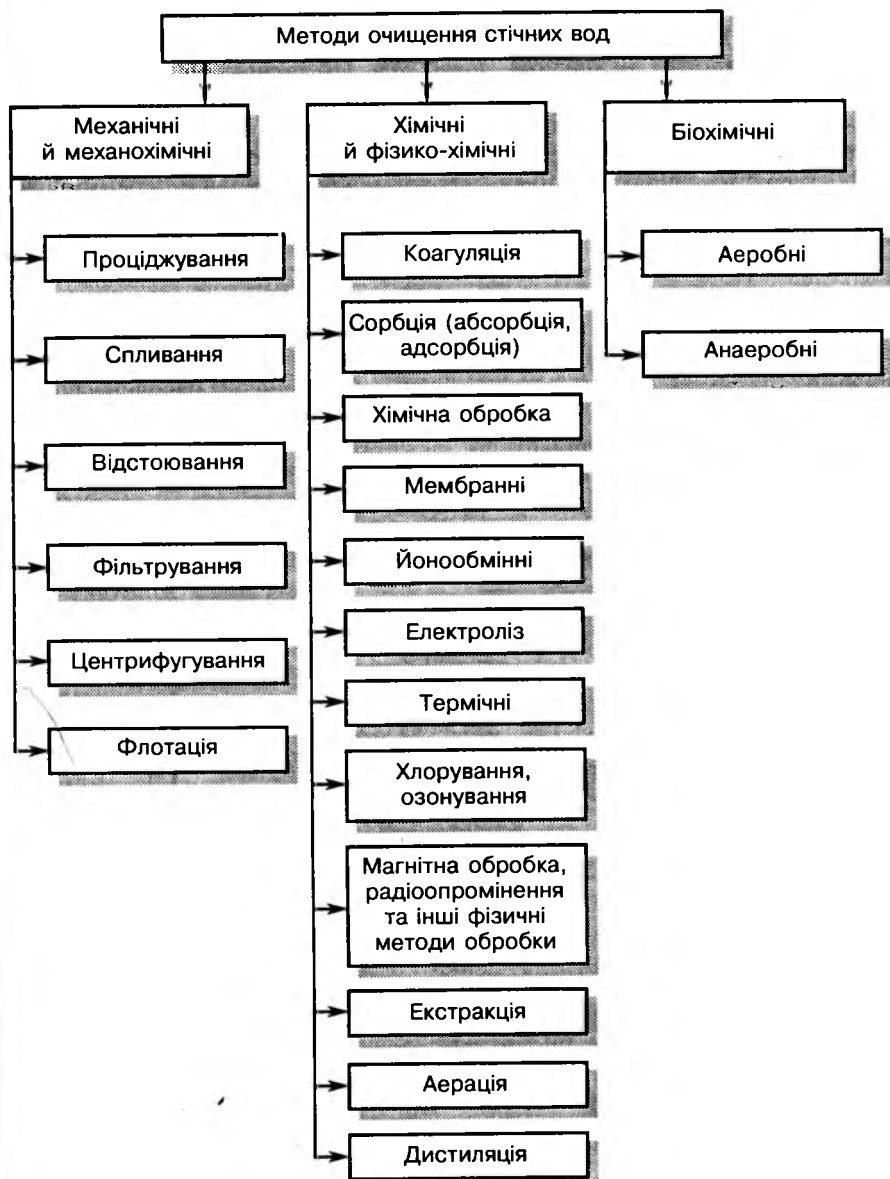
Систематизація забруднювальних домішок на основі їх дисперсного стану та фізико-хімічних властивостей дає змогу згрупувати всі способи очищення також у чотири групи, як і власне домішки. Вихідні положення цього принципу можна сформулювати так: 1) фазово-дисперсний стан домішок води зумовлює їх поведінку в процесі очищення; 2) кожному фазово-дисперсному стану забруднювальних домішок відповідає сукупність методів, що дає змогу досягти необхідних якісних показників очищеної води зміною цього стану або без зміни його.

В основу технології очищення води від домішок кожної групи закладені процеси, що відбуваються під дією сил, які найефективніше впливають на цю дисперсну систему. Так, для видалення гетерофазних домішок першої групи рекомендують такі процеси: механічне розділення в гравітаційному полі або під дією відцентрових сил, а також фільтрування крізь пористі завантаження й дрібну сітку; адгезія на високодисперсних і зернистих матеріалах, а також гідроксидах алюмінію або феруму і глинистих мінералах; агрегація флокулянтами; флотація домішок тощо; для патогенних організмів — бактерицидна дія. При цьому комплекс очисних споруд включає відстоювання, фільтрування, мікропроціджування, центрифугування та безреагентну флотацію.

Відстоювання використовують для вилучення зі стічних вод завислих грубодисперсних домішок, наприклад глинистих часточок, концентрацією до 500 мг/л, які можуть мати кольоровість 50 град. Для цього використовують відстійники різних конструкцій: вертикальні, горизонтальні та радіальні. Великі горизонтальні відстійники будують із залізобетону завдовжки до 36 м, завширшки від 6 до 18 м і завглибшки до 5 м. Радіальні відстійники (рис. 7.1) мають діаметр від 18 до 60 м і глибину до 6 м. Тривалість відстоювання становить близько 1,5 год. Горизонтальні відстійники застосовують у разі витрати стічних вод, що становить до 20 тис. м³ на добу, радіальні — понад 20 тис. м³.

Для видалення завислих забруднювальних речовин концентрацією до 50 мг/л, які мають кольоровість до 50 град, використовують повільні фільтри. Попередні фільтри застосовують для видалення завислих домішок концентрацією до 1000 мг/л і кольоровістю до 50 град. Планктон за вмісту понад 1000 кл/см³ і зависі видаляють за допомогою мікрофільтрів. Для видалення грубодисперсних домішок застосовують безперервно діючі центрифуги та гідроциклони. *Спливанням* очищають стічні води від нафтопродуктів у нафтовловлювачах, від жиру — в жировловлювачах. З цією метою можна також використовувати флотатори і пристрої для диспергування повітря, флотацію із застосуванням реагентів.

Класифікація методів очищення стічних вод



Фільтруванням називають процес розділення неоднорідних систем (суспензій) за допомогою пористих перегородок і шарів, які затримують одну (тверду) фазу цих систем і пропускають іншу (рідку). Апарат, у якому здійснюють цей процес, називають *фільтром*. По різні боки перегородки створюють різницю тиску, під дією якої здійснюється транспортування рідини крізь перегородку і затримання осаду на ній. Цей процес розділення суспензій називають *фільтруванням із затриманням осаду*. В тому разі, якщо тверді часточки проникають у пори фільтрувальної перегородки, затримуючись у них і утворюючи осад, називають *фільтруванням із закупорюванням пор*.

Під час фільтрування стічних вод, що містять завислі речовини, крізь шар допоміжних матеріалів (пісок, діатоміт, деревне борошно та ін.) завислі речовини можуть відкладатися на поверхні фільтрувального шару (плівкове фільтрування) або в порах фільтрувального шару, а також можливе одночасне утворення плівки та відкладання завислих речовин у порах завантаження (рис. 7.2). Залежно від швидкості фільтрування зернисті фільтри поділяють на повільні (0,1—0,2 м/год), швидкі (5,5—15 м/год) і надшвидкі (понад 25 м/год). За розміром зерен розрізняють *фільтри дрібнозернисті* (повільні фільтри з розміром зерен верхнього шару піску 0,5—0,8 мм) і *крупнозернисті* (попередні фільтри з розміром верхнього

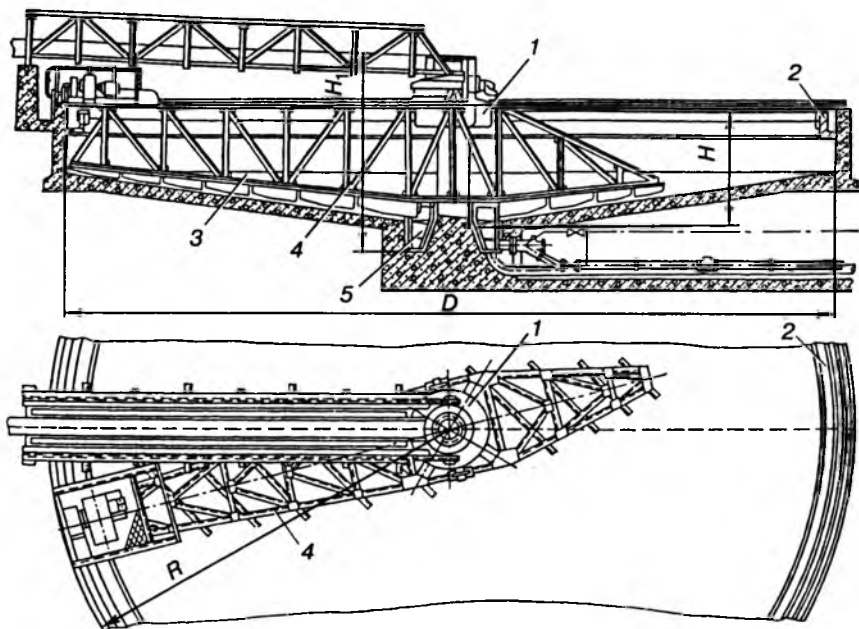


Рис. 7.1. Схема радіального відстійника:

1 — розподільний пристрій; 2 — жолоб; 3 — скрепки; 4 — ферма; 5 — прямик

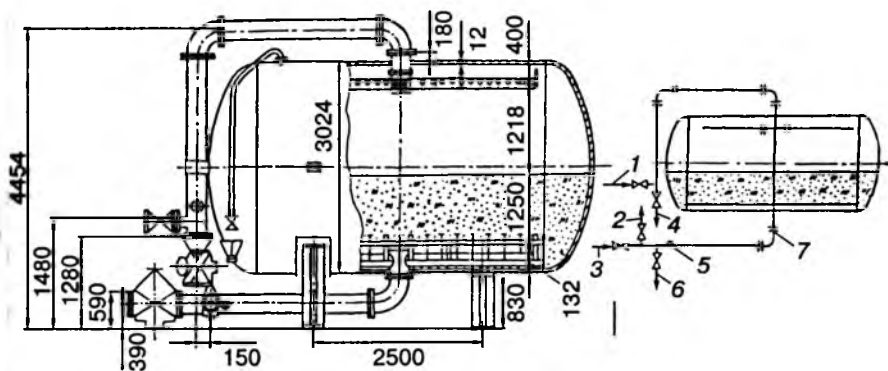


Рис. 7.2. Схема прояснювального горизонтального фільтра ФОГ 3.0-6-55:
 1 — підведення забрудненої води; 2 — виведення відфільтрованої води; 3 — підведення промивної води; 4 — спуск промивної води; 5 — підведення стислого повітря; 6 — спуск першого фільтрату; 7 — гідророзвантаження фільтрувального матеріалу

шару піску 1—2 мм). Фільтри, завантажені однорідним шаром фільтрувального матеріалу, називають *одношаровими*. Фільтри, завантажені неоднорідним за щільністю й розміром зерен фільтрувальним матеріалом, називають *багатошаровими*.

Флотація ґрунтується на різній змочуваності мінералів (домішок) водою. Суть процесу полягає в специфічній взаємодії завислих речовин з бульбашками тонкодиспергованого у воді повітря з наступним утворенням на поверхні води шару піни з вилученими домішками. Оптимальні розміри домішок становлять 10^{-5} — 10^{-3} м. Тонкодисперсні часточки розміром менш як 5—10 мкм флотуються дуже важко, тому їх необхідно попередньо укрупнити, наприклад, за допомогою коагуляції або флокуляції. Флотаційне очищення стічних вод здійснюють в апаратах двох типів, які відрізняються способом диспергування повітря: турбіною насосного типу (рис. 7.3) і напірною флотацією з додаванням коагулянту. В установках першого типу повітря розпилюється біля дна. Бульбашки спливають і виносять із собою домішки забруднень. Піну із забрудненнями знімають з поверхні. В установках напірного

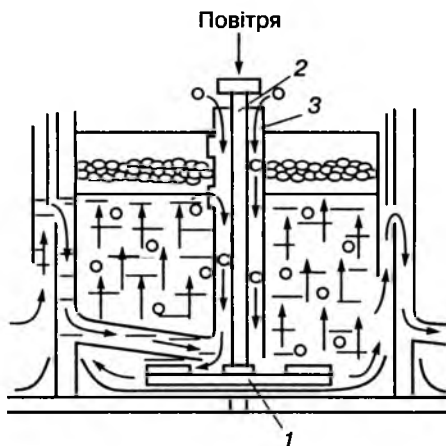


Рис. 7.3. Схема механічної флотаційної машини з відцентровим імперелером:
 1 — імперелер; 2 — вал; 3 — обсадна труба

типу аерація води здійснюється під тиском. Флотацією очищають стічні води від твердих завислих речовин, нафтопродуктів, масел та інших емульгованих речовин, а також від окремих йонів розчинених речовин.

Адгезію на високодисперсних і зернистих матеріалах, а також на гідроксидах алюмінію й феруму застосовують під час фільтрування крізь наливний шар допоміжної речовини для видалення зі стічних вод тонкодисперсних завислих сполук феруму й мангану (за потреби глибокого їх видалення). Для цього використовують діатомітові та інші наливні фільтри. Завислі речовини з вмістом до 150 мг/л і кольоровістю до 150 град видаляють фільтруванням з використанням явища контактної коагуляції та застосуванням установок для приготування й дозування розчинів реагентів, контактних прояснювачів або контактних фільтрів.

Патогенні бактерії та спори видаляють обробкою високодисперсними глинистими мінералами з наступним відстоюванням та фільтруванням. Для здійснення цих процесів застосовують установки для приготування і дозування суспензії глинистих мінералів, змішувачі, відстійники та фільтри. Під час обробки води коагулянтами з наступним видаленням зависей відстоюванням і фільтруванням очищають стічні води з необмеженою кількістю й кольоровістю завислих речовин, а також від патогенних бактерій і спор. Для цього використовують установки для приготування й дозування розчинів реагентів, змішувачі, камери утворення пластівців, прояснювачі або відстійники та фільтри.

Агрегацію за допомогою флокулянтів використовують для обробки води коагулянтами із застосуванням флокулянтів з подальшим відстоюванням та фільтруванням. При цьому очищають води з необмеженим вмістом завислих речовин і кольоровістю в обладнанні, описаному раніше.

Видалення домішок другої групи (колоїдно-розчинні, високомолекулярні речовини тощо) здійснюють із застосуванням діалізу, ультрафільтрації, окиснення хлором і озоном, коагуляції колоїдних домішок, адсорбції на гідроксидах алюмінію або феруму, на високодисперсних глинистих матеріалах, а також електрофорезу та електродіалізу. Для видалення завислих колоїдно-дисперсних речовин застосовують ультрафільтрацію крізь великопористі мембрани. При видаленні колоїдних і високомолекулярних сполук, що зумовлюють окиснюваність і кольоровість води (35—200 град), а також забруднення її вірусами, здійснюють окиснення хлором, озоном та іншими сполуками із застосуванням хлораторних і озонаторних установок.

Коагуляцію застосовують для видалення зі стічних вод найдрібніших колоїднодисперсних глинистих часточок, білкових речовин та інших високомолекулярних сполук. Коагуляцію здійснюють шляхом введення в очищувану воду незначної кількості електролітів — $Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$ та деяких інших сполук, які називають *коагулянтами*. Фізико-хімічна суть цього процесу в спрощеному вигляді полягає в тому, що коагулянт, гідролізуючись, утворює позитивно заряджені аквагідроксокомплекси алюмінію і феруму, які адсорбуються на поверхні від'ємно заряджених колоїд-

Рис. 7.4. Схема адсорбера із завислим (киплячим) шаром активованого вугілля:

1 — виносний вуглеушільнювач; 2 — центральна труба для подавання води на очищення; 3 — кільцева труба для виведення забруднень; 4 — розподільні ґратки; 5 — дифузор

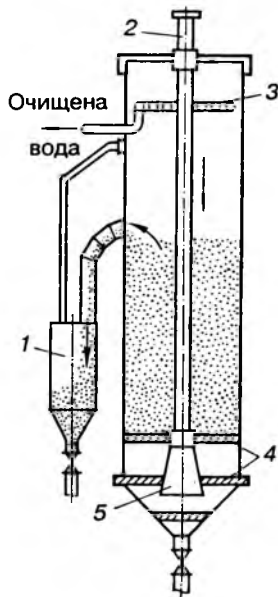
них домішок і нейтралізують їхній заряд. Чим більший заряд аквагідросокомплексів, утворених під час гідролізу коагулянтів, тим менші їх витрати на коагуляцію. В результаті збільшення розмірів часточок під час адсорбції вони осідають у відстійниках під дією сили гравітації. Одночасно йде процес адсорбції на поверхні осаду домішок органічних забарвлених речовин, внаслідок чого вода знебарвлюється.

Адсорбцію застосовують переважно для видалення з води органічних сполук. Цей метод, як правило, використовують у комбінації з іншими, зокрема для початкового виділення грубодисперсних домішок механічними методами і коагуляцією. Потім молекулярно-розчинені домішки органічних речовин видаляють шляхом адсорбції на активованому вугіллі, яке крім речовин, що погіршують смак і запах води, сорбує також гербіциди, інсектициди, віруси тощо. Відпрацьоване активоване вугілля регенерують відгонкою адсорбованих домішок паром, якщо вони використовуються, або деструктивною регенерацією, якщо адсорбовані домішки знешкоджуються.

Застосування принципу завислого (киплячого) шару адсорбенту для сорбції забруднювальних органічних речовин дає змогу вирішити завдання безперервної заміни адсорбенту в установці (рис. 7.4), спрощує регенерацію відпрацьованого вугілля. Крім того, при цьому можна запобігти замулюванню шару адсорбенту і застосовувати дрібні фракції активованого вугілля (0,2—0,5 мм), що дає змогу значно скоротити час досягнення адсорбційної рівноваги. Адсорбцію можна здійснювати як в одному адсорбері, так і в блоці з двох або трьох послідовно з'єднаних апаратів.

Процес дифузії крізь пористу перегородку під дією градієнта концентрації солі з розчину з більшою в розчин з меншою концентрацією називають *діалізом*. Щоб здійснити перенесення йонів з менш концентрованого в більш концентрований розчин, тобто проти градієнта концентрації, потрібно прикласти різницю потенціалів. *Електродіаліз* — це перенесення йонів електроліту крізь селективні іонообмінні мембрани під дією постійного електричного струму. Швидкість перенесення визначається силою електричного струму.

Електродіалізний апарат (рис. 7.5) по чергово розділяється на камери аніоно- і катіонообмінними мембранами. Відстань між ними становить



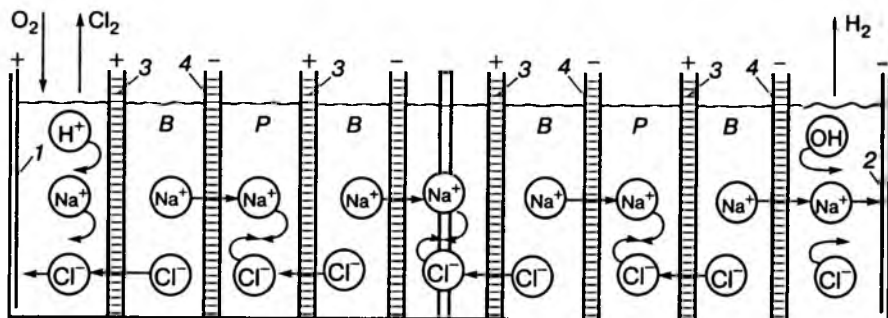


Рис. 7.5. Схема багатоканального електродіалізатора:

B — камери для води; *P* — камери для розсолу; 1 — анод; 2 — катод; 3 — аніоноактивна мембрана; 4 — катіоноактивна мембрана

0,5—1,5 мм. Крізь йонообмінні мембрани мігрують аніони, крізь катіонообмінні — катіони. Останні переміщуються в напрямі електричного струму, тоді як аніони — в протилежному напрямі, тобто катіони рухаються до катода, а аніони — до анода. В одній камері здійснюється знесолювання розчину, в іншій — його концентрування. В промислових апаратах між електродами вміщують 250—500 комірок, які складаються з розсолевих і дилуатних камер. На кінцях апарата розміщені електроди, на які подають постійний електричний струм.

Виділення з води молекулярно-розчинних домішок і газів, що належать за фазово-дисперсним станом до третьої групи, здійснюють десорбцією газів і відгонкою летких органічних сполук (феноли та ін.) у процесі аерації з використанням розбризкувальних басейнів, аераторів і дегазаторів різних типів. Для цього використовують також евапорацію пароциркуляційним методом або азеотропну відгонку. Доочищення від гідрогенсульфіду (0,3—0,5 мг/л) після аерації, а також від летких органічних сполук у разі низької ефективності хлорування та вуглецювання здійснюють окисненням із застосуванням хлору, озону, перманганату калію та інших окисників. За допомогою окиснення озоном можна очистити стічну воду від тетраетилсвинцю за наявності каталізатора — силікагелю.

Видалення фенолів та інших органічних сполук зі стічних вод здійснюють за допомогою екстракції. *Екстракція* ґрунтується на неоднаковому розподілі компонентів розчину між двома фазами, які утворюються при застосуванні органічної речовини — екстрагента (триетиламін, діетилметиламін, дипропіламін та ін.). Схему очищення води амінами наведено на рис. 7.6. Процес відбувається в протитічному екстракційному апараті 1, де солоната вода контактує з розчинником, який переміщується згори вниз. Екстракт, що містить прісну воду, спрямовується через систему теплообмінників 2 і нагрівник 3 у сепаратор гравітаційного типу 4, де в результаті підвищення температури і зміни розчинності відбувається роз-

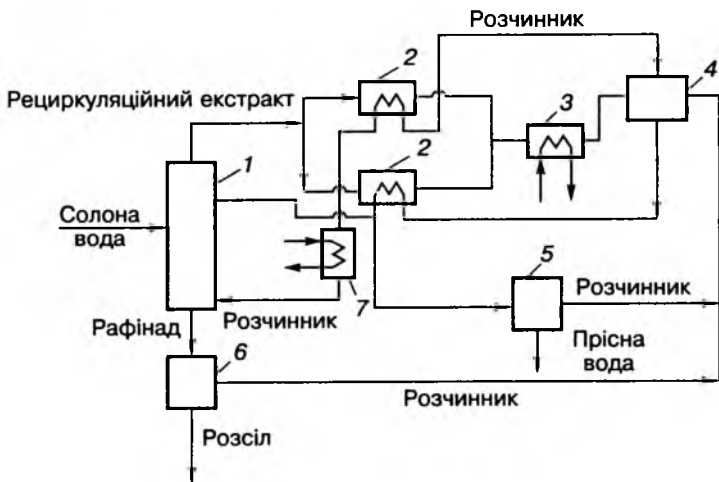


Рис. 7.6. Схема очищення води екстракційно-розчинними амінами

ділення фаз. Відокремлений розчинник через теплообмінник 2 і холодильник 7 повертається в цикл, а опріснена вода і рафінад із залишками амінів прямують на вилучення розчинника в десорбційні апарати 5 і 6.

Ефективним методом видалення органічних домішок з води є *біохімічний*. Методи біологічного очищення ґрунтуються на застосуванні різних мікроорганізмів. Розрізняють *аеробний процес*, який здійснюється за наявності кисню, і *анаеробний* — без доступу кисню. Анаеробне очищення застосовують як перший ступінь для підготовки до наступного аеробного очищення стічних вод з високою концентрацією органічних забруднень.

Біологічне аеробне очищення здійснюють у біофільтрах, аеротенках, на зрошувальних полях та в біологічних ставках. *Біофільтри* будують у вигляді залізобетонних резервуарів діаметром до 30 м і заввишки: низькі — 1,5...2 м, високі — 2...4 м і баштові — 10...20 м. На дірчасте днище резервуара накладають щебінь, гальку, керамзит або ґратчасті блоки з пластмаси. На поверхні укладених матеріалів поселяють мікроорганізми, які живляться органічними домішками стічних вод. Мікроорганізми перетворюють органічні речовини на неорганічні (переважно на вуглекислий газ і воду або метан, аміак та ін.). Біофільтри доцільно застосовувати в районах з теплим кліматом для стічних вод з БСК не більш як 400—500 мг O_2 /л.

Аеротенки — резервуари завдовжки до 100 м і більше, завширшки до 10 м і завглибшки до 5 м. В аеротенки постійно нагнітають повітря. Стічні води очищають методом «чистих культур» або за допомогою активного мулу. «Чиста культура» — це вирощені популяції мікроорганізмів, які живляться певними речовинами (наприклад, фенолом, роданідами і ціанідами з концентрацією до 100 мг/л і більше). Активний мул — це співтовариство

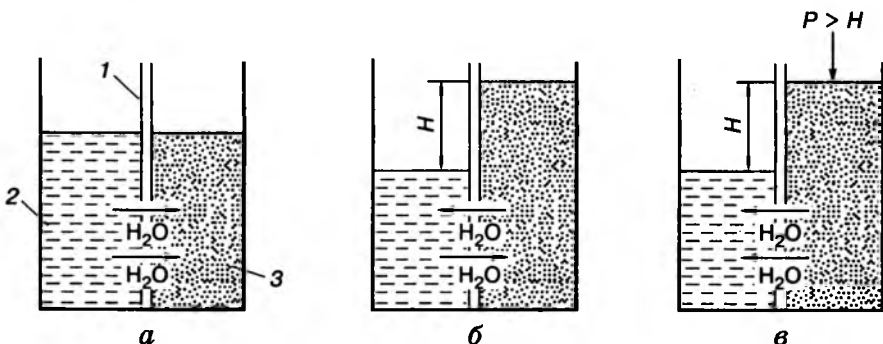
різноманітних бактерій, які живляться органічними домішками стічних вод. У мулі залежно від виду виробництва розвиваються певні групи мікроорганізмів. Проте певна частина їх є спільною для всіх видів мулу: завжди присутні неспоронні бактерії роду псевдомонас, сарцини, а також інші бактерії й мікрококи. Для очищення стічних вод харчових виробництв використовують також різні водорості, нафтохімічної промисловості — мікроорганізми з роду нокардія і культури дріжджів. Приріст активного мулу періодично виводять з апарата і після знезаражувальної обробки його можна використовувати як добриво.

Поля зрошення, поля фільтрації та біологічні ставки належать до ґрунтових методів біологічного очищення. На полях зрошення одночасно з очищенням стічних вод вирощують різні культури рослин. Якщо на ділянках не вирощують рослини, а тільки очищають стічні води, їх називають полями фільтрації. Цей спосіб застосовується обмежено, оскільки потребує рівні ділянки ґрунтів з доброю фільтрувальною здатністю.

Біологічні ставки облаштовують каскадом по 3—5 водойм завглибшки 1—1,5 м. Оскільки процеси біологічного очищення відбуваються повільно, вода в ставках має перебувати не менш як 20 діб. Біологічні ставки переважно використовують після попереднього очищення іншими методами, як буфер перед водоймою, в яку скидають очищену воду.

До четвертої групи забруднювальних домішок належать електроліти, що становлять гомогенні системи. Для їх видалення з води застосовують гіперфільтрацію (зворотний осмос), трансформацію йонів у малорозчинні та малодисоційовані сполуки, сепарацію йонів при різних фазових станах води, фіксацію йонів на твердій фазі йонітів (йонний обмін), електродіаліз та вилучення йонів металів мікробами.

Прочес розділення розчинів, що полягає у фільтруванні рідини крізь напівпроникні мембрани, які пропускають розчинник (воду) і затримують розчинені речовини (гідратовані йони та молекули органічних сполук),



називають *зворотним осмосом*. Фільтрування води під тиском, вищим за осмотичний, крізь непроникні для йонів мембрани застосовують для стічних вод із вмістом солей 20—35 г/л. Схема утворення зворотного осмосу зображена на рис. 7.7. Осмотичний тиск розчинів навіть у разі невисокої мінералізації досить значний. Так, для морської води з вмістом солі 3,5 % він становить 2,5 МПа. Робочий тиск в установках для опріснення визначається вмістом солей у розчинах і для морської води його підтримують у межах 4—5 МПа.

Трансформацію йонів на малорозчинні сполуки після утворення гідроксидів, карбонатів або легких сполук використовують у хімічних методах очищення. За допомогою хімічних методів здійснюють зм'якшення води з видаленням солей твердості содово-вапняковим та фосфатним методами, видалення кольорових і важких металів, силіцію, заліза, мангану та ін.

За допомогою електролізу із стічних вод вилучають кольорові, благородні та інші метали (мідь, цинк, нікель, хром, золото, срібло тощо). Електролітичний метод очищення застосовують також для видалення ціаністих і хромовмісних сполук. Ціаністі сполуки окиснюються на аноді, а потім гідролізуються до карбонатів і амонію. Хромовмісні сполуки відновлюються до хромітів з утворенням нерозчинного осаду хроміту феруму або до хрому (III), який осаджують лугом у вигляді гідроксиду хрому (III).

Йонообмінний метод полягає у видаленні зі стічних вод йонів розчинених солей за допомогою йонітів, здатних обмінювати свої йони на йони, що містяться у воді. Розрізняють процеси катіонного і аніонного обміну. Відповідно йоніти називають катіонітами та аніонітами. Як *катіоніти* застосовують сульфувугілля або високомолекулярні смоли, що містять активні групи з йонами H^+ чи NH_4^+ , Na^+ . Схему Na -катіонітового фільтра зображено на рис. 7.8. Катіонітові фільтри випускають різних діаметрів та з різною висотою завантаження катіонітів, які розраховані на робочий тиск 0,6 МПа і робочу температуру до 60 °С.

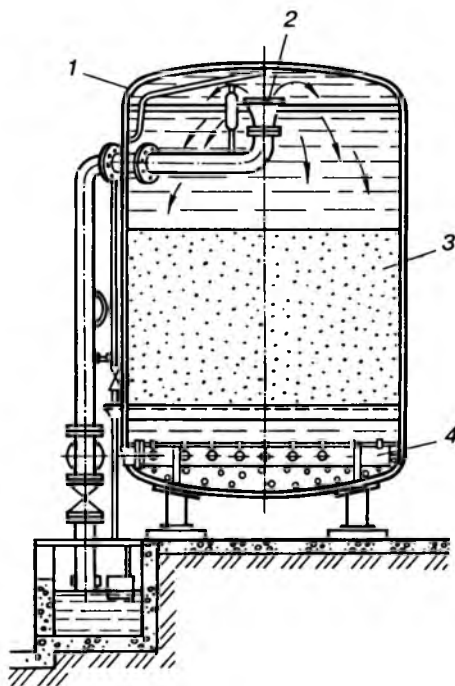
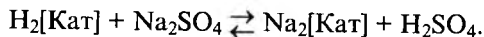
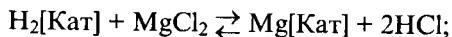
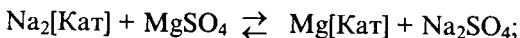
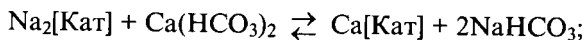


Рис. 7.8. Схема Na -катіонітового фільтра:

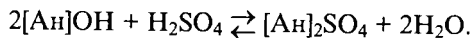
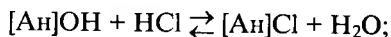
1 — корпус; 2 — збірна лійка; 3 — шар катіоніту; 4 — колектор і дренажні труби

В основі катіонного процесу зм'якшення води лежать реакції обміну йонів натрію і водню — катіонів на йони Ca^{2+} і Mg^{2+} — солей твердості, розчинених у воді. Обмін йонів натрію називають Na-катіонуванням, а йонів гідрогену — H-катіонуванням:



Так само видаляють з води йони інших металів.

Аніоніти — високомолекулярні речовини, що містять активні групи з аніонами OH^- , HCO_3^- або CO_3^{2-} . Пропускаючи крізь шар аніоніту воду, задалегідь звільнену від катіонів, видаляють з неї аніони:



З наведених реакцій випливає, що йонообмінний спосіб може забезпечити зм'якшення і знесолювання води, тобто повне видалення з води солей. Реакції йонообміну обернені і для відновлення обмінної здатності йонітів здійснюють процес їх регенерації. Регенерацію Na-катіонітів проводять за допомогою розчинів мінеральних кислот. Аніоніти регенерують розчинами лугів, гідрогенкарбонату або карбонату натрію.



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) схарактеризувати споживачів води;
- 2) назвати джерела забруднення вод Світового океану;
- 3) схарактеризувати екологічний стан водойм України;
- 4) пояснити процеси самоочищення та евтрофікації водойм, поведінку окремих забруднень у водоймі;
- 5) схарактеризувати вплив забруднень на життєдіяльність організмів і здоров'я людини;
- 6) класифікувати забруднення природних та стічних вод;
- 7) дати визначення ГДН, ГДК забруднення, ГДС та сформулювати нормативні вимоги до якості води;
- 8) назвати умови скидання стічних вод у водойми;
- 9) зробити розрахунок концентрації шкідливої речовини в місці водокористування;
- 10) дати характеристику різних методів очищення стічних вод.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. Назвіть основних споживачів води і дайте коротку їх характеристику.
2. Дайте визначення водоемності виробництва, питомого водоспоживання та якості води. Наведіть приклади.
3. Назвіть основні джерела забруднення вод Світового океану.
4. Що називають стічними водами? Які види забруднень ви знаєте?
5. Схарактеризуйте екологічний стан Дніпра, Чорного і Азовського морів, малих річок України.
6. Поясніть суть процесу самоочищення водою.
7. Що таке евтрофікація водойм? Поясніть фізико-хімічну суть цього процесу.
8. Як впливають забруднення водойм на життєдіяльність організмів і здоров'я людей?
9. У чому полягає суть класифікації забруднень, запропонованої Л. А. Кульським?
10. Що таке гранично допустиме навантаження на водойму? Як його визначають?
11. Що таке забрудненість водного об'єкта і що є критерієм забрудненості?
12. Які характерні вимоги до якості води господарсько-питного та рибогосподарського призначення? Поясніть на певних значеннях ГДК.
13. Які лімітуючі показники закладають у нормативи ГДК?
14. Що таке гранично допустиме скидання шкідливих речовин і як його визначають?
15. Які вимоги висувають у разі скидання у водойму кількох шкідливих речовин з однаковим показником шкідливості?
16. Що таке ХСК і БСК? Дайте визначення і поясніть на прикладі.
17. Які умови скидання стічних вод у водойми? Які специфічні вимоги повинні беззаперечно виконувати підприємства при скиданні стічних вод у водойми?
18. На підприємстві працюють три виробництва, на яких шодооби утворюються стічні води в кількості відповідно 200, 400 і 600 м³ із вмістом завислих речовин відповідно 30, 15 і 5 мг/л. Визначте середню концентрацію завислих речовин і умови скидання стічних вод підприємства в річку.
19. На двох підприємствах, які працюють поряд, утворюються стічні води. На одному підприємстві є два види стічних вод: перша — 500 м³/добу з вмістом 500 мг/л алюмінату натрію і друга — 400 м³/добу з вмістом 350 мг/л сульфатної кислоти. На другому підприємстві також утворюється два види стоків: перший — 300 м³/добу з вмістом зависей 10 мг/л і другий — 250 м³/добу з вмістом зависей 1,5 мг/л. Визначте, чи можна скидати стічні води в річку, у водах якої міститься 5 г/м³ завислих речовин, 50 мг/л сульфатів, 0,05 мг/л алюмінію. Ріка має стік $Q = 2 \text{ м}^3/\text{с}$.
20. У річку з витратою $Q = 15 \text{ м}^3/\text{с}$ скидають стічні води з витратою $q = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$. Ділянка водойми, в яку скидають стічні води, належить до категорії культурно-побутового призначення. Концентрація завислих речовин у річці до скидання стоків становить 5 г/м³. Вміст завислих речовин у стічних водах до очищення становить 200 мг/л. Коефіцієнт змішування стоків з водою ріки дорівнює 0,8. Чи можна скидати в річку неочищену воду?

21. У річку з витратою $Q = 16 \text{ м}^3/\text{с}$ скидають стічні води з витратою $q = 0,25 \text{ м}^3/\text{с}$. Ділянка водойми, в яку скидають стічні води, належить до категорії господарсько-питного призначення. Концентрація сульфатів у річці до скидання стоків становить 200 мг/л . Вміст сульфатів у стічних водах до очищення становить 700 мг/л . Коефіцієнт змішування стоків з водою річки дорівнює $0,8$. Чи можна скидати в річку неочищену воду?
22. Запропонуйте схему очищення стічних вод, що утворюються в кількості $5 \text{ м}^3/\text{добу}$ і містять 800 мг/л завислих глинистих речовин та $1,5 \text{ г/л}$ H_2SO_4 .
23. Запропонуйте схему очищення стічних вод, що утворюються в кількості $20 \text{ м}^3/\text{добу}$ і містять 400 мг/л завислих глинистих речовин і 2 г/л $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.
24. Запропонуйте схему очищення стічних вод, що утворюються в кількості $40 \text{ м}^3/\text{добу}$ і містять 5 г/л NaAlO_2 .
25. Запропонуйте схему очищення стічних вод, які отримують на двох виробництвах: на першому — стічні води в кількості $5 \text{ м}^3/\text{добу}$ з вмістом 3 г/л Na_3PO_4 і $1,5 \text{ г/л}$ H_3PO_4 ; на другому — стічні води в кількості $1,5 \text{ м}^3/\text{добу}$ з вмістом 200 мг/л Al^{3+} , 800 мг/л SO_4^{2-} та 10 мг/л завислих речовин.
26. Запропонуйте схему очищення стічних вод, що містять 5 г/л NaCl і 2 г/л завислих речовин, а їх кількість становить $25 \text{ м}^3/\text{добу}$.

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЛІТОСФЕРИ**8.1. ЗАБРУДНЕННЯ ЛІТОСФЕРИ**

До складу літосфери входить суходіл, який займає 29,2 % (148 млн км²) поверхні Землі і включає ґрунти різної категорії та корисні копалини на поверхні й у надрах. Близько 10 % суші займають льодовики (Антарктида, Гренландія та ін.). Сільськогосподарськими угіддями зайнято 33,1 % поверхні Землі, 30,1 — лісами і 36,8 % площі припадає на гори, тундру, болота, пустелі, промислові об'єкти та населені пункти. Загальна площа орних земель становить близько 1,5 млрд га (приблизно 11 % площі суші). Нині на кожного мешканця планети припадає близько 0,4 га орної землі. Оскільки чисельність населення Землі постійно збільшується, то ця кількість невпинно зменшується.

Ґрунти перерозподіляють значну кількість атмосферної вологи і таким чином регулюють водний баланс суші. Вони є біологічним фільтром і нейтралізатором багатьох антропогенних забруднень і здатні до самоочищення. Самоочищення рослин від токсикантів здійснюється як за рахунок їх транспірації з поверхні листя й стебел, так і завдяки щорічному листопаду, що може сприяти вторинному забрудненню ґрунту в місцях накопичення листя наприкінці періоду вегетації. Встановлено, що перед осіннім листопадом у листі міститься до 10 г сірки на 1 кг сухої маси. Редуценти, переробляючи змертвіле листя, здатні утворювати сірку та її сполуки, що можуть мігрувати за допомогою ґрунтових вод, і газуватий галогенсульфід, який може знову повертатися в атмосферу.

Забруднення літосфери відбувається як природним шляхом, так і в результаті антропогенної діяльності. Під впливом природних процесів, які відбуваються в Космосі та земній корі і супроводжуються стихійними лихами (падиння метеоритів, землетруси, буревії, повені та ін.), руйнуються природні ландшафти, господарські будівлі, знищуються сільськогосподарські угіддя тощо. В результаті у величезній кількості гинуть представники флори й фауни, руйнуються господарські об'єкти, що призводить до значних матеріальних втрат.

Відходи, що утворюються внаслідок антропогенної діяльності, умовно поділяють на три категорії: промислові, сільськогосподарські й побутові. Основна маса промислових відходів утворюється на підприємствах таких галузей: гірничої й гірничо-хімічної (відвали порід, шлаки, «хвости» після збагачення та ін.); чорної металургії (шлаки, шлами, колошниковий пил та ін.); металообробної (стружка, браковані вироби, ливарні відходи та ін.); лісової й деревообробної промисловості (лісозаготівельні відходи, відходи лісопилення та переробки деревини); енергетичного комплексу (шлаки, попіл, ядерні відходи та ін.); хімічної та суміжних галузей (фосфогіпс, галіт, цементний пил, пластмаса та ін.); харчової (шерсть, кістки та ін.), легкої й текстильної промисловості.

Останнім часом високими темпами зростає чисельність населення Землі, що призводить і до зростання споживання енергетичних та інших матеріальних природних ресурсів. Швидкість вилучення деяких з них істотно перевищує швидкість їх продукування, а екстенсивний спосіб їх освоєння, що триває, породжує величезні обсяги відходів, які надходять у навколишнє середовище.

Особливо вражають обсяги видобутку мінеральних ресурсів. Наприкінці 80-х років з надр планети видобувалося понад $8 \cdot 10^{10}$ т сировини. В усьому світі внаслідок гірничодобувних і земляних робіт на поверхню Землі щороку виноситься близько 5 км^3 породи. Це приблизно втричі менше від того, що виносять в океан усі ріки нашої планети. За останні 500 років з надр вилучено близько 50 млрд т вуглецю, 2 млрд т заліза та багато інших мінеральних ресурсів. Нині на кожного жителя Землі припадає 20 т видобутої за рік сировини. При цьому використовується лише 2—6 % видобутого, а решта надходить у відвали, захаращуючи землі, які могли б бути використані в сільськогосподарському виробництві.

Так, щорічний об'єм відходів гірничих підприємств країн СНД становить близько 2,5 млрд м^3 . Під час видобутку кам'яного вугілля утворюється значна кількість велетенських териконів, у яких накопичено понад 3 млрд м^3 пустої породи.

Значні обсяги відходів утворюються в результаті промислової діяльності — виробництва кислот, мінеральних добрив, пігментів, металів тощо. На кожну тонну калійних добрив утворюється 3—4 т галітових відходів, у яких переважно міститься хлорид натрію. У місцях видобутку калійних руд їх накопичилося близько 250 млн т. Великотоннажним відходом виробництва фосфорних добрив є фосфогіпс. На кожну тонну виробленої екстракційної фосфатної кислоти утворюється 4,3—5,6 т фосфогіпсу. У виробництві титанового пігменту на кожну тонну вироблюваного продукту утворюється понад 12 т сульфатних відходів у вигляді твердого сульфату феруму та відпрацьованих розчинів сульфатної кислоти. Під час збагачення мідних руд у відходи відправляють флотаційний сірчаний колчедан. Його використовують для виробництва сульфатної кислоти. Прожарювання сірчаного колчедану пов'язане з утворенням відходів колчеданного недогарку в кількості 0,75 т на 1 т піриту. Щороку його накопи-

чується до 5 млн т. Колчеданні недогарки використовують не повністю, хоча вони містять до 55 % оксиду феруму, а також кольорові та дорогоцінні метали і за вмістом заліза наближаються до якісних руд. На заводах чорної металургії країн СНД щороку утворюється близько 70 млн т шлаків. Приблизно стільки само шлаків і попелу утворюється на електростанціях. Для розміщення цієї маси відходів щороку виділяють 2000 га орних земель.

Значна кількість твердих відходів утворюється в нафтопереробному виробництві, коксохімії, органічному та нафтохімічному синтезах, у виробництві гумотехнічних виробів, пластмас та інших полімерних матеріалів. У нафтопереробній і нафтохімічній промисловості як відходи утворюються кислі гудрони — смолоподібні маси, що містять сульфатну кислоту, воду та різні органічні речовини в кількості від 10 до 93 %. Щороку в країнах СНД їх утворюється понад 300 тис. т, а переробляється не більш як 28 %.

На нафтопереробних заводах утворюються нафтові шлами (близько 0,007 т на 1 т перероблюваної нафти). Нині таких відходів у країнах СНД накопичилося понад 4 млн т. У цих шламах міститься 10—56 % нафтопродуктів, 30—85 % води та 1,3—46 % твердих домішок.

Найбільшими відходами виробництва гумотехнічних виробів є невулканізовані та вулканізовані й гумотканинні матеріали, які утворюються десятками тисяч тонн. До цієї категорії відходів належать також спрацьовані покришки, конвеєрні стрічки та вуття.

Виробництво пластмасової продукції супроводжується утворенням твердих технологічних відходів та відходів споживання. Особливо загрозливими для навколишнього природного середовища є відходи споживання пластмас, кількість яких щороку невпинно зростає. Так, за деякими даними, в 1976 р. у колишньому СРСР було вироблено 3 млн т полімерних виробів, більша частина яких потрапила до відходів. У 1980 р. в Англії до відходів потрапило близько 1,35 млн т пластмас, у США — близько 2,5 млн т. Пластмаси характеризуються значною стійкістю в природних умовах, що призводить до істотного забруднення довкілля.

На металургійних заводах країн СНД щороку утворюється понад 70 млн т металургійних шлаків і близько 20 млн т шламів із вмістом заліза до 50 %. Загалом на металургійних виробництвах на 1 т сталі утворюється 0,4 т відходів. У кольоровій металургії кількість відходів шлаків на 1 т металу становить 10—200 т. У відвалах шлаків країн СНД знаходиться понад 27 млн т заліза, 335 тис. т міді й 2 млн т цинку. Шламкові відвали свинцевих заводів містять понад 3 млн т заліза, понад 900 тис. т цинку, 150 тис. т свинцю і 70 тис. т міді. Вміст окремих компонентів у відвальних шлаках вищий, ніж у видобуваних рудах, тому такі шлаки доцільно переробляти.

У промислових твердих і рідких відходах трапляються різні токсичні речовини, що несприятливо впливають на здоров'я людей та розвиток рослин і тварин. Так, у відходах металургійної промисловості наявні солі та оксиди феруму, кольорових і важких металів. Відходами машинобудування є металобрухт, вагранкові шлаки, травильні розчини та гальванічні стоки, в яких містяться ціаніди, хром, нікель, залізо, мідь, цинк, арсен,

берилій тощо. У виробництві пластмас і синтетичного волокна утворюються відходи бензолу, фенолу, метанолу, скипидару, кубові залишки — відходи целюлозно-паперової промисловості.

Спалювання кам'яного вугілля в теплоенергетиці пов'язане з утворенням значної кількості шлаків, попелу та сажі. На теплових електростанціях у країнах СНД щороку утворюється близько 70 млн т відходів, які частково переробляють на будівельні матеріали. Відвали потужної електростанції займають 400—800 га родючих земель. У значних кількостях викидаються в атмосферне повітря оксиди сульфуру, нітрогену та радіонукліди, які врешті з атмосферними опадами потрапляють у ґрунти.

Відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згоряння містять значну кількість оксидів карбону, нітрогену, а також свинець та вуглеводні, які осідають на поверхні ґрунту. Вони потрапляють у рослини, далі через ланцюги живлення — в організми тварин і людини, викликаючи небажані наслідки. Радіоактивні речовини потрапляють у ґрунти під час видалення рідких і твердих відходів з промислових агрегатів, а також з опадами після ядерних вибухів та аварій на атомних електростанціях.

Підприємства гірничодобувної промисловості щороку утворюють 1 млн т відходів, 14 металургійних заводів накопичують 20 млн т шлаків, а обсяг відходів вугільної промисловості перевищив 20 млрд т. У деяких промислових регіонах, особливо Донецько-Придніпровському, майже вичерпані всі можливості розміщення відходів. Тут утворюється близько половини всіх промислових відходів України.

Значними забрудниками літосфери є житлово-комунальне господарство та військово-промисловий комплекс. Житлово-комунальне господарство здійснює інтенсивне будівництво житла, доріг та інших господарських об'єктів, що пов'язано з відчуженням родючих земель та утворенням величезної кількості будівельного сміття. Середовище забруднюють побутове сміття, харчові відходи, фекалії, непридатні предмети домашнього вжитку тощо.

Кількість побутових відходів невпинно зростає. На кожного міського мешканця щороку утворюється 250—700 кг відходів. За оцінками спеціалістів, у містах світу щороку утворюється 400—500 млн т побутових відходів. До складу побутових відходів входить 40 % паперу й картону, 25 — харчових відходів, 8 — металу, по 5 % — скла, шкіри, пластмас та гуми. На частку всіх інших відходів припадає 12 %. Тільки в США щороку викидається понад 30 млрд консервних бляшанок, 60 млрд різних металевих місткостей.

Характерною ознакою розвинених країн є значні обсяги споживання природних ресурсів та утворення величезної кількості відходів. Наприклад, у США споживається на душу населення у 200 разів більше енергії, ніж у 120 економічно слабозвинених. Ця країна виробляє 25 % сміття на планеті і використовує значно більше кисню, ніж його утворюється на її території.

Обсяг сміття в Україні становить щороку приблизно 40 млн м³, яке захоронюють на 656 міських звалищах площею 2650 га та спалюють на 4 за-

водах. На початок XXI ст. прогнозується накопичення сміття, що дорівнює 1,5—1,9 м³ на душу населення за рік.

Значний обсяг забруднень потрапляє в ґрунти та водойми з тваринницьких ферм. В районах свино- і птахоферм природне середовище забруднюється продуктами розкладання й гниття екскрементів (до 2,5 тис. м³/добу), шкідливими газами (аміак, гідрогенсульфід) та органічними кислотами. Проблему ефективної утилізації гною та стічних вод таких комплексів поки що не вирішено.

Внаслідок концентрації великої кількості тварин, незадовільного догляду й умов їх утримання, відсутності кваліфікованих лікарів і ліків часто відбувається масова загибель тварин. Виникають проблеми їх захоронення, які пов'язані з поширенням токсичних і небезпечних забруднень, виникненням епідемій. До тяжких наслідків призводять техногенні аварії, особливо ті, що пов'язані з виробництвом або транспортуванням токсичних хімічних речовин. Високі концентрації забруднювальних речовин, що потрапляють у довкілля, можуть спричинювати загибель усього живого в місці аварії.

Небезпечним є зменшення площі родючих ґрунтів. Ґрунти, що створювалися природою протягом тисячоліть, у результаті нераціональної господарської діяльності людей виснажуються загрозливими темпами. Внаслідок розорювання, меліорації та широкомасштабного застосування в сільському господарстві хімічних препаратів (гербіцидів, інсектицидів тощо) ґрунти деградують та перенасичуються шкідливими речовинами — фосфором, азотом, фтором, стронцієм, ураном та ін. У ґрунтах світу нині нагромаджено близько 150 млрд т азоту, накопичуються також метали (залізо, ртуть, мідь, цинк, хром, свинець та ін.). Ртуть потрапляє в ґрунт із пестицидами та промисловими відходами. Щороку неконтрольовані викиди ртуті становлять близько 5 тис. т. До 25 кг свинцю з кожної тонни видобутого потрапляє у вигляді відходів у навколишнє природне середовище. В результаті зменшуються площі орних земель та їх урожайність.

Внаслідок гірничодобувних робіт, промислової та житлової забудови, будівництва автомобільних і залізничних шляхів щороку втрачається до 70 тис. км² орної землі. За рахунок зрошення в усьому світі заболочується й засолюється від 30 до 80 % земель, що призводить до втрат для сільського господарства 2—3 тис. км² ріллі. Кожні 10 років людство втрачає близько 7 % верхнього шару ґрунту унаслідок вітрової та водної ерозії.

Ерозією (лат. *erosio* — роз'їдання) називають порушення ґрунту й гірських порід потоками води або вітру, а також унаслідок механічного впливу. Ерозію поділяють на водну, вітрову (дефляцію), іригаційну, промислову, берегову та ін. Ерозія призводить до зниження родючості ґрунту, його порушення і в кінцевому підсумку — до повного знищення. Залежно від характеру й швидкості процесу руйнування верхніх шарів ґрунту і материнської породи розрізняють геологічну та прискорену ерозію. Геологічна ерозія пов'язана з еволюцією Землі і відбувається повільно в при-

родних умовах, не завдаючи особливої шкоди родючості ґрунту. Прискорена ерозія зумовлена переважно антропогенною діяльністю. Вона може бути спричинена безконтрольним вирубуванням лісів, непомірним випасанням худоби, розорюванням схилів, ущільненням ґрунту під час обробітку, технологією вирощування польових культур, будівництвом трубопроводів та шляхів, незадовільною технологією меліоративних робіт тощо. Щодня на Землі внаслідок ерозії втрачається 3200 га родючих ґрунтів.

Внаслідок ерозії в ґрунтах зменшується вміст фосфору, азоту, калію та інших мікроелементів. Під час пилових буревіїв з кожного гектара ріллі виноситься 30 кг азоту, 22 кг фосфору і понад 30 кг калію. Ерозія й засолення призводять до посухи та спустелювання земель. Усе це зумовлює зменшення врожайності та втрату родючих ґрунтів. Особливе занепокоєння викликає стан українських чорноземів. Україна має найбільші в світі запаси чорнозему, який є національним багатством. Освоєність земельного фонду в країні досягла 70 %, чого не має жодна з промислово розвинених країн. Розораність сільгоспугідь становить понад 80 %, тоді як у Європі — 31 %, Африці — 9, Франції — 48, Угорщині — 37, Англії — 25, США — 20, Китаї — 8,2, Канаді — 2,4, Австралії — 1,2 %. Внаслідок такої інтенсивної експлуатації земель в Україні з 33,3 млн га орних земель 10 млн га — еродовані, близько 17 млн га мають підвищену кислотність.

Відтворення ґрунтів відбувається в природі впродовж тривалого часу. Так, для утворення чорнозему завтовшки один метр у лісостеповій зоні України потрібно близько 7000 років! Отже, втрата ґрунтів є величезною загрозою для існування прийдешніх поколінь, що ставить під сумнів подальший розвиток нашої цивілізації.

Внаслідок антропогенної діяльності та посух відбувається спустелювання, що призводить до виснаження аридних та напіваридних екосистем. Спустелені території не самовідновлюються. Щороку площі пустель зростають на 60 тис. км², і до цього часу спустелено вже близько 5 млрд га. Останнім часом на території колишнього СРСР спустелення відбулося в районі Аральського моря. В результаті значного зменшення річкового стоку рік Амудар'я й Сирдар'я внаслідок використання води для зрошення бавовникових плантацій на відстані до 250 км від Аралу рівень ґрунтової води знизився на 5 м. Аральська катастрофа завершилася аридизацією клімату на південь від Аралу на 100—400 км. Цей наочний приклад екологічної катастрофи, яка була наслідком непродуманої господарської діяльності, має стати уроком і пересторогою для всього людства.

Якщо взяти до уваги той факт, що всі компоненти біосфери тісно пов'язані і взаємозумовлені, то стає очевидним, що непродумане й безконтрольне забруднення ґрунтів, повітря та природних вод ксенобіотиками, що здатні мігрувати трофічними ланцюгами і накопичуватися в живих організмах, може в кінцевому результаті призвести до незворотних змін, які загрожують існуванню людини як виду.

8.2. ПОВЕДІНКА ЗАБРУДНЕНЬ У ЛІТОСФЕРІ ТА ВПЛИВ ЇХ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

У біосфері Землі постійно відбувається взаємодія між компонентами її косної (космосу, атмосфери, гідросфери та літосфери) і живої (рослини, тварини та мікроорганізми) речовин. Ця взаємодія виражається в обміні речовини та енергії і супроводжується різними фізичними, хімічними та біологічними процесами. У результаті цих взаємодій на Землі формуються певні умови для забезпечення процесів життєдіяльності (клімат, хімічний склад повітря, води й ґрунту, морфологія земної поверхні тощо). Забруднення біосфери, що утворилися природним шляхом або внаслідок антропогенної діяльності, потрапивши в атмосферу, гідросферу чи літосферу, також перебувають у постійній взаємодії: відбуваються певні хімічні перетворення речовин в атмосферній та ґрунтовій водах, окисно-відновні реакції, гідроліз і комплексоутворення, хімічне та бактеріальне вилуження, сорбція, йонний обмін і багато інших. При взаємодії із землею поверхнею газуваті забрудники можуть виводитися з атмосфери. В ґрунт з атмосфери щороку надходить до 3 млн т оксиду сульфуру (IV), 3,1 млн т оксидів нітрогену, 8,2 млн т оксиду карбону (II), 1,75 млн т органічних сполук, 7 тис. т цинку, 6,5 тис. т свинцю, 80 т кадмію та близько 600 інших забруднювальних речовин. Це призводить до істотних змін середовища існування живих організмів.

Рослинний світ літосфери може поглинати атмосферні гази, як і неорганічні речовини, без подальшої переробки або активно включати їх у процеси метаболізму, створюючи сприятливий градієнт концентрацій для подальшого поглинання. За винятком вуглекислого газу, всі основні гази, що забруднюють повітря, значною мірою беруть участь у метаболізмі рослин. Проте для багатьох рослин спостерігаються порушення процесів життєдіяльності за дуже малих концентрацій забрудників. Взагалі рослини зазнають шкідливої дії газуватих забрудників у менших концентраціях, ніж тварини (особливо у разі наявності озону, оксидів нітрогену й сульфуру). Винятком є лише оксид карбону (II), який завдає шкоди рослинам у значно більших концентраціях, ніж при дії на тварин.

У результаті хімічної взаємодії забруднювальних речовин відбувається їх трансформація з утворенням нових хімічних сполук — ксенобіотиків, які нерідко бувають ще токсичнішими, ніж вихідні забрудники. Яскравим прикладом таких штучно створених у природі сполук є нітрозаміни — продукти трансформації в ґрунті азотних добрив. Забруднювальні сполуки (зокрема, діоксини) можуть бути канцерогенними, тобто спричинювати ракові захворювання. Ці речовини потрапляють в атмосферне повітря, поверхневі й ґрунтові води та ґрунти, з яких переходять у рослини, а далі через ланцюги живлення — в організми тварин і людей. Накопичуючись в організмів в надмірній кількості, вони спричинюють різні захворювання і навіть смерть.

Характерною особливістю літосфери є те, що забруднення переміщуються в ній природним шляхом значно повільніше, ніж у гідросфері й ат-

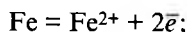
мосфері. Тому відбувається концентрування токсичних речовин і подальша міграція їх у різні середовища в процесі біологічного та геохімічного колообігів речовин. Внаслідок інтенсивного надходження ксенобіотиків порушується динамічна рівновага цих природних циклів, які склалися впродовж багатьох мільйонів років. А це врешті може призвести і вже частково призводить до незворотних катастрофічних змін у біосфері Землі.

Не маючи можливості детально розглянути всі ті процеси, що відбуваються в літосфері із забрудненнями антропогенного походження, зупинимося для прикладу тільки на деяких із них. Людство у своїй повсякденній діяльності використовує значну кількість металів, особливо заліза. На Землі залізо перебуває в окисненій формі у вигляді оксидів. Для добування металічного заліза, яке використовують у різних конструкціях, застосовують різні металургійні процеси, що ґрунтуються на відновленні оксидів феруму до металу за допомогою відновників (переважно вуглецю та сполук карбону). У результаті відновної плавки в доменних печах виплавляють чавун (сплав заліза й вуглецю), а з нього після окисної плавки в мартенівських печах і бесемерівських конверторах отримують сталь.

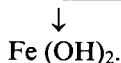
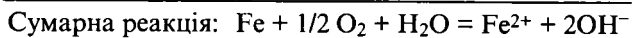
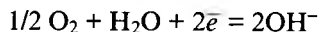
Із чавуну і сталі виробляють різні машини, механізми та будівельні конструкції. Після їх спрацювання та виходу з ужитку вони у вигляді брухту потрапляють у відходи, які накопичуються в літосфері в досить значній кількості. Більша частина цих відходів знову йде на переробку після їх переплавляння, і таким чином створюється техногенний колообіг металів у господарській діяльності людини. Інша частина цих відходів не може бути перероблена відразу, тому знаходиться на земній поверхні, зазнаючи окиснення атмосферним повітрям. Відбувається корозія металів.

Кородують залізо та його сплави, а також цинк, мідь, алюміній та ін. Продуктами корозії заліза є α -FeOOH, γ -FeOOH, Fe₃O₄ та інші оксиди аморфної структури. За сучасними уявленнями, ці сполуки утворюються за механізмом електрохімічної корозії в тонкій плівці води на поверхні металу. Вода може потрапляти з атмосферними опадами, з поверхневих джерел та ґрунту. У спрощеній формі процес можна подати так:

на аноді

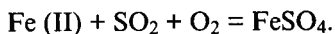


на катоді



Подальші перетворення залежать від значення рН плівки води:
у сильнолужному середовищі $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 4\alpha\text{-FeOOH} + 2\text{H}_2\text{O}$;
у слабколужному середовищі $6\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$.

Наявність оксиду сульфуру (IV) прискорює корозію металів. Першою стадією цього процесу є абсорбція сірчистого газу на поверхні металу. Кількість абсорбованого оксиду сульфуру (IV) збільшується за наявності іржі й поверхневих часточок, а також при підвищенні відносної вологості. Сірчистий газ абсорбується поверхневим оксидом і окиснюється до сульфату за схемою



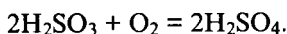
Прискорення корозії заліза за наявності в атмосфері оксиду сульфуру (IV) пов'язане з наявністю FeSO_4 та вологи в нижньому оксидному шарі. При зменшенні вологості розчин висихає і електрохімічний процес припиняється через відсутність гідроксид-іонів.

Сульфат феруму (II) розчиняється в поверхневих, зливових та ґрунтових водах і у вигляді розчину може потрапляти безпосередньо в рослини і через ланцюги живлення — в організми тварин і людей або переноситися в підґрунтові води та з течією рік в океани. Сульфат феруму (II) окиснюється атмосферним розчиненим у воді киснем до сульфату феруму (III) за схемою

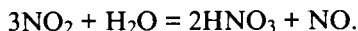


Сульфат феруму (III) та основні сульфати феруму Fe(OH)SO_4 , Fe(OH)_3 та інші важкорозчинні сполуки здатні накопичуватися і таким чином концентрувати вміст заліза в середовищі, забруднюючи ґрунт.

Утворення сульфатів і нітратів металів може відбуватися й за іншою схемою. Оксид сульфуру (IV) розчиняється в краплях атмосферної або ґрунтової вологи, утворюючи сульфітну кислоту, яка взаємодіє з розчиненим киснем у воді з утворенням сульфатної кислоти за схемою



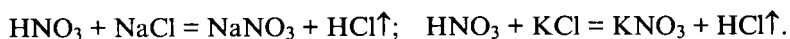
Утворення нітратної кислоти відбувається за такою реакцією:



Сульфатна та нітратна кислоти взаємодіють з бруттом за схемою

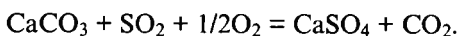


Сульфати й нітрати розчиняються у воді і надходять у рослини або водойми, в яких вони можуть накопичуватися чи гідролізуватися з утворенням важкорозчинних солей. Якщо утворені таким чином кислоти потрапляють до відвалів галургійних виробництв, зокрема галітових, що містять хлориди натрію і калію, вони взаємодіють з цими солями за схемою



Нітрати розчиняються у воді й потрапляють в організми рослин, тварин і людей. Хлоридна кислота в газуватому стані може надходити в атмо-

сферне повітря або взаємодіяти з іншими сполуками, що знаходяться у ґрунті або водному розчині, утворюючи хлориди металів та інші речовини. Оксид сульфуру (IV) та утворені сульфатна й нітратна кислоти руйнують кам'яну та бетонну кладки. Вапняковий розчин і цегла поглинають оксид сульфуру (IV) з утворенням сульфатів за схемою



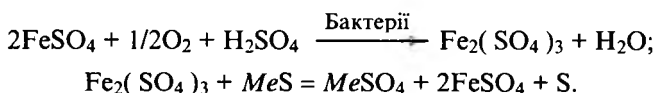
Особливо небезпечні сульфати для матеріалів, що містять карбонат кальцію (руйнування фресок та інших старовинних мармурових пам'яток). Нейлонові, бавовняні та віскозні тканини в повітряному середовищі, яке містить оксид сульфуру (IV) в кількості 0,1—0,2 млн⁻¹, втрачають механічну міцність. Це пов'язано, очевидно, з кислотним гідролізом. Кислота утворюється на поверхні тканин при абсорбції сірчастого газу пливкою води.

Озон, що знаходиться в атмосфері, є сильним окисником і дуже активним відносно багатьох органічних сполук. Цим пояснюється, вірогідно, його розкладання на поверхні твердого тіла. Озон руйнує деякі полімери та фарби, здатні окиснюватися.

Отже, як бачимо, шкідливі речовини потрапляють у ґрунт. При цьому в ньому насамперед накопичуються важкі метали (свинець, ртуть, кобальт, радіонукліди тощо). Так, івано-франківські дослідники з ділянки ґрунту 100 × 100 м², розташованої вздовж автомобільного шляху, виділили 11,6 кг свинцю. Переважна частина його знаходилася в ґрунті на глибині до 10 м.

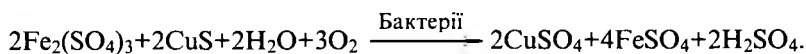
Важливу роль у вилуженні мінералів відіграють мікроорганізми, які за певних умов здатні переводити нерозчинні мінеральні сполуки, що містяться у відвалах гірських порід, у розчинний стан. При цьому відбувається вибіркове розчинення у воді деяких металів. Відомо чимало видів мікроорганізмів, за допомогою яких здійснюється бактеріальне розчинення. Так, тіонові бактерії (залізобактерії) окиснюють ферум (II) до феруму (III), а також сульфідні мінерали. Сіркобактерії окиснюють сірку. Свою клітинну масу вони будують з води і вуглецю, які отримують шляхом завоювання вуглекислого газу, виділяючи його з атмосферного повітря, ґрунту або руди. Джерелом енергії для цих мікроорганізмів, які є хемоавтотрофами, є реакції окиснення неорганічних сполук заліза (II), сірчистих сполук різних металів та елементного сульфуру.

Залізобактерії здатні окиснювати сульфідні мінерали, трансформуючи їх на сульфати прямим або непрямим шляхом, наприклад, за схемами:



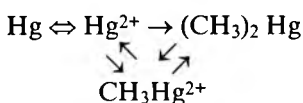
Залізобактерії можуть сприяти розчиненню міді у відходах та відвалах мідних руд. За допомогою сульфатних розчинів феруму (III) і сульфатної кислоти за наявності сульфатів алюмінію і феруму (II) та тіонових бактерій сульфіді міді перетворюються на водні розчини сульфату куп-

руму за такою схемою:



Оптимальними умовами для розвитку тіонових бактерій є температура 25—35 °С і рН = 2—4. За допомогою тіонових бактерій у розчин можуть переходити з відходів інші елементи: цинк, манган, арсен, кобальт та ін. Розчин сульфатів купрумів і ферумів та інших металів може потрапляти в рослини, а далі через трофічні ланцюги — в організми тварин і людей, переноситись зливовими та річковими водами до інших водойм і океанів, а також накопичуватися в ґрунті. Метод бактеріального вилуження можна застосовувати для переробки твердих відходів гірничодобувних підприємств з метою добування кольорових та благородних металів.

Деякі мікроорганізми, що населяють донні відклади рік і озер, також здатні здійснювати хімічну трансформацію неорганічних сполук. Так, вони можуть перетворити ртуть на метилмеркурій, а потім на диметилмеркурій:



Ці сполуки надзвичайно токсичні і на відміну від неорганічних сполук меркурію міцно зв'язуються тканинами організмів тварин і людей та дуже повільно виводяться з організму. Диметилмеркурій леткий і після відмирання мікроорганізмів та інших організмів надходить не лише у воду, а й у повітря. При цьому створюються сприятливі умови для його подальшої трансформації та міграції.

Биометилування під дією бактерій зазнають й інші метали — свинець, олово, кадмій, талій, селен, телур, золото. В повітрі під дією ультрафіолетового випромінювання металоорганічні сполуки розщеплюються на неорганічні та органічні похідні, які з атмосферними опадами знову надходять у ґрунти літосфери. За підрахунками дослідників, щороку з дощем випадає 100 тис. т ртуті, тобто в 15—20 разів більше, ніж її видобувають. Мікроорганізми (дріжджі, актиноміцети, бактерії тощо) ефективно очищають ґрунти від нафти та нафтопродуктів, використовуючи ці забруднення для свого живлення. Таким чином, споживаючи забруднювальні речовини, мікроорганізми сприяють очищенню ґрунтів від політантів.

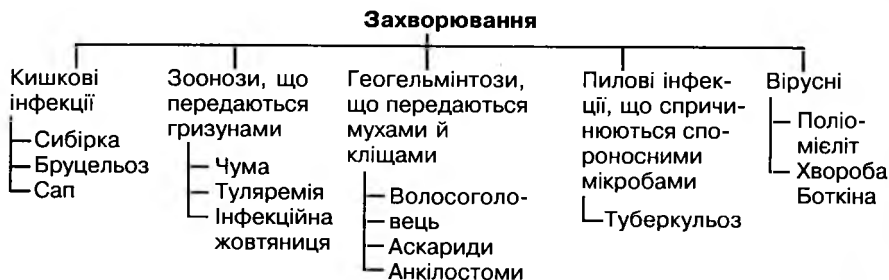
Значна кількість промислових стічних вод виносить токсичні речовини у водойми та ґрунти. Наприклад, стічні води металургійних виробництв містять солі важких металів, феноли, ціаніди та ін. Якщо воду навіть з невеликим вмістом фенолу прохлорувати для отримання питної води, то феноли перетворюються на хлорфенол і надають їй надзвичайно неприємного запаху.

Мінеральні добрива та інші хімікати, які застосовують у сільському господарстві для підвищення врожайності угідь, змиваються зливовими

водами в поверхневій водоймі, завдаючи їм значної шкоди. Зростання масштабів використання добрив та вимивання їх із ґрунту сприяє мінералізації водойм. Вміст добрив у ріках, озерах і колодязях понад 50 мг/л небезпечний для здоров'я і загрожує життю людей. Азот і фосфор призводять до інтенсивного розвитку водоростей. Останні, відмираючи, можуть повністю позбавити воду кисню (евтрофікація водойм) і тим самим зменшити її здатність до самоочищення. При цьому починають інтенсифікуватись анаеробні процеси біохімічного розкладання органічних речовин, зокрема мулу. У результаті виділяються гідрогенсульфід, аміак, метан, гідроксиламін та інші сполуки, забруднюючи атмосферне повітря та ґрунти. Навколо озер та річок стоїть сморід.

Забруднені ґрунти можуть брати участь у механізмі передавання багатьох захворювань:

Інфекційні захворювання, що можуть передаватися через ґрунт
(М. П. Захарченко, Е. І. Гончарук, Н. Ф. Кошелєв, Г. І. Сидоренко, 1993)



Пестициди спричинюють захворювання на рак, ураження печінки та ембріонів. ДДТ викликає захворювання на рак, ураження ембріонів. Нафтохімікати й бензин, які застосовують як розчинники, лікарські препарати й детергенти зумовлюють головні болі, втрату координації, лейкемію та ураження кісткового мозку. Вінілхлориди, що їх використовують у виробництві пластмас, спричинюють рак легенів, печінки, захворювання центральної нервової системи, токсикацію ембріонів. Діоксини, які застосовують як гербіциди, здатні зумовити захворювання на рак, народжені дефекти та хвороби шкіри.

Встановлено, що близько 75% злякисних новоутворень людини зумовлені забрудненням середовища антропогенними канцерогенами, кількість яких перевищує 3000 і продовжує зростати. Учені-гігієністи вважають, що повністю уникнути ракових захворювань неможливо внаслідок нереальності повного виключення забруднення повітря, води й ґрунту такими токсикантами, як арсен, нітрозаміни, афлатоксини та радіонукліди.

8.3. БЕРЕЖЛИВЕ СТАВЛЕННЯ ДО НАДР І ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

Надра — верхня частина земної кори від нижньої межі гумусового шару ґрунту до рівня, де ще можливий видобуток корисних копалин. З надр Землі видобувають вугілля, нафту, газ та корисні копалини. Останні використовують для виплавляння металів, як сировину для хімічної промисловості, виробництва добрив для сільського господарства, будівельних матеріалів тощо. У надрах містяться лікувальні термальні та мінеральні води. В них будують різні господарські споруди і транспортні комунікації. Їх використовують для зберігання нафти, газу та різних матеріалів, захоронення шкідливих речовин і відходів виробництва. В Україні досліджено 90 видів корисних копалин, зосереджених більш як у 8000 родовищ, з яких 4000 експлуатуються. Родовища корисних копалин характеризуються резервами, запасами та індексом використання природних ресурсів. *Резерви* — це обсяги корисних копалин, які можуть бути ефективно вилучені з надр за допомогою сучасних технологій. *Запаси* — загальний передбачуваний обсяг копалин у родовищах Землі.

Майже всі корисні копалини належать до невідновних ресурсів, тому що їх відтворення в земній корі відбувається дуже повільно. Інтенсивність їх видобування та використання значно перевищує швидкість їх утворення. Використання людством корисних копалин подвоюється через кожні 14—15 років. Щорічне використання вугілля, заліза, мангану й нікелю за останні 100 років збільшилося у 50—60 разів, калію, алюмінію, молібдену й вольфраму — у 200—1000 разів. Щороку з надр Землі видобувають близько 120 млрд т руди та інших корисних копалин, майже по 20—30 т на одну людину. Тільки за 1991 р. у світі було видобуто 3,1 млрд т нафти, 1,9 трлн м³ природного газу та 3,2—3,5 млрд т кам'яного і 1,2—1,5 млрд т бурого вугілля.

Якщо видобуток корисних копалин збережеться в такому обсязі, як нині, то багато родовищ будуть вичерпані через кілька десятиріч. У разі збільшення видобутку й використання мінеральних ресурсів країнами, що розвиваються, до рівня США на початку 90-х років ХХ ст., за даними ООН, резерви бокситів, нафти, газу, міді, цинку, свинцю будуть вичерпані впродовж 5—15 років.

З усього видобутого із земних надр обсягу речовин у вигляді продуктів виробництва використовується тільки 2—6 %, що пояснюється недосконалістю технологій. Решта потрапляє у відходи, які забруднюють навколишнє природне середовище. При зазначених темпах видобутку корисних копалин щороку утворюватиметься близько 400 млрд т твердих відходів.

Значні обсяги видобутку сировини і на території України. Видобуток нафти становить 5,3 млн т, природного газу — 28,1 млрд м³, кам'яного вугілля — майже 137 млн т і бурого — близько 9,3 млн т. Україна задовольняє свої потреби майже всіма мінеральними ресурсами, за винятком паливно-енергетичних та деяких інших.

Освоєння родовищ мінеральних ресурсів охоплює геологорозвідувальні роботи, розробку родовищ та переробку мінеральної сировини. Кожен з цих етапів має певний вплив на навколишнє природне середовище. Будівництво свердловин, шахт та кар'єрів пов'язане з відчуженням родючих земель, зміною природних ландшафтів та погіршенням екологічної ситуації. В Україні щороку відводиться близько 5—7 тис. га земель для складування відходів та створення шламонакопичувачів.

Найістотніші порушення пов'язані з відкритими розробками, які потребують відведення місць для покривних порід. При цьому відбувається зниження рельєфу. Створення глибоких (до 800 м) і значних за площею кар'єрів супроводжується зсувами, обвалами й селями. Навколо родовищ облаштовують відвали пустої породи, терикони і шламосховища. Так, гірничозбагачувальними комбінатами Криворізького залізорудного району створені велетенські кар'єри завдовжки кілька кілометрів. Усі яри та балки засипані десятками мільйонів тонн відходів після збагачення залізної руди. У шламосховищах накопичується забруднена вода, яка підтоплює прилеглі території та забруднює підземні води. З їх поверхні вітрами розноситься пил на великі відстані.

Розробка родовищ за допомогою вибухів спричинює забруднення атмосферного повітря пилом і шкідливими газами. Порушується міцність ґрунтів, збільшується тріщинуватість порід, зникають підземні води. Пил і газоваті викиди гірничозбагачувальних фабрик розносяться вітрами на далекі відстані й осідають на поверхні ґрунту, знижуючи врожайність угідь на 15—20 %.

Під час підземних розробок утворюються пустоти, виникають тріщини в гірських породах, обвали та просідання породи, дренаж водоносних горизонтів та їх осушення. Відбувається набухання порід, виділення шкідливих газів (гідрогенсульфіду, метану) та прориви підземних вод. Тільки при підземному видобутку вугілля на шахтах світу щороку виділяється 25—28 млрд м³ метану. У країнах, де на шахтах виділяється багато метану, його використовують для опалення приміщень. З метою економії природного газу замість повітряного дуття у котли використовують метаново-газові суміші, навіть якщо вміст метану становить менш як 2,5 %.

Внаслідок порушення водоносних горизонтів відбувається приплив підземних вод у шахти та кар'єри. Щороку з шахт України відкачують понад 600 млн м³ шахтних вод з підвищеною мінералізацією (7,7—103,5 г/л), яка інколи досягає 150 г/л. Такі води, які відкачують у ставки-накопичувачі, спричинюють засолення навколишніх ґрунтів і водоносних шарів.

У Центральному Донбасі внаслідок заглиблення дев'яти кар'єрів на 50—70 м від поверхні й відкачування з них підземних вод відбулося різке зниження їх рівня на всій площі регіону, а також у два-три рази підвищилася мінералізація, яка досягла 2,5 г/л.

У Донбасі за роки існування вугільної промисловості навколо шахт утворилося близько тисячі териконів з відвальної породи. Тільки на 12 з них здійснено рекультиваційні роботи: їх засипано ґрунтом і засаджено

деревами. На решті териконів вигоряють залишки вугілля з виділенням в атмосферу отруйних газів. Щороку на підприємствах регіону утворюється близько 70 млн м³ забруднених промислових і побутових стічних вод. Близько 3 тис. га орних земель засмічено різними промисловими відходами (брухт, залишки будівельних матеріалів тощо). Через значні порушення земної кори шахтами у багатьох селах із колодязів зникає вода і її доводиться завозити.

Одним із найважливіших завдань раціонального використання мінеральних ресурсів є зменшення втрат корисних копалин під час їх розробки, які бувають дуже значними. Так, при шахтному видобутку сировини вони становлять 20—60 %, вугілля — 20—40, руд чорних і кольорових металів — 15—25 %. При відкритому видобутку втрати менші і становлять не більш як 10—12 %. Тому з метою зниження втрат під час видобутку корисних копалин перевагу слід віддавати відкритому способу.

У разі підземного видобутку втрати значно зменшуються, якщо застосовувати закладання пустими породами відпрацьованих підземних порожнин (штреків, штолень). У цьому випадку можна додатково вилучити до 98,6 % руди при одночасному істотному зниженні енергетичних і матеріальних витрат, які пов'язані з підійманням нагору пустих порід.

Для зменшення втрат корисних копалин і охорони надр потрібно проводити повне розвідування родовищ з тим, щоб території, в надрах яких знаходяться родовища корисних копалин, не були забудовані або в їх зоні не були створені водосховища. Після завершення експлуатації родовищ слід обов'язково виконувати рекультиваційні роботи.

Заощадити мінеральні ресурси можна за рахунок істотного вдосконалення технології видобутку корисних копалин: свердловинне гідродобування й вилуження, підземні виплавляння сірки та газифікація вугілля тощо. Потрібно застосовувати технології комплексної переробки сировини, вилучаючи всі корисні інгредієнти, а пусту породу використовувати як будівельний або закладний матеріал. Пусті породи з вугільних та інших шахт використовують для будівництва шляхів, гідротехнічних дамб, виробництва будівельних блоків, заповнення відпрацьованих штолень, штреків і кар'єрів. З порід, які раніше складувалися, почали виготовляти шебінь, цемент, скло, силікатну цеглу, вогнетриви й формувальні матеріали. На підприємствах кольорової металургії з руд поряд з основними металами почали додатково вилучати сполуки ще 60 елементів (селен, індій, телур, бісмут, кобальт та ін.).

Істотно зменшити споживання руд можна за рахунок вилучення корисних речовин із викидних газів, пилу та стічних вод. З цих відходів добувають сірку, ванадій, цинк, свинець, молібден та рідкісні метали.

Верховна Рада України прийняла нові закони про охорону природного середовища та ресурси країни. Ними передбачено конкретні заходи охорони надр та земної поверхні, а також жорсткі покарання за шкоду, заподіяну природі.

8.4. КОНТРОЛЬ І УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ҐРУНТІВ

Ґрунти як об'єкт охорони, контролю та управління якістю мають низку специфічних особливостей порівняно з іншими об'єктами природного середовища. Ґрунти значно менш рухомі, ніж атмосферне повітря чи поверхневі води, а тому не мають такого могутнього природного самоочищення, властивого іншим середовищам, як розбавлення. Антропогенні забруднення, що потрапили до ґрунту, накопичуються, а ефекти підсумовуються з одночасним можливим утворенням більш токсичних речовин, ніж вихідні компоненти.

Міграція ксенобіотиків відбувається дуже повільно, що спричинює значне забруднення. При цьому можливий перебіг анаеробних процесів розкладання забрудників, пов'язаний з утворенням токсичних розчинів та речовин з неприємним запахом. З метою запобігання такому забрудненню розроблена методологія гігієнічного нормування екзогенних хімічних речовин (або ксенобіотиків) у ґрунті. Це дало змогу науково обґрунтувати ГДК понад 130 забруднювальних речовин та здійснювати контроль і управління якістю ґрунтів. До переліку цих полютантів входять переважно пестициди, які застосовують для захисту рослин від шкідників і хвороб (табл. 8.1), та деякі сполуки мінеральних добрив.

Ґрунти безпосередньо не впливають на здоров'я людини, як атмосферне повітря чи вода. Несприятливий вплив ґрунтів виявляється в тому, що шкідливі речовини, які потрапили в ґрунт, надходять у сільськогосподарські рослини і накопичуються в них. Тому на практиці використовують інший норматив — допустиму залишкову кількість (ДЗК) полютантів у ґрунтах, харчових і кормових продуктах.

Гігієнічна діагностика ґрунтів охоплює санітарно-топографічне обстеження місцевості, фізико-хімічний аналіз, санітарно-бактеріологічне, вірусологічне, гельмінтологічне, ентомологічне, а за потреби — санітарно-токсикологічне й радіометричне дослідження.

Різні рослини мають неоднакову здатність до накопичення нітратів, а тому ГДК для різних овочів різняться. Так, ГДК нітратів за нітрат-йонім становить, мг/кг: у картоплі — 80, капусті білоголової та моркві — 300, буряках — 140, огірках — 150, помідорах і цибулі — 60.

Санітарний контроль забруднення ґрунтів здійснюють органи санепідслужби. Для забезпечення санітарної охорони ґрунтів, своєчасного збирання та видалення промислових і побутових відходів, вторинної сировини проводять попереджувальний та поточний санітарний нагляд. Під наглядом санітарних служб, крім збирання, перебувають транспортування відходів, місця їх захоронення та переробки. Санітарний стан ґрунтів контролюють за певною схемою і регламентом. Комплексну гігієнічну діагностику ґрунтів здійснюють на основі експериментально встановлених показників, наведених у табл. 8.2.

Фізико-хімічні дослідження полягають у визначенні відношення вмісту загального азоту до органічного, кислотності, біохімічного споживання кисню, окиснюваності, сухого залишку, сульфатів і хлоридів та ін. Ці

Таблиця 8.1. Гранично допустимі концентрації деяких поллютантів у ґрунті та рослинних продуктах

Речовина	ГДК у ґрунті, мг/кг	ДЗК у рослинних продуктах, мг/кг
Прометрин (арборицид)	0,5	0,1—0,25
Хлорамп (арборицид)	0,05	—
Хлорофос (інсектицид)	0,5	1,0
Карбофос (інсектицид)	2,0	1,0—3,0
Бензпірен	0,02	—
Свинець	20,0	—
Хром (VI)	0,05	—
Ртуть	2,1	—
Бензол, толуол	0,3	—
Нітрати	130	—
Сірка	160	—
Гексахлорциклогексан (інсектицид)	1,0	1,0
Гамма-ізомер гексахлорану (інсектицид)	1,0	2,0
Поліхлорпінен (інсектицид)	0,5	Не допускається
Поліхлоркамфен (інсектицид)	0,5	0,1
Мідь	3,0	—
Нікель	4,0	—
Цинк	23,0	—
Манган	1500,0	—
Ванадій	150,0	—
Кобальт	5,0	—
Кадмій	1,0	—
Гідрогенсульфід	0,4	—

Таблиця 8.2. Комплексна гігієнічна діагностика ґрунту

№ пор.	Характеристика ґрунтів	Число личинок і лялечок на 25 м ²	Число яєць гельмінтів в 1 кг ґрунту	Титр E. Coli	Титр Cl. Perfringens	Санітарне число Хлебникова
1	Чисті	0	0	1,0 і більше	0,1 і більше	0,98—1,0
2	Слабко-забруднені	1—10	До 10	1,0—0,01	0,1—0,001	0,85—0,98
3	Забруднені	10—100	11—100	0,01—0,001	0,001 і менше	0,70—0,85
4	Сильно-забруднені	100 і більше	Понад 100	0,001 і менше	0,0001 і менше	0,70 і менше

дослідження стосуються переважно ґрунтових витяжок. До санітарно-ентомологічних досліджень входять підрахунок чисельності синантропних мух у всіх фазах їхнього розвитку (лялечки, личинки, дорослі) в приміщеннях, на відкритому повітрі, в ґрунтах і відходах. Санітарно-гельмінтологічні дослідження мають на меті виявлення яєць гельмінтів, що паразитують в органах людини, у місцях масових скупчень людей. Санітарно-бактеріологічні дослідження передбачають повний, короткий і спеціальний аналізи. При цьому визначають наявність бактерій кишкової групи (колі-титр). Спеціальні аналізи проводять з метою виявлення представників дизентерійної й тифозної груп та збудників деяких інших хвороб.

Проблема санітарної охорони ґрунтів від забруднення відходами господарювання набула надзвичайної гостроти, проте ефективних засобів для її радикального вирішення поки що не знайдено, оскільки до останнього часу утилізації та знищенню відходів приділялося недостатньо уваги. З метою запобігання забрудненню літосфери доцільно здійснювати раціональну переробку природних ресурсів із використанням безвідходних та маловідходних технологій, які повністю виключали б утворення відходів господарської діяльності. Проте сучасний стан розвитку техніки поки що не дає змоги здійснювати це повною мірою.

8.5. ОХОРОНА ЛАНДШАФТІВ

Ландшафти належать до ключових геосистем локального і регіонального рівнів. Для них характерні єдине походження, однорідний геологічний фундамент, єдиний тип рельєфу, однаковий клімат, специфічне поєднання ґрунтів і біоценозів, спільна історія розвитку. В Україні виділяють різноманітні рівнинні (94,3 % загальної площі) та гірські (5,7 %) ландшафти. Серед рівнинних ландшафтів домінуючими є степові та лісостепові (понад 70 %). Ландшафти поділяють на природні та антропогенні. Природні ландшафти формуються під впливом природних факторів, і для них характерні певні динамічні зміни (добові, сезонні, річні). Таких ландшафтів на Землі майже не залишилось. Переважна їх більшість перебуває під впливом антропогенних процесів (утворення зсувів на берегах морів, замулення водосховищ, підвищення або зниження рівня підземних вод тощо). Деякі антропогенні процеси, як вирубування лісів, створення великих водосховищ та кар'єрів, здатні істотно змінювати природне середовище. Подібні процеси породжують негативні, часто непередбачувані людиною наслідки. Антропогенні процеси порушують динамічну рівновагу та взаємозв'язки між компонентами екосистем значно швидше, ніж це відбувається під впливом тільки природних процесів.

За ступенем змінюваності й характером антропогенного впливу розрізняють змінені, порушені та перетворені ландшафти. У змінених ландшафтах, до яких належать пасовища, сіножаті, згарища, антропогенний вплив позначається лише на окремих природних компонентах. До порушених ландшафтів, що зазнають інтенсивного антропогенного впливу, належать

місця знищення лісів, суцільної забудови та розорювання крутих схилів. Перетворені ландшафти — це території, на яких свідомо змінене природне середовище.

Залежно від соціально-економічних функцій розрізняють також міські (урбаністські), сільськогосподарські (агрокультурні), промислові (технологічні), рекреаційні (зони відпочинку) та інші ландшафти.

З метою раціонального використання ландшафтів потрібно визначати мінімальний та максимальний ступені екологічного навантаження, за межами яких лежить неможливість інтенсивного природного розвитку екосистем або загроза виникнення екологічної катастрофи. Встановлення таких двох граничних меж дає змогу зорієнтуватись на застосування раціонального природокористування в тому чи іншому регіоні, оптимізувати взаємовідносини людського суспільства і природного середовища. Створення різноманітних карт (водних ресурсів регіону, агрокліматичних ресурсів, факторів природної сталості, оцінки природних умов, ареалів антропогенного впливу на довкілля тощо) дають змогу визначити екологічне навантаження на цей регіон.

Ефективні способи обмеження антропогенного тиску на ландшафти мають ґрунтуватись на перебудові народного господарства в напрямі запровадження малоенерго- та маломатеріалоемних виробництв із використанням маловідходних і безвідходних технологій, ефективних методів очищення стічних вод та газодимових викидів від забруднювальних речовин, утилізації та переробки відходів господарської діяльності.

Інтенсивний антропогенний тиск на природу зумовлює необхідність збереження еталонних екосистем, включаючи ландшафти. Це здійснюють створенням заповідних територій. Якщо своєчасно не зберегти необхідну кількість природних еталонів геосистем, людство може назавжди втратити можливість збереження існуючого генофонду флори й фауни, типових і рідкісних ландшафтів, вивчення процесів і закономірностей прояву життєвих процесів у біосфері Землі.



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) зробити аналіз екологічного стану літосфери;
- 2) назвати джерела забруднення ґрунтів;
- 3) пояснити причини зменшення врожайності сільськогосподарських угідь;
- 4) описати процеси самоочищення літосфери;
- 5) класифікувати забруднення літосфери;
- 6) обґрунтувати поведінку забруднень у літосфері й пояснити їх вплив на здоров'я людини;
- 7) дати визначення надр, резервів та запасів мінеральних ресурсів;
- 8) схарактеризувати сучасний стан мінеральних ресурсів;
- 9) накреслити шляхи раціонального використання мінеральних ресурсів та бережливого ставлення до надр;
- 10) розкрити суть контролю і управління якістю ґрунтами;
- 11) дати визначення ландшафтів та сформулювати шляхи їх охорони.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. Проаналізуйте екологічну ситуацію довкілля регіону, в якому ви мешкаєте.
2. Схарактеризуйте основні забрудники літосфери.
3. Назвіть основні джерела забруднення ґрунтів.
4. Поясніть причини зменшення врожайності ґрунтів.
5. Людина впродовж свого життя споживає близько 14 т вуглеводів. Скільки картоплі потрібно вирощувати на Землі за умови, що всі люди харчуватимуться картоплею? Скільки для цього знадобиться орних земель? Середня врожайність картоплі становить 3 т/га за рік.
6. Як здійснюється самоочищення літосфери в природних умовах?
7. Поясніть сутність ерозії ґрунтів. У чому виявляються її негативні наслідки?
8. Назвіть причини деградації ґрунтів.
9. Як класифікують забруднення літосфери?
10. Що відбувається із забрудненнями в літосфері? Як вони впливають на здоров'я людини та життєдіяльність інших організмів?
11. Дайте визначення, що таке надра, резерви та запаси мінеральних ресурсів. Поясніть це на прикладах.
12. Які забруднення надходять у літосферу з тваринницьких ферм?
13. Як ви розумієте процес відтворення ґрунтів?
14. Чому на Землі постійно зменшується площа орних земель?
15. Обґрунтуйте необхідність бережливого ставлення до надр.
16. Схарактеризуйте сучасний стан мінеральних ресурсів.
17. На скільки років вистачить запасів вугілля, нафти, заліза та алюмінію, якщо темпи споживання їх залишаться на рівні 1995—2000 років?
18. Як розвиватиметься господарська діяльність людей у майбутньому?
19. Накресліть шляхи раціонального використання природних ресурсів та бережливого ставлення до надр.
20. Як здійснюють контроль і управління якістю ґрунтами?
21. Що таке ландшафти і як здійснюють їх охорону?
22. З якою метою слід оберігати природні ландшафти від антропогенного тиску?
23. Скільки орних земель буде виведено з експлуатації в Україні через 20 років, якщо темпи їх виведення збережуться на досягнутому рівні?
24. У чому полягає сутність екологічної безпеки літосфери та як її забезпечити?

РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

9.1. АНТРОПОГЕННИЙ РЕСУРСНИЙ ЦИКЛ

Для задоволення життєвих потреб, як-то енергія, продукти харчування, одяг, світло, вода для пиття і повітря для дихання, та здійснення виробничих процесів люди використовують природні ресурси. Система діяльності, покликана забезпечити економну експлуатацію природних ресурсів та найсприятливіший режим їх відтворення при одночасному забезпеченні здоров'я людей, характеризує раціональне природокористування.

Отже, *раціональне природокористування* — це високоефективне господарювання, яке не призводить до різних порушень природно-ресурсного потенціалу або змін у навколишньому природному середовищі, що можуть завдати значної шкоди здоров'ю людей і навіть загрожувати їх існуванню. Для здійснення ефективного господарювання використовують природно-ресурсний потенціал. Під останнім розуміють ту частину природних ресурсів Землі й ближнього Космосу, що може бути залучена в господарську діяльність людського суспільства за певних технічних і соціально-економічних можливостей за умови збереження середовища проживання людства. Теоретично — це гранична кількість природних ресурсів, яка може бути використана людством в умовах кінцевого цілого планети та її найближчого оточення, тобто без підриву умов, за яких може існувати і розвиватися людина як біологічний вид і соціальний організм. Природно-ресурсний потенціал визначається рівнем екологічної рівноваги біосфери та її великих складових, які є лімітами для такого існування і розвитку. Перехід за межі використання природно-ресурсного потенціалу відповідає стану колапсу.

Таким чином, під *раціональним природокористуванням* розуміють мінімальні витрати відновних і невідновних природних ресурсів для задоволення обґрунтованих життєвих потреб людського суспільства при мінімальній шкоді природному середовищу. Отже, йдеться насамперед про задоволення обґрунтованих потреб людського суспільства. У біосфері, як відомо, впродовж тривалого часу склалася відносна рівновага в еко-

системах, що ґрунтується на колообігу речовин та енергії. З появою в біосфері людства і значним зростанням його потреб виникла необхідність у використанні зростаючої кількості природних ресурсів. Так виник і склався антропогенний циклічний колообіг речовин та енергії, оснований на споживанні відновних і невідновних природних ресурсів (див. схему на с. 219).

Цей колообіг, так само як і природні біогеохімічні цикли, незамкнений. У ньому значна частина використаних природних ресурсів (первинної матеріальної сировини), як і в природних біогеохімічних циклах, розсіюється в навколишнє середовище. Однак істотна відмінність між антропогенним і біохімічними циклами полягає в тому, що в останніх розсіювані відходи не забруднюють біосферу. Частково вони надходять у Космос, а більша частина — на самовідтворення в запасники, не порушуючи динамічної рівноваги природного середовища.

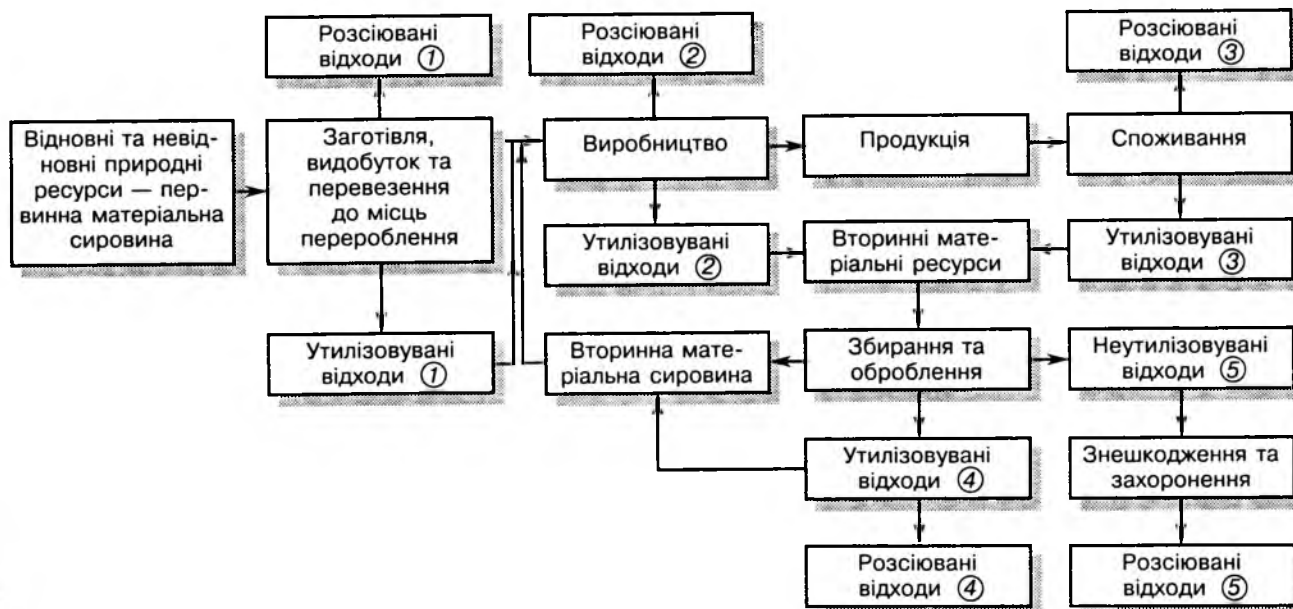
Отже, для функціонування цього циклу необхідне постійне втручання людини, яка б здійснювала постачання природних ресурсів. За *законом розвитку довкілля*, будь-яка природна система розвивається лише за рахунок використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища. Абсолютно ізольований саморозвиток неможливий, про що свідчать закони термодинаміки. З цього закону випливають такі важливі наслідки:

- 1) абсолютно безвідходне виробництво неможливе;
- 2) будь-яка більш високоорганізована біотична система в своєму розвитку є потенційною загрозою для менш організованих систем;
- 3) біосфера Землі як система розвивається за рахунок внутрішніх і космічних ресурсів.

Разом з тим розсіювані відходи антропогенного ресурсного циклу, кількість яких невинно зростає, переважно надходять у біосферу та частково в Космос як забрудники, і тільки незначна їх частина використовується для самовідтворення. Лише 2—6 % природних ресурсів використовується для виробництва готової продукції, а 94—98 % накопичується в навколишньому природному середовищі у вигляді відходів. Така значна кількість відходів пояснюється недосконалістю використовуваних технологій переробки матеріальних ресурсів. У результаті відходи антропогенного ресурсного циклу утворюються дуже швидко, а трансформуються і включаються в біогеохімічні цикли значно повільніше. Це призводить до накопичення їх у біосфері. Відходи виступають основними забрудниками довкілля, проте водночас вони є важливими резервами ресурсозбереження.

Зображений на схемі антропогенний ресурсний цикл характерний для промислових екосистем. У ньому в результаті переробки первинної матеріальної сировини крім основної продукції на всіх етапах виробництва, починаючи з розвідки, заготівлі та видобутку і закінчуючи споживанням готової продукції, утворюється п'ять видів розсіюваних відходів. Перші два види — на стадії заготівлі, видобутку та переробки первинної матеріальної сировини, якою є відновні й невідновні природні ресурси. До них належать газові викиди в атмосферу, стічні води, що надходять у гідро-

Схема антропогенного ресурсного циклу



сферу, та тверді й рідкі відходи виробництва, що потрапляють у літосферу. Третій вид відходів утворюється на стадії споживання продуктів виробництва. До них належать відходи життєдіяльності людей (екскременти, побутові газові викиди та стічні води, використані одяг, взуття, предмети побуту тощо), які також потрапляють у всі три середовища біосфери. Четвертий вид розсіюваних відходів є наслідком переробки вторинних матеріальних ресурсів на стадії збирання та перероблення утилізовуваних відходів 2 і 3, що утворились внаслідок переробки первинної сировини і споживання виробленої продукції. Утилізовані відходи 2 і 3 становлять вторинні матеріальні ресурси, які після збирання та оброблення разом з відходами 4, утвореними в цих процесах, у вигляді вторинної матеріальної сировини знову повертаються у виробництво. У процесі збирання та оброблення вторинних матеріальних ресурсів утворюються також неутілізовані відходи 5, які після знешкодження та захоронення утворюють вторинні розсіювані відходи. В процесі перероблення вторинної сировини утворюється два види розсіюваних відходів — 4 і 5.

Таким чином, залежно від джерела утворення відходи поділяють на дві групи: відходи виробництва та відходи споживання. *Відходи виробництва* — це залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, що утворилися під час виробництва і частково або повністю втратили свої початкові споживні якості. *Відходи споживання* — це продукція і вироби, що вже споживалися, або супутні їм вироби, що втратили свої споживчі якості. Виходячи з можливості утилізації, розрізняють утилізовані й неутілізовані відходи. Для перших існує технологія переробки, для других на даному етапі розвитку техніки — не існує.

Для безперервного функціонування антропогенного ресурсного циклу необхідно постійно використовувати первинні матеріальні ресурси у зростаючій кількості відповідно до втрат з розсіюваними відходами 1—5 згідно із законами збереження матерії та енергії.

На кожному етапі ресурсного циклу (добування ресурсів, їх транспортування, перероблення) відбуваються неминучі втрати. Під час видобування частина сировини (Q_1) залишається в родовищах, а до відвалів потрапляє так звана пуста порода, на видобуток та транспортування якої витрачається енергія. Значна кількість видобутих копалин втрачається під час транспортування до підприємств (Q_2), перевантажень і переробки на продукти (Q_3). Якщо ресурсом є паливо (наприклад, кам'яне вугілля) для вироблення теплової або електричної енергії, то під час його спалювання утворюється значна кількість попелу, шлаків, різних оксидів, які видаляються в атмосферу з викидними газами або у відвали на поверхню землі. Вироблені продукція і вироби в процесі користування зазнають спрацювання та корозії (Q_4 і Q_5), що також призводить до безповоротних втрат. Відпрацьовані вироби можуть частково утилізуватися у вигляді утилю чи брухту і знову повернутися у виробництво як сировина. Проте частина з них (Q_6) втрачається. Отже, загальні втрати природного ресурсу в процесі його переробки дорівнюватимуть сумі всіх втрат $Q_1...Q_6$, тобто

$Q_v = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$. Якщо від загальної кількості природного ресурсу $Q_{пр}$, що знаходиться в місці його природної локалізації, відняти кількість втрат Q_v , то дістанемо кількість природного ресурсу, який використано. Отже, коефіцієнт корисної дії ресурсного циклу в антропогенній екосистемі (антропогенний ресурсний цикл) можна записати у вигляді такої формули:

$$\text{ККД} = \frac{Q_{пр} - Q_v}{Q_{пр}} \cdot 100, \%$$

З цієї формули випливає, що ККД антропогенного ресурсного циклу тим більший, чим менші втрати Q_v на всіх етапах переробки природного ресурсу. Якщо взяти до уваги, що всі втрати природного ресурсу призводять до забруднення навколишнього природного середовища, то чим меншими будуть втрати цього ресурсу, тим меншим буде забруднення довкілля.

У зв'язку зі значним зростанням чисельності населення на планеті постійно зростають потреби його в природних ресурсах.

Як стверджує закон зменшення енерговіддачі в природокористуванні, у процесі отримання з природних систем корисної продукції з часом (в історичному аспекті) на її виготовлення витрачається в середньому дедалі більше енергії (зростають енергетичні витрати на одну людину). Так, витрати енергії на одну людину за добу збільшилися майже в 60 разів, ніж кілька тисяч років тому. Розглядаючи еволюційний розвиток людського суспільства, можна дійти такого важливого висновку: *розвиток людського суспільства характеризується безперервним зростанням потреб* (А. К. Запольський). Однак ці потреби слід оптимізувати. Особливо потрібно зменшити темп їх зростання. Ми повинні брати від Природи рівно стільки, скільки вона спроможна дати без шкоди для себе у цей момент.

Кількість ресурсів, що залучаються в антропогенний ресурсний цикл, наближається до тієї кількості речовин, які беруть участь у природному колообігу. Так, під час спалювання видобутого палива утворюється величезна кількість вуглекислого газу, який насичує атмосферне повітря. Якщо раніше весь вуглекислий газ, що утворювався під час дихання рослин і тварин і надходив в атмосферу, утилізувався тими самими рослинами, то нині спостерігається накопичення його в атмосфері. Різке збільшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері мало б сприяти накопиченню біомаси рослинами. Проте цього не спостерігається, оскільки, з одного боку, процес фотосинтезу рослин еволюційно скоординований з певною відносно сталою величиною сонячної енергії, а з другого — енергоємність хлоропластів (де здійснюється фотосинтез) також є величиною сталою, з певною кількістю фотосинтетичної роботи. Фактично збільшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері супроводжується зниженням загальної фотоенергоємності біосфери, оскільки більш продуктивні лісонасадження поступають місцем менш продуктивним окультуреним екосистемам,

а фотосинтетична активність водних продуцентів зменшується внаслідок забруднення океану. Оскільки підвищення вмісту вуглекислого газу не компенсується інтенсивністю його асиміляції, колообіги не лише карбону, а й інших біогенних елементів (нітрогену, фосфору, сульфуру) не збалансовані внаслідок антропогенної діяльності.

Зменшення кількості розсіюваних відходів та споживання первинних природних матеріальних ресурсів можна досягти, застосовуючи в господарюванні раціональне природокористування. Стосовно технологічних процесів це здійснюють шляхом ресурсозбереження, тобто виробництва продукції за мінімальних витрат сировини, палива та інших енергетичних ресурсів і різних допоміжних матеріалів. До основних напрямів ресурсозбереження належать:

- застосування безвідходних та маловідходних технологій з одночасною комплексною переробкою сировини;
- комплексна переробка газодимових викидів та стічних вод з використанням продуктів газо- і водоочищення;
- рекуперация та утилізація відходів виробництва;
- застосування замкнених водооборотних циклів;
- раціональне використання енергоресурсів та енергозбереження;
- розробка нових ефективних технологічних процесів, у тому числі й мікробіологічних;
- організація територіально-виробничих комплексів.

З метою зменшення кількості розсіюваних і неутилізованих відходів та споживання первинних природних матеріальних ресурсів розробляються ефективні безвідходні й маловідходні технології. На промислових підприємствах будують дедалі складніші й дорожчі очисні споруди для газодимових викидів і стічних вод. Розробляють технології комплексної раціональної переробки сировини з мінімальним використанням енергетичних ресурсів та інших допоміжних матеріалів. Незважаючи на те що кількість розсіюваних відходів на одиницю виготовленої продукції стає все меншою, загальний обсяг шкідливих викидів зростає. Це пояснюється невпинним зростанням чисельності населення на планеті, а отже, і його потреб. Найефективнішим способом вирішення проблеми зменшення кількості розсіюваних відходів є використання безвідходних технологій. Крім того, використання безвідходних технологій зумовлюється ще й зростаючими світовими цінами на сировину. Таким чином, для забезпечення раціонального природокористування потрібно використовувати екологічно безпечні безвідходні та маловідходні технології.

9.2. БЕЗВІДХОДНІ Й МАЛОВІДХОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Європейською економічною комісією сформульовано визначення поняття «безвідходна технологія». *Безвідходна технологія* — це практичне застосування знань, методів і коштів для того, щоб забезпечити в межах людських потреб якнайраціональніше використання природних ресурсів

і енергії та захист навколишнього середовища. Під *маловідходною технологією* розуміють спосіб виробництва продукції, за якого частина сировини і матеріалів переходить у відходи, однак шкідливий вплив на навколишнє середовище не перевищує санітарних норм. У широкому розумінні поняття «безвідходна технологія» охоплює й сферу споживання. Ця технологія передбачає, щоб виготовлені вироби служили довго, легко могли бути відновлені (відремонтовані), а після закінчення терміну служби поверталися в антропогенний ресурсний цикл після відповідної переробки або знешкоджувалися та захоронялися як неутилізовувані відходи.

За *законом розвитку довкілля*, як уже зазначалося, будь-яка природна система розвивається лише за рахунок використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища. Абсолютно ізольований саморозвиток неможливий — це висновок із законів термодинаміки. Із цього закону випливає наслідок: абсолютно безвідходне виробництво неможливе. Тому поняття «безвідходна технологія» є умовним і наповнюється змістом залежно від розвитку техніки на певному історичному етапі. У 1976 р. в Дрездені на Міжнародному симпозиумі з маловідходних та безвідходних технологій було виділено чотири основні напрями, за якими розвиваються безвідходні технології:

1) розроблення різних видів безстічних технологічних схем і водооборотних циклів;

2) створення і впровадження систем перероблення відходів виробництва та їх споживання як вторинних матеріальних ресурсів;

3) розроблення і впровадження принципово нових процесів добування речовин зі зменшенням обсягом відходів;

4) створення територіально-виробничих комплексів (ТБК) із замкненою структурою матеріальних потоків сировини та відходів у середині комплексу, включаючи комплексну переробку сировини.

До названих вище чотирьох напрямів варто додати (на думку авторів) п'ятий: раціональне використання енергоресурсів та енергозбереження.

9.3. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Як уже зазначалося, залежно від призначення води у виробництві її поділяють на кілька категорій. Вода, яку використовують для охолодження в теплообмінних апаратах, нагрівається, але не забруднюється сторонніми домішками. Воду, яку використовують як транспортувальний засіб, наприклад при збагаченні руд, не нагрівається, але забруднюється механічними й розчиненими домішками. Іноді у виробництві використовують підігріту воду, наприклад для миття харчової сировини, тари тощо. Дуже часто у виробництвах використовують воду як розчинник і реагент. Воду, яку застосовують для охолодження та транспортування, можна використовувати у водооборотних циклах (див. схему на стор. 224).

Для цього охолодні води треба охолодити, води для транспортування — очистити, а підігріті води для миття сировини, тари тощо — охоло-

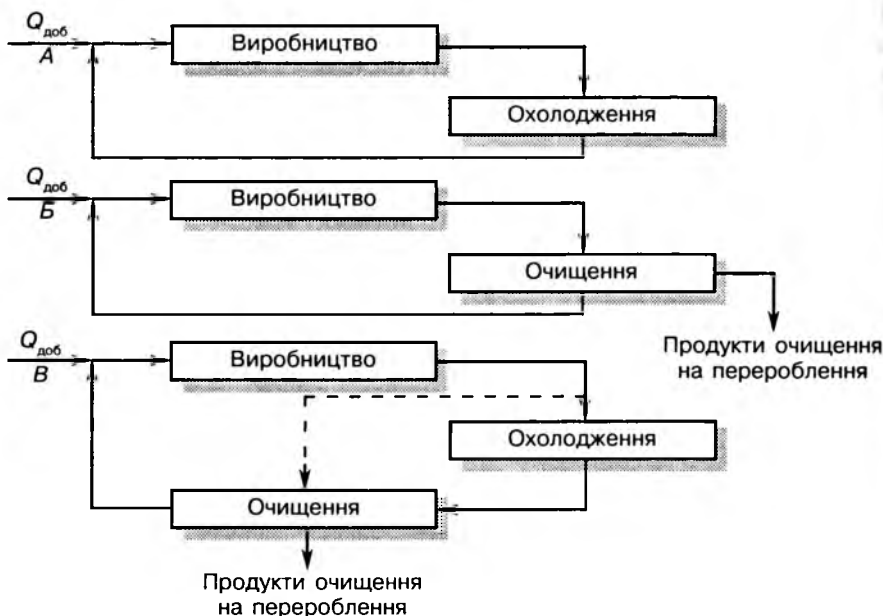


Схема водооборотних циклів:

A — з охолодженням води; *B* — з очищенням стічних вод; *B* — з охолодженням і очищенням стічних вод; $Q_{доб}$ — добавка свіжої води для підживлення циклу

дити й очистити. Потім до охолоджених та очищених вод додають додаткову кількість свіжої води $Q_{доб}$ (підживлення системи) для компенсації втрат і їх знову повертають у виробництво.

Для запобігання забрудненню навколишнього природного середовища продукти очищення вод потрібно переробляти на цьому самому або суміжному підприємстві з метою добування з них корисних продуктів чи напівпродуктів. Якщо після очищення утворюються токсичні відходи, які неможливо переробити, їх захоронюють. Оборотноє водопостачання в 20—50 разів зменшує споживання чистої природної води та забруднення водойм, тобто зменшує надходження розсіяваних відходів у природне середовище.

9.4. РЕКУПЕРАЦІЯ Й УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ТА КОМПЛЕКСНА ПЕРЕРОБКА СИРОВИНИ

Згідно з другим напрямом безвідходності технологій відходи виробництва використовують як вторинні матеріальні ресурси, які після збирання та оброблення знову надходять у виробництво як вторинна матеріальна сировина:

- 1) залишки сировини і матеріалів, що утворюються в процесі виготовлення продукції;
- 2) продукти фізико-хімічної переробки сировини;
- 3) продукти, які отримують у результаті видобування й збагачення корисних копалин;
- 4) вироби і предмети, що вийшли з ужитку або морально застаріли;
- 5) продукти очищення газодимових викидів і стічних вод;
- 6) відпрацьована та побічна теплота, енергетичний потенціал якої може бути використаний в інших процесах (використання вторинних енергетичних ресурсів — ВЕР).

За орієнтовними даними, щорічні обсяги промислових відходів у США становлять понад 1 млрд т, у країнах Європейського співробітництва — близько 0,5 млрд т, у Японії — близько 300 млн т. Уже на сучасному етапі майже повністю переробляються брухт, склобій, макулатура та вироби з вовни, текстилю, частково — вироби з пластмас, гуми, шкіри тощо. Отже, рекуперація відходів — це основа раціонального використання сировини. Враховуючи виснаження резервів первинної сировини, дедалі більшого значення в усьому світі набуває проблема використання вторинної сировини. Виробництво паперу з макулатури взамін деревини потребує енергії на 60 % менше, зменшує забруднення повітря на 15 % і води на 60 %. Сталь, виготовлена з брухту, на 70 % дешевша від добутої з руди. При цьому на кожній тонні сталі економиться 1,5 т руди і 0,2 т коксу, зменшується величезна кількість відходів, що потрапляють у відвали.

На сучасному етапі розвитку техніки поки що незадовільно утилізуються відходи з пластмас. Останні природним шляхом розкладаються надзвичайно повільно або зовсім не розкладаються. Під час їх спалювання відбувається сильне забруднення атмосфери отруйними речовинами. Нині утилізується незначна частка з 80 млн т пластмас, які щороку виготовляються в світі. Так, британські фірми переробляють тільки 50 тис. т (10 %) усієї виробленої поліетиленової плівки, близько 25 тис. т (7 %) щорічного виробництва поліетилену. Понад 70 % цих матеріалів становлять пластмасові пляшки та автомобільні акумулятори. Після переробки вони трансформуються в початковий матеріал.

У США рециклінг пластмас упродовж п'яти найближчих років передбачається збільшити від 1 до 25 %, а в підсумку становитиме 50—60 %. В Японії ще в 1988 р. за загального обсягу виробництва пластмас 11 млн т обсяг продукції з вторинної сировини становив 4,87 млн т. В Україні на сьогодні вироби з пластмас майже не утилізуються.

Оптимальним способом вирішення проблеми запобігання утворення полімерних звалищ є створення екологічно чистих біодеградабельних пластмас. Перший крок на шляху отримання саморуйнівних пластмас змішуванням синтетичних матеріалів з поліцукридами або синтез біодеградабельних матеріалів, що руйнуються мікроорганізмами, вже зроблено. На наш погляд, найраціональнішим для вирішення цієї проблеми є засто-

сування склотари, технологія утилізації якої добре розроблена й використовується в багатьох країнах.

Враховуючи обмеженість запасів кольорових і дорогоцінних металів в Україні, особливо важливою є організація збирання та переробки брухту й відходів кольорових і дорогоцінних металів (міді, цинку, свинцю, кадмію, нікелю, золота, срібла, платини, родію та ін.). Потрібно розробити раціональні технології комплексної переробки відпрацьованих електролітів та промивних вод гальванічних виробництв. Варто при цьому враховувати, що в подальшому господарюванні людського суспільства утилізація й переробка відходів набуватимуть дедалі більшого значення і обсягу. Отже, з метою раціонального вирішення проблеми утилізації відходів рекомендують таку програму заходів:

- зменшення кількості відходів;
- повторне використання, рециклізація, використання вторинної сировини;
- обробка, детоксикація та інші деструктивні методи;
- скидання і захоронення в наземних звалищах.

Наведемо кілька прикладів переробки відходів різних виробництв. Так, колчеданні недогарки пропонують переробляти на залізооксидні пігменти високої якості, вилучати дорогоцінні (золото й срібло) та кольорові (мідь, цинк, олово, нікель та ін.) метали, а силікатний залишок використовувати у виробництві цементу. Великотоннажні відходи виробництва фосфорних добрив — фосфогіпс запропоновано використовувати у виробництві будівельних матеріалів, як наповнювач у виробництві паперу, після нейтралізації — для розкиснення ґрунтів у сільському господарстві, для добування сірки, сульфатної кислоти та будівельного вапна й цементу. При виробництві глинозему з бокситів на Миколаївському глиноземному заводі та Запорізькому алюмінієвому комбінаті утворюються величезні відходи червоних шламів, що містять глинозем, оксиди феруму та рідкісноземельні елементи. Тому розробляють технології вилучення рідкісноземельних елементів та використання шламів для виплавляння чавуну, добування глинозему й коагулянтів для очищення питних і стічних вод.

При видобутку й збагаченні ільменітових руд Іршанського родовища (Житомирська обл.) накопичено десятки мільйонів тонн піщаних та глинистих відходів, величезна кількість покривних порід. Останні пропонують використовувати як будівельний матеріал для будівництва доріг, піщані фракції — для виробництва будівельних конструкцій, скла та руберойду. Глинисті відходи можна використовувати для виробництва цементу та спеціальних добавок для нього, цегли, коагулянтів тощо.

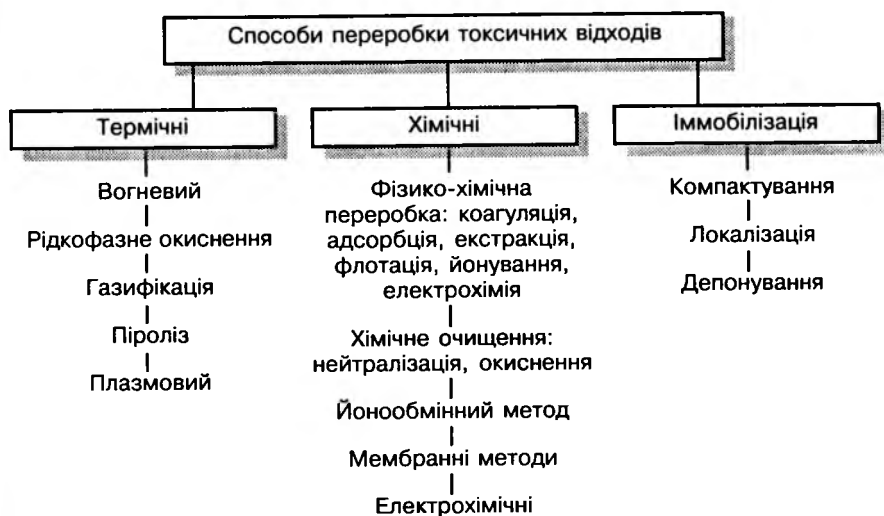
Побутове сміття переробляють і спалюють на спеціальних заводах. При цьому отримують скло, чорні та кольорові метали, добрива, етанол та будівельні матеріали. Отже, переробка й утилізація відходів дають змогу не тільки додатково отримати корисні продукти й вироби, а й зменшити видобуток та використання невідновних природних ресурсів (мінеральної сировини) й використання відновних (ліси, бавовна, льон тощо), а також запобігти забрудненню довкілля.

Слід також врахувати, що при використанні навіть передових технологій переробки відходів бувають такі відходи, які неможливо утилізувати й переробити, тому вони повинні бути детоксиковані й іммобілізовані до такої міри, щоб не створювати загрози для здоров'я людей і довкілля. Такі відходи вивозять на спеціальні полігони для захоронення. Найпростіші й найпоширеніші споруди для знешкодження відходів — удосконалені звалища, де відбувається анаеробне саморозкладання відходів у їх товщі впродовж десятків років. У результаті розкладання утворюються токсичні гази і розчини, які забруднюють атмосферне повітря, водою та ґрунтові води. Метан, гідрогенсульфід та вільний водень утворюють вибухонебезпечні суміші (вторинне забруднення). Особливо небезпечним є мікробне забруднення стоків звалищ. Тому облаштування полігонів має передбачати надійну гідроізоляцію.

Останнім часом запропоновано спосіб прискореного знешкодження побутових відходів, застосовуючи спеціальне польове компостування впродовж 4—18 міс. замість десятків років у звичайних полігонах або впродовж 1—3 тижнів на сміттєпереробних заводах. Внаслідок анаеробних процесів органічні речовини розкладаються з утворенням легкозасвоюваного азоту. Температура в буртах досягає 50—70 °С. У цих процесах провідну роль відіграють бактерії, джерелом енергії для яких є органічні речовини відходів, після чого сміття трансформується на азотні добрива.

Усі способи знешкодження, утилізації та захоронення токсичних відходів, які використовують нині, можна розподілити на три групи: термічні, хімічні та методи іммобілізації. Кожну з трьох груп можна ще розподілити на підгрупи:

Основні способи знешкодження, утилізації та захоронення токсичних відходів



Термічні способи засновані на тепловій обробці відходів, під час якої відбувається окиснення або газифікація горючих компонентів, термічне розкладання чи відновлення деяких шкідливих речовин з утворенням нешкідливих або менш шкідливих.

Суть *вогневого способу* полягає в спалюванні горючих відходів або вогневій обробці негорючих відходів високотемпературними продуктами палива (понад 1000 °С). Токсичні компоненти при цьому окиснюються, зазнають термічного розкладання та інших хімічних перетворень з утворенням газів (CO₂, H₂, N₂ тощо) і твердих залишків (оксидів металів і солей).

Рідкофазне окиснення ґрунтується на тому, що окиснення киснем повітря органічних і елементоорганічних домішок в рідинах відбувається за температури 150—350 °С в автоклавних умовах (за тиску 2—28 МПа). *Газифікацію* використовують для переробки твердих, рідких та пастоподібних відходів з отриманням горючих газів, смоли й шлаку. Утворені горючі гази та смоли можуть бути використані як паливо й хімічна сировина.

Термохімічний *піроліз* здійснюють у печах з непрямим нагріванням відходів з використанням систем для відведення й уловлювання продуктів піролізу (смоли і важких масел). Утворені гази також очищають в електростатичних фільтрах та кислотних і лужних промивниках.

Плазмовий спосіб заснований на тому, що за температур понад 4000 °С відходи трансформуються на гази та порошкоподібний матеріал, які не містять шкідливих речовин.

Фізико-хімічні способи переробки розглядалися у п. 7.10 (Очищення стічних вод).

Імобілізація токсичних відходів полягає у закріпленні, фіксації або хімічному зв'язуванні токсикантів. Для цього відходи обробляють спеціальними речовинами, в результаті чого відбувається хімічне перетворення шкідливих речовин на нетоксичні сполуки або трансформація токсикантів у нерозчинні міцні штучні утвори (гранули, моноліти тощо). Використовують такі методи імобілізації: компактування, локалізацію, депонування.

Компактування токсичних і радіоактивних відходів ґрунтується на зв'язуванні їх за допомогою різних в'язучих речовин у штучні утвори досить високої стійкості й непроникності для запобігання шкідливому впливу на довкілля. Як зв'язуючі матеріали можна використовувати термопластичні бітумні, органічні та неорганічні матеріали (полімери, бетони тощо). Оброблені таким чином відходи можна безпечно зберігати та транспортувати до місця їх подальшої переробки. Пропонують здійснювати компактування токсичних відходів за допомогою органомінеральних в'язучих контактного твердіння, що забезпечує високу концентрацію відходів (до 90 %) у гранулах, повну водостійкість і непроникність.

У тому разі, якщо в токсичних відходах містяться цінні компоненти, використовують *локалізацію*.

Одним із найпростіших і найнадійніших способів знешкодження та захоронення токсичних відходів є їх *депонування* у виробництві будівельних матеріалів (бетону, кераміки, скла тощо). Суть способу полягає в тому, що токсичні відходи вводять у сировинні суміші під час виробництва будівельних матеріалів. Захоронення токсичних відходів є надзвичайно складним, оскільки потребує повного виключення можливості проникнення токсичних газів у атмосферне повітря, а розчинів — у природні води.

Комплексна переробка сировини спрямована не тільки на бережливі витрати природних ресурсів, а й на зменшення викиду розсіюваних відходів у природне середовище. При цьому передбачається максимальний вихід продукту на кожній стадії переробки, що підвищує ефективність виробництва і зменшує утворення утилізованих 1, 2 та розсіюваних 1, 2 відходів (див. схему). Прикладом комплексного використання сировини в хімічній промисловості може бути перероблення апатито-нефелінової руди, у харчовій промисловості — м'яса й молока.

Схема комплексного використання апатито-нефелінової руди

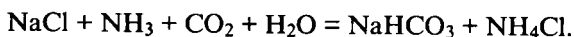


Апатито-нефелінова руда Кольського родовища містить, %: апатиту — 13, нефеліну — 30...40, титаномагнетиту — 2,2, егерину — 9,4, сфену — 25 та ін. Добуту флотацією руду розділяють на апатитовий і нефеліновий концентрати. З апатитового концентрату виробляють фосфорні добрива, фосфатну кислоту та її солі, елементний фосфор та ін. У процесі виробництва екстракційної фосфатної кислоти на 1 т 100 %-го P_2O_5 у вигляді твердого відходу утворюється близько 4 т фосфогіпсу. Фтор з газової фази вловлюють абсорбційними методами, а з екстракційної кислоти виділяють осадженням, сорбцією або екстракцією. Фосфогіпс пропонують переробляти на гіпсові в'язучі вироби, цемент, вапно й сульфатну кислоту, а також крейду і сульфат амонію. Нефеліновий концентрат переробляють на глинозем, соду, поташ і портландцемент.

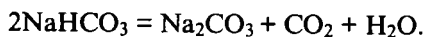
9.5. РОЗРОБКА НОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Такі процеси вже існують у багатьох галузях промисловості, причому вони характеризуються мінімальною кількістю технологічних стадій і поєднанням операцій. Так, у чорній металургії розроблено метод прямого добування заліза безпосередньо відновленням рудних концентратів воднем або синтез-газом (сумішшю водню з оксидом карбону (II)). При цьому вилучено стадії доменної плавки, а також виробництва коксу й агломерату. У виробництві сталі за цією технологією прямого відновлення в 2—3 рази зменшуються витрати води та утворення стічних вод і значно зменшуються викиди пилу й оксиду сульфуру (IV), а також інших домішок.

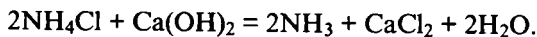
Ось уже понад 100 років соду виробляють за методом Сольве, згідно з яким аміачний розсіл, отриманий насиченням розчину кухонної солі аміаком, карбонізують оксидом карбону (IV) за схемою



З осаду гідрогенкарбонату натрію після фільтрування та прожарювання добувають кальциновану соду за схемою



З фільтрату, що є розчином хлориду амонію, після обробки вапняним молоком регенерують аміак, який повертається у виробництво:

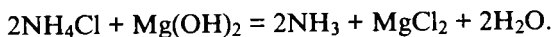


Відходом цього виробництва є дистилерна рідина — суспензія розчинних сполук у розчині хлоридів кальцію і натрію. На 1 т соди утворюється 1 т хлориду кальцію і 0,5 т хлориду натрію, а загальна кількість відходів содового виробництва становить 2000 млн m^3 щороку.

В Японії запропонували два варіанти вдосконалення технології Сольве:

1) не здійснювати взагалі регенерацію аміаку, а використовувати хлорид амонію як добриво;

2) регенерувати аміак за допомогою гідроксиду магнію:



У цьому разі хлорид магнію можна переробити на корисні продукти: металічний магній, оксид магнію та хлоридну кислоту.

Досліджуються нові процеси добування зв'язаного азоту (плазмо-хімічний метод), а також аміаку за допомогою ізопропілату титану. Проте ці процеси поки що не можуть замінити синтез аміаку з водню й азоту.

У хімічній промисловості здійснюється значна інтенсифікація виробничих процесів, створюються агрегати високої одиничної потужності, впроваджуються енерготехнологічні процеси, які широко використовуються у виробництві синтетичного аміаку. Потужність установок для синтезу аміаку зросла в 20 разів, і проектується агрегати ще вдвічі потужніші. При цьому витрати енергії зменшилися з 1200 до 40 кВт · год на одиницю зв'язаного азоту, витрати свіжої води — з 32 до 8 м³/т, витрати об'ємної води — з 500—550 до 50—100 м³/т.

9.6. ТЕРИТОРІАЛЬНО-ВИРОБНИЧІ КОМПЛЕКСИ

Одним з істотних напрямів зменшення витрат сировини і енергії, а також розсіюваних відходів виробництва є створення територіально-виробничих комплексів (ТВК) з метою організації комплексної переробки сировини. У ТВК здійснюється кооперування окремих підприємств, коли відходи одного з них є сировиною для іншого. Вже нині золо-шлакові відходи теплових електростанцій використовують для виробництва будівельних матеріалів як наповнювачі для бетону, силікатної цегли тощо. Розроблено технологію перероблення червоних шламів глиноземного виробництва з високим вмістом заліза. З них запропоновано виготовляти коагулянти, вилучати рідкісноземельні елементи, глинозем та виплавляти чавун.

З доменних шлаків пропонують виробляти шлакоситал — склокристалічний матеріал з добрими фізико-хімічними властивостями. На основі доменних шлаків щороку виробляють понад 30 млн т шлакопортландцементу. Такі металургійні заводи, як «Азовсталь», Дніпропетровський ім. Петровського та інші перейшли на повне використання шлаків.

У багатьох регіонах нашої країни формуються територіально-виробничі комплекси, діяльність яких спрямована на збалансування виробничих технологічних потоків та вдосконалення територіальної структури виробництв. Особливо велике значення має збалансування структури виробництв для сформованих індустріальних центрів (Донбас, Придніпров'я) у зв'язку з перебудовою економіки на ринкові відносини і пов'язаною з цим реструктуризацією промисловості.

9.7. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Споживання енергоресурсів у всьому світі безперервно збільшується, млрд т умовного палива:

1900—1925 рр. — 30; 1950—1975 рр. — 95;
1925—1950 рр. — 50; 1975—2000 рр. — 300—450.

Нині на одну людину припадає в середньому в США — близько 7 т енергоресурсів, у Японії — 1,5—5 т, а в країнах, що розвиваються, — 0,15—0,3 т у нафтовому еквіваленті (нафтовий еквівалент 1 т = $44 \cdot 10^{15}$ Дж). У період з 1990 до 2000 р. споживання енергоресурсів на 1 людину збільшилося приблизно в 5 разів. Задоволення зростаючих потреб населення полягає в раціональному використанні енергоресурсів, якого досягають кількома способами:

- 1) реструктуризацією енергоємних галузей господарства з використанням менш енергоємних;
- 2) економією енергоресурсів у всіх галузях господарської діяльності;
- 3) використанням нетрадиційних джерел енергії;
- 4) використанням вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР), тобто утилізацією відходів теплоти й енергії.

Ці способи реалізуються відповідно до *закона енерговіддачі в природо-користуванні*: у процесі добування з природних систем корисної продукції з часом (в історичному аспекті) на її виготовлення витрачається в середньому дедалі більше енергії (зростають енергетичні витрати на одну людину). Так, якщо в неоліті витрати на одну людину становили 42 000 кДж (близько 10—12 тис. кДж для харчування), наприкінці середніх віків — 92 000 кДж, то в 1970 р. на одного жителя США — 964 000 кДж. Ці потреби, очевидно, зростатимуть і надалі.

Враховуючи вичерпність викопного палива та забруднення довкілля відходами енергетики, дедалі більше зростатиме значення відновних джерел енергії. За прогнозами, до 2020 р. ці джерела замінять близько 2,5 млрд т палива. Їх частка у виробництві електроенергії й теплоти становитиме 8 %. Отже, дедалі більше використовуватимуть енергію Сонця (геліостанції), вітру (вітродвигуни), геотермальні теплові електростанції (геоТЕС), енергію океанів у вигляді теплоти, енергії течій, хвиль і припливів.

Для виробництва електричної й теплової енергії у лісопереробній промисловості використовують біомасу — енергоносії рослинного походження. Турбогенератори, що працюють на продуктах газифікації біомаси, можуть успішно конкурувати з традиційними тепловими, ядерними та гідравлічними енергоресурсами.

Істотним резервом економії енергії є використання вторинних енергетичних ресурсів (теплових відходів). На машинобудівних підприємствах тепловими відходами є фізична теплота викидних газів, охолодження нагрівних і термічних печей та вагранок, теплота відпрацьованої пари ковальсько-пресового обладнання тощо.

У чорній та кольоровій металургії до теплових ВЕР належать фізична теплота основної продукції та відходів виробництва, теплота викидних газів мартенівських і доменних печей, конверторів, нагрівних печей прокатного виробництва, а також відведена теплота після охолодження агрегатів.

У хімічній промисловості в значних кількостях ВЕР утворюються в результаті виробництва сульфатної та нітратної кислот, аміаку, каустичної соди, добрив, хімічних волокон і пластмас. Це теплота викидних газів, фізична теплота охолодних рідин промивних ванн, теплообмінників, теплота відпрацьованої пари й конденсату тощо.

На підприємствах нафтопереробної промисловості ВЕР — це фізична теплота продукційного потоку, викидних газів трубчастих печей і печей спалювання гідрогенсульфіду, установок регенерації каталізатора, фізична теплота після спалювання токсичної органіки і теплота охолодної води.

Вторинні енергетичні ресурси є також на тепло- і електростанціях (ТЕС і ГЕС). На ТЕС — це теплота охолодної води конденсаційних пристроїв, на ГЕС — відходи тепловиділення в електрогенераторах. Джерелами ВЕР є викидні димові гази котелень або відведені продукти спалювання в газотурбінних установках, нагріта охолодна вода із системи охолодження генераторів електростанцій, на АЕС — теплота конденсату і охолодних систем.

Утилізацію відходів теплоти й енергії здійснюють, безпосередньо використовуючи їх у процесах, які були джерелом цих відходів, або в інших, та за допомогою теплообмінних пристроїв різної конструкції — рекуператорів, регенераторів, котлів-утилізаторів, а також в інших конструкціях, наприклад агрегатах мотор—насос—турбіна. Відпрацьовані пару й гарячу воду використовують зазвичай безпосередньо (без трансформації в інші енергоносії) для опалення та гарячого водозабезпечення. Теплоту викидних газів можна використати для сушіння, випарювання, дистиляції та здійснення інших процесів.

У хімічній та деяких інших галузях промисловості утилізовану теплоту продуктів реакції використовують для попереднього нагрівання сировини (реагентів), що надходить у ті самі апарати. Таке нагрівання здійснюють у рекуператорах, регенераторах і теплообмінниках. Реагенти надходять у теплообмінник 1 (рис. 9.1), де нагріваються за рахунок теплоти гарячих продуктів, які виходять з реакційного апарата, а потім подаються в реактор 2. За цією схемою теплообмін між гарячими й хо-

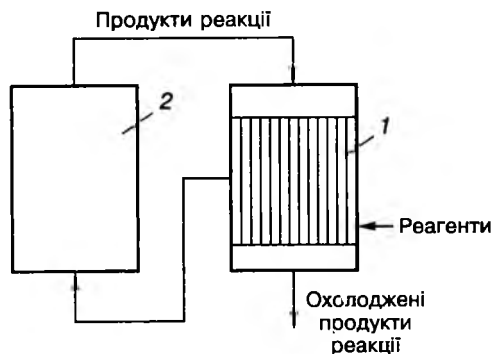


Рис. 9.1. Схема використання теплоти продуктів реакції або відхідних газів:

1 — теплообмінник; 2 — реактор

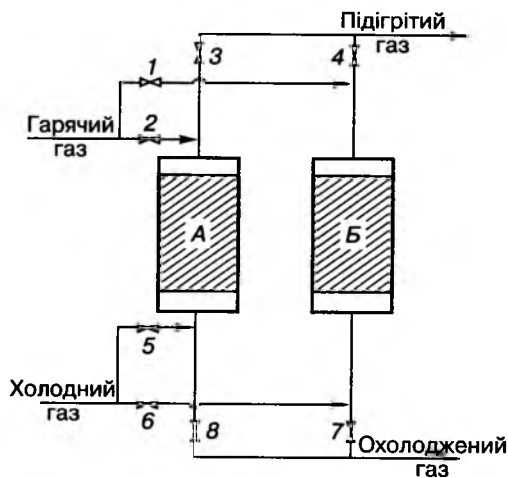


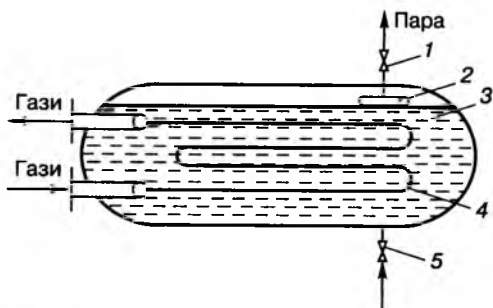
Рис. 9.2. Схема роботи регенератора:
1—8 — заслінки; А, Б — камери регенератора

лодними продуктами відбувається через стінки труб теплообмінника. Апарати подібного типу називають *рекуператорами* (теплообмінниками).

Регенератори (рис. 9.2) застосовують для утилізації теплоти газів. Вони складаються з періодично діючих камер, заповнених насадкою з вогнетривкої цегли. Для створення безперервного процесу потрібно мати не менш як два регенератори.

Гарячий газ спочатку проходить через регенератор А, нагріває його насадку, а сам охолоджується. Холодний газ проходить через регенератор Б і нагрівається за допомогою попередньо нагрітої насадки. За такого режиму роботи непарні заслінки 1, 3, 5, 7 закриті, а парні — 2, 4, 6 і 8 — відкриті. Після нагрівання насадки регенератора А і охолодження насадки регенератора Б здійснюють перемикання і гарячий газ спрямовують у регенератор Б, а холодний — у регенератор А. При цьому парні заслінки мають бути відкритими, а непарні — закритими. Після охолодження насадки регенератора А і нагрівання насадки регенератора Б знову здійснюють перемикання. За організації такої періодичної роботи регенераторів забезпечується постійне нагрівання холодного газу за рахунок теплоти гарячого газу, який викидається.

Теплоту газуватих продуктів реакції і викидних газів часто використовують для виробництва пари в котлах-утилізаторах (рис. 9.3). Гарячі гази рухаються по трубах 4, розміщених у корпусі котла. В міжтрубному просторі знаходиться вода, яка надходить через кран 5. Пара, що утворилася, проходить через вологовіддільник 2 і виводиться з котла через кран 1.

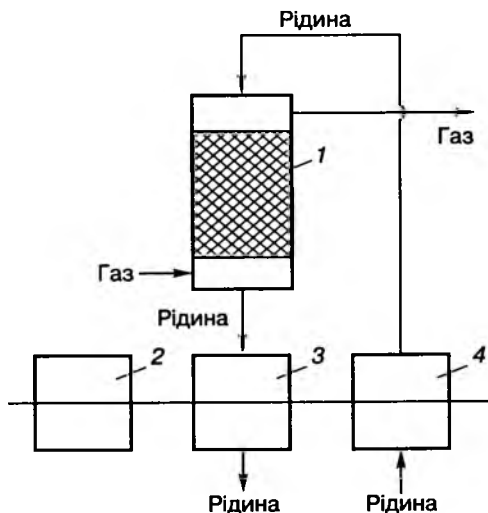


У процесах, які проводяться за високих тисків, для зменшення витрат електроенергії, що перетворюється на механічну, прагнуть використати

Рис. 9.3. Котел-утилізатор:
1, 5 — крани; 2 — вологовіддільник;
3 — корпус з водою; 4 — труби

Рис. 9.4. Схема агрегату мотор—насос—турбіна:

1 — башта; 2 — мотор; 3 — турбіна;
4 — насос



енергію стиснутих газів або рідини, що перебуває під тиском. Для цього можна використовувати агрегати мотор—насос—турбіна (рис. 9.4). Газ, що перебуває під тиском, надходить у нижню частину башти і омивається зрошувальною рідиною. Газ виходить з верхньої частини башти, а рідина — з нижньої. Поряд з баштою розташований агрегат мотор—насос—турбіна, в якому мотор, колесо турбіни й робочі колеса

багатоступінчастого насоса мають спільний вал. Насос подає рідину на зрошення башти. Рідина, що витікає з башти і перебуває під тиском, потрапляє на лопатки турбіни, обертає колесо турбіни і втрачає енергію. Оскільки колеса турбіни й насоса знаходяться на одному валу, енергія рідини використовується для роботи насоса й подавання рідини на зрошення башти. Аналогічно використовують енергію стиснутих газів.

Одним з істотних напрямів раціонального використання енергетичних ресурсів є створення енерготехнологічних комплексів. Прикладом таких комплексів може бути виробництво сульфатної кислоти з колчедану. В результаті спалювання останнього добувають сірчистий газ, нагрітий до високої температури. Після його охолодження і очищення отримують сульфатну кислоту, а за допомогою утилізованої теплоти в котлах-утилізаторах — підігріту водяну пару, яку використовують в інших виробництвах на тому самому підприємстві або для комунального теплозабезпечення.

Використання вторинних енергетичних ресурсів підвищує коефіцієнт використання енергії, який визначають за формулою

$$\eta_e = W_T \cdot 100 / W_{\text{пр}}, \%$$

де W_T і $W_{\text{пр}}$ — відповідно кількість енергії, яка витрачена теоретично і практично на отримання одиниці продукції. Ефективність використання теплоти визначається тепловим коефіцієнтом корисної дії η_T , який обчислюють за формулою

$$\eta_T = Q_T \cdot 100 / Q_{\text{пр}}, \%$$

де Q_T і $Q_{\text{пр}}$ — відповідно кількість теплоти, яка теоретично і практично витрачається на здійснення процесу. Чим більші η_e і η_T , тим ефективніше використовуються енергія й теплота для здійснення різних процесів.

9.8. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ФІТОЦЕНОЗІВ

Рослинність стабілізує вуглецево-кисневий баланс атмосфери. Зелені рослини щороку засвоюють за допомогою фотосинтезу близько 170 млрд т оксиду карбону (IV) і виділяють 460 млрд т кисню. Рослини забезпечують біологічний колообіг речовин у біосфері, накопичують органічні речовини, необхідні для життя людей і тварин, збагачують киснем середовище існування живих організмів, сприяють формуванню ґрунтового покриву та впливають на його родючість, беруть участь у депонуванні сонячної енергії. Рослинні ценози мають повітроочисне, водоохоронне, ґрунтозахисне, кліматорегульовальне, санітарно-гігієнічне та культурно-естетичне значення.

Рослини є основним джерелом постачання ґрунту органічними речовинами, що сприяє збільшенню їх врожайності завдяки утворенню гумусу (перегною). За допомогою бобових, злаків та інших вищих рослин формуються структура та хімічний склад ґрунту. Рослинний покрив регулює добову й річну температури. Поверхня ґрунту в лісі та інших місцевостях, де проростають рослини, взимку тепліша, а в інші пори року — холодніша. Рослини утримують вологу в ґрунті, сприяють розподілу вологи суходоли (впливають на випаровування вологи, опади, а також на поверхневий і внутрішньоґрунтовий стоки). Лісові рослини сприяють зниженню рівня ґрунтових вод та рівномірності розподілу стоку, зменшують його інтенсивність і швидкість на поверхні після дощів. Зниження інтенсивності поверхневого стоку зменшує ерозію ґрунтів, особливо в гірській місцевості та в районах сильних вітрів і суховіїв.

Рослини забезпечують близько 60—80 % очисної здатності біосфери. Вони поглинають різні гази та пил, завдяки чому очищається атмосферне повітря. У містах, де бідний рослинний покрив, концентрація оксиду карбону (IV) та інших шкідливих газів у повітрі в 9—10 разів вища, ніж у лісі.

Рослини виділяють фітонциди, що згубно діють на хвороботворні бактерії. Вони очищають доквілля від радіоактивних забруднень. Однак найголовніша роль рослин полягає у створенні продуктів харчування для людей і кормів для тварин. Багато видів рослин використовуються людиною як сировина для промисловості (льон, бавовник, деревина тощо). Важливу роль у господарській діяльності людей відіграють природні ресурси рослинного походження — нафта, кам'яне та буре вугілля, горючі сланці, торф.

Негативне значення рослин полягає в тому, що деякі їх види засмічують поля, пасовиська, водойми, канали тощо. Деякі рослини згубно впливають на людей і тварин, зумовлюють алергію, отруєння, грибні захворювання тощо.

Проте життя без рослин неможливе. Отже, слід прагнути, щоб у результаті антропогенної діяльності рослинний покрив не зменшувався, а, навпаки, — збільшувався. Адже «від зеленого листа беруть початок усі прояви життя на Землі» (К. А. Тимірязев). Зменшення чисельності видів

рослин порушує біологічний колообіг речовин у природі, знижує родючість ґрунтів і врешті порушує динамічну рівновагу в природі та призводить до небажаних екологічних наслідків.

Величезний вплив на стан життя в біосфері мають ліси. На частку лісів припадає близько 70 % усієї біологічної маси суші. З найдавніших часів ліс задовольняє найрізноманітніші потреби людей. Його ресурси широко використовують у різних галузях господарства.

Ліси на Землі вкривають близько 30 % площі суші (3,8 млрд га) і розподілені на території вкрай нерівномірно. Вони зосереджені переважно в середніх широтах Північної півкулі та в тропічній зоні. Ліс постійно продукує органічну масу — деревину, з якої виготовляють вироби й товари вжитку майже 25 тис. найменувань. Деревина є паливом, будівельним матеріалом та природним сировинним ресурсом для багатьох галузей господарства (деревопереробної, целюлозно-паперової, хімічної, машинобудівної та ін.). Як сировина деревина посідає третє місце після кам'яного вугілля і харчової сировини. З деревини виготовляють папір, штучний шовк і шерсть, целулоїд, бездимний порошок, піроксилін, фото- й кіноплівку, нітрофарби та нітролаки, штучну шкіру, пластмаси, етанол і метанол, ацетатну кислоту, смоли, дьоготь, скипидар, кормові дріжджі, штучний каучук, ефірні олії, медикаменти та багато інших продуктів. Деревина, оброблена під високими тиском і температурою, може використовуватись як замітник металу й пластмас, що характеризуються тривалим терміном використання (понад 50 років і більше).

Багато порід дерев дають плоди з високим вмістом поживних речовин і вітамінів. Лісові рослини є кормовою базою для бджільництва. З лісових рослин добувають багато лікарських засобів. Ліс — це природна аптека. Тут росте багато технічних рослин, які є сировиною для деревообробної, олійної, ефірної, дубильної, лакофарбової та інших галузей промисловості. Лісові сіножаті та пасовища забезпечують поживними кормами тваринництво. Органічні добрива, виготовлені з кори, діють упродовж 6—8 років і підвищують урожайність сільськогосподарських культур на 50—80 %.

Ліс є гігантським акумулятором сонячної енергії, основним генератором кисню, легенями нашої планети. Він відіграє надзвичайно важливу роль у відновленні киснево-вуглекислотного балансу в повітрі. Лісові насадження забезпечують рівномірне водопостачання рік і водойм упродовж року. Вирубування лісів зумовлює обміління річок і навіть повне їх пересихання. Лісонасадження на схилах захищають ґрунти від розмивання й утворення ярів, зміцнюють схили в ярах і балках. Ліси пом'якшують клімат, підвищують вологість повітря. Різниця температури повітря під кронами дерев і зовні досягає влітку 7—10 градусів у денний час. Завдяки руху холодного й вологого повітря з лісу в поле зменшується негативний вплив суховіїв, посух і пекучого сонця. Вночі спостерігається зворотний рух повітря — з охолодженого поля в ліс. Таким чином зменшується коливання температури й вологості повітря та ґрунту. Ліс поліпшує мікроклімат. Охолодний ефект

дубового випаровування одного дорослого дерева дорівнює $105 \cdot 10^4$ кДж, що еквівалентне роботі 10 кімнатних кондиціонерів упродовж 20 год.

Ліси й лісові смуги затримують сніг, захищають поля від піщаних бур і суховіїв, поліпшують водний режим території та підвищують урожайність сільськогосподарських культур. Лісосмуги в 5—6 рядів площею 1 га захищають 25—30 га ріллі, й на кожному її гектарі нагромаджується 600—800 т вологи. Це сприяє збільшенню врожайності зернових на 3—4 ц з гектара.

Велике й санітарно-оздоровче та рекреаційне значення лісу. Ліс — це величезний природний механічний та біохімічний фільтр. Ділянка лісу площею 1 га виділяє за рік 4 т кисню і поглинає 5 т вуглекислого газу, 1 га сосняку двадцятирічного віку — відповідно 7 і 9 т за годину. Така ділянка лісу поглинає весь вуглекислий газ, який виділяють 200 людей. Листя дерев затримують пил, аерозолі, кіптяву, гази та інші шкідливі домішки, що містяться в повітрі. За рік 1 га ялинового лісу затримує 32 т, соснового — 37, дубового — 54, букового — 68 т пилу. Один гектар лісових насаджень, не завдаючи собі шкоди, за рік може поглинути з повітря близько 400 кг оксиду сульфуру (IV), 100 кг хлоридів, 20—25 кг фторидів. Листяні ліси площею 1 га за рік поглинають 700—1000 кг шкідливих речовин.

Один гектар лісу за весняно-літній період виділяє 450 кг фітонцидів, а ялівець за один день — понад 30 кг. Фітонциди згубно діють на мух та мікроорганізми, тому в лісі бактерій у 200 разів менше, ніж на вулицях міста.

Ліс сприяє створенню в людей бадьорого й життєрадісного настрою, підвищенню працездатності. Тільки недільні відпочинки в лісі підвищують середньорічну продуктивність праці на 0,3 %. Тому в лісах розташовують санаторії, будинки та бази відпочинку, профілакторії й дитячі табори.

Ще близько 200 років тому ліси вкривали більшу половину площі України. Нині загальна площа лісового фонду України становить 9,97 млн га, загальний запас деревини — 1240 млн м³. Щорічний приріст деревини досягає майже 25 млн м³. На одного жителя України припадає 0,16 га лісу і 24 м³ деревини. Лісистість території становить близько 14,2 %. На 1000 осіб міського населення припадає в середньому 51 га зеленої зони. Ліси на території країни розміщені нерівномірно. Навколо Кривого Рогу, Одеси, Херсона й Кіровограда приміських лісів майже немає. Забезпеченість населення лісами зелених зон коливається від 4 до 105 га на 1000 осіб. Наукові дослідження свідчать, що площа зелених зон у розрахунку на одну людину має становити до 300—400 м².

З метою раціонального лісокористування розроблені орієнтовні норми лісистості для різних ландшафтних зон: для мішаних лісів та лісостепу — 20...25, степу — 10...12 %. Неправильна експлуатація лісів призводить до їх знищення, заміни хвойних та інших цінних порід на м'яколистяні (березові, осикові та ін.), деревина яких низькоякісна.

За даними ООН, щороку на планеті вирубують майже 3 млрд м³ лісу, і очікується, що в найближчі роки вирубування зросте в 1,5 раза. Особливо небезпечним є вирубування лісів Сибіру та Амазонії, які відіграють істотну роль в очищенні атмосфери Землі. Крім того, в тропічних лісах зосере-

джена значна кількість видів флори і фауни, зокрема близько 80 % видів комах і 65 % — рослин. Вирубування лісів Амазонії пов'язане з будівництвом шляхів, міст, розробкою корисних копалин та облаштуванням сільськогосподарських плантацій.

Не краща доля спіткала ліси на Європейському, Північноамериканському та Азійському континентах. Тут ліси вирубали ще століття тому, а лісові масиви, що залишилися, гинуть від кислотних опадів та пожеж. Для збереження лісів слід здійснювати дбайливе вирубування та економну переробку деревини, запроваджувати використання лісовідходів. У багатьох лісництвах та лісокомбінатах використання відходів для виготовлення матеріалів і продуктів становить 96—100 %.

Однією з найважливіших умов раціонального використання лісових ресурсів є лісовідновлення та лісорозведення. *Лісовідновлення* — це вирощування штучно створених лісів на вирубах та згарищах. *Лісорозведення* — створення і вирощування лісу на територіях, де раніше лісонасаджень не було. У післявоєнні роки в держлісфонді України вирубано лісу на 1750 тис. га, а посаджено — на 4195 тис. га і природно поновилося на площі 382 тис. га. Площа відновленого лісу збільшилася в 2,5 раза.

Оптимальним залісненням території на рівнинах вважають 25...30, а в гірських районах — 35...50 %. Отже, лісистість нашої країни, що становить 14,3 %, вкрай недостатня. Тому нагальною є проблема відновлення лісів. Заліснення насамперед треба здійснювати на еродованих землях, уздовж берегів річок та ярів, на гірських схилах та межах полів, сівозмін тощо.

З метою збереження лісів розроблено схему комплексного лісогосподарського районування, на основі якого здійснюється лісогосподарювання. Головними завданнями сьогодення є економне і господарське використання деревинної сировини, безвідходна технологія виробництва в лісозаготівельній та деревообробній промисловості, якісне і своєчасне лісовідновлення, належний догляд за лісонасадженнями (включаючи раціональне обмежене вирубування), створення поєднаних лісоохоронних лісосмуг, рекреаційних і заповідних лісопаркових зон і масивів, зменшення впливу кислотних дощів, проведення селекції для створення стійкіших і продуктивніших видів лісової флори, раціональне використання і збереження ягідних, кормових, технічних і лікарських рослин, запобігання лісовим пожежам, підвищення рівня екологічної освіти та виховання свідомого ставлення населення до лісу.

Природні кормові угіддя забезпечують свійських і диких тварин зеленими кормами та сіном. Кормові угіддя поділяють на лучні (заплавні, низинні, суходільні, гірські), степові, болотні сіножаті та пасовища. В Україні вони займають площу 6,65 млн га. Середня врожайність сіна становить 17,5 ц/га. За умов дотримання вимог раціонального використання природних угідь врожай травостою може бути в 3—5 разів вищим. Цього можна досягти організації пасовищ на пасовищах зрошуваного або богарного кормовиробництва, впровадження підсіву багаторічних урожайних трав, збагачення пасовищ цінними дикорослими кормовими рослинами.

ми, застосування регульованого використання угідь з раціональним випасанням худоби та введенням пасовищезмін.

Охорона і раціональне використання природних кормових угідь полягає в поліпшенні структури лучного фонду внаслідок трансформації земель, цільовому використанні кормових угідь, підвищенні їх продуктивності й поліпшенні якості, охороні природної лучної рослинності та створенні багаторічних культурних пасовищ. З метою охорони пасовищ не можна допускати їх надмірного випасання.

З 0,5 млн відомих видів рослин людина використовує близько 10 %. В Україні 65 % видів флори є цінними в практичному відношенні. До них належать понад 800 видів, що використовуються в медицині, близько 150 — дикорослих плодкових, ягідних, горіхоплідних, салатних, пряних та інших харчових рослин, понад 200 — вітаміноносних, 400 — олійних і ефіроолійних, близько 100 — дубильних, 150 — фарбувальних, 50 — волокнистих, 1000 — кормових, 500 — медоносних, 80 — деревинних. Переважна більшість їх росте в лісах.

За умови збільшення обсягів заготівель доцільно проводити окультурення природних заростей і переведення їх у промислові плантації. Радикальним способом збереження лікарських рослин є введення їх у культуру, використовуючи для цього узлісся, галявини, землі під лініями електропередач, протипожежні смуги тощо. Збереженню та раціональному використанню корисних рослин, особливо рідкісних видів, покликана сприяти природоохоронна пропаганда наукових знань про флору, правильну організацію збирання рослин, розселення їх цінних видів та екологічне виховання населення.

9.9. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЗООЦЕНОЗІВ

Тварини є важливою складовою всіх екосистем і біосфери загалом. Вони беруть участь у біологічному колообігу речовин і відіграють істотну роль у підтриманні динамічної рівноваги в природному середовищі. Життя тварин нерозривно пов'язане з розвитком рослинного світу, й існування одних без інших неможливе. При цьому кількісна зміна рослин неминуче призводить до кількісної зміни тварин.

Завдяки високому рівню енергетичних процесів, величезному різноманіттю, втричі більшому за рослинний світ, і значній рухливості роль фауни у функціонуванні біосфери надзвичайно важлива. Тварини беруть активну участь у формуванні ландшафтів. Наприклад, морські тварини утворюють осадові породи (вапняк, крейду). В утворенні ґрунтів і забезпеченні їх родючості важливу роль відіграють мікроорганізми, черви, мурашки, терміти, інші комахи. Понад 80 % рослин запилюються комахами. Останні споживають як живі, так і відмерлі їх частини. Разом з деякими ссавцями й птахами вони знищують трупи великих тварин, а мухи, жуки-мертвоїди та мурашки — дрібних хребетних і безхребетних. Комахи — мухи, жуки, терміти — відіграють суттєву роль в утилізації перегною.

Гризуни-землерії сприяють поширенню рослин лісів і лісостепу. Птахи розносять насіння рослин на значні відстані й знищують велику кількість гризунів. Наприклад, сіра сова з'їдає за літо близько тисячі полівок, зберігаючи тим самим не менш як 0,5 т зерна. Комахоїдні птахи знищують комах — шкідників сільського й лісового господарства (100 зозуль можуть знищити за годину 30—40 тис. шкідливих гусениць). За добу одна синиця з'їдає понад 3600 комах та гусениць. Одна пара синиць з виводком може захистити від шкідників до 40 дерев. Сім'я шпаків за час гніздування знищує 8 тис. хрущів. Сім'я горобця з пташенятами з'їдає за день 400—500 гусениць. Деякі комахи захищають рослини від хижаків. Наприклад, руда лісова мурашка знищує величезну кількість гусениць. Однак для деяких рослин і тварин, корисних для людей, вони можуть бути шкідниками або збудниками хвороб.

Багато тварин є джерелом продуктів харчування й технічної сировини для промислового виробництва: свійські тварини, риба, хутрові звірі, різна дичина та ін. Для отримання продуктів харчування здавна використовують ссавців і птахів. М'ясну продукцію дають копитні (лосі, олені, косулі, сайгаки, свині, дикі кози, барани), борова дичина (рябчики, тетереви, глухарі, куріпки), водоплавні птахи.

Диких тварин використовують для одомашнювання. Приручають хутрових звірів (соболя, норку, песця, ондатру та ін.), страусів, крокодилів тощо, в Україні — лосів, глухарів, фазанів, білу куріпку. В Японії, Франції, США та інших країнах створені ферми для розведення устриць. Диких тварин використовують для виведення нових видів свійських тварин з поліпшеними якостями. Наприклад, схрещуванням баранів-муфлонів з мериносовими вівцями в заповіднику України Асканія-Нова вивели продуктивну породу овець.

З року в рік зростає використання тваринного світу для рекреаційних цілей — спортивне мисливство, рибалка, фотополювання, екскурсійне спостереження тощо. Мільйони людей дістають естетичну насолоду під час відвідування національних парків, де вони милуються звірами й птахами.

Полюючи впродовж більш як 30 тис. років, людина знищила багато видів тварин. Припинили своє існування рослиноїдні мамонти, гігантські олені, носороги, печерний ведмідь, печерний лев, дикі коні та багато інших. Зникнення великих тварин змусило людей перейти від мисливства до скотарства та землеробства. Однак при цьому винищування тварин тривало. Так, з 1741 по 1768 р., тобто за 27 років, було повністю винищено морську корову. Така сама доля спіткала птахів: дронта, безкрилу гагарку, стеллерового баклана, лабрадорську гагу, бенгальського одуда. Мисливством були знищені бики-тури і тарпан (європейський степовий кінь). Внаслідок нерегульованого мисливства до середини XIX ст. на межі зникнення опинилися десятки видів тварин і птахів (окремі популяції китів, американських північних оленів, американських бізонів, носорогів, соболя).

Кількість тварин зменшується також унаслідок погіршення екологічних умов на території їх ареалу. Більше простору відводиться під забудову

ву міст, сільськогосподарські угіддя і все менше залишається куточків, де тварини могли б існувати в природних умовах. Разом з байбаками зникла й качка-пеганка, яка гніздилася в норах байбаків, а разом з дрохвою зник і стрепет. Ці птахи стали рідкісними.

Особливого антропогенного впливу зазнають тварини в наш час, що пов'язано з інтенсифікацією сільського господарства. Внаслідок використання сучасних машин потерпають олені, свині, лисиці, козулі, зайці, знищуються гнізда багатьох птахів. Застосування хімічних добрив і пестицидів призводить до масової загибелі ссавців, птахів та інших тварин. Пестициди спричинюють загибель комах-запилювачів.

Для задоволення потреб у продуктах тваринництва людина створила великі тваринницькі комплекси-ферми, які завдають значної шкоди рослинному й тваринному світу. В районах цих фермерських господарств природне середовище інтенсивно забруднюється продуктами розкладання й гниття значної кількості (до 2,5 тис. м³ за добу) екскрементів, шкідливими газами (аміак, гідрогенсульфід та ін.) та органічними кислотами. В результаті видалення нечистот гідрозмивом та накопичення його в незадовільно обладнаних відстійниках та накопичувачах забруднюються прилеглі водойми й ґрунтові води. Через бактеріальне забруднення та забруднення токсичними речовинами вода не придатна для вжитку, а для риб та інших живих організмів — смертельно отруйна. Навколо комплексів поширюються яйця гельмінтів, патогенні мікроби. Методів ефективної утилізації їх поки що не знайдено.

Для забезпечення функціонування великих тваринницьких комплексів у розвинених країнах використовують біологічні методи утилізації гнійних стоків: біохімічне окиснення органічних речовин та знищення патогенних мікроорганізмів активним мулом. Ефективними методами утилізації гною є виробництво з нього біогазу, одержання білкових речовин та біоперегною. Гній гідролізують сульфатною кислотою і вирощують на ньому кормові дріжджі. Його переробляють за допомогою грибів, бактерій та мікроводоростей, у деяких країнах — личинок синантропічних (хатніх) мух. Зі свинячого гною в результаті переробки отримують органічне добриво. В США гній переробляють за допомогою дощових черв'яків. На 1 м² площі щодня можна утилізувати 1,5 кг гною, на 1 га — 7,5 т. Упродовж теплого періоду року на цій площі черви здатні переробити 1300 т гною і утворити при цьому 20—25 т білкового корму та 400 т біогумусу. Істотною проблемою цієї технології є вилучення черв'яків із субстрату.

Через забруднення природного середовища і масовий вилов майже повністю зникли 25 видів цінних промислових риб. Щороку винищується до 250 тис. дельфінів. Продуктивність багатьох річок, Азовського та Чорного морів зменшилася в десятки разів. Азовське море перебуває на межі повної деградації. Якщо не вжити негайних заходів, воно може бути втрачене назавжди.

З метою охорони тваринного й рослинного світу в 1993 р. в Україні набув чинності Закон «Про тваринний світ», а в 1998 р. — «Про різнома-

ніття тварин». Над проблемою охорони флори і фауни працюють фахівці багатьох науково-дослідних установ. Ведуться роботи з інтродукції, акліматизації та реакліматизації й розведення дичини. Створено заповідники, заказники та інші природоохоронні території, запроваджено Червону книгу, організовується міжнародне співробітництво в галузі охорони природного середовища, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки.

Акліматизація — процес пристосування тваринних і рослинних організмів до нових умов існування, що, як правило, пов'язано зі штучним або природним розселенням їх поза межами історичних ареалів. Акліматизація буває природною, випадковою (попутною) і штучною. Штучна акліматизація здійснюється людиною. В результаті акліматизації місцеві фауна і флора збагачуються новими цінними видами, завезеними з інших територій.

Реакліматизація — переселення видів на території, на яких вони жили раніше, але внаслідок знищення людиною чи за інших обставин зникли. Значних успіхів досягнуто, наприклад, при розселенні бобра, зайця-русака, плямистого оленя, козулі, вівірки, єнота-полоскуна, лані, муфлона, серед птахів — фазана, сірої куріпки, серед риб — товстолобика, білого амура та ін.

З метою збереження тваринного світу основні заходи мають бути спрямовані на посилення боротьби з браконьєрством, організацію ефективного інспекторського контролю в лісах, на водоймах і в степах. Потрібно організувати ефективні заходи допомоги тваринам: підгодівлю, запобігання антропогенним забрудненням, захист від епідемій, розселення в зручних для існування місцях тощо. Доцільно планомірно і науково обгрунтовано здійснювати рекультивацию ландшафтів, відновлення лісів, водойм, луків, пасовиськ і ґрунтів, розвивати заповідну справу. Першочерговим завданням є виховання природоохоронної свідомості у людей.

9.10. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ

Земля та її надра становлять основу матеріального добробуту людства. Надмірна розорюваність території та величезний вплив антропогенної діяльності призвели до порушення природного процесу ґрунтоутворення та ерозійних процесів. Наприкінці XIX ст. вміст гумусу в чорноземах на півдні України становив 8—12 %, а в деяких місцях — 16 %. Нині його вміст знизився до 4—6 % і навіть менше. Погіршення якості ґрунтів призводить до різкого зменшення врожайності польових культур та різних захворювань рослин, тварин і людей.

Площа земельних ресурсів, що припадає на одного мешканця планети, щороку скорочується на 2 %, а площа сільськогосподарських угідь — на 6—7 %. Ще 15 років тому на душу населення Землі припадало близько 0,5 га орної землі, нині — 0,35 га, в Канаді — 1,4 га, США — 0,63, ФРН — 0,15, Японії — 0,04 і Україні — близько 0,7 га. За період 1986—1996 рр.

площа орних земель в Україні скоротилася на 24,8 тис. га. Площа орної землі, яка припадає на одного мешканця України, за останні три десятиріччя скоротилася майже на 20 %. Особливо гостро стоїть проблема охорони та раціонального використання земель у густонаселеному західному регіоні (Рівненська, Чернівецька, Львівська й Закарпатська області), де на душу населення припадає лише 0,55—0,16 га орної землі.

Отже, як бачимо, ґрунтові ресурси не безмежні й потребують дбайливого ставлення до їх використання. З метою запобігання ерозії ґрунтів здійснюють комплекс заходів, що дають змогу припинити або зменшити змивання і здування ґрунтів до розмірів, за яких можливе їх природне відтворення. Всі протиерозійні заходи поділяють на організаційно-господарські, агротехнічні, лісомеліоративні та гідротехнічні.

Організаційно-господарські заходи охоплюють спеціалізацію господарства та його підрозділів, раціональний розподіл землі за угіддями, запровадження правильної структури посівних площ (до 50 % багаторічних трав), диференційоване розміщення полів сівозмін і захисних лісових насаджень, склад і чергування сільськогосподарських культур, використання системи обробітку ґрунту та удобрення, які забезпечували б надійний захист ґрунтів від ерозії.

Агротехнічні протиерозійні заходи передбачають зменшення водної ерозії уповільненням поверхневого стоку і збільшенням водовбирної здатності ґрунтів. Для цього застосовують сівбу впоперек схилів, терасування схилів у гірських районах, оптимальні терміни й способи сівби, вапнування кислих і гіпсування засоленних ґрунтів, мінімальний обробіток ґрунту, ґрунтозахисні сівозміни та регулювання сніготанення.

Лісомеліоративні ґрунтозаходи спрямовані на створення полезахисних, водорегулювальних, прияружних і прибалкових лісових смуг та масивів.

Для зменшення втрат родючих земель під час гірничовидобувних робіт здійснюють їх рекультивацию. *Рекультивация* — це система прийомів відновлення порушених ландшафтів з метою поновлення родючості ґрунту. Вона включає три етапи робіт: підготовчий, гірничо-технічний і біологічний. На підготовчому етапі обстежують порушені території, складають техніко-економічне обґрунтування і розробляють проект рекультивации. Гірничо-технічний етап передбачає вирівнювання насипів з покриттям порід ґрунтом, який знімали під час відкриття кар'єрів, влаштування терас, будівництво котлованів для водойм у місцях видобутку торфу, проведення хімічної меліорації. Біологічний етап здійснюють з метою відновлення родючості рекультивованих земель і перетворення їх на лісові або сільськогосподарські угіддя та рекреаційні зони. Упродовж 1986—1989 рр. в Україні рекультивовано 93 тис. га земель.

Зменшення спустелювання земель досягають закріпленням рухомих пісків і запобіганням заносам сільськогосподарських угідь механічним, хімічним та біологічним методами. Біологічні методи передбачають засівання травами і посадку дерев та чагарників. Усього в Україні заліснено близько 700 тис. га пісків. При хімічному захисті від рухомих пісків вико-

ристовують різні хімічні речовини: емульсії бітуму, рідке скло, нерозин, вапно тощо.

Підвищення родючості ґрунтів — основне завдання землеробства. Його вирішують застосуванням передової системи землеробства, що включає запровадження оптимальних сівозмін, вдосконаленої системи обробітку ґрунту, науково обґрунтованої технології удобрення, а також поліпшення водного режиму (зрошення, осушення, насадження лісосмуг тощо).

Останнім часом значної шкоди ґрунтам завдають забруднення їх агрохімікатами. Проблема оптимізації використання мінеральних добрив до цього часу залишається недосконалою. Надмірне внесення мінеральних добрив не тільки не підвищує родючість ґрунту, а й істотно забруднює ґрунтові природні води, приґрунтовий шар повітря, погіршує урожай сільськогосподарських культур і небезпечно впливає на здоров'я людини через споживання забрудненої агрохімікатами сільськогосподарської продукції.

Ведення сільського і лісового господарства в сучасних умовах неможливе без використання пестицидів (лат. *pestis* — зараза, *cide* — вбивати). Без їх застосування втрачається до 50 % і більше врожаю, тоді як із застосуванням пестицидів — тільки 15—20 %. Більшість пестицидів токсичні для живих організмів. З продуктами рослинного й тваринного походження людина поглинає накопичені в них пестициди чи продукти їх розпаду, які поступово концентруються в організмі й спричинюють фізіологічні порушення з небажаними наслідками. Пестициди мають алергенні, мутагенні та канцерогенні властивості. Особливо небезпечні вони для комах. Тільки внаслідок застосування карбофосу загинуло понад 200 видів різних комах.

З метою зменшення шкоди, якої завдають пестициди, розробляють і впроваджують інтегровану систему захисту рослин. Вона передбачає застосування для боротьби зі шкідниками та хворобами поряд з пестицидами агротехнічних, меліоративних і біологічних (використання мікроорганізмів, комах-ентомофілів тощо) заходів. Багатообіцяючим методом є використання бактеріальних і вірусних препаратів селективної дії. Розробляють інсектициди вибіркової дії (гормони і антигормони, що діють на певні біохімічні системи організму комах).

Для запобігання забрудненню ґрунтів здійснюють утилізацію відходів різних виробництв та переробку й знешкодження побутового сміття, використовують безвідходні й маловідходні технології у виробництві тощо. Поліпшити чистоту ґрунтів можна за рахунок удосконалення експлуатації автомобільного та інших видів транспорту, а також сільськогосподарської техніки.

Особливою проблемою є запобігання забрудненню ґрунтів радіоактивними відходами. Для знешкодження і захоронення радіоактивних відходів використовують бетонування, асфальтування та укриття полімерною плівкою. Високоактивні відходи капсулюють, сплавляючи їх зі скламасою і вміщують у міцні, хімічно стійкі контейнери, які захоронюють на дні моря або під землею.

З метою відродження ґрунтів у США затверджено програму консервації 18,2 млн га сільськогосподарських земель на 10 років. На резервних землях дозволяється в окремі роки і в певні періоди тільки заготовляти сіно. Європейський союз прийняв рішення не засівати з 1993 р. 4,2 млн га земель. Їх можна використовувати як виняток лише для вирощування культур на біопаливо.

Отже, *раціональне використання земельних ресурсів* — це комплекс еколого-економічно обґрунтованих організаційно-господарських, агротехнічних та інших заходів, спрямованих на збереження від руйнування і забруднення сільськогосподарських земель та підвищення урожайності вирощуваних на них культур. Раціональне землекористування передбачає застосування екологічно ефективних систем землеробства — індустріалізації сільського господарства, протиерозійного та ґрунтозахисного обробітку земель, зменшення забрудненості ґрунтів, меліорації земель, регулювання мікроклімату, хімізації сільського господарства, біологічного захисту посівів від шкідників і хвороб тощо. Ці системи передбачають розробку й використання ефективних технологій на зрошуваних, осушуваних і порушених землях, створення нових сільськогосподарських угідь, лісових насаджень на незручних для використання землях, відведення земель на несільськогосподарські цілі, залучення до господарювання відпрацьованих та непридатних земель (рекультивация, знімання родючого шару та його використання, терасування крутих схилів, протиерозійні та протиселеві й гідротехнічні заходи). Використовується також комплекс агротехнічних і агрохімічних заходів, що сприяє підвищенню врожайності земель (обробіток, удобрення, захист сільськогосподарських культур від хвороб, шкідників і бур'янів тощо). Для забезпечення раціонального використання земельних ресурсів в Україні складено Державний земельний кадастр.

9.11. ЗАПОВІДНА СПРАВА І МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО

Як свідчать наукові дослідження провідних учених багатьох країн, забезпечення нормального функціонування біосфери Землі та її самовідновлення можливі лише за умови наявності не менш як 10—15 % природоохоронної території. Форми останньої різноманітні й поділяються на заповідники, природні національні парки, заказники, пам'ятки природи, дендрологічні й зоологічні парки, ботанічні сади, парки — пам'ятки садово-паркового мистецтва, заповідно-мисливські господарства, заповідні урочища, охоронні й санітарно-курортні зони, ландшафтні стежки та штучні природні об'єкти.

Заповідники — це територія (акваторія), повністю вилучена з господарського користування з метою збереження та вивчення всіх компонентів екосистеми: повітря, природних вод, ґрунтів, гірських порід, рослинного й тваринного світу, пам'яток природи та культури. *Заповідання* — це вилучення певної території чи об'єкта в природі зі сфери господарювання

з метою підтримання рівноваги природних процесів екосистеми, виключення антропогенного впливу на них, збереження еталонів недоторканої природи для фонових, наукових досліджень, характеру взаємозв'язків між екологічними факторами для збереження й відтворення біоценозів та біотопів. Заповідники є природною лабораторією, діяльність якої спрямована на збереження генофонду та природних еталонів біогеоценозів.

За своїм значенням заповідні території поділяють на біосферні заповідники міжнародного значення (їх близько 200), функціонування яких здійснюється під наглядом міжнародних організацій, та на державні й національні заповідники і парки, заказники та заповідні території. Вони мають представляти типові ландшафти певних природно-географічних зон і мати достатню площу для забезпечення саморегуляції всіх природних процесів екосистеми з виключенням антропогенного впливу. У заповідниках зберігаються рідкісні, зникаючі й нечисленні види рослин, тварин та природний генофонд. У заповідниках дикі тварини розмножуються і поступово розселяються за їх межами без втручання людини. Заповідники є джерелом племінного матеріалу для планового штучного розселення цінних тварин і рослин. Навколо державних заповідників створюються охоронні зони.

До заповідних територій з менш суворим екологічним режимом належать державні природоохоронні національні парки, заказники та інші природоохоронні об'єкти. *Заказник* — територія або акваторія, де впродовж кількох років (або постійно), у певні сезони (або цілорічно) охороняються деякі види рослин, тварин чи частини природного комплексу. В них дозволяється господарське використання деяких ресурсів, що не завдає шкоди об'єкту, який охороняється.

Біосферні заповідники почали створювати в 70-х роках ХХ ст. за ініціативою ЮНЕСКО, ЮНЕП і МСОП у рамках міжнародної програми «Людина і біосфера». Всього на Землі понад 20 тис. заповідних територіальних комплексів, у тому числі 1200 великих заповідних територій типу природних національних парків і заповідників. Площа їх становить близько 100 млн га, або 1,6 % території суходолу. В Україні є 20 державних заповідників (з них 4 біосферних), 10 національних природних парків, близько 1600 заказників, 2650 пам'яток природи, 560 заповідних урочищ. Усього сформовано 5350 природно-заповідних територій і об'єктів, що займають площу близько 4 % території країни. Це значно менше встановленого мінімуму — 10...15%.

У природі відбувається процес невинного вимирання та зникнення з флори й фауни багатьох видів рослин і тварин. Усього за історію людства вимерло понад 150 видів та підвидів птахів і 110 видів ссавців. Встановлено, що швидкість вимирання тварин зростала майже пропорційно збільшенню кількості людей і максимальних значень досягла за останні сто років. Виходячи із закону константності біомаси в біосфері, можна стверджувати, що процес вимирання тваринного світу є закономірним і для його припинення потрібно стабілізувати чисельність людського населення на Землі.

Під дією антропогенного тиску флора і фауна біосфери Землі опинилися в загрозливому стані. У зв'язку з цим в 1948 р. при ООН було ство-

рено спеціальну постійну Комісію з охорони зникаючих видів рослин і тварин, а згодом міжнародну Червону книгу. До цієї книги занесені рослини і тварини, які поділяють в основному на дві категорії — рідкісні й зникаючі. *Рідкісні* — види, яким нині ще не загрожує зникнення, але вони настільки нечисленні або мешкають на таких обмежених територіях, що можуть зникнути за несприятливих умов під впливом природних або антропогенних факторів (землетрус, повінь, виверження вулканів, вплив людини тощо). *Зникаючі* — види, які перебувають під загрозою зникнення і врятування яких неможливе без вжиття спеціальних заходів. До Міжнародної Червоної книги занесено 202 види й підвиди ссавців, 341 — птахів, 36 — земноводних, 149 видів плазунів. У 1978 р. така книга була видана в колишньому СРСР. Усього було взято під охорону 30 видів ссавців, 14 — рептилій, 17 — птахів. Уперше до Червоної книги було занесено 10 видів риб (осетр, лососеві, карпові), молюски, ракоподібні, черв'яки, комахи, гриби та лишайники. Всі види тварин, занесені до Червоної книги, залежно від їх кількості й ступеня загрози вимирання розподілено на п'ять категорій. До першої належать ті, яким загрожує вимирання найближчим часом, а до п'ятої — ті, що відновлені.

У 1982 р. в Україні прийнято закон про Червону книгу, до якої занесено понад 800 видів рослин і тварин з метою їх охорони та збереження. У друге видання «Червоної книги України. Рослинний світ» занесено 439 видів судинних рослин, 28 — мохоподібних, 17 — водоростей, 27 — лишайників, 30 — грибів. У європейській червоній список потрапили 84 види вітчизняних судинних рослин. У 1992 р. Верховна Рада України з метою збереження й відтворення біологічного різноманіття, охорони рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів рослин і тварин затвердила «Положення про Червону книгу України». В ньому передбачається низка заходів щодо відтворення видів рослин і тварин: моніторинг за станом популяцій, створення заповідних об'єктів, банків генофонду зникаючих видів та проведення роботи з екологічного виховання населення. Також передбачено кримінальну, адміністративну та матеріальну відповідальність за знищення або пошкодження зникаючих видів рослин чи тварин. Збереженню та охороні зазначених видів рослинного світу має слугувати Закон України «Охорона рослинного світу».

Проблеми регулювання чисельності населення, виснаження природних ресурсів, трансграничного забруднення навколишнього природного середовища і як наслідок — зникнення існуючої цивілізації мають глобальний, всепланетний характер і вирішити їх можна тільки разом — усім світовим співтовариством. Вирішення цих проблем неможливе без широкого й активного міжнародного співробітництва. Таке співробітництво в галузі охорони навколишнього природного середовища розпочалося наприкінці ХІХ ст. громадськими організаціями, такими як Міжнародний союз охорони природи та природних ресурсів (МСОП), Науковий комітет з проблем навколишнього середовища (СКОПЕ) та Всесвітній фонд дікої природи.

З 1970 р. у всьому світі з ініціативи ЮНЕСКО (ООН з питань освіти, науки і культури) виконується Міжнародна програма «Людина і біосфера» (МАБ — Man and Biosphere). Цією програмою передбачено вирішення таких завдань, як визначення й оцінка змін структури, функціонування та динаміки природних, змінених і контрольованих людиною екосистем, дослідження зв'язку між соціально-економічними й екологічними процесами, розробка шляхів і засобів вимірювання якісних і кількісних змін природного середовища, координація вимірювання якісних і кількісних змін природного середовища, досліджень біосфери та ін. Програма МАБ охоплює 75 наукових проєктів, до виконання яких залучено понад 90 країн світу. ООН регулярно організовує міжнародні конференції з метою прийняття міжнародних рішень з питань екологічної безпеки та раціонального природокористування.

Велике значення мала Стокгольмська конференція 1972 р., яка задекларувала фундаментальне право людей на умови життя, що забезпечують їхні гідність та добробут. Подальшого розвитку ідеї Стокгольмської конференції набули в рішенні Віденської конференції захисту озонового шару (1985 р.), Женевської конференції про транскордонне забруднення повітря (1979—1983 рр.), в Монреальському протоколі про обмеження використання фторхлорвуглеців (1987 р.).

У 1982 р. ООН прийняла «Всесвітню хартію природи», в якій вперше на міжнародному рівні проголошено відповідальність людського співтовариства за стан природи. Велике значення в подальшому відіграли і Форум з міжнародного права в галузі охорони природного середовища (Італія, 1990 р.), Московська декларація Глобального форуму з навколишнього середовища 1990 р., конференція 1992 р. в Ріо-де-Жанейро, в якій представники більш як 100 держав прийняли програму «Людство та глобальні зміни», присвячену вирішенню глобальних екологічних проблем. У 1998 р. в Токіо проведено всесвітній форум з питань захисту атмосфери від антропогенних забруднень. Прийнято спільні рішення щодо обмеження викидів промислових забруднень в атмосферу, зокрема оксиду карбону (IV), який сприяє виникненню парникового ефекту.

Україна, ставши на шлях незалежності, приєдналася до процесу державного регулювання збереження якості природного середовища, раціонального використання природних ресурсів та дотримання екологічної безпеки. Вона є Стороною понад 20 міжнародних конвенцій та двосторонніх угод, пов'язаних з охороною довкілля. Їх кількість у найближчі роки, без сумніву, збільшиться, оскільки існує низка конвенцій, приєднання до яких нашої країни має істотне політичне значення в галузі охорони навколишнього природного середовища, використання та відтворення природних ресурсів. Інтеграція нашої країни у світове співтовариство сприяла міжнародній економічній, технічній та експертній допомозі. В подальшому можливе використання кредитів Міжнародних банків, допомога Європейського союзу в межах програми «TACIS» для країн СНД, допомога окремих розвинених країн як у межах багатосторонніх програм, так і на підставі двосторонніх угод.

9.12. ОПТИМІЗАЦІЯ ВЗАЄМОВІДНОСИН ЛЮДИНИ І БІОСФЕРИ

У процесі довготривалого існування біосфери в ній склалася динамічна рівновага між усіма її біотичними й абіотичними компонентами як в окремих екосистемах, так і в біосфері загалом та у взаємодії з навколишнім середовищем (космосом). І як би людина не втручалася в природу в процесі природокористування, вона завжди порушує ці рівноважні стосунки, що склалися в екосистемах. Кінцевий результат залежить від обсягів цього втручання. Якщо вони значні, відбувається руйнування екосистеми і врешті вона може зруйнуватися повністю, а на її місці з'явиться нова екосистема з біднішим біоценозом. Адаже природа не терпить порожнечі. І навіть якщо знову відновити первісні екосистеми, на це знадобиться дуже багато років.

Слід пам'ятати, що природа як об'єкт діяльності людини — це складна система, яка охоплює явища, пов'язані біотичними та абіотичними взаємозв'язками. На нинішньому етапі існування нашої планети природне середовище і антропогенна діяльність перебувають у нерозривній діалектичній єдності, створюючи систему «природа — суспільство». Взаємодію суспільства й природи неможливо осмислити, передбачити й оцінити її подальший розвиток без комплексної оцінки взаємостосунків і можливих наслідків втручання в цю систему. А тому, втручаючись у природні екосистеми, людина має заздалегідь проаналізувати екологічні стосунки, передбачити можливі наслідки і дуже виважено підійти до такого втручання.

Отже, необхідною умовою і засобом глибокого розуміння будь-якого явища життя в його взаємозв'язках з навколишнім природним середовищем є системний підхід. Під *біологічною системою* розуміють структуру (клітини організму, співтовариства організмів та ін.), яка виконує деяку функцію (біохімічну, фізіологічну, біоценотичну тощо) і яка взаємодіє із середовищем та іншими системами як єдине ціле, складається з підсистем нижчого рівня, безперервно пристосовуючись, перебудовує свою діяльність відповідно до сигналів зворотного зв'язку і виявляє властивості самоорганізації. Інструментами аналізу систем слугують математика, теорія інформації, кібернетика.

У процесі взаємодії суспільства й природи перше діє на другу, внаслідок чого виникає адекватна відповідь, що передається каналами зворотного зв'язку. Так, промислові викиди, потрапляючи в навколишнє природне середовище, змінюють його, і ці зміни позначаються на діяльності самого підприємства, суспільства та стані здоров'я людини. Системний підхід передбачає комплексну оцінку впливу антропогенної діяльності суспільства на природу з обов'язковим прогнозуванням реакції природи на цей вплив.

Будівництво каскаду водосховищ можна розглядати з позицій економічного підходу, тобто оцінки затрат на їх будівництво порівняно з прибутком від виробленої енергії на гідроелектростанціях. Однак при систем-

ному аналізі з позицій еколого-економічного підходу, потрібно робити також оцінку всіх збитків, які завдаються навколишньому природному середовищу, та враховувати всі негативні наслідки, пов'язані з діяльністю екосистеми Дніпра та господарською діяльністю всього регіону (втрату сільськогосподарських угідь, багатой флори і фауни, зміну мікроклімату і внаслідок цього — біоценозу екосистеми).

Для того щоб суспільство могло постійно раціонально користуватися природними ресурсами, необхідно розумно керувати цим процесом, спираючись на знання екологічних законів. Потрібно, щоб спожиті відновні природні ресурси постійно самовідтворювалися, а невідновні мінеральні ресурси споживалися якомога менше за мінімальної кількості розсіюваних відходів. З цією метою вчені пропонують концепцію *оптимізації біосфери*, тобто оптимізацію взаємовідносин у системі «суспільство — природа». Проблема оптимізації біосфери пов'язана з виявленням конкретних критеріїв, які визначає сама людина. Взагалі оптимізація, що є функцією керування (в кібернетичному розумінні), має прагнути до того, щоб науково-технічний розвиток не вивів біосферу за межі параметрів, які потрібні для нормального функціонування організму людини зокрема і екосистеми загалом, без чого неможливе й функціонування суспільства. Проте цілі керування і оптимізації біосфери значно ширші. Суспільство повинно прогнозувати вірогідні варіанти розвитку власної діяльності й реакції природного середовища та керувати біосферними процесами. Як один із головних критеріїв оптимізації У. Б. Новик (1975) запропонував сталість гомеостазу людини при прагненні «його інформаційного вмісту до нескінченності».

У зв'язку з проблемами оптимізації постає питання і щодо процесів керування системами, які оптимізуються. Під *керуванням* розуміють процес часткової дії одного об'єкта на інший, спрямований на перетворення структури іншого і переведення його в деякий заданий стан. Тому сенс керування полягає в систематичному розвитку цілеспрямованого і ретельно розрахованого перетворення природи, здатної до самовідтворення й саморегуляції. Прикладом проекту великомасштабного керування природою та її ресурсами можна назвати будівництво великих каналів, водосховищ тощо. При цьому прогнозують доцільність робіт, визначають різні результати — підвищення продуктивності угідь, забезпечення судноплавства, енергопостачання, пом'якшення клімату, боротьбу з посухами тощо (П. Г. Олдак, 1981). У ширшому плані К. Уатт (1971) в книзі «Екологія і управління природними ресурсами» запропонував машинне моделювання поведінки різних змінних, кінцевою метою якого є максимізація функції за показником економічної ефективності тієї чи іншої антропогенної системи. Разом з тим обов'язково слід брати до уваги і можливий вплив на природне середовище. Непередбачувані негативні наслідки можуть повністю знецінити всі економічні переваги, що відчують на собі не тільки нинішні, скільки прийдешні покоління людей.

9.13. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Як впливає з аналізу антропогенного циклу колообігу речовин, для безперервного його функціонування потрібно постійно і в зростаючій кількості (оскільки постійно зростають потреби суспільства) споживати первинні відновні та невідновні природні ресурси. Якщо раціональне природокористування передбачає господарювання таким чином, щоб забезпечити самовідтворення відновних природних ресурсів, то використання невідновних ресурсів має обмежуватися і базуватися на самообмежувальному мінімумі, з одного боку. З іншого — слід бережливо і раціонально використовувати вже видобуті корисні копалини, дбайливо і довгостроково споживати виготовлені з них продукти та предмети вжитку, своєчасно відновлювати їх. А якщо вони повністю вийшли з ужитку, то збирати й переробляти їх у вигляді вторинних матеріальних ресурсів. Для забезпечення оптимального використання природних ресурсів в Україні необхідно здійснити реструктуризацію економіки, спрямувавши її в бік зменшення використання матеріальних і енергетичних ресурсів та самозабезпечення, використовувати сучасні найефективніші безвідходні й маловідходні технології в усіх галузях господарства.

Оскільки планета Земля — наш спільний дім, необхідно спільними зусиллями всього світового співтовариства вирішувати подолання світової екологічної кризи, що невпинно насувається. Для цього потрібно організувати ефективно і постійно діюче міжнародне співробітництво для вирішення всіх екологічних проблем взагалі та раціонального природокористування зокрема.

Беручи до уваги той факт, що розвиток науково-технічного прогресу в різних країнах відбувається нерівномірно, в подальшому має все ширше здійснюватися міжнародне кооперування в науково-технічній галузі, щоб залучити до сучасного технічного прогресу відсталіші в технічному відношенні країни. Тим більше, що в подальшому, коли вичерпається природна комора корисних копалин у земних надрах, людське суспільство обов'язково освоюватиме ресурси Світового океану, що почало робити вже нині. Розробка ефективних технологій раціонального використання первинних природних ресурсів, включаючи Світовий океан, зумовить також кооперування наукового потенціалу, наслідком чого будуть спільні розробки вчених різних країн. Вже нині розпочалося широкомасштабне кооперування вчених у галузі охорони біосфери від антропогенних забруднень у рамках програми «Людина і біосфера».

З метою самообмеження використання невідновних та повільновідновних енергоресурсів (вугілля, нафти та газу) потрібно ширше й ефективніше використовувати енергію Сонця та інших «нетрадиційних» джерел енергії: вітру, термальних джерел, морських припливів і хвиль, попутних газів, водневу енергетику, біогаз, депоновану теплоту в глибинах земних

надр і Світового океану тощо. При цьому слід повсюдно використовувати ефективніші технології енергозбереження.

У перспективі все більшого масштабу набуде використання біотехнологій у виробництві продуктів харчування, енергетиці та захисті біосфери від антропогенних забруднень. Набуває все більшого значення освоєння космічного простору з господарськими цілями, як-то: прогнозування клімату, моніторинг біосферних процесів, дослідження антропогенних забруднень біосфери, а також з метою запобігання глобальним воєнним конфліктам і уникнення небажаних наслідків природних стихій (буревійв, землетрусів, виверження вулканів, цунами тощо).

Відчуваючи відповідальність за наше майбутнє, слід негайно розпочати через систему «Інтернет» втілення міжнародної програми екологічної освіти та виховання населення планети з тим, щоб екологічне мислення людства спрямувати обличчям до Природи, створити культ Природи з метою подолання екологічної кризи та запобігання екологічній катастрофі. На сьогодні більш значущої проблеми немає. Тому для її вирішення необхідно залучити наявний потенціал усього людського суспільства.



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) проаналізувати антропогенний ресурсний цикл;
- 2) пояснити сутність безвідходних і маловідходних технологій;
- 3) накреслити шляхи раціонального використання природних ресурсів;
- 4) сформулювати принципи раціонального і економного ведення господарства;
- 5) обґрунтувати доцільність збереження біологічного різноманіття в біосфері та накреслити шляхи вирішення цієї проблеми;
- 6) пояснити, в чому полягає сутність міжнародного співробітництва України в галузі охорони довкілля;
- 7) накреслити перспективні напрями раціонального природокористування.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. Дайте визначення природно-ресурсного потенціалу і наведіть приклади.
2. Сформулюйте загальні принципи раціонального природокористування і наведіть приклади.
3. Порівняйте зміст природного біогеохімічного циклу колообігу речовин і антропогенного ресурсного циклу. У чому полягає відмінність між ними?
4. Як збільшити ККД антропогенного ресурсного циклу?
5. Що називають безвідходними і маловідходними технологіями? Наведіть приклади.
6. У чому полягає сутність раціонального використання водних ресурсів?
7. Як забезпечити раціональне використання водних ресурсів у виробництві та побуті?
8. Що таке вторинна матеріальна сировина?

9. Чим відрізняється рекуперация відходів від їх утилізації? Поясніть на прикладах.
10. Наведіть приклади комплексної переробки сировини.
11. Чому здійснюють безперервне удосконалення та розробку нових технологічних процесів? Наведіть приклади нових ефективних технологічних процесів.
12. Що таке територіально-виробничі комплекси та з якою метою їх організовують?
13. У чому полягає раціональне споживання енергоресурсів?
14. Що таке вторинні енергоресурси і які методи їх використання ви знаєте?
15. Чим відрізняється рекуперация теплоти від регенерації?
16. Що таке енерготехнологічні комплекси? Наведіть приклади їх застосування.
17. Які нетрадиційні джерела енергії ви знаєте?
18. У чому полягає сутність енергозбереження?
19. Чим характеризується ефективність використання теплоти і енергії?
20. Як здійснюється раціональне використання фітоценозів?
21. Скільки гектарів лісу потрібно, щоб очистити атмосферне повітря міста з населенням 3 млн чоловік і в якому є 250 тис. автомобілів, від забруднень вуглекислим газом? Якщо це буковий ліс, то скільки буде затримано пилу?
22. Чому в тропічних лісах багатші флора і фауна?
23. Назвіть способи раціонального використання лісових ресурсів.
24. Яка ділянка лісу потрібна, щоб задовольнити прохолодою 1 млн мешканців міста в літню спеку і скільки при цьому може бути вивільнено кондиціонерів?
25. Чому в біосфері гине значно більше видів тварин, ніж рослин?
26. Як здійснюється раціональне використання фітоценозів?
27. У саду росте 350 дерев. Як можна їх захистити від пошкоджень шкідниками?
28. Як зберегти біологічне різноманіття флори і фауни?
29. Чому в агроценозах бідна видова різноманітність тварин?
30. Якої шкоди завдають великі тваринницькі комплекси і як їй запобігти?
31. Чому площа заповідання має становити не менш як 10—15 % загальної території держави?
32. У чому полягає оптимізація взаємовідносин людини і біосфери?
33. Які перспективні напрями раціонального природокористування ви знаєте?
34. У чому полягає раціональне використання земельних ресурсів?
35. Які методи підвищення врожайності ґрунтів ви знаєте?

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЛЮДИНИ

10.1. ЗМІСТ ПРЕДМЕТА «ЕКОЛОГІЯ ЛЮДИНИ»

Тривалий час медична географія вивчала територіальну диференціацію захворювань і зв'язок їх з неоднорідністю географічної оболонки Землі. З погіршенням якості навколишнього середовища, переважно в другій половині ХХ ст., медична географія почала приділяти особливу увагу територіальній диференціації тих захворювань, що були зумовлені негативними змінами навколишнього середовища. У результаті на основі медичної географії та гігієни сформувався новий розділ екології — екологія людини, або антропоєкологія. За визначенням американського еколога Е. Одума, *екологія людини* є екологією біологічного виду *Homo sapiens* і може розглядатися, подібно до екології рослин, тварин та мікроорганізмів, як розділ популяційної екології. Вона вивчає взаємодію з природою людини як біологічної істоти на рівні організму та популяції. За сучасними уявленнями, екологія людини — це спільний науковий підрозділ соціоекології та медицини, що вивчає медико-біологічні аспекти гармонізації взаємовідносин між суспільством і природою, з яких можна виокремити два головних: 1) людина і природа; 2) екологічна безпека людини.

Об'єктом вивчення екології людини слід вважати систему «людина — навколишнє середовище», в межах якої однотипна людська популяція (міська, сільська тощо) взаємодіє з відносно однорідним навколишнім природним середовищем і критерієм ефективності функціонування якої є високий рівень здоров'я населення.

До головних завдань екології людини належать:

- вивчення стану здоров'я людей та соціально-трудового потенціалу популяцій;
- дослідження динаміки здоров'я і соціально-трудового потенціалу популяцій в аспектах природно-історичного та соціально-економічного розвитку;
- прогноз стану здоров'я майбутніх генерацій;

- вивчення впливу окремих факторів середовища та їх комплексів на здоров'я і життєдіяльність популяцій;
- дослідження процесів збереження та відновлення здоров'я і соціально-трудового потенціалу популяцій;
- аналіз глобальних та регіональних проблем екології людини;
- розробка нових аспектів екології людини (космічних, біохімічних тощо);
- розробка способів підвищення рівня здоров'я та соціально-трудового потенціалу населення;
- прогнозування можливих змін у характеристиках здоров'я людей під впливом змін зовнішнього середовища;
- розробка науково обґрунтованих нормативів корекції відповідних компонентів систем життєзабезпечення з урахуванням прогнозів та аналізу антропоєкологічної напруги.

На сучасному етапі розвитку екології людини до цих завдань додається багато конкретних практичних питань:

- створення антропоєкологічного моніторингу — системи спостережень за змінами процесів життєдіяльності людей у зв'язку з дією на них різних факторів навколишнього середовища, які впливають на здоров'я населення;
- складання медико-географічних карт, що відображають територіальну диференціацію захворювань населення, пов'язаних з погіршенням якості навколишнього середовища;
- зіставлення медико-географічних карт з картами забруднення навколишнього середовища і встановлення кореляційної залежності між характером і ступенем забруднення різних природних компонентів соціоекосистеми та відповідними захворюваннями населення;
- визначення науково обґрунтованих значень гранично допустимих техногенних навантажень на людський організм.

У незалежній Україні має бути здорове населення, рівень здоров'я якого безпосередньо залежить від якості навколишнього природного середовища.

10.2. ВПЛИВ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ

Відтоді як існує людина, її здоров'я формувалось і продовжує формуватись під впливом природних факторів на організм. До навколишнього середовища людина пристосувалась у процесі еволюції і без нього жити не може, оскільки воно є спільним з її внутрішнім середовищем. З початку ембріонального зародження і до кінця свого життя людина контактує з компонентами навколишнього середовища (повітрям, водою, ґрунтом, продуктами харчування тощо). Життєдіяльність організму перебуває у безперервному динамічному взаємозв'язку з факторами навколишнього середовища. Ця взаємодія не повинна порушувати адаптаційних механізмів.

мів організму людини. Під дією різних подразників внутрішнього і зовнішнього середовищ людини в її організмі створюються безумовні та умовні рефлекси, що зумовлюють підтримання динамічної рівноваги, в основі якої лежить обмін речовин та енергії між організмом і навколишнім середовищем.

Фактори навколишнього природного середовища мають ефективно впливати на здоров'я і забезпечувати нормальний перебіг усіх процесів життєдіяльності людини.

Комплексним показником стану людського суспільства є рівень здоров'я самих людей. За сучасними уявленнями, *здоров'я* — це природний стан організму, що перебуває в повній рівновазі з біосферою і характеризується відсутністю будь-яких патологічних змін. За визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я, «*здоров'я* — це стан повного фізичного, духовного і соціального добробуту, а не лише відсутність захворювання чи фізичних дефектів».

Стан здоров'я віддзеркалює динамічну рівновагу між природним середовищем і організмом. На здоров'я людини впливають спосіб життя, генетичні фактори та фактори навколишнього природного середовища. *Гомеостазом* вважають відносно динамічну сталість внутрішнього середовища та деяких фізіологічних функцій організму людини й тварин, що підтримується механізмами саморегуляції в умовах коливань внутрішніх і зовнішніх подразників.

Здоров'я людини, забезпечене гомеостазом її організму, може зберігатись і в разі деякої зміни факторів навколишнього природного середовища. Такі зміни зумовлюють появу в організмі людини відповідних біологічних реакцій, але завдяки процесам адаптації вони не призводять до негативних наслідків у здоров'ї в певних межах зміни факторів. Для кожної людини ці межі неоднакові.

Процес адаптації залежить від індивідуальної реактивності організму та сили дії факторів навколишнього середовища. Критерієм ступеня адаптації є збереження гомеостазу незалежно від тривалості дії фактора, до якого сформувалася адаптація. В умовах захворювання настає компенсація, тобто боротьба організму за гомеостаз. При цьому включаються додаткові захисні механізми, які протидіють виникненню і прогресуванню патологічного процесу. У випадку сигналів великої небезпеки і недостатності включених механізмів виникають стресові захворювання, такі як цукровий діабет, коронарна хвороба, гормональні дисфункції, професійні хвороби тощо.

10.3. НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ НА ЛЮДСТВО АНТРОПОГЕННИХ ПОРУШЕНЬ БІОСФЕРИ

Наслідком невідповідності між зростанням чисельності населення на Землі та обмеженістю природних ресурсів і життєвого простору стає нестача харчових продуктів. В економічно слаборозвинених країнах з дуже

швидким зростанням чисельності населення виробництво продуктів харчування не в змозі задовольнити потреби населення, в результаті чого голодування стало постійним явищем. Від голоду щороку в світі вмирає понад 30 млн дітей. Загальне недоїдання сприяє виникненню епідемій, інфекційних і паразитарних захворювань.

Не меншу загрозу для людства становить антропогенне забруднення природного середовища. Хімічне, радіоактивне та бактеріологічне забруднення повітря, води, ґрунту й продуктів харчування, а також шуми, вібрації, електромагнітні поля та інші фізичні забруднення середовища спричинюють в організмі людей генетичні зміни та тяжкі патологічні явища. Це призводить до збільшення захворювань, народження неповноцінних дітей, передчасного старіння й смерті.

Забруднення атмосферного повітря є частою причиною запальних захворювань органів дихання і очей, захворювань серцево-судинної системи, інфекційних захворювань та раку легенів. У районах із забрудненим атмосферним повітрям частіше хворіють діти. Вони мають низькі масу тіла й рівень фізичного розвитку, а також функціональні відхилення серцево-судинної та дихальної систем. Захворюваність органів дихання становить близько 75 % загальної кількості захворювань.

Вода також належить до найважливіших факторів навколишнього середовища. Вона необхідна для забезпечення життєдіяльності організму людини. Забруднення води є причиною багатьох захворювань. Хвороби, що спричинюються хімічним і бактеріологічним забрудненням води, виникають внаслідок потрапляння у водойми забруднених стічних вод. Найбільшу небезпеку поширення захворювань водним шляхом становлять кишкові інфекційні захворювання (холера, черевний тиф, дизентерія, туберкульоз, лептоспіроз, сибірка та ін.). За даними ВООЗ, 80 % усіх захворювань в економічно слаборозвинених країнах пов'язані з недоброякісною водою та порушеннями санітарно-гігієнічних норм.

Хімічне забруднення води ртуттю спричинює хворобу мінамато з тяжким ураженням центральної нервової системи. Підвищений вміст нітратів у питній воді зумовлює появу у немовлят синюшності, метгемоглобінемії та утрудненого дихання. Спостерігається кореляція між концентрацією нітратів у воді й частотою захворювань на рак шлунка, сечового міхура, нирок, тонкої кишки, стравоходу й печінки. Синтетичні мийні речовини спричинюють подразнення шкіри та алергію, дерматити, порушення обмінних процесів шкіри та всього організму.

Зміни вмісту мікроелементів у складі води можуть викликати такі захворювання, як зоб, флюороз, карієс тощо. Збільшення кількості фтору в питній воді до 1,9 мг/л зумовлює появу флюорозу, що характеризується ураженням зубів з утворенням на них пігментних плям жовто-бурого кольору, дефектів емалі тощо.

Забруднення ґрунтів мінеральними добривами, пестицидами та промисловими й побутовими стічними водами призвели до того, що ґрунт став джерелом захворювань на туберкульоз, бруцельоз, паратифи та інші

захворювання травного каналу і гельмінтози. Пестициди й мінеральні добрива є причиною багатьох отруєнь. Потрапляючи в питну воду і продукти харчування, вони порушують діяльність центральної нервової, серцево-судинної та інших систем, зумовлюють ріст злоякісних пухлин і скорочують тривалість життя.

Викиди й відходи промислових підприємств забруднюють ґрунти сіркою, залізом, свинцем, цинком, ртуттю, міддю, магнієм та багатьма іншими інгредієнтами і стають причиною отруєння через рослини й тваринні продукти харчування та питну воду. Особливо небезпечним є забруднення ґрунтів радіонуклідами. Вплив цих забруднень на організм людини виявляється впродовж багатьох поколінь. Тривала дія радіації призводить до розвитку променевої хвороби, локальних уражень шкіри, кришталика ока, кісткового мозку, пневмосклерозу тощо. Малі дози опромінення мають віддалені наслідки. У промислово розвинених країнах кожна 4—6-та людина захворіє на рак, а у 6—10 % новонароджених спостерігаються генетичні порушення.

Трагічні наслідки аварії на Чорнобильській атомній електростанції становлять загрозу генетичному здоров'ю нації. Радіоактивним забрудненням уражено понад 600 населених пунктів. Радіоактивні продукти розпаду створили високий радіаційний фон, що сприяє зовнішньому опроміненню людей. Радіоактивний йод нагромаджується у щитоподібній залозі, а потім з її гормонами поширюється в організмі, розщеплюється в печінці й частково виводиться через нирки. Радіоактивний цезій відкладається переважно в м'язах, проникає в клітини і опромінює організм. Плутоній трансформується на америцій і поглинається організмом, спричинюючи тяжкі захворювання. Серед населення збільшується кількість шлунково-кишкових захворювань, серед дітей і вагітних жінок почастишали випадки анемії.

10.4. ХАРЧУВАННЯ ЛЮДИНИ І НОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Людина належить до гетеротрофних організмів і споживає рослини й тваринні продукти харчування. Важливою особливістю споживання їжі є її попередня кулінарна обробка, яка може надавати продуктам харчування певних властивостей. Харчові продукти є необхідною умовою життя людини. З ними в організм надходить більшість необхідних для його функціонування компонентів, і відсутність одного з них може погіршувати стан здоров'я та призводити до серйозних захворювань. Склад їжі визначається кліматичними умовами регіону проживання, національними традиціями та деякими іншими факторами. Так, на далекій Півночі віддають перевагу м'ясному харчуванню, тоді як у тропічних країнах — рослинним продуктам (фруктам та овочам). Проте в більшості країн сучасне населення користується змішаною дієтою, до складу якої входять м'ясо, риба, овочі та фрукти. Національні особливості зберігаються в способах приготування страв та застосування різноманітних приправ.

З їжею в організм людини надходять не лише поживні речовини, а й більшість (70—90 %) забруднень. Використання мінеральних добрив для вирощування сільськогосподарської продукції призводить до накопичення в продуктах харчування нітратів, нітритів і нітрозамінів. Нітрати сприяють розвитку диспепсії у дітей, спричинюють метгемоглобінемію, зменшують вміст вітамінів в організмі та стійкість його до онкогенних факторів. Надлишкові нітриди в організмі призводять до утворення нітрозамінів з канцерогенними властивостями.

Забруднення продуктів харчування зумовлюють харчові отруєння, які поділяють на бактеріальні, небактеріальні і мікотоксикози. *Бактеріальні отруєння* — це токсикоінфекції, тобто отруєння, спричинені мікроорганізмами групи сальмонел. Ці захворювання виникають у результаті споживання заражених мікробами м'ясних, молочних, рибних та рослинних продуктів, качиних і гусячих яєць тощо. До бактеріальних належать отруєння, спричинені стафілококами. Ці захворювання пов'язані з уживанням недоброякісних продуктів (молока, сиру, консервів, кондитерських виробів, морозива тощо).

Численні отруєння небактеріальної природи пов'язані з потраплянням у харчові продукти хімічних отруйних речовин та радіонуклідів. Наприклад, пестициди потрапляють із сільськогосподарськими продуктами (зерном, овочами та фруктами), деякі важкі метали (свинець, цинк, мідь, нікель та ін.) можуть переходити в їжу з посуду, пакувальної тари тощо. Отруїти можна також вживанням отруйних рослин та м'яса деяких тварин.

Вода і харчові продукти

Вода є надзвичайно важливим природним ресурсом для задоволення життєвих потреб людини. Її вживають для пиття, приготування харчових продуктів і напоїв та для задоволення інших потреб. Тому основна кількість забруднень з навколишнього природного середовища надходить в організм людини саме завдяки харчовим продуктам і напоям (до 80 %). Зменшення вмісту в продуктах і напоях шкідливих речовин має величезне значення для зміцнення здоров'я та продовження тривалості життя людини.

Забруднювальні речовини можуть надходити в харчові продукти та напої як із сировиною, з якої виготовляють їх, так і з різними харчовими добавками, що їх застосовують у харчових технологіях. Сторонні шкідливі речовини, не властиві натуральним продуктам, можуть спричинювати небажану зміну їх властивостей у результаті технологічної обробки (нагрівання, сушіння, опромінювання тощо) та зберігання. Вони можуть потрапляти в харчові продукти із засобами консервування, антибіотиками, ферментними препаратами тощо.

Вода, яку використовують у технологічних процесах приготування харчових продуктів і напоїв, має відповідати вимогам державного галузевого стандарту на питну воду (див. розд. 7). Усього в ній регламенту-

ється вміст 640 речовин. З лікувальною та профілактичною метою використовують підземні термальні води підвищеної мінералізації з вмістом солей понад 1 г/л.

Зменшити надходження шкідливих речовин в організм людини можна шляхом зменшення їх надходження з питною водою та харчовими продуктами. Всі заходи зменшення надходження небажаних інгредієнтів поділяють на технологічні, сільськогосподарські та нормативні. *Технологічні заходи* передбачають очищення питної води різними методами (див. розд. 7). *До сільськогосподарських заходів* належать облік культур, які вирощують, технологія обробітку ґрунту з урахуванням використання добрив та технологія зберігання сільськогосподарської продукції, яку використовують як сировину для харчових виробництв. *Нормативні заходи* передбачають встановлення гранично допустимих рівнів вмісту різних домішок-полютантів у сільськогосподарській продукції, обмеження або заборону використання мінеральних добрив у водоохоронній зоні тощо.

Забруднення харчової сировини й продуктів

В організм людини з їжею надходить до 50—80 % сторонніх хімічних речовин. Так, з їжею надходить до 95 % пестицидів, тоді як з водою — 4,7 і з атмосферним повітрям — 0,3 %. Нітрати й нітриди в кількості до 70 % найчастіше потрапляють з овочами, решта — з водою, м'ясними продуктами та іншими шляхами. Радіонукліди в основному (до 94 %) надходять з харчовими продуктами, до 5 % — з водою і 1 % — з повітрям.

Забруднення потрапляють у харчові продукти з навколишнього природного середовища під час вирощування сільськогосподарської продукції, в результаті використання недосконалої технології виробництва харчових продуктів з некондиційної сировини. У разі використання неапробованих добрив, нераціональних доз їх внесення чи зрошування угідь забрудненими стічними водами хімічні речовини в підвищеній кількості потрапляють у продукцію рослинництва й тваринництва, а з неї — в харчові продукти. Продукція птахівництва й тваринництва забруднюється неапробованими кормами та різними кормовими добавками (консервантами, стимуляторами росту, лікувальними й профілактичними засобами тощо). Надходження політантів може відбуватися з харчових добавок — консервантів, ароматизаторів, барвників, антиоксидантів та ін. Шкідливі домішки можуть також потрапляти в продукти з упаковки та утворюватися у результаті перебігу небажаних біохімічних і фізико-хімічних процесів під час транспортування й зберігання харчової продукції. До них належать токсиканти, що потрапили в харчові продукти з обладнання, посуду й тари при використанні неапробованих або недозволених пластмас та інших полімерних матеріалів.

Забруднення, що надходять із навколишнього середовища, характеризуються різною структурою і властивостями та здатні до біокумуляції.

До них належать канцерогенні багатоядерні ароматичні вуглеводні, бензпірен, антрацен та ін.

Багато шкідливих сполук утворюється під час зберігання сировини та в процесі її технологічної переробки. У процесі виробництва харчових продуктів використовують різні барвники, консерванти та смакові добавки, що не завжди корисні для людини. Сполучаючись із забрудненнями харчових продуктів, вони підвищують ризик для здоров'я споживача. Нітриди харчових добавок при взаємодії з вторинними амінами за певних умов можуть утворювати нітрозаміни. Нітразування може відбуватися під час смаження м'яса нітритного посолу, а також у копчених ковбасах і рибі, сирі, молоці, пиві, грибах тощо.

Особливо шкідливі сполуки (переважно канцерогенні) можуть утворюватися внаслідок порушення технології термічної обробки. З метою запобігання утворенню шкідливих речовин та зменшення їх кількості в харчових продуктах слід чітко виконувати агротехнічні заходи і вимоги технологічних регламентів, що сприятиме вирощуванню якісної сировини та виготовленню з неї доброякісних харчових продуктів. Слід уникати утворення нових шкідливих речовин у процесі технологічної й кулінарної обробки та зберігання, не допускати зміни харчової цінності, смаку, аромату та інших органолептичних властивостей харчових продуктів унаслідок дії сторонніх речовин.

Критерії якості та ГДК харчових продуктів

З метою запобігання шкідливому впливу поллютантів на здоров'я людини встановлюють нормативи їх вмісту в харчових продуктах. *Норматив* характеризує максимальну кількість сторонньої речовини (поллютанта), яка при надходженні в організм людини впродовж усього життя не підвищує ризик для здоров'я споживача. Він вимірюється в міліграмах на один кілограм маси тіла.

Нормативи встановлюють експериментально в результаті лабораторних досліджень на тваринах. Визначають рівень допустимого вмісту поллютанта в кормах, що не впливає на стан їх організму. Оскільки для тварин і людини токсичність поллютанта різниться, то при встановленні нормативу для людини приймають коефіцієнт запасу. Залежно від ступеня токсичності поллютанта цей коефіцієнт знаходиться в межах 1/10—1/500. Це означає, що кількість поллютанта в добовому раціоні людини в розрахунку на 1 кг маси тіла має бути в 10—500 разів меншою від нормативу, встановленого для тварин.

На основі встановлених норм розраховують гранично допустимі концентрації сторонніх речовин або добавок, що можуть міститися в продуктах. Найвища допустима межа відповідає встановленій законодавством максимальній дозі сторонньої речовини в харчовому продукті, яку не можна перевищувати. Цю величину називають гранично допустимою концентрацією (ГДК) або допустимою залишковою кількістю (ДЗК). Так,

продукти переробки риби, м'яса й молока можуть містити до 50 мг/кг нітратів і нітритів. В організмі здорових людей нітрати швидко всмоктуються і майже повністю виводяться з організму. Частина їх перетворюється на нітрити, які вступають у взаємодію з гемоглобіном крові й можуть утворювати небезпечні канцерогенні сполуки. Безпечна доза нітратів становить 5 мг на 1 кг маси тіла на добу, що дорівнює 325 мг для людини масою 65 кг.

Токсичні сполуки в харчових продуктах можуть бути природного й штучного походження. До природних сполук належать амінокислоти, деякі глікозиди, інгібітори трипсину, отруйні речовини грибів та рослин. До штучних сполук відносять деякі речовини синтетичних барвників та ароматизаторів, постійне вживання яких небезпечно. Тому всі добавки, допоміжні матеріали й сировину, а також готові продукти і напої слід обов'язково піддавати токсико-гігієнічним дослідженням.

10.5. ВПЛИВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

Забруднені понаднормовими домішками недоброякісні харчові продукти можуть спричинювати харчові отруєння мікробного походження, різні інфекційні захворювання та гельмінтози. Хімічні речовини в організмі людини розносяться кров'ю і розподіляються в органах, тканинах і клітинах. Кількість хімічних речовин, що накопичуються в організмі, залежить від розподілу їх у тканинах і клітинах, мікроклімату, способу введення та експозиції, віку, статі та інших факторів. Завдяки опірності організму більшість хімічних речовин та їх метаболітів виводиться з калом, сечею, повітрям, яке видихається, з потом через шкіру та зі слиною і грудним молоком.

Токсичність хімічних речовин характеризують її *абсолютно смертельною дозою* — мінімальною дозою, за якої досліджувані тварини гинуть, а також *середньою смертельною дозою*, за якої гине 50 % їх. Смертельну дозу хімічної речовини виражають у міліграмах на один кілограм маси тіла. Сторонні речовини дуже небезпечні для організму дитини, коли фізіологічні захисні бар'єри ще недостатньо сформувалися, а також для жінок-годувальниць.

Хімічні речовини здатні накопичуватися в організмі й виявляти ефект сумачії, коли до негативного впливу однієї речовини додається ефект дії іншої. Ці властивості характерні для багатьох речовин і залежать від їхніх хімічних та фізичних властивостей (розчинності у воді й жирах тощо). Хімічні речовини можуть депонуватися в печінці, мозку, надниркових залозах та інших органах. Органічні сполуки цинку, срібла та інших металів, що розчиняються в жирах, можуть уражати центральну нервову систему.

У процесі метаболізму токсичних речовин можуть утворюватися нові речовини, отруйна дія яких сильніша порівняно з речовинами, що на-

дійшли в організм. Так, при введенні паратіону після альдрину утворюється параоксон, токсичність якого значно вища. Дія деяких фосфорорганічних сполук послаблюється, якщо попередньо в організм ввести фенбарбітал або хлорциклін.

Хімічні речовини, що потрапляють в організм з їжею, можуть спричинювати ракові захворювання шлунка й кишок. Канцерогенними є мінеральні масла й ароматичні аміни, епоксидні смоли, лактони, пероксидні та деякі аліфатичні органічні сполуки. Вони спричинюють захворювання на рак шкіри, сечового міхура та інших органів. До хімічних канцерогенних сполук належать також 3,4-бензпірен, 2-ацетиламінофлуорен, 4-диметиламіноазобензол, етилкарбонат, тетрахлорметан та ін. Нітрозодиметиламін та інші нітрозаміни часто трапляються в харчових продуктах.

Мікотоксини, що є продуктами життєдіяльності деяких нижчих грибів і рослин, шкідливо діють на тварин і людей. Вони зумовлюють захворювання ерготизм, яке супроводжується судомами, галюцинаціями тощо. Ця хвороба виникає в разі споживання хліба, випеченого з борошна, яке було забруднене продуктами життєдіяльності нижчих грибів.

Усі хімічні речовини токсичні, якщо вони потрапляють в організм у значній кількості. Навіть нешкідливі речовини, якщо їх вживають у великих дозах, можуть несприятливо впливати з небажаними наслідками. Понад 75 % усіх захворювань спричинюють хімічні канцерогени, які потрапляють в організм з повітрям, що вдихається, їжею та напоями. Особливо небезпечні канцерогенні сполуки арсену — гази, пестициди, косметичні засоби, тютюн та ін.

10.6. ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ПРОДУКТИ ХАРЧУВАННЯ

Всесвітня громадська природоохоронна організація «Грінпіс» сформулювала ознаки «екологічно безпечної» продукції:

- продукція має бути нетоксичною і не містити шкідливих домішок;
- вироблятися за допомогою енергозберігаючих технологій;
- виготовлятися з відновних ресурсів, добування яких не руйнує екологічну систему;
- призначатися для тривалого й багаторазового використання;
- легко розбиратися, ремонтуватися, перероблятися й мати взаємозамінні складові частини;
- мати мінімальну кількість упаковки, виробленої з перероблених або непридатних для повторного використання матеріалів;
- передбачати можливість вторинного використання або включатися в колообіг речовин у природі після закінчення терміну дії.

З урахуванням цих ознак сформулюємо ознаки «екологічно безпечних» харчових продуктів:

- вони повинні містити набір макро- та мікроелементів, необхідних для здорового і збалансованого харчування людей;

- мають бути нетоксичними й не містити шкідливих домішок;
- виготовлятися за допомогою енергозберігаючих безвідходних та маловідходних технологій за мінімальних витрат сировини і енергії та мінімальних відходів виробництва, що завдавали б мінімальної шкоди довкіллю;
- призначатися для тривалого харчування;
- харчові відходи виробництва та споживання повинні перероблятися, продукти переробки використовуватися в господарстві, а розсіювані відходи — включатися в природний біогеохімічний колообіг речовин і енергії;
- харчові добавки різного призначення не повинні містити токсичних інгредієнтів, що призводять до неприємних та негативних наслідків для здоров'я людей;
- продукти харчування не повинні утворювати токсичні речовини та супроводжуватися шкідливими мікробіологічними перетвореннями на всіх стадіях виробництва, зберігання та споживання;
- тара та упаковка мають бути багаторазового використання, передбачати можливість вторинного використання матеріалів або включатися в природний колообіг речовин;
- продукти повинні мати сертифікат якості та всі необхідні відомості щодо складу продукту, умов зберігання та виробника продукції.

Для дотримання екологічної безпеки виробництва всі його стадії мають відповідати вимогам «зелених» технологій. Усі відомості щодо виробництва та послуг мають бути доступними. Споживачі повинні мати право на громадський контроль виробленої харчової продукції.

Для поліпшення якості харчових продуктів до них вводять різні біологічно активні добавки, покликані поповнити дефіцит багатьох вітамінів, мінеральних елементів, ненасичених жирних кислот, різних видів харчових волокон тощо. Особливо корисними є полікомпонентні рослинні суміші, виготовлені з натуральної сировини, такі як фруктово-ягідні, зернові й цитрусові концентровані екстракти, пектини, фруктово-глюкозні сиропи та екстракти з різних трав. Вони сприяють нормальному травленню й виведенню з організму токсичних і канцерогенних сполук та радіонуклідів.

У багатьох напоях та продуктах використовують полісолодові екстракти з пророслого зерна вівса, пшениці, кукурудзи та ін. Вони багаті на вітаміни, амінокислоти, білки, ферменти, фітогормони, мінеральні та інші біологічно активні речовини. Вживання їх підвищує резистентність організму людини, поліпшує працездатність та загальний стан здоров'я.

Для продуктів щоденного вжитку слід обмежити використання синтетичних барвників. Харчові барвники не повинні містити солей ртуті, селену, хрому, вільних ароматичних амінів, вищих ароматичних вуглеводнів та інших шкідливих для організму речовин.

Щоб надати продуктам привабливого вигляду, приємного аромату, консистенції та поліпшити їхню якість, застосовують різні ароматизатори,

загусники, емульгатори й стабілізатори. Для консервування продуктів використовують заморожування, теплову обробку (сушіння, копчення), квашення, зброджування, соління та різні фізичні методи, що ґрунтуються на використанні ультрафіолетового, інфрачервоного та йонізуючого випромінювання, а також ультразвукового поля. Для подовження терміну зберігання харчових продуктів використовують різні природні консерванти: кухонну сіль, харчові жири й олію, оцет, цукор, етанол, оксид карбону (IV), азот та різні кислоти — молочну, лимонну, винну, бензойну, мурашину тощо.

Для обмеження потрапляння перелічених речовин в організм людини встановлені певні нормативи, що регламентуються ГДК і ДЗК їх в організмі людини. Так, гранично допустима норма мурашиної кислоти в організмі людини не повинна перевищувати 0,5 мг на 1 кг маси тіла, пропіонату натрію і кальцію, які використовують для запобігання пліснявінню хліба й плавлених сирів, — 3 мг на 1 кг.

Як консервант використовують антибіотики — препарати тетрациклінового ряду, пеніцилін, субтилін, стрептоміцин, левоміцетин, бацитроцин та ін. Під час зберігання продуктів уникають дії кисню повітря й світла. Тому продукти зберігають у темному й холодному приміщенні з використанням повітронепроникної упаковки. При цьому можуть також використовуватись антиоксиданти — речовини, що блокують ланцюгову реакцію утворення вільних радикалів. Однак їх використання пов'язане з проблемою токсичності й безпеки. Так, при використанні такого антиоксиданту, як аскорбінова кислота її максимальна доза в продукті не повинна перевищувати 15 мг на 1 кг маси тіла.

Профілактика радіоактивного забруднення харчових продуктів

Після аварії на Чорнобильській атомній електростанції сільськогосподарські угіддя зазнали значного радіоактивного забруднення, особливо в Київській, Житомирській, Чернігівській та Рівненській областях. Продукція, яку вирощують на цих угіддях, забруднена радіонуклідами. Тому для використання її в харчовому раціоні необхідно здійснювати певні профілактичні заходи. Перед кулінарною та технологічною обробкою харчової сировини її очищають механічними способами від забруднення землею, яка містить радіонукліди. Картоплю, овочі, фрукти та ягоди ретельно миють проточною теплою водою. Після цього картоплю й коренеплоди очищають від лущиння і повторно промивають теплою водою. Гриби і ягоди бажано вимочувати впродовж 2—3 год. Це дає змогу зменшити радіоактивність на 80 % переважно за рахунок видалення ^{137}Cs .

У процесі варіння харчової сировини значна частина радіонуклідного забруднення екстрагується у відвар. З грибів, шавлю, гороху, капусти та буряків через 5—10 хв варіння до 60—85 % ^{137}Cs переходить у відвар, який зливають і видалають. Гриби варто відварити двічі підряд упродовж 10 хв,

щоразу заливаючи відвари. М'ясо і рибу, виловлену в місцевих водоймах, вимочують у воді впродовж 1,5 год, а потім нарізають дрібними шматками і варять у чистій воді протягом 10 хв, видаляють відвар, знову заливають продукт чистою водою і готують страву.

Продукти, забруднені радіонуклідами, смажити недоцільно, їх краще тушкувати. При видаленні з риби кісток і плавників вміст ^{137}Cs зменшується на 40 %. Якщо варити в несолоній воді, перехід радіонуклідів у бульйон зменшується на 40 %. Якщо картоплю варити неочищеною, в ній залишається менше радіонуклідів.

Вимочування м'яса в 25 %-му розсолі впродовж трьох місяців і наступне варіння зменшують вміст ^{137}Cs на 90 %. Попереднє видалення кісток сприяє майже повному видаленню радіоактивного стронцію. Близько половини ^{137}Cs видаляється із засолених грибів, овочів, фруктів. Під час переробки зерна на борошно та крупи вміст ^{90}Sr зменшується в них на 60—90 %. При приготуванні з молока сиру в продукті залишається 10—29 % ^{137}Cs , у масло й сметану переходить відповідно 1,5 і 9 %.

Для зменшення накопичення радіонуклідів у організмі людини до складу раціону потрібно щодня включати оптимальну кількість сиру та інших молочних продуктів, риби, м'ясних продуктів (бажано м'ясо кролика й птиці), каротину, аскорбінової кислоти, пектинів, вітамінів груп Р і В, олії тощо. Тіамін, каротин, аскорбінова кислота вступають у взаємодію з вільними радикалами кисню та радіонуклідами, зв'язуючи їх. Особливо ефективні біофлавоноїди разом з аскорбіновою кислотою. Багато вітамінів групи Р (тіаміну, рибофлавіну та нікотинової кислоти) міститься в рибі, молоці, яйцях, чорному хлібі, печінці, бобових овочах та молодій зелені.

10.7. РАЦІОНАЛЬНЕ ХАРЧУВАННЯ

Харчування — одна з головних функцій організму, що забезпечують процес життєдіяльності. Повноцінне харчування разом з іншими оптимальними умовами природного середовища сприяє нормальному розвитку організму людини, її фізичній та розумовій працездатності, витривалості й забезпечує кращі адаптаційні можливості. І, навпаки, недостатнє й нерациональне харчування знижує опірність організму до шкідливих впливів, порушує обмін речовин і призводить до захворювань крові, печінки, підшлункової й щитоподібної залоз та інших органів і передчасного старіння.

Сучасна концепція раціонального харчування визнана ВООЗ і науковими установами всіх країн світу. Згідно з цією концепцією, здорове харчування забезпечується виконанням таких умов:

- достатня енергетична цінність (калорійність) добового раціону;
- якісна повноцінність харчових продуктів, що визначається необхідною кількістю білків, жирів, вуглеводів, вітамінів та мінеральних речовин;
- раціональний режим харчування, що визначається кількістю прийомів їжі та правильним її розподілом;

- забезпечення максимального використання поживних речовин продуктів за допомогою раціональної кулінарної обробки;
- дотримання санітарних правил під час виготовлення, транспортування, зберігання та споживання продуктів харчування.

Енерговитрати організму залежать від маси тіла. Вчені вважають, що добова енергетична цінність раціону для чоловіка з масою тіла 65 кг має становити 13 955 кДж (3000 ккал), а для жінки — на 2930 кДж (700 ккал) менша. Достатня енергетична цінність добового раціону — 8374 кДж (2000 ккал).

Енергетична цінність продуктів харчування залежить від вмісту в них білків, жирів і вуглеводів. Середня енергетична цінність 1 г білків становить 17 кДж (4 ккал), вуглеводів — 16 кДж (3,85 ккал), жирів — 38 кДж (9 ккал). На здоров'я людини негативно впливає як недостатнє, так і надлишкове харчування. Недостатнє щодо енергетичної цінності харчування (часткове голодування) призводить до зменшення маси тіла, схуднення, швидкої втомлюваності, зниження захисних сил організму й працездатності. Надлишкове харчування призводить до ожиріння тіла, сприяє гіподинамії, розвитку атеросклерозу, гіпертонічної хвороби і, можливо, злоякісних новоутворень.

Поряд з енергетичною цінністю харчовий раціон має бути збалансований ще й за амінокислотним складом. Існує 20 амінокислот, що входять до складу білків, з яких 12 синтезує організм людини, а 8 (незамінні) — надходять тільки з продуктами рослинного й тваринного походження. Незамінні амінокислоти містяться в продуктах тваринного походження, а також у бобових, зернових і овочевих культурах (табл. 10.1).

Таблиця 10.1. Потреба організму людини в незамінних амінокислотах та їх вміст у деяких продуктах

Продукт	Вміст незамінних амінокислот, г/100 г							
	Треонін	Валін	Лейцин	Ізолейцин	Лізин	Метіонін — цистин	Фенілаланін — тирозин	Триптофан
Яловичина	0,8	1	1,4	0,9	1,6	0,6	0,7	0,2
Яйце куряче	0,6	0,9	1	0,8	0,8	0,7	0,7	0,2
Риба (м'ясо)	0,9	1,1	1,5	1,2	1,7	0,6	0,8	0,3
Молоко	0,16	0,24	0,3	0,2	0,27	0,12	0,17	0,05
Пшеничне борошно	0,4	0,6	0,9	0,6	0,4	0,5	0,7	0,3
Картопля	0,08	0,1	0,1	0,09	0,1	0,05	0,09	0,02
Морква	0,04	0,06	0,07	0,04	0,05	0,04	0,04	0,01
Соєве борошно	1,8	2,4	3,6	2,7	3	1,4	2,4	0,6
Добові потреби людини, г (за Р. Роузом, 1949)								
Мінімальна	1	1,6	2,2	1,4	1,6	2,2	6,1	0,5
Максимальна	2,9	4,1	4,7	2,9	5,9	3,8	2,2	1,8

Обмеження в харчовому раціоні кількості білків, амінокислоти триптофану, жирів та збільшення вмісту аліментарних антиоксидантів — токоферолів, каротину, флавоноїдів, кверцетину, аскорбінової кислоти сприяють нормальному функціонуванню організму та подовженню тривалості життя людини. Харчовий раціон має включати достатню кількість вітамінів, жирних ненасичених кислот, мінеральних елементів, харчових волокон тощо. Згідно із сучасною концепцією збалансованого харчування, слід дотримуватись таких вимог:

- харчовий раціон має містити нормовану кількість жирів (до 25—30 % енергетичної цінності раціону, в тому числі не більш як 10 % за рахунок жирів тваринного походження); вміст складних вуглеводів має становити не менш як 60 %;
- харчовий раціон має бути різноманітним за асортиментом і містити достатню кількість свіжих овочів та фруктів (не менш як 1257 кДж, або 300 ккал, щодоби);
- оздоровчий раціон має включати помірну кількість кухонної солі (до 5 г на добу) та цукру (до 8—10 % енергетичної цінності раціону);
- енергетичні витрати організму слід поповнювати переважно за рахунок рослинних продуктів (не менш ніж на 80 %), зокрема зернових — борошна грубого помелу, круп, а також коренеплодів;
- вживання продуктів тваринного походження слід обмежувати.

Учені рекомендують певні норми споживання різних продуктів (табл. 10.2). Нижня межа забезпечення поживними речовинами визначається необхідністю запобігання авітамінозу, верхня — це максимальна кількість, перевищення якої може спричинити хронічні захворювання. Неконтрольоване споживання жирів може призвести до захворювання на рак, зокрема, товстої кишки, молочної, передміхурової залози та яєчників. Тому вміст жирів у раціоні має становити 20–25 %. Для забезпечення організму білками в раціон потрібно включати різні продукти, особливо зернові та бобові.

Таблиця 10.2. Межі добового забезпечення людини поживними речовинами

Поживна речовина	Нижня межа	Верхня межа
Загальна кількість жирів, % енергії	15	30
Насичені жирні кислоти, % енергії	0	10
Поліненасичені жирні кислоти, % енергії	3	7
Харчовий холестерин, мг/добу	0	300
Загальна кількість вуглеводів, % енергії	55	75
Складні вуглеводи, % енергії	50	70
Харчові волокна, г/добу	27	40
Некрохмальні поліцукриди, г/добу	16	24
Вільний цукор, % енергії	0	10
Білок, % енергії	10	15
Кухонна сіль, г/добу	—	6

Примітка. Кількість жирів, жирних кислот, вуглеводів, цукру й білків наведено у відсотках відносно енергетичної цінності раціону.

Бобові (особливо квасоля) крім білка багаті на кальцій, а також вітаміни В і А, каротин та ін. Останні взаємодіють з токсичними та радіоактивними речовинами і сприяють їх виведенню з організму. Білок квасолі за своєю якістю наближається до тваринного і прирівнюється до білка курячих яєць. Квасоля має всі необхідні амінокислоти, каротин і вітаміни С, В₁, В₂, В₆, РР і Е. Вітамін Е регулює обмін жирів, білків, нуклеїнових кислот і мінеральних солей (калію, цинку, міді, заліза тощо). За рахунок білків забезпечується 10—15 % енергії.

Основним постачальником енергії є вуглеводи. Вони мають забезпечувати добову потребу в енергії на 55—75 %. Продукти, багаті на складні вуглеводи, сприяють перистальтиці й стимулюють травлення. Крім того, продукти рослинного походження, що містять крохмаль, неорганічні речовини (зокрема, солі кальцію, феруму й цинку), а також жирні кислоти й водорозчинні вітаміни, сприяють швидшому виведенню шкідливих речовин з організму.

Продукти, що містять багато рослинних харчових волокон, характеризуються низькою енергетичною цінністю і можуть слугувати для контролю за масою тіла. У продуктах харчування має міститись достатня кількість пектинових речовин, альгінатів і полісахаридів. При цьому слід обмежити споживання чистих вуглеводів — цукру та кондитерських виробів. Харчові волокна та пектинові речовини необхідні для забезпечення функції кишок і обміну речовин. Вони сприяють переміщенню харчової маси в травному каналі й запобігають запорам.

М'ясо практично не містить вуглеводів і є джерелом насичених жирних кислот та холестерину, надлишок яких у крові зумовлює розвиток серцево-судинних захворювань і раку. Тому м'ясо доцільно споживати в обмеженій кількості й не більш як один раз на добу. При цьому воно не повинно містити пестицидів, антибіотиків та інших сполук, які можуть використовувати для відгодівлі худоби. Споживання цукру в надмірних кількостях (понад 25—30 г на добу) сприяє утворенню надлишкової маси тіла, ожирінню і врешті призводить до атеросклерозу та гіпертонії, особливо за умов малорухомого способу життя.

Слід обмежити споживання з їжею кухонної солі. Надлишок в організмі кухонної солі може призвести до збільшення вмісту в крові холестерину та ліпоїдів. Обмежене її вживання сприяє профілактиці гіпертонічної хвороби та інфаркту міокарда. В організмі потрібно підтримувати співвідношення солей калію і натрію як 2 : 1, тобто слід споживати вдвічі більше солей калію, ніж натрію. Багато калію містять рослинні продукти, зокрема картопля (429 мг на 100 г), хліб (249 мг на 100 г) та бобові (1000 мг на 100 г), а також крупи, капуста, морква, столові буряки, кавуни та дині. Запаси солі в організмі слід поповнювати за рахунок овочів і фруктів.

Отже, в харчовому раціоні перевагу треба віддавати зерновим, овочам, фруктам та жирам рослинного походження, зокрема маслиновій, кукурудзяній та соняшниковій олії.

Для того щоб збалансувати харчовий раціон за всіма необхідними компонентами, сучасна харчова промисловість індустріально розвинених країн, зокрема США, Західної Європи та Японії, пропонує вживати біологічно активні добавки різного призначення. Однак економічне становище в Україні й матеріальні можливості громадян поки що не дають змоги широко їх використовувати. Тому на сучасному етапі в харчовий раціон потрібно вводити більше овочів, фруктів та зернобобових культур. З продуктів тваринного походження перевагу слід віддати рибі та продуктам моря.

Харчування в умовах радіаційного забруднення

З метою зменшення шкідливого впливу радіонуклідів на організм людини і запобігання його негативним наслідкам потрібно обмежити їх надходження в організм із навколишнього природного середовища. При цьому слід також прагнути до зменшення їх накопичення в організмі й попереджати негативну дію. Цього можна досягти як за рахунок технологічної та кулінарної обробки, так і застосування радіопротекторів.

Радіозахисні властивості мають білки, поліненасичені жирні кислоти, деякі амінокислоти, тіамін, рибофлавін, складні некрохмальні вуглеводи, вітамін Р, каротин та деякі мінеральні речовини. При зменшенні вмісту білка в раціоні харчування зменшується опірність організму негативно-му впливу шкідливих забруднень, які надходять з довкілля. У процесі харчування важливо забезпечити надходження білків, що містять усі 20 амінокислот. В умовах радіонуклідного забруднення особливо бажаними є сірковмісні амінокислоти — цистин і метіонін. Вони в значних кількостях містяться в білку молока та яєць, у бобових та вівсяній крупі, домашньому сиру, курячому м'ясі й соняшниковому насінні.

До раціону харчування повинні входити жири, переважно рослинні, що містять поліненасичені жирні кислоти й антиоксиданти. Слід збільшити кількість некрохмальних вуглеводів — харчових волокон, альгінатів, поліцукридів, пектинових речовин і зменшити споживання цукру. Оптимальна доза пектину становить 2—4 г (для дітей 1—2 г) на добу. Вміст пектину в 100 г деяких овочів і фруктів становить, г:

абрикоси — 0,7;	агрус — 0,7;	малиновий сік — 2;
вишні — 0,4;	персики — 0,7;	зелений горошок — 2,5;
полуниці — 0,7;	сливи — 0,9;	столовий буряк — 1,0;
смородина — 1,1;	виноград — 0,6;	томати — 0,3;
сік шовковиці — 2,2;	яблука — 1,2;	картопля — 0,5.

Потреба в аскорбіновій кислоті становить 70—100 мг на добу. Вона захищає від негативного впливу радіонуклідів стінки судин, капілярів та мембрани клітин. Овочі й фрукти забезпечують організм аскорбіновою кислотою, каротином, біофлавоноїдами, пектиновими речовинами та органічними кислотами. Багато аскорбінової кислоти і калію в картоплі, якої потрібно споживати не менш як 350—400 г на добу. Вітаміни групи В

потрібні в кількості 17—25 мг на добу. Вони містяться в молоці, чорному хлібі, бобових, яйцях, печінці. Каротин, що міститься в моркві, помідорах, абрикосах і зелені, виконує захисну протипухлинну дію. Добова потреба в такому антиоксиданті, як токоферол (вітамін Е), становить 20 мг. Цього вітаміну багато в зародках злаків (2,5 г на 100 г) та висівковому хлібі.

Для запобігання шкідливому впливу радіоактивних ^{137}Cs і ^{90}Sr необхідно насичувати організм солями калію і кальцію. Багато калію міститься в овочах і фруктах, кальцію — в домашньому сирі й молоці. Добова потреба в кальції для дорослої людини становить 800 мг, для дітей — 1200 мг. Цю потребу можуть задовольнити 100 г сиру або 0,5 л молока.

Особливе значення в умовах радіонуклідного забруднення в харчовому раціоні мають кровотворні мікроелементи — залізо, мідь, манган та кобальт. Добова потреба в мангані становить 5 мг, міді — 2 мг і заліза — 14 мг. Багато цих мікроелементів міститься в м'ясних продуктах, печінці, крові, яблуках та вівсяній крупі. Нестача такого мікроелемента, як йод, спричинює гіперплазію щитоподібної залози. Поповнити дефіцит йоду в організмі можна вживанням йодованої води та йодованої кухонної солі, а також морської риби та інших продуктів моря.

До раціону радіозахисного харчування обов'язково потрібно включати цибулю, часник, петрушку, кріп, хрін, селеру. Завдяки високому вмісту аскорбінової кислоти, каротину, фітонцидів та ефірних олій вони згубно діють на патогенні мікроорганізми і підвищують опірність організму до інфекцій та шкідливого впливу радіонуклідів. Зелень кропу втричі багатша за лимони на аскорбінову кислоту. Овочів слід споживати 400—500 г на добу, з них 100—150 г моркви, яка багата на каротин з радіопротекторною дією. До меню бажано включати кавуни й дині, багаті на органічні кислоти, пектинові речовини, каротин і калій.

Корисним продуктом є бобові, особливо квасоля, що містить повноцінний білок, метіонін, цистин, поліненасичені жирні кислоти та магній. Останній сприяє оптимальному засвоєнню кальцію і перешкоджає засвоєнню радіоактивного ^{90}Sr . Щодня потрібно споживати 150—200 г яблук, абрикос, персиків, слив та вишень, які багаті на пектин, каротин, аскорбінову та органічні кислоти. Дуже корисними є горіхи, до складу яких входять повноцінні білки, поліненасичені жирні кислоти, токоферол та горіхова олія.

З напоїв до щоденного раціону варто включати чай і за можливості — червоне вино. Таніни, катехіни й епікатехіни, що містяться в чаї, зміцнюють капіляри і знижують проникність їхніх стінок. Значна кількість флавоноїдів, що містяться в натуральному червоному вині, має високу радіопротекторну дію на організм.

Загалом енергетична цінність добового раціону в умовах радіонуклідного забруднення навколишнього природного середовища має становити 11 304 кДж (2700 ккал) для працівників розумової і 13 000 кДж (3100 ккал) — фізичної праці. При цьому в раціоні необхідно включати, г:

нежирні м'яси та риби продукти — 200...250, хліб — 300, картоплю — до 350, сир — 50...100, овочі — 400...500, олію — 30...35, вівсяну й гречану крупи — 40, фрукти — 150...200, молоко — 0,5 л. Рекомендується склянка червоного натурального вина (200 мл).

Не менш важливу роль відіграє і режим харчування. Їжу бажано споживати 3—4 рази на день, краще чотири рази в певно встановлений час. Розподіл енергії харчових продуктів за чотириразового харчування має бути таким, %: сніданок — 25, обід — 35, вечеря — 15 і друга вечеря — 25; за триразового харчування відповідно 30 : 45 : 25.

10.8. МЕТОДИ ВИВЕДЕННЯ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН З ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ

З метою виведення шкідливих речовин з організму людини продукти харчування мають містити достатню кількість клітковини, амінокислот, пектину, альгінату натрію. Всі вони належать до харчових волокон і містяться в значних кількостях у висівках насіння, шкірках овочів і фруктів. Харчові волокна сприяють засвоєнню організмом людини поживних речовин та дезінтоксикації. Вони також створюють сприятливі умови для розвитку в кишках бактерій, які синтезують вітаміни групи В, виробляють ферменти, необхідні для травлення та виведення токсинів і радіонуклідів, запобігають розмноженню небажаних мікроорганізмів, що можуть утворювати токсичні та канцерогенні речовини. Добове споживання харчових волокон має становити не менш як 10 г.

Головними постачальниками волокон є вівсяна, рисова та ячмінна крупи, кукурудза, яблука, капуста, гарбузи. В основному це природні традиційні продукти харчування: зернові, бобові, гречка, овочі, фрукти та горіхи. В цільному зерні багато білків, заліза, цинку, кальцію, вітамінів групи В, фітонцидів, харчових волокон та мікроелементів. Вони захищають організм людини від шкідливої дії радіонуклідів.

Свіжі овочі й фрукти є постачальниками в організм людини харчових волокон, білків, амінокислот, пектину, вітамінів А, С, Е, групи В, каротину, мінеральних речовин, кальцію, магнію, заліза та ін. Пророщені зерна бобових багаті на білки та харчові волокна, які здатні виводити з організму радіонукліди. В морській капусті міститься багато йоду, альгінату натрію та мінеральних солей. Альгінат натрію при взаємодії з токсичними важкими металами і радіонуклідами перетворює їх на розчинні солі, які виводяться з організму. Пектин зв'язує токсини і сприяє їх виведенню з організму. Його багато у фруктах, ягодах, горіхах та насінні соняшнику. Крім того, в останніх багато білків, кальцію та різних мікроелементів.

Вітамін С, на який багаті зелені овочі, сприяє кровотворенню, підтримує імунну систему, протидіє впливу токсичних речовин, захищає клітини від радіаційного впливу і сприяє детоксикації організму. Зелені овочі також багаті на залізо, калій, магній, фолієву кислоту, вітаміни А, Е і групи В, які мають радіопротекторні властивості.

Багато каротину є в моркві, кукурудзі, пастернаку, шпинаті, капусті та гарбузі — ефективних антиоксидантах, які відіграють важливу роль у захисті організму та запобіганні накопиченню жирів і руйнуванню мембран. Каротиноїди активні відносно вільних радикалів та йонізованого кисню, що мають мутагенні властивості. Каротин в організмі людини трансформується у вітамін А, який необхідний для нормального функціонування шкіри, слизових оболонок, органів зору, сприяє посиленню імунітету і є ефективним антиоксидантом.

Високі радіопротекторні властивості мають капуста, петрушка, цибуля, в яких є сірковмісні амінокислоти (цистеїн, метіонін). Вони є ефективними антиоксидантами — дезактиваторами вільних радикалів і нейтралізують токсичну дію багатьох отрут. Сірковмісні амінокислоти нормалізують діяльність печінки, яка є дезінтоксикатором організму. Овочі родини капустяних знижують ризик захворювання на рак.

Морські водорості містять багато йоду, альгінату натрію і солей кальцію. За вмістом кальцію водорості не поступаються молоку. Кальцій блокує поглинання організмом людини радіоактивного ^{90}Sr . Йод потрібен для функціонування щитоподібної залози, активно впливає на обмін речовин і протидіє інфекціям. Він є ефективним радіопротектором радіоактивного йоду, який накопичується в щитоподібній залозі. Альгінат натрію сприяє виведенню радіонуклідів з організму.

Горіхи й насіння (гарбузове, соняшникове) багаті на незамінні жирні кислоти, вітаміни В, Е, мінеральні речовини — кальцій, магній, натрій, залізо й цинк. Характерною є радіозахисна властивість горіхів і насіння, які мають низький вміст радіонуклідів та хімічних токсинів. Жирні кислоти беруть участь у перенесенні кисню і побудові нових клітин, перетворюють в організмі каротин на вітамін А та поліпшують роботу залоз при взаємодії з вітаміном D і кальцієм. Вітамін Е виконує роботу антиоксиданту, а пектини сприяють виведенню радіонуклідів. Гарбузове і соняшникове насіння багаті на цинк, вітамін B₆ та речовини, що забезпечують нормальне функціонування загруднинної (вилочкової) залози. Вітамін B₆ бере участь в утворенні Т-лімфоцитів загруднинної залози, які руйнують хворі клітини, що з'явилися унаслідок дії вільних радикалів. Цей вітамін сприяє також утворенню здорових еритроцитів, запобігає появі каменів у нирках та зміцнює нервову систему. Він міститься також у цільних зернах і овочах.

Цинк, що міститься в овочах і фруктах, блокує поглинання організмом радіонукліда ^{65}Zn . Він бере участь в утворенні нуклеїнових кислот, інсуліну, синтезі білків та метаболізмі вуглеводів, входить до складу ферментів. Споживання в оптимальній кількості цинку сприяє виведенню з організму свинцю і кадмію. За дефіциту цинку послаблюється чутливість органів смаку. Амінокислота цистеїн перешкоджає утворенню вільних радикалів і детоксикає сполуки плумбуму, кадмію та меркурію.

10.9. ТЮТЮНОВИЙ НІКОТИН, АЛКОГОЛЬ, НАРКОТИКИ І СНІД — «ЯДЕРНА БОМБА» СПОВІЛЬНЕНОЇ ДІЇ

Прагнучи отримати задоволення, позбутися емоційного дискомфорту та відійти від вирішення реальних життєвих проблем повсякдення деякі люди палять тютюн, вживають алкогольні напої та наркотичні й токсичні речовини. І що вищий ступінь цього прагнення, то негативніше воно впливає на здоров'я споживачів цих токсичних речовин та людей, що їх оточують. Тому суспільство змушене контролювати, а в деяких випадках навіть покласти край цьому прагненню заради збереження благополуччя, здоров'я та життя тих, для кого вживання названих речовин стало основою їх існування. Запобігти наркологічним захворюванням, сформулювати прагнення до тверезого здорового способу життя — таке бажання авторів і мета цього підрозділу.

Паління

Хворобливу пристрасть до паління тютюну спричинює алкалоїд нікотин, вміст якого в листі тютюну становить 1—5 % у перерахунку на суху масу. Цей алкалоїд збудливо діє на нервову систему. Відчувається «приплив сил», зменшується відчуття втоми, деякою мірою піднімається настрій, тобто створюється відчуття комфорту. Проте такий стан триває недовго і для його підтримання доводиться палити все більше й більше. Так поступово схильність до паління тютюну переростає в звичку, а згодом і в пристрасть, яка з роками стає все сильнішою — виникає гостра потреба в палінні вдома, на роботі та будь-де і за будь-яких обставин: у стані стомлення, збудження, за від'ємного емоційного стресу, під час виснажливої роботи тощо.

За даними ВООЗ, в усьому світі палять приблизно 60 % чоловіків та 20 % жінок, у США — відповідно 60 і 30 %, а в країнах СНД — 57 і 49 %. Виробництво тютюну в світі впродовж останнього десятиріччя щороку збільшується в середньому на 1,5 %, а його споживання на 3—4 %. Щороку людство витрачає на купівлю тютюнових виробів від 85 до 100 млрд доларів. Кожний мешканець Землі випалює в середньому 1 тис. цигарок за рік. У результаті захворювань, пов'язаних з палінням, щороку вмирає 1,5 млн людей. Прогнозувалося, що в країнах СНД з тих самих причин на початок ХХІ ст. передчасно помре 1 млн людей.

Паління не є фізіологічною потребою організму. Легені, які споживають атмосферний кисень, за своєю природою призначені виділяти вуглекислий газ. Однак під час паління вони змушені поглинати його разом з оксидом карбону (II) (чадним газом) та багатьма іншими шкідливими речовинами, які утворюються в процесі спалювання тютюну.

Встановлено, що в тютюновому димі міститься понад 200 шкідливих речовин, таких як нікотин, оксиди карбону (II) і (IV), аміак, сполуки арсену, оксиди нітрогену, альдегіди й феноли, акролеїн, ацетатна, мурашина

та ціанідна кислоти, радіоактивні ізотопи (калій-40, карбон-14, плумбум-210, полоній-210, стронцій-90) та ін. Багато з цих речовин є надзвичайно токсичними і мають канцерогенні властивості. У результаті спалювання 1 кг тютюну утворюється в середньому 50 г тютюнового дьогтю, в якому містяться всі перелічені речовини. Легені курця тільки впродовж одного року фільтрують близько 250 г тютюнового дьогтю.

Враховуючи величезну кількість курців на Землі та високий вміст токсичних речовин у тютюновому димі, паління істотно забруднює атмосферне повітря та завдає відчутної шкоди здоров'ю населення. Людина, яка палить цигарки, вдихає повітря, в якому вміст забруднень у 384 тис. разів перевищує ГДК. Тютюновий дим завдає шкоди здоров'ю не тільки тим, хто палить, а й тим (і ще більшою мірою), хто знаходиться поруч. Адже вони також вдихають тютюновий дим і їх організм не адаптувався до цих отруйних речовин.

Нікотин — одна з найнебезпечніших рослинних отрут. Його кількість, що вилучається при випалюванні 5 цигарок, вбиває кроля, а 100 цигарок — коня. Від тютюнового диму гинуть птахи, що живуть у кімнаті разом з курцем. Від однієї краплі нікотину гинуть риби в акваріумі. Для людини смертельна доза нікотину становить 80—120 мг. В одній пачці цигарок (20 шт.) міститься 100 мг нікотину, 1,8 мг ціанідної кислоти, 0,4 мг оксиду карбону (II), 32 мг аміаку та багато інших сполук. Курець упродовж року випалює близько 5 кг тютюну, тобто в середньому 6—7 тис. цигарок, у яких міститься близько 30 г нікотину. Постає питання, чому людина, яка вживає таку кількість отрути, не помирає? Пояснюється це так. Нікотин надходить в організм у невеликих дозах через певні проміжки часу, впродовж якого частина отрут знешкоджується в самому організмі, а решта їх та продукти розкладання виводяться з сечею, слиною і потом.

Отрути, проникаючи в кров, розносяться по всьому організму, зумовлюючи небажані негативні зміни в нервовій і серцево-судинній системах, легенях, печінці, органах травлення, ендокринних залозах тощо. Особливо шкідливо діють нікотин та оксид карбону (II) на серцево-судинну систему. У результаті паління судини вражаються атеросклерозом, розвивається ішемічна хвороба серця з нападами стенокардії та інфаркт міокарда. Курці, які випалюють упродовж дня 20 і більше цигарок, хворіють на інфаркт міокарда в 12 разів частіше, ніж ті, хто не палить.

Оксид карбону (II) сполучається з гемоглобіном крові й утворює карбоксигемоглобін, що призводить до кисневого голодування організму. В результаті з'являються задишка, набряки та інші симптоми серцево-судинної недостатності. Внаслідок цього серце курця передчасно старіє. Дія нікотину спричинює звуження кровеносних судин, у результаті чого підвищується артеріальний тиск. У курців гіпертонія спостерігається в 5 разів частіше порівняно з тими, хто не палить. Підвищений артеріальний тиск разом зі склерозом судин можуть у будь-який момент спричинити інсульт.

Паління є однією з причин облітеруючого ендартеріїту — тяжкого захворювання ніг внаслідок зарощення їх судин. У тяжких випадках може

настати змертвіння ніг (гангрена). Тютюновий дим вражає слизову оболонку ротової порожнини, внаслідок чого розвивається стоматит або гінгівіт і створюються умови для розвитку карієсу. Під впливом тютюнового диму ушкоджуються голосові зв'язки. Тому голос курців стає хрипким і грубим. При цьому також подразнюється слизова оболонка носоглотки, гортані, трахеї, бронхів і бронхіол. У них розвиваються запальні процеси, що супроводжуються кашлем. Зміни, які відбуваються в легенях курців з великим стажем паління, призводять до розвитку туберкульозу легенів. Встановлено, що з кожних 100 захворювань на туберкульоз легенів у зрілому віці 95 припадає на частку курців.

Дія тютюнових отрут призводить до зниження апетиту і супроводжується нудотою, блюванням, болем у ділянці шлунка й кишок. Паління часто спричинює розвиток виразкової хвороби шлунка. З кожних 100 хворих на виразку 98 — курці. Виразка шлунка у курців трапляється в 10—12 разів частіше порівняно з тими, хто не палить.

Паління буває причиною безпліддя у чоловіків, оскільки під дією нікотину та радіонукліда полонію-210 розвивається атрофія тканин яєчок. Воно також негативно впливає на слух та нервову систему. При цьому виникають стійкі неврози, що супроводжуються головним болем, шумом у вухах, запамороченням, дратівливістю, пригніченням настрою, безсонням, поганим апетитом тощо. Такі канцерогенні речовини, як бензпірен та полоній-210 можуть спричинювати утворення злоякісних пухлин переважно в тих органах, де накопичуються ці речовини. Частіше спостерігається рак дихальних шляхів (горло, голосові зв'язки, легені), рак органів травлення (ротова порожнина, стравохід, шлунок), пухлини нирок і сечового міхура.

Жінки є більш запеклими курцями. Вони щодня випалюють у середньому до 30 цигарок, тобто вдвічі більше, ніж чоловіки. У дівчат і жінок внаслідок паління змінюються риси характеру: вони стають неврівноваженими, дратівливими, часто зухвалими й грубими. У них частіше порушується функція статевих органів. Німецький лікар-гінеколог П. Бермхард стверджував, що у жінок, які палять, порушення менструального циклу спостерігається в 3 рази, передчасний клімакс — у 1,5 раза, бездітність — у 9 разів, передчасне старіння — в 17 разів частіше, ніж у жінок, що не палять.

Якщо вагітна жінка палить, вона отруєє себе і ненароджену дитину. Це може спричинити навіть внутрішньоутробну загибель плода. За даними англійського лікаря Рассела, у жінок, які палять, буває вдвічі більше викиднів та мертвонароджень. Частіше відбуваються передчасні пологи, народжуються ослаблені діти з меншою масою. У 40 % випадків у дітей спостерігаються судоми та напади епілепсії. З кожних 100 новонароджених, чий матері під час вагітності випалювали до 5 цигарок за день, четверо вмирали в першу добу після народження. Внаслідок паління батьків гине кожна п'ята дитина!

Матері, які палять, часто народжують дітей з каліцтвами, що пов'язують з наявністю в тютюновому димі радіонукліда полонію-210. У немов-

лят спостерігаються тяжкі захворювання нервової системи, наприклад деякі форми епілепсії, водянка головного мозку, а також «заяча губа», шестипалість тощо.

Кожна жінка, яка палить, доки в її організмі не настали серйозні зміни, має негайно відмовитися від паління заради здоров'я своїх дітей!

Усі ці хвороби та багато інших, що спричинюються палінням, призводять до передчасного старіння і смерті. За даними ВООЗ, передчасна смертність серед курців на 30—80 % більша, ніж серед тих, хто не палить. Вища смертність спостерігається серед курців віком 45—54 років. Причиною близько 80 % смертних випадків є рак легенів, ішемічна хвороба серця, бронхіт, емфізема легенів та інші хвороби. В індустріально розвинених країнах з числа всіх небіжчиків кожний п'ятий помер від хвороб, спричинених палінням. Смертність серед тих, хто випалює 25 цигарок щодня, в 6 разів вища порівняно з тими, хто не палить. За даними Європейського Економічного Співтовариства, у країнах «Спільного ринку» від паління гине людей у 4 рази більше, ніж унаслідок автомобільних катастроф. У США з цієї причини щороку помирає 325 тис. людей. Тому недарма паління називають *самогубством сповільненої дії*.

З метою зменшення поширення паління серед населення Землі ВООЗ 1988 р. оголосила 7 квітня Днем боротьби з палінням. Для зменшення шкідливої дії тютюнового диму в багатьох країнах заборонене паління у громадських місцях: кінотеатрах, транспорті, місцях відпочинку, на стадіонах тощо.

Отже, якщо не хочете мати великих клопотів з власним здоров'ям та здоров'ям ваших дітей, а також завдавати шкоди здоров'ю ближніх, *не паліть!*

Алкоголь

Всесвітня організація охорони здоров'я віднесла алкогольні напої до харчових продуктів, до складу яких входить у певних кількостях етиловий спирт C_2H_5OH . Слабоалкогольні напої містять 3—7 % об. етилового спирту, напої з 8—14 % об. належать до легких алкогольних — це натуральні виноградні вина, шампанське тощо. Міцні спиртні напої містять 16—60 % об. етанолу: горілка, віскі, джин, кріплені вина, кальвадос, бренді, коньяк, лікери та різні настойки.

Етиловий спирт є природним продуктом обміну речовин. У крові тверезої людини його міститься 30—60 мг на один літр. Під час вживання алкогольних напоїв максимальний вміст етанолу в крові спостерігається через годину після одноразового вживання. Через 12 год нормальний рівень відновлюється. При вмісті в крові 1 г/л етанолу людина погано керує м'язами, при 2 г/л — нестримно хоче спати, а при 5 г/л — паралізується дихання і настає смерть.

Алкогольні напої вживають з метою досягнення емоційного збудження, безтурботного розслабленого стану, прагнучи викликати приплив сил

та максимально, доки витримає організм, подовжити «ейфорію». Тривале вживання алкогольних напоїв зумовлює звикання до них, призводить до пияцтва і в подальшому — до захворювання на алкоголізм з усіма його негативними наслідками. *Пияцтвом* прийнято називати «надмірне» вживання спиртних напоїв, що негативно впливає на працю, побут, здоров'я людей та добробут суспільства загалом.

Основні ознаки *алкоголізму* — втрата контролю за вживанням алкоголю і патологічний потяг до нього, підвищення толерантності та похмільний синдром. Ці ознаки свідчать про те, що у людини сформувалася нова, раніше не властива їй хвороблива потреба в алкоголі й сила її надзвичайно велика. У певні періоди вона переважає потребу в їжі та воді.

Алкогольні напої вживаються населенням у значній кількості, про що свідчить зростання їх виробництва. Так, у 1987 р. після введення «сухого закону» (закону про значне обмеження виробництва і вживання алкогольних напоїв) у колишньому СРСР продаж горілки та лікєро-горілчаних напоїв становив 123,3 млн дал. При цьому різко збільшилося самогоніваріння. За даними Держкомстату, в 1987 р. на самогоніваріння витрачено 1,4 млн т цукру, що еквівалентно 150 млн дал самогону. Це практично компенсувало скорочення продажу горілки та лікєро-горілчаних виробів. За оцінками експертів європейського регіонального бюро ВООЗ, Україна входить до числа шести (з 50) країн Європи, де темпи вживання алкоголю та кількість пов'язаних з цим наслідків найбільші. Загальне вживання алкоголю в 1993—1994 рр. в Україні становило 11,4 літра абсолютноного спирту на душу населення, тоді як у США — 6,8, Великобританії — 7,3, Німеччині — 10,4, і випереджає Україну за цим показником тільки Люксембург — 12,6 л.

Токсичною для людини вважається доза понад 100 мл етилового спирту за один прийом. Із прийнятої дози етанолу 7 % виділяється з видихуваним повітрям, 3 % — з потом і сечею. Близько 30 % його окиснюється в організмі зі швидкістю 1 г алкоголю за годину на 10 кг маси тіла за схемою: етанол → ацетальдегід → ацетатна кислота → оксид карбону (IV) + вода.

Усім хворим на алкоголізм притаманні нестійкість настрою, дратівливість, швидка виснажуваність психіки. Алкоголізм — складне захворювання, яке порушує функціонування всіх систем і органів, руйнує здоров'я, скорочує тривалість життя, позбавляє працездатності та радості спілкування з близькими людьми. За даними ВООЗ, алкоголізм є причиною кожної третьої смерті, якщо врахувати серед тих, хто зловживає спиртними напоями, частоту захворювань серцево-судинної системи, печінки, шлунка, нирок, а також венеричних хвороб, травматизму в стані сп'яніння та самогубств.

При одноразовому вживанні значних доз алкоголю може розвинутися гостра алкогольна інтоксикація, що нерідко закінчується смертю. Так, тільки в 1987 р. в колишньому СРСР алкогольними напоями отруїлося понад 44 тис. людей, з яких 11 тис. стали небіжчиками. У 1994 р. в Україні

в стані алкогольного сп'яніння скоєно 60 194 злочини, померло від отруєння алкоголем 8436 чоловік.

Здатність алкоголю розчинятися в ліпідах, які входять до складу нервових клітин, визначає частоту захворювань при алкоголізмі центральної нервової системи, що супроводжується психозами, порушеннями сну, прогресуючим зниженням інтелекту та порушенням функцій усіх систем і органів. За відсутності своєчасного лікування відбувається деградація особи і настає смерть.

Алкоголь ускладнює перебіг низки психічних і нервових захворювань: неврозів, психопатій, епілепсії, травматичної енцефалопатії, дієнцефалітів, невритів та ін. Він сприяє розвитку ішемічної хвороби серця та інфаркту міокарда. Особливо шкідливий вплив алкоголю має на печінку. Він сприяє більш тяжкому перебігу гепатитів, є причиною цирозу печінки та панкреатитів. Алкоголь гальмує секреторну діяльність підшлункової залози, знижує виділення інсуліну, що сприяє розвитку цукрового діабету.

Зловживання алкоголем несприятливо впливає на залози внутрішньої секреції, зокрема статеві. Зниження статевої функції спостерігається у 35 % тих, хто зловживає алкоголем та в усіх хворих на алкоголізм. У жінок зменшується здатність до дітонародження, часто спостерігаються токсикози вагітності та ускладнені пологи.

У стані сп'яніння легковажна поведінка молодих людей нерідко призводить до випадкових зв'язків, наслідком чого можуть бути «небажана» вагітність, зараження венеричними хворобами та виникнення на цій підставі психічних травм.

Систематичне вживання алкоголю призводить до передчасного старіння, інвалідності й смерті. За даними ВООЗ, тривалість життя алкоголіків у середньому на 15—20 років менша порівняно з тими, хто утримується від систематичного вживання спиртного. Вживання алкоголю порушує процес нормальної роботи на виробництві, що завдає підприємствам значних збитків внаслідок зниження продуктивності праці, прогулів, аварій, травматизму тощо. У стані сп'яніння відбуваються різні правопорушення, пов'язані з кримінальними вчинками: хуліганство, пограбування, завдання тілесних пошкоджень, звалтування і навіть умисні вбивства.

Пияцтво є причиною розпаду родин. Алкоголізм батьків нерідко визначає антисуспільну орієнтацію поведінки підлітків. Вони не бажають учитися, працювати, мають схильність до вживання алкогольних напоїв і статевої розбещеності, скоюють різні правопорушення. Усе це в кінцевому підсумку становить загрозу руйнування соціальної стабільності в країні.

З метою запобігання алкоголізму потрібно активно проводити цілеспрямовану профілактичну роботу і виховання населення. Однак насамперед у суспільстві мають бути створені відповідні соціальні умови, за яких люди могли б дотримуватись здорового способу життя. Слід звернути увагу на виховання підлітків у сім'ї та школі, проводити просвітницьку й виховну роботу для запобігання зловживанню алкогольними напоями. Потрібно виробляти більше високоякісних безалкогольних

напоїв за доступними цінами та надати можливість дітям безкоштовно займатися спортом, технічною й художньою творчістю в різних гуртках і клубах. І в цій роботі головна роль повинна належати державі й суспільству. Адже тільки здорові громадяни зможуть побудувати здорову державу.

Наркотики

Наркотична речовина — лікарський препарат, який виявляє стимулювальну, галюциногенну та іншу специфічну дію на центральну нервову систему. Наркотичні речовини, до постійного вживання яких виробляється пристрасть, називають *наркотиками*. Число наркотичних речовин невинно зростає. Ще в 1972 р. налічувалося понад 200 лікарських препаратів, застосування яких може сприяти формуванню у хворих нестримного хворобливого прагнення до їх уживання. До цих речовин належать похідні опіуму, кокаїн, індійська конопля, психостимулятори, галюциногенні та гіпногенні речовини, героїн, деякі засоби побутової хімії тощо.

Наркотики можуть бути у вигляді розчинів, порошоків, таблеток і входити до складу цигарок. Частіше наркотики вводять в організм за допомогою шприців в умовах, які не завжди забезпечують стерильність. Якщо «колються» в компанії, то здебільшого користуються одним шприцом. У результаті крапля чужої крові потрапляє в організм іншого наркомана і стає причиною зараження інфекційними хворобами, в тому числі й СНІДом.

Наркоманія, токсикоманія та алкоголізм належать до класу наркологічних захворювань, в основі яких лежить спільна ознака — формування хворобливої психічної та фізичної залежності. Наркоманія й токсикоманія за загальними закономірностями формування, клінічним перебігом і прогнозом являють собою єдину хворобу. Ці наркологічні хвороби, як і алкоголізм, мають на меті полегшити життя шляхом уживання речовин, що змінюють свідомість, викликають почуття комфорту, задоволення і навіть ейфорії — «кайфу» на жаргоні наркоманів. Разом з тим наркоманія і токсикоманія, на відміну від алкоголізму, характеризуються надзвичайно швидким формуванням залежності від певної речовини та стрімким перебігом захворювання. Зловживання алкогольними напоями і формування пияцтва відбувається роками. Формування наркоманії й токсикоманії до появи наркозалежності вимірюється тижнями й днями, а героїн зумовлює залежність навіть після однієї-двох ін'єкцій.

Наркоманія, токсикоманія та алкоголізм поширюються в усьому світі надзвичайно високими темпами. Як зазначають американські дослідники, тільки впродовж п'яти років (1965—1969 рр.) кількість людей, що зловживали наркотиками, збільшилася в 5 разів. У 1971 р. президент США Р. Ніксон заявив: «Якщо ми не зруйнуємо наступ наркотиків, то наркотики зруйнують нас». У 1969 р. в США нелегально завозили 900 кг кокаїну, а в 1985 р. ця цифра зросла до 35 т. Вживання маріхуани в країні досягло нині 15 тис. т. Аналогічна ситуація склалася і в інших індустриально

розвинених країнах. Так, у Франції в 1986 р. конфісковано 15 т наркотичних речовин, що вдвічі більше, ніж у 1985 р.

Наркоманія значно поширюється і в Україні. Кількість тільки офіційно зареєстрованих наркоманів за п'ять останніх років зростає майже вдвічі, а кількість вилучених міліцією наркотичних засобів з 1988 р. по 1994 р. зростає в 10 разів. У 1994 р. у стані наркотичного сп'яніння скоєно 7638 злочинів, померла внаслідок уживання наркотиків 731 людина.

Наркоманія і токсикоманія особливо поширені серед молоді. До цього класу школи з наркотиками й токсичними речовинами ознайомлюється від 5 до 15 % учнів, а серед старшокласників — 20 %. У московських навчальних закладах ці речовини «куштували» 22 % учнів професійно-технічних училищ і 15 % студентів. Експерти ВООЗ зазначають, що на потяг до вживання наркотиків діє один або кілька мотивів, зокрема:

- ▶ задоволення цікавості відносно дії наркотичного чи іншого одурманювального засобу;
- ▶ наслідування «авторитетам» або «випробування відчуття» належності до певної групи;
- ▶ стимулювання психічних і творчих процесів, досягнення «особливої» ясності міркувань, «творчого натхнення», уміння по-особливому сприймати музику, живопис тощо;
- ▶ вплив певної «моди» на наркотики в колі молодих людей.

Спільним для стану наркотичного сп'яніння, незалежно від уживаних засобів, є зміна ясності свідомості, поліпшення настрою і розлад фізичних функцій. Наркоман безпричинно посміхається, здійснює безладні рухи. У разі глибшої зміни свідомості настає малорухливість, розслабленість, спонтанна балаканина, зникає реакція на звичайні зовнішні подразники. Зміна настрою та балакучість супроводжуються руховою активністю. Вони швидко змінюються роздратуванням, нудьгою або злісною гнівливістю. Порушення фізичних функцій виявляється почервонінням або зблідненням обличчя, потовиділенням. Очі мають особливий блиск. Зіниці розширені або звужені. Рухи, як правило, розмашисті, хода нестійка, з хитанням. Мова нерозбірлива й плутана.

Характерним проявом хвороби є регулярність уживання наркотиків. Починаючи з першого разу, інтенсивність наркотичного дурману поступово спадає, оскільки організм адаптується до нього. Для досягнення початкових відчуттів наркоман чи токсикоман збільшує частоту приймання і дозу наркотичної речовини. При цьому стійкість організму хворого до дії наркотика зростає. У результаті він здатен уживати дози, які значно перевищують смертельні. Виникають захисні фізіологічні реакції на приймання наркотика: нудота, шкірний свербіж, почервоніння обличчя, зміна пульсу та артеріального тиску.

Перехід у розгорнуту стадію захворювання характеризують такі зміни. Настає нездоланне психічне прагнення до наркотиків. Без них хворий відчуває постійний дискомфорт, що супроводжується важкими фізичними розладами — від депресивного стану, тривожного неспокою, страху

до сильного емоційного й рухового збудження. Виникають гнів, злобливість та агресивність щодо оточуючих. До психічних розладів додаються порушення функціональної діяльності внутрішніх органів і систем: розлади сну, діяльності травного каналу, сильне потовиділення тощо.

У інших хворих найтиповішими фізичними проявами абстиненції є сильні болі в ділянці великих суглобів (коліна, ліктя, плеча). М'язи тіла значно напружуються. Відбуваються судомні напади з втратою свідомості. Хворий корчиться в судомах, наче під час епілептичного нападу. Якщо йому своєчасно не надати допомогу, може настати смерть. Варто зауважити, що кожний наркотик має свої характерні симптоми абстиненції. У наркоманів чи токсикоманів відмічаються такі ускладнення, як гострі психози, деградація особи, хронічні захворювання внутрішніх органів і нервової системи. На цьому етапі захворювання хворі часто роблять спроби самогубства.

Часто використовують сурогати опію, в яких містяться морфін, кодеїн та інші алкалоїди. Вживання опіатів спричинює тромбофлебіти, серцево-судинну недостатність, дихальну аритмію тощо. Дуже небезпечними наркотиками є барбітурати — похідні барбітурової кислоти, які в клінічній практиці застосовують як снодійний засіб. У разі передозування цих препаратів порушується свідомість, з'являється дихальна аритмія, гіпотермія і гіпорексія, погіршується серцево-судинна діяльність.

Останнім часом значного поширення набули різні транквілізатори — психоактивні речовини, здатні зменшувати страх, тривогу і психологічне напруження (мепробамат, триоксазин, радедорм та ін.). Так, у США транквілізатори вживає майже 50 % дорослого населення. Небезпечним є такий транквілізатор, як радедорм. Він спричинює сп'яніння, подібне до алкогольного, і супроводжується загальмованістю, сонливістю та м'язовою релаксацією. Після приймання препарату виникає запаморочення, легкий шум у голові, утруднюється переорієнтування уваги і помітно знижується швидкість реакції. Настає нервовий розлад.

Наприкінці 70-х років значного поширення набула ефедрінова токсикоманія, пов'язана з уживанням поза призначенням таких психостимуляторів, як кофеїн, кокаїн, фенамін, ефедрин та ін. Передозування цих препаратів супроводжується підвищеною балакучістю, руховою активністю, порушенням свідомості, зоровими галюцинаціями. Симптомами отруєння є збліднення кінцівок, підвищення артеріального тиску, сухість шкіри, розширення зіниць, тахікардія. Особливо небезпечними є ефедрин та його похідні, що мають виразний кардіотоксичний ефект. При введенні у вену великих доз виникають тяжкі психози і може настати зупинка серця.

Останніми роками токсикоманія поширилася внаслідок уживання хімічних летких сполук та виробів з них, що є інгаляційними психореактивними речовинами. До них належать бензин, етиловий ефір, ацетон, хлороформ, полівінілхлоридна плівка, клеї БФ-6 і «Момент» та ін. Ці речовини вводять у вигляді інгаляцій або вдихають продукти їх горіння. При цьому виникають запаморочення, нудота, дзвін у вухах, ілюзорні видіння, слухові галюцинації тощо.

Лікування наркоманії й токсикоманії слід проводити в спеціалізованих психіатричних закладах. Дуже часто при цьому потрібен психіатричний нагляд, оскільки ймовірне скоєння кримінальних дій. У стані наркотичного чи алкогольного сп'яніння скоюється багато соціально небезпечних злочинів (бійки, крадіжки, згвалтування, вбивства тощо). Це завдає значної шкоди суспільству.

За злочини, пов'язані з уживанням наркотиків, у колишньому СРСР було засуджено понад 26 тис. людей. На обліку в органах охорони здоров'я і внутрішніх справ перебувало понад 130 тис. людей, які вживали наркотики, серед них — 52 тис. з діагнозом «наркоманія». Переважно це були молоді люди віком до 30 років.

Кримінальним кодексом України (ст. 307 КК) передбачається суворе покарання (позбавлення волі строком від 3 до 8 років) за зберігання, перевезення та реалізацію наркотичних речовин. Передбачається також відповідальність за втягнення неповнолітніх у цю злочинну діяльність (покарання — позбавлення волі строком від 5 до 12 років; ст. 315 КК). У боротьбі з наркоманією передбачені й адміністративно-правові заходи. Громадяни, хворі на наркоманію, повинні лікуватися в лікувально-профілактичних закладах органів охорони здоров'я. Тих, хто уникає такого лікування, направляють за рішенням суду в лікувально-трудова профілакторії для примусового лікування.

Слід пам'ятати, що наркоманія і алкоголізм — дуже тяжкі й небезпечні хвороби як для самих наркоманів і алкоголіків, так і для всього суспільства. Вживання наркотиків є дуже небезпечним для нинішнього та прийдешніх поколінь. Наркоманія поширюється як епідемія. Вона швидко втягує в свої брудні тенета все нові й нові жертви. Тому необхідно широко проводити профілактичну роботу. Потрібно заповнювати дозвілля різними культурними заходами та спортом. Особливо це стосується молоді. До цієї роботи мають бути залучені вихователі вищих навчальних закладів і в першу чергу батьки.

Синдром набутої імунної недостатності (СНІД)

Синдром набутого імунodefіциту (СНІД) — тяжке інфекційне захворювання з летальним наслідком. Патогенетичним механізмом СНІДу є ураження і руйнування імунної системи вірусом імунodefіциту людини — ВІЛ (англ. HIV — Human immunodeficiency virus). Вірус імунodefіциту людини належить до групи ретровірусів, які паразитують усередині клітини організму людини.

Імунітет — складна багатокомпонентна система захисту організму від ушкоджувальних факторів зовнішнього та внутрішнього середовища. Механізм імунітету дає змогу зберігати й підтримувати стабільність внутрішнього середовища організму, що забезпечує нормальне функціонування всіх систем та органів. Отже, імунітет — засіб захисту організму від живих тіл і речовин, які несуть ознаки генетичної чужорідності (мік-

роорганізми та інші живі патогени — віруси, найпростіші та ін.) та хвороб, що викликаються ними. Вірус імунодефіциту людини (ВІЛ) призводить до порушення й пригнічення імунної системи. Внаслідок цього людський організм стає беззахисним, не здатним протистояти так званим супутнім інфекціям (тобто хворобам, які можуть виникнути через те, що ослаблена імунна система не в змозі протистояти розвитку в організмі патогенної мікрофлори). Люди, хворі на СНІД, здебільшого вмирають саме з цієї причини.

Вперше ВІЛ був ідентифікований у 1983 р. французькими вченими на чолі з Л. Монтенє в Пастерівському інституті (Париж) та американськими вченими з Національного інституту здоров'я на чолі з Р. Галло. За даними ВООЗ, на 7 вересня 1996 р. у світі було заражено вірусом імунодефіциту 25 млн людей, захворіло на СНІД понад 8 млн, половина з яких уже померли. Щохвилини в світі заражається СНІДом 3 людини. Експерти ВООЗ стверджують, що на початку ХХІ ст. кількість інфікованих ВІЛ у усьому світі досягне 40 млн осіб, частина з яких (близько 5 млн) загине.

Епідеміологічна обстановка зі СНІДу в Україні різко погіршилася в 1995—1996 рр. у зв'язку зі збільшенням кількості наркоманів. У 1994 р. в Україні перебувало на обліку 47 798 осіб, які вживали наркотики. Якщо врахувати неповноту реєстрації, то ця цифра може збільшитись у 5—14 разів і становитиме близько 400 тис., а через 10 років досягне 2—2,5 млн. Отже, й кількість інфікованих ВІЛ-інфекцією людей істотно зростає.

Перенесення вірусу СНІДу від однієї людини до іншої може здійснюватися кількома способами:

- під час статевого контакту з інфікованою людиною, незалежно від його способу;
- під час переливання крові зараженого ВІЛ-інфекцією донора, трансплантації його органів і тканин (нирки, рогівка, кістковий мозок та ін.);
- у разі застосування забруднених голок і шприців наркоманами, проколювання вух, нанесення татувань, використання нестерильних інструментів (кrapельниць, катетерів тощо) або чужих лез для гоління, зубних щіток, на яких можуть бути краплі засохлої крові носія вірусу СНІДу;
- у разі випадкового ушкодження шкірних покривів або слизових оболонок медичними інструментами, забрудненими ВІЛ-інфекцією після контакту з інфікованим;
- від інфікованої матері плоду під час вагітності, пологів або годування грудним молоком.

Будь-яким із цих способів вірус проникає в організм з інфікованих біологічних рідин: крові, сперми, слизових виділень з вагіни та материнського молока. Вірус не передається побутовим шляхом: при поцілунках, обіймах, рукостисканнях, через постільну білизну, страви, мило, посуд, гроші, дверні ручки, спортивне знаряддя, іграшки, а також через воду, повітря, укуси комарів, кліщів тощо.

На початку захворювання на СНІД людина відчуває себе практично здоровою. Надалі з'являються різні ознаки захворювання. Найхарактернішими симптомами захворювання на СНІД є:

- збільшення лімфатичних вузлів до розмірів 1—2 см у діаметрі, водночас у кількох місцях (в паху, на шиї), яке триває 2—3 міс. за відсутності якогось певного захворювання;
- сухий, тривалий кашель, пов'язаний з пневмоніями, збудниками яких можуть бути різні мікроорганізми (пневмококи, стрептококи, мікобактерії, віруси, гриби та ін.);
- швидка втомлюваність, іноді біль у м'язах і суглобах;
- часті проноси, спричинені різними мікроорганізмами (найпростіші, герпес-віруси, мікобактерії тощо);
- надмірне нічне потовиділення, не пов'язане з температурою в кімнаті;
- втрата апетиту;
- швидка втрата маси тіла за нормального режиму харчування;
- постійні інфекційні захворювання;
- багрові горбки на шкірі, що нагадують полуницю (саркома Капоші);
- зменшення кількості Т-хелперів (CD4) — клітин, що виділяють ряд лімфокінів, до 200 і менше на 1 мл крові (замість 1000).

Найчастіше до СНІДу приєднуються такі хвороби, як саркома Капоші, кістозна пневмонія, кандидоз, менінгіт, енцефаліт та ін.

Серед населення існують групи підвищеного ризику зараження ВІЛ-інфекцією. До них належать гомосексуалісти, бісексуали, повії, наркомани, які вводять наркотики внутрішньовенно. До цієї групи належать також новонароджені, матері яких є носіями ВІЛ-інфекції або хворіють на СНІД.

Вакцини проти ВІЛ-інфекції поки що не розроблено. Лікування хворих на СНІД здійснюють такими препаратами, як анцикловір, інтерферон, фоскарнет та ін. Проте вони малоефективні й можуть у кращому разі лише подовжити життя хворого. Найефективнішим препаратом є азидотимідин, який пригнічує ферменти вірусу СНІДу, що беруть участь у внутрішньоклітинній реплікації. При цьому кількість вірусів в організмі зменшується майже на 40%. У разі спільного застосування препарату індинавір (криксікан) разом з азидотимідином (АЗТ), що використовуються в США, вміст вірусу знижується на 98—99%.

Зараження СНІДом відбувається за умови, якщо в організм потрапляє багато ВІЛу. ВІЛ — відносно нестійкий вірус, що інактивується багатьма хімічними речовинами та фізичними впливами. Тому розбавлення концентрації вірусу може бути засобом зниження його інфекційності. Він швидко інактивується кип'ятінням, обробленням 50—70%-м розчином етилового або ізопропілового спирту, 2%-м розчином фенольних сполук, 10%-м розчином формаліну (4%-й розчин формальдегіду), розчином пероксида гідрогену тощо.

Щоб зменшити вірогідність зараження ВІЛ-інфекцією і не захворіти на СНІД, слід дотримуватися правил безпечної поведінки:

- не вживати наркотиків;
- не вступати у випадкові статеві контакти; під час статевих контактів користуватися запобіжними засобами;
- ін'єкції лікарських засобів робити одноразовими шприцами.

Отже, як бачимо, зловживання нікотиним, алкоголем та вживання наркотиків призводять до появи різних небезпечних хвороб, у тому числі й СНІДу, скорочення тривалості життя на 10—30 років, нерідко до раптової смерті. Наслідками свого впливу ці речовини завдають людуству шкоди, яку можна порівняти хіба що з ядерною бомбою сповільненої дії. Вдаючись до вживання тютюну, алкоголю і наркотиків та випадкових статевих контактів, на хвилинку замисліться: чи варто так ризикувати заради тимчасового й примарного задоволення?



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) дати визначення предмета «екологія людини» і сформулювати його завдання;
- 2) проаналізувати, як впливає навколишнє природне середовище на здоров'я людини;
- 3) схарактеризувати забруднення харчової сировини і продуктів;
- 4) пояснити сутність формування якості харчових продуктів;
- 5) назвати ознаки екологічно безпечних харчових продуктів;
- 6) накреслити шляхи запобігання забрудненню організму людини радіонуклідами;
- 7) пояснити сутність раціонального здорового харчування;
- 8) назвати способи виведення шкідливих речовин з організму людини;
- 9) проаналізувати, в чому полягає шкода для здоров'я людини паління тютюну, вживання алкоголю й наркотиків;
- 10) пояснити, що таке СНІД, як відбувається зараження ВІЛ-вірусом і яка профілактика цього захворювання.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. Дайте визначення предмета «екологія людини» і сформулюйте його завдання.
2. Як впливає навколишнє середовище на здоров'я людини?
3. Що таке здоров'я людини і які фактори на нього впливають?
4. Що розуміють під гомеостазом організму людини?
5. Як ви розумієте адаптацію організму людини до зміни умов навколишнього середовища? Поясніть на прикладах.
6. У чому виявляється негативний вплив на людуство антропогенних порушень біосфери Землі?
7. Поясніть роль продуктів харчування і води в забезпеченні процесів життєдіяльності організму людини.
8. Як відбувається забруднення харчової сировини й продуктів?
9. Які негативні наслідки має забруднення харчової сировини й продуктів?
10. Дайте визначення нормативу вмісту поліютантів у харчових продуктах.

11. Як установлюють нормативи вмісту забруднювальних речовин у харчових продуктах?
12. Як здійснюють контроль за якістю харчових продуктів?
13. Як впливають забруднювальні речовини на здоров'я людини?
14. Назвіть основні ознаки екологічно безпечних харчових продуктів.
15. Як зменшити надходження радіонуклідів в організм людини?
16. У чому полягає сутність раціонального харчування?
17. Виходячи з енергетичної потреби людини, що становить 12 000 кДж/добу, складіть для себе та інших членів вашої родини добове меню харчування.
18. Як слід харчуватися в умовах радіаційного забруднення?
19. Як здійснюють виведення шкідливих речовин з організму людини?
20. Як впливає тютюновий дим на здоров'я людини?
21. Які алкогольні напої ви знаєте і як вони впливають на здоров'я людини?
22. Що таке пияцтво та алкоголізм? Дайте визначення цих явищ і поясніть, у чому полягає їх небезпека.
23. Що таке наркотична речовина і в чому полягає шкода для здоров'я людини при її вживанні?
24. Що таке наркоманія і які її наслідки?
25. Що таке токсикоманія і чим вона відрізняється від наркоманії?
26. Назвіть симптоми алкоголізму і наркоманії. Що в них спільного і чим вони відрізняються?
27. У чому полягає профілактика захворювань на алкоголізм та наркоманію?
28. Що таке СНІД? У чому полягає небезпека цієї хвороби?
29. Як відбувається зараження ВІЛ-вірусом?
30. Якими симптомами виявляється захворювання на СНІД?
31. Як зменшити ризик зараження СНІДом?
32. Як ви розумієте вислів «здоровий спосіб життя»?

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

11.1. ЕВОЛЮЦІЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРИНЦИПІВ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Із часу своєї появи в біосфері Землі *Homo sapiens* завжди задовольняв свої життєві потреби за рахунок споживання природних ресурсів навколишнього природного середовища. Це були насамперед сонячне випромінювання, рослинний і тваринний світ та природні ландшафти. І вже із самого початку первісного господарювання було зрозумілим прагнення досягти найбільшого ефекту при мінімальній витраті енергії, тому що після виснажливої праці з використанням м'язової сили потрібен був відпочинок для відновлення сил з метою подальшого виконання роботи і задоволення найголовнішої потреби — в їжі, без якої організм жити і розвиватися не може.

Отже, по суті своїй в основу господарювання вже з самого початку розвитку первісного людського суспільства закладався *економічний принцип*: досягнення ефективного результату господарювання за мінімальних витрат енергії у вигляді ручної праці. І цей принцип не змінювався впродовж тисячоліть. Невпинно вдосконалювались технології, на зміну ручній праці прийшли машини, електрична і атомна енергія, автоматизовані технології. А економічний принцип господарювання діє й нині і залишиться в майбутньому. Інакше система «суспільство—природа» давно припинила б своє існування. Проте цей принцип останнім часом істотно вдосконалився.

Упродовж тривалого часу існування людства, незважаючи на безперервне зростання життєвих потреб (адже чисельність населення на планеті невинно зростає), людина завжди задовольняла їх за рахунок природного середовища. Потрібно було весь час удосконалювати знаряддя праці з метою збільшення продуктивності та задоволення життєвих потреб. І не завжди цей процес був безпроблемним, постійно виникали економічні кризи, які в багатьох випадках вирішувалися за допомогою воєн.

Проте завдяки розуму людини завжди відбувався прогресивний розвиток, пов'язаний з удосконаленням знарядь праці, технологій і в кінцевому підсумку задоволення життєвих потреб. При цьому для їх задово-

лення завжди вистачало природних ресурсів біосфери Землі, незважаючи на те, що впродовж багатьох тисячоліть їх вилучалося значно більше, ніж це було потрібно для забезпечення найнеобхідніших життєвих потреб людей. Тому в людському суспільстві склалося хибне враження, що природні ресурси невичерпні і їх можна споживати в будь-якій кількості. Незважаючи на застереження ще стародавніх мислителів, домінував цей економічний принцип господарювання: одержання максимального економічного ефекту при мінімальних затратах. Головною метою природокористування було отримання якнайбільшого зиску.

Коли чисельність населення досягла близько 500—600 млн осіб (XVI—XVII ст.), із настанням машинно-індустріального розвитку суспільства розпочалося широке використання металів. Для їх виплавлення та переробки на виробі споживалася величезна кількість енергії, потребу в якій почали задовольняти за рахунок викопного палива (кам'яного вугілля, нафти, газу тощо). Причому їх почали споживати такими швидкими темпами, що вже через 300 років, тобто в середині ХХ ст., людство зрозуміло, що мінеральні ресурси, які створювалися й накопичувалися на планеті природою впродовж мільйонів років, перебувають на межі вичерпності.

Нераціональна антропогенна діяльність призвела до порушення багатовікової динамічної рівноваги геоекосистеми, яка існувала мільйони років. Це почало обертатися величезними економічними збитками. Екологічна криза сучасності загрожує перерости в екологічну катастрофу, яка може спричинити загибель сучасної цивілізації. Отже, економічна система, спрямована тільки на споживання природних ресурсів, є неефективною і тупиковою.

У зв'язку з цим, починаючи з 60-х років ХХ ст., у багатьох індустріально розвинених країнах почали запроваджувати *еколого-економічний принцип господарювання*: одержання максимального економічного ефекту за якнайменшої шкоди для природного середовища. Цей принцип покладено в основу раціонального природокористування, під яким розуміють мінімальні витрати природних ресурсів для задоволення *обґрунтованих життєвих потреб* людського суспільства за мінімальної шкоди природному середовищу. Отже, цей принцип можна сформулювати так: *економічне те, що екологічне* (А. К. Запольський).

На цьому етапі природокористування починають впроваджувати систему господарювання, спрямовану на споживання природних ресурсів та їх відтворення, а також на захист навколишнього природного середовища від забруднення та руйнування. Для того щоб чітко сформулювати еколого-економічні принципи господарювання, потрібно визначити їх умови:

- 1) мінімальні витрати природних ресурсів;
- 2) обґрунтовані життєві потреби людського суспільства;
- 3) мінімальна шкода природному середовищу.

Цілком зрозуміло, що визначення умов 1, 3 залежить від ступеня розвитку науки й техніки на сучасному етапі. Складніша справа стосовно умови 2, на яку впливає розвиток не тільки науки і техніки, а й суспільної

свідомості. Якщо мінімальні витрати відновних природних ресурсів передбачають їх відновлення, то мінімальні витрати невідновних природних ресурсів передбачають самообмежувальне споживання для задоволення обґрунтованих життєвих потреб.

Отже, як обґрунтувати життєві потреби людського суспільства, якщо вони в кінцевому підсумку також залежать від стану природних ресурсів та величини їх запасів? Мінімальна шкода природному середовищу передбачає таке господарювання, за якого утворюватиметься мінімальна кількість розсіюваних і неутилізованих відходів в антропогенному ресурсному циклі. І ці відходи без завдання шкоди довкіллю мають включатися в біогеохімічні цикли природного колообігу речовин та енергії. Коли суспільство зможе визначити граничні межі цих трьох умов, тоді можна буде розрахувати обґрунтовані гранично допустимі екологічні навантаження (ГДЕН) на будь-яку екосистему, а отже, і визначити чіткі завдання раціонального природокористування.

Нині ці граничні умови залишаються поки що невизначеними, а екологічна криза розростається надзвичайно високими темпами, прямо пропорційно зростанню потреб людського суспільства. З метою її подолання в нашій країні, як і в багатьох інших, розрахунок гранично допустимих екологічних навантажень у сучасних умовах здійснюють на основі гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин у природному середовищі (воді, повітрі, ґрунті) після розрахунку і встановлення для суб'єктів господарської діяльності гранично допустимих викидів в атмосферу, гранично допустимих скидів у водойми та нормовані кількості відходів для захоронення. Критерієм визначення ГДВ і ГДС є ГДК забруднювальних речовин, тобто концентрація розсіюваних відходів антропогенних ресурсних циклів у воді, повітрі, ґрунті не повинна перевищувати встановлені санітарні норми (ГДК).

Проте наскільки ці нормативи зможуть забезпечити непорушне функціонування окремих екосистем та біосфери загалом, нині впевнено прогнотувати неможливо, тому що в основу визначення величин ГДК покладають лабораторні дослідження, які проводять на окремих видах тварин і для окремих полютантів. У результаті антропогенної діяльності в середовище надходить величезна кількість забруднювальних речовин, що виявляють свій вплив не тільки на окремих тварин, а й на всі біоценози навколишнього природного середовища. Останні тісно пов'язані між собою, складаючи трофічні ланцюги. Шкідлива дія одних полютантів накладається на шкідливу дію інших, у результаті чого сумарний ефект може значно збільшуватись. Деякі шкідливі полютанти мають кумулятивний характер, коли при постійній дії невеликих доз їх негативний вплив на здоров'я людей поступово збільшується і врешті-решт призводить до різних захворювань. У трофічному ланцюзі полютанти переходять від однієї ланки до іншої, в результаті чого відбувається значне їх накопичення і збільшення (в тисячі й навіть десятки тисяч разів) концентрації цих полютантів на вершині екологічної піраміди, де знаходиться людина.

Отже, поки що цей шлях нормування і встановлення гранично допустимих екологічних навантажень на екологічну систему є недосконалим. Проте він наближає нас до встановлення науково обґрунтованих ГДЕН, критерієм визначення яких буде порушення динамічної природної рівноваги, яка склалася в окремих екосистемах та біосфері загалом. Еколого-економічне господарювання в умовах природної рівноваги потребує від суспільства контролю за його розвитком. При цьому екологічне навантаження на екосистему внаслідок антропогенної діяльності не повинно перевершувати їх регенераційної здатності, тобто величина екологічного навантаження не повинна перевищувати рівня науково обґрунтованого ГДЕН в умовах динамічної природної рівноваги.

Таким чином, раціональне природокористування повинно визначати умови збалансованої взаємодії людського суспільства з усіма природними біоценозами біосфери.

11.2. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ЗАСАДИ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

До недавнього часу, як уже зазначалося, ефективність проекрованої технології та доцільність її впровадження у виробництво вирішувалися на основі економічного принципу господарювання. При цьому встановлювали, наскільки зведені витрати на додатково вироблену продукцію в проєкті (Z_p) менші від витрат на ту саму продукцію, вироблену за допомогою інших технологій (Z_i). Порівнюючи різниці між Z_i і Z_p , вирішували, яка технологія ефективніша. Чим більша ця різниця — $(Z_i - Z_p) > 0$, тим ефективнішою вважали технологію.

Сучасна оцінка технологій ґрунтується на основі еколого-економічного принципу господарювання, за якого поряд з порівнянням зведених витрат на виробництво тієї чи іншої продукції враховують також величину збитків, заподіяних забрудненням навколишнього природного середовища W , і включенням їх до загальних зведених витрат. У цьому разі порівняльна нерівність має вигляд $(Z_i + W - Z_p) > 0$. З цієї нерівності випливає, що в деяких випадках навіть відносно високоартісний технологічний процес може бути ефективнішим порівняно з процесом, який спричинює значне забруднення довкілля.

Отже, ефективність проекрованої технології істотно залежить від величини збитків, заподіяних навколишньому середовищу. Тому технічну досконалість тієї чи іншої технології вирішують порівнянням витрат сировини й енергії, допоміжних матеріалів, капітальних вкладень на здійснення технології з обов'язковим урахуванням природоохоронних витрат на запобігання забрудненню навколишнього природного середовища, а також величини трудових затрат на здійснення цієї технології.

Шкода, заподіяна забрудненням довкілля, може бути економічною, соціальною і моральною. *Економічна шкода* — це зменшення врожайно-

сті сільськогосподарських культур, біопродуктивності лісів та інших біоценозів, зменшення тривалості експлуатації обладнання внаслідок корозії, руйнування будівель тощо. *Соціальна шкода* — це підвищення захворюваності населення та втрати рекреаційних ресурсів (лісів, парків відпочинку, пляжів та інших місць відпочинку). *Моральна шкода* — підвищення плинності кадрів та втрата престижності деяких професій унаслідок погіршення санітарно-гігієнічних умов праці й проживання в певному регіоні. Погіршення якості навколишнього середовища може спричинити міграцію населення з цієї місцевості.

Щоб прийняти вірне альтернативне рішення, обґрунтоване з еколого-економічних позицій, потрібно оцінити величину витрат альтернативних технологій, у тому числі існуючі й прогнозовані збитки від шкоди, заподіяної довіллю внаслідок використання цих технологій. При цьому потрібен певний компроміс як щодо необхідності впровадження певного виробництва, так і зменшення шкоди довіллю, якої завдає його функціонування. Суспільство однаково зацікавлене як у тому, щоб не завдавати шкоди природі, так і в уникненні зайвих витрат на її збереження. В цьому разі витрати на природоохоронні заходи мають бути такими, щоб забезпечити санітарні норми вмісту забруднювальних речовин у навколишньому природному середовищі.

До природоохоронних затрат входять заходи, що запобігають забрудненню навколишнього природного середовища: очищення газодимових викидів і стічних вод, перероблення й захоронення відходів виробництва, зменшення акустичного впливу та інших фізичних забруднень, створення санітарно-захисних зон тощо. До них також належать витрати на ліквідацію небажаного впливу екологічних змін на людей і майно, а також на ліквідацію наслідків цих змін: медичне обслуговування населення, що захворіло внаслідок забруднення довілля, додаткові послуги комунально-побутового господарства в зоні забруднення; компенсація зниження рівня випуску продукції через хвороби робітників; компенсація втрат продукції лісових, земельних і водних угідь; компенсація втрат продукції через вплив забруднення на основні фонди; евакуація населення з уражених зон; дезактивація території, приміщень та обладнання в разі радіоактивного забруднення тощо.

Економічним оптимальним якістю природного середовища вважають рівень екологічних порушень, який відповідає мінімуму сумарних природоохоронних затрат при забезпеченні встановлених норм забруднювальних речовин у природному середовищі (воді, повітрі, ґрунті). Цей мінімум досягається в тому разі, коли обрана система природоохоронних заходів забезпечує максимум перевищення відвернутих економічних збитків над потрібними природоохоронними витратами. Відвернутий економічний збиток B_3 дорівнює різниці між розрахунковими величинами збитку до здійснення природоохоронних заходів $W_{\text{поч}}$ і залишкового збитку після здійснення цих заходів $W_{\text{зал}}$:

$$B_3 = W_{\text{поч}} - W_{\text{зал}} . \quad (11.1)$$

Усі природоохоронні заходи поєднують у три групи. До *першої групи* відносять одноцільові заходи, спрямовані на зменшення забруднень навколишнього природного середовища: впровадження досконаліших технологій газо- і водоочищення, зменшення відходів виробництва та розсіюваних відходів. До *другої групи* належать одноцільові ресурсозберігаючі технології, спрямовані на зменшення витрат сировини, палива та енергії (ресурсозберігаючі технології). *Третю групу* складають багатоцільові заходи, що сприяють зменшенню розсіюваних відходів виробництва та ресурсозбереження.

Оцінку економічної ефективності природоохоронних заходів здійснюють на тій самій методичній основі, що й аналіз ефективності нової техніки та капітальних вкладень. Специфічною особливістю розрахунків є необхідність урахування економічного збитку, спричинюваного забрудненням довкілля.

Економічну ефективність впроваджуваних природоохоронних заходів визначають за допомогою показників загального екологічного та загального соціально-економічного результатів. *Загальний екологічний результат* полягає в зменшенні антропогенного впливу на довкілля і, таким чином, поліпшення його стану. *Загальний соціально-економічний результат* полягає в підвищенні рівня життя населення та ефективності суспільного виробництва. До соціальних результатів належать поліпшення здоров'я населення, збереження природних ландшафтів тощо. Економічним результатом є зменшення витрат природних ресурсів і трудових затрат.

Економічне обґрунтування природоохоронних заходів у проектуваному виробництві здійснюють зіставленням економічних результатів із затратами на їх реалізацію за допомогою показників загальної та порівняльної економічної ефективності природоохоронних затрат і чистого економічного ефекту природоохоронних заходів.

Чистий економічний ефект $E_{\text{еф}}$ природоохоронних заходів визначають зіставленням досягнутого завдяки цим заходам економічного результату P із затратами на них Z :

$$E_{\text{еф}} = P - Z. \quad (11.2)$$

Економічний результат природоохоронних заходів P для одноцільових заходів виражають величиною відвернутого ними річного збитку від забруднення середовища V_3 :

$$P = V_3. \quad (11.3)$$

Для багатоцільових середовищезахисних заходів

$$P = V_3 + \Delta D, \quad (11.4)$$

де ΔD — річний приріст додаткового доходу від поліпшення виробничих результатів діяльності підприємства. Затрати на природоохоронні заходи Z визначають за формулою

$$Z = C + E_n K, \quad (11.5)$$

де С — річні експлуатаційні затрати на природоохоронному об'єкті; К — капітальні вкладення на будівництво природоохоронного об'єкта; E_n — нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень природоохоронного призначення. Прийнято, що $E_n = 0,12$. Тоді

$$Z = C + 0,12 K. \quad (11.6)$$

Загальну економічну ефективність природоохоронних затрат (капітальних вкладень у природоохоронні заходи) E_k визначають діленням різниці між величиною річного обсягу економічного результату Р і величиною експлуатаційних затрат на обслуговування природоохоронних об'єктів С на величину капітальних вкладень К:

$$E_k = (P - C)/K. \quad (11.7)$$

У разі розроблення довгострокових програм охорони довкілля певного регіону виникає потреба в оцінюванні кількох варіантів технічних рішень, які забезпечують заданий рівень якості навколишнього природного середовища. Для цього визначають порівняльну ефективність природоохоронних затрат. З розглянутих варіантів для впровадження обирають той, що характеризується мінімальними затратами, визначеними за формулами (11.5) і (11.6).

Еколого-економічні засади раціонального природокористування в Україні ґрунтуються на економічних методах управління, в основу яких покладено платежі за ресурси та забруднення природного середовища, надання пільг в оподаткуванні підприємств, надання на пільгових умовах позичок для реалізації проектів раціонального використання природних ресурсів та охорони навколишнього природного середовища. Сюди також відносять звільнення від оподаткування фондів охорони довкілля, передачу деякої частини коштів позабюджетних фондів охорони довкілля на довготривалих договірних умовах суб'єктам господарювання для гарантованого зменшення розсіюваних відходів у навколишнє середовище, на розроблення екологічно безпечних технологій («зелених» технологій), інвестиції на охорону довкілля, створення екологічних фондів тощо.

11.3. ОЦІНКА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ

Одним з дієвих засобів впливу на політику природокористування є плата за природні ресурси. Розміри такої плати визначають за допомогою економічної оцінки, в основу якої покладено диференційну ренту. Розрізняють шість видів платежів за ресурси:

- 1) платежі за право користування природними ресурсами;
- 2) плата за відтворення та охорону природних ресурсів;
- 3) рентні платежі за експлуатацію природних ресурсів, що мають певні переваги на ринку;
- 4) штрафні платежі за понаднормове використання природних ресурсів;

5) компенсаційні платежі за вибуття природних ресурсів з цільового використання або погіршення їх якості, спричинені їх використанням;

6) плата підприємств за використання середовища для розміщення відходів виробництва. Нормативи платежів диференціюють залежно від типу ґрунтів, виду сільськогосподарських угідь тощо.

Вартісна оцінка природних ресурсів ґрунтується на їх представленні як елемента національного багатства, що використовується у виробництві. Її кількісне визначення ґрунтується на двох показниках: витрати на підготовку та використання; прибуток виробника, одержаний у результаті використання ресурсу. Перший показник Π_1 передбачає, що чим ближче до поверхні землі сировина, тим менші затрати на її видобуток і тим менша її ціна. Другий показник Π_2 орієнтований на споживчу вартість ресурсу і, отже, дає змогу врахувати якість ресурсу, світові ціни, напрям використання, дефіцитність тощо. Реальна вартісна оцінка ресурсу Π знаходиться в інтервалі $\Pi_1 < \Pi < \Pi_2$.

Регіональна оцінка ґрунтів враховує вид землекористування, властивості ґрунту, забезпеченість водою, транспортом та енергією. Ресурси лісу оцінюють як витрати на ведення та відновлення лісового господарства. Сума цих витрат залежить від типу лісу й видів деревини. Лісовідновлення передбачає підготовку ділянок, посадку сіянців та догляд за молодим лісом. Тривалість процесу лісовідновлення для хвойних порід становить 80—100, для листяних — 20—30 років.

Оцінка води залежить від її дефіцитності. За умов нестачі води її оцінка ґрунтується на принципах рентних платежів. При цьому враховують витрати на підготовку й очищення води та її постачання споживачеві. Вартість води диференціюється за басейнами рік і коливається в широких межах. Атмосферне повітря за відсутності дефіциту поки що лишається безкоштовним.

Найпростіший спосіб оцінки родовищ корисних копалин полягає в підрахунку витрат на видобуток усієї маси копалин. Оцінку родовища можна здійснювати також через диференційну ренту.

11.4. ПЛАТЕЖІ ЗА ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

До економічних методів управління природокористуванням належать також платежі за екологічні збитки. *Екологічний збиток* — це зміна корисності довкілля внаслідок його забруднення. Він оцінюється як витрати суспільства, пов'язані зі зміною природного середовища, і складається з таких витрат:

- додаткові витрати суспільства у зв'язку зі змінами в навколишньому природному середовищі;
- витрати на повернення довкілля в попередній стан;
- додаткові витрати майбутнього суспільства у зв'язку з безповоротним використанням частини дефіцитних природних ресурсів.

Для оцінки збитків довкіллю використовують такі базові величини:

- витрати на зменшення забруднень;

- витрати на відновлення якості навколишнього середовища;
- ринкову ціну;
- додаткові витрати, зумовлені зміною якості навколишнього середовища;
- витрати на компенсацію ризику для здоров'я людей;
- витрати на додатковий природний ресурс для розбавлення скидуваного стоку до безпечної концентрації забруднювальної речовини.

Збиток суспільству внаслідок забруднення довкілля позначається на діяльності окремих об'єктів, що перебувають під його дією: населення, об'єктів житлово-комунального та промислового господарства, водних, лісових і земельних ресурсів тощо.

Плата за забруднення навколишнього природного середовища встановлюється за:

- викиди в атмосферу забруднювальних речовин стаціонарними та прересувними джерелами забруднення;
- скиди забруднювальних речовин у поверхневі водойми, територіальні та внутрішні морські водойми, а також у підземні горизонти та систему комунальної каналізації;
- розміщення відходів виробництва у навколишньому середовищі.

Розміри платежів визначають на підставі лімітів забруднювальних речовин, які встановлюються для підприємств з урахуванням гранично допустимих викидів і скидів кожного інгредієнта в тоннах за рік. Ліміти розміщення відходів у навколишньому середовищі визначають для підприємств як фізичний обсяг відходів залежно від класу токсичності. Розміри їх устанавлюють органи Мінприроди України у формі видачі дозволів на викиди й скиди забруднювальних речовин та розміщення відходів. За понадлімітні викиди і скиди (понад ГДС і ГДВ) забруднювальних речовин і розміщення відходів устанавлюють платежі в 5 разів вищі порівняно з базовими нормативами плати.

Наднормативні викиди полютантів в атмосферне повітря можуть статися внаслідок:

- неефективної роботи установок очищення газу;
- роботи технологічного обладнання при несправних установках очищення газу або їх невикористанні;
- порушення технологічних режимів;
- невиконання в устанавлені терміни заходів для досягнення нормативів ГДВ;
- аварійних викидів полютантів у атмосферне повітря;
- залпових викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, які не передбачені технологічними регламентами виробництва;
- використання непроектних сировини й палива в технологічних процесах.

Ці самі фактори можуть призвести до понаднормативних скидів полютантів у водойми.

Нормативи збору за забруднення навколишнього природного середовища, згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 01.03.1999 р.

№ 303 встановлюють як фіксовані суми в гривнях за одиницю маси основних забруднювальних речовин та розміщених відходів (табл. 11.1—11.3).

За розміщення відходів, на які не встановлено клас небезпечності, беруть норматив збору, встановлений за розміщення відходів першого класу небезпечності. За викиди забруднювальних речовин, які не ввійшли до

Таблиця 11.1. Нормативи збору за викиди основних забруднювальних речовин стаціонарними джерелами забруднення

Забруднювальна речовина	Норматив збору, грн/т	Забруднювальна речовина	Норматив збору, грн/т
Аміак	10	Пентаоксид ванадію	199
Ацетон	20	Ртуть та її сполуки	2260
Бензпірен	67 871	Свинець та його сполуки	2260
Бутилацетат	12	Сірчистий ангідрид	53
Вуглеводні	3	Спирт <i>n</i> -бутиловий	53
Газоподібні сполуки флуору	132	Сполуки кадмію	422
Гідрогенсульфід	171	Стирол	389
Карбондисульфід	111	Тверді речовини	2
Манган та його сполуки	1376	Фенол	242
Нікель та його сполуки	2150	Формальдегід	132
Озон	53	Хлорид гідрогену	2
Оксиди карбону	2	Хром та його сполуки	1431
Оксиди нітрогену	53		

Таблиця 11.2. Нормативи збору за скиди основних забруднювальних речовин у водні об'єкти, у тому числі в морські води

Забруднювальна речовина	Норматив збору, грн/т	Забруднювальна речовина	Норматив збору, грн/т
Амонійний нітроген	35	Органічні речовини (за показниками БСК ₅)	14
Завислі речовини	1	Сульфати	1
Нафтопродукти	206	Фосфати	28
Нітрати	3	Хлориди	1
Нітриди	172		

Таблиця 11.3. Нормативи збору за розміщення відходів

Клас небезпечності відходів	Ступінь небезпечності відходів	Норматив збору, грн/т
I	Надзвичайно небезпечні*	55
II	Високонебезпечні	2
III	Помірно небезпечні	0,5
IV	Малонебезпечні	0,2

* Норматив збору для: обладнання та приладів, що містять ртуть, елементи з йонізуючим випромінюванням, — 55 люмінесцентних ламп — 1 гривня за одиницю.

табл. 11.1, слід застосовувати нормативи збору залежно від установленого класу небезпечності певної забруднювальної речовини за табл. 11.4. За викиди, на які не встановлено класи небезпечності (табл. 11.4), слід застосовувати нормативи збору залежно від установлених орієнтовно безпечних рівнів впливу за табл. 11.5.

За викиди, на які не встановлено клас небезпечності (див. табл. 11.4) та орієнтовно безпечні рівні впливу (див. табл. 11.5), слід застосовувати нормативи збору, як за викид забруднювальної речовини першого класу небезпечності за табл. 11.4.

За скиди забруднювальних речовин, які не ввійшли до табл. 11.2, слід застосовувати нормативи збору, наведені в табл. 11.6.

Для скидів, на які не встановлено гранично допустимі концентрації (див. табл. 11.6) або орієнтовно безпечні рівні впливу, за гранично допустимі концентрації беруть найменше значення гранично допустимих концентрацій, наведене у табл. 11.6. У разі скидання забруднювальних речовин в озера, ставки та інші непроточні водні об'єкти нормативи збору збільшуються у 1,5 раза.

Таблиця 11.4. Нормативи збору за викиди забруднювальних речовин стаціонарними джерелами забруднення залежно від класу небезпечності

Клас небезпечності	Норматив збору, грн/т	Клас небезпечності	Норматив збору, грн/т
I	381	III	13
II	87	IV	3

Таблиця 11.5. Норматив збору за викиди забруднювальних речовин стаціонарними джерелами забруднення залежно від установлених орієнтовно безпечних рівнів впливу

Орієнтовно безпечні рівні впливу сполук, мг/м ³	Норматив збору, грн/т	Орієнтовно безпечні рівні впливу сполук, мг/м ³	Норматив збору, грн/т
Менш як 0,0001	16052	0,01—0,1 (включно)	53
0,0001—0,001 (включно)	1375	0,1—понад 10	2
0,001—0,01 (включно)	190		

Таблиця 11.6. Нормативи збору за скиди забруднювальних речовин у водні об'єкти залежно від їх концентрації

Гранично допустима концентрація забруднювальних речовин у воді рибогосподарських водойм, мг/л	Норматив збору, грн/т	Гранично допустима концентрація забруднювальних речовин у воді рибогосподарських водойм, мг/л	Норматив збору, грн/т
До 0,001	2572	1—10	35
0,001—0,09	1955	Понад 10	7
0,1—1 (включно)	344		

У разі захоронення забруднювальних речовин, відходів виробництва та стічних вод у глибокі підземні водоносні горизонти, що не містять прісних вод, застосовують нормативи збору, як за скид забруднювальних речовин за табл. 11.2 чи 11.6, з коефіцієнтом 10. За розміщення відходів, на які не встановлено клас небезпечності, застосовують норматив збору, як за розміщення відходів першого класу небезпечності в розмірі 55 гривень за тонну.

Нормативи збору за викиди пересувними джерелами забруднення встановлюють залежно від виду пального та транспорту (автомобільного, залізничного, морського та річкового) відповідно до табл. 11.7—11.9.

За понадлімітні обсяги викидів, скидів забруднювальних речовин та розміщення відходів збір обчислюється і сплачується в п'ятикратному розмірі. У разі відсутності у платника затверджених у встановленому порядку лімітів викидів стаціонарних джерел забруднення, скидів і розміщення відходів збір обчислюється в п'ятикратному розмірі.

Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 01.03.1999 р. № 303 «Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору», плату за викиди стаціонарними джерелами забруднення ($P_{вс}$) обчислюють за формулою

$$P_{вс} = \sum_{i=1}^n [(M_{лі} H_{бі} K_{нас} K_{ф}) + (M_{пі} H_{бі} K_{нас} K_{ф} K_{п})], \quad (11.8)$$

де $M_{лі}$ — обсяг викиду i -ї забруднювальної речовини в межах ліміту, т; $M_{пі}$ — обсяг понадлімітного викиду (різниця між обсягом фактичного викиду й ліміту i -ї забруднювальної речовини), т; $H_{бі}$ — норматив збору за тонну i -ї забруднювальної речовини, грн/т; $K_{нас}$ — коригувальний коефі-

Таблиця 11.7. Нормативи збору за викиди в атмосферу забруднювальних речовин автомобільним транспортом

Вид пального	Норматив збору, грн/т	Вид пального	Норматив збору, грн/т
Дизельне	3	Зріджений нафтовий газ	4
Бензин:		Стиснений природний газ	2
етильований	4		
неетильований	3		

Таблиця 11.8. Нормативи збору за викиди в атмосферу забруднювальних речовин морськими та річковими суднами

Вид пального	Норматив збору, грн/т
Бензин	6
Дизельне пальне	4
Мазут	3

Таблиця 11.9. Нормативи збору за викиди в атмосферу забруднювальних речовин залізничним транспортом

Вид пального	Норматив збору, грн/т
Дизельне пальне	3

цієнт, що враховує чисельність жителів населеного пункту (табл. 11.10); K_{ϕ} — коригувальний коефіцієнт, що враховує народногосподарське значення населеного пункту (табл. 11.11); K_n — коефіцієнт кратності збору за понадлімітний викид в атмосферу забруднювальних речовин, $K_n = 5$.

Суму збору за викиди пересувними джерелами забруднення ($P_{вп}$) обчислюють відповідно до кількості фактично використаного пального та його виду на підставі нормативів збору за ці викиди та коригувальних коефіцієнтів, наведених у табл. 11.10 і 11.11, і визначають за формулою

$$P_{вп} = \sum_{i=1}^n (M_i H_{6i} K_{нас} K_{\phi}), \quad (11.9)$$

де M_i — кількість використаного пального i -го виду, т; H_{6i} — норматив збору за 1 т i -го виду пального, грн/т; $K_{нас}$ — коригувальний коефіцієнт, що враховує чисельність жителів населеного пункту (див. табл. 11.10); K_{ϕ} — коригувальний коефіцієнт, що враховує народногосподарське значення населеного пункту (див. табл. 11.11).

Суму збору за скиди (P_c) обчислюють на підставі затверджених лімітів, виходячи з фактичних обсягів скидів, нормативів збору та коригувального коефіцієнта, наведеного в табл. 11.12, і визначають за формулою

$$P_c = \sum_{i=1}^n [(M_{ли} H_{6i} K_{рб}) + (M_{пi} H_{6i} K_{рб} K_n)], \quad (11.10)$$

Таблиця 11.10. Коефіцієнт, що встановлюється залежно від чисельності жителів населеного пункту

Чисельність населення, тис. чол.	Коефіцієнт	Чисельність населення, тис. чол.	Коефіцієнт
До 100	1	500,1—1000	1,55
100,1—250	1,2	Понад 1000	1,8
250,1—500	1,55		

Таблиця 11.11. Коефіцієнт, що встановлюється залежно від народногосподарського значення населеного пункту

Тип населеного пункту	Коефіцієнт
Організаційно-господарські та культурно-побутові центри місцевого значення з переважанням аграрно-промислових функцій (районні центри, міста районного значення, селища та села)	1
Багатофункціональні центри, центри з переважанням промислових і транспортних функцій (республіканський* та обласні центри, міста державного, республіканського*, обласного значення)**	1,25
Населені пункти, віднесені до курортних	1,65

* Автономної Республіки Крим.

** Якщо населений пункт одночасно має промислове значення та віднесений до курортних, застосовують коефіцієнт 1,65.

де $M_{ли}$ — обсяг скиду i -ї забруднювальної речовини в межах ліміту, т; $M_{пл}$ — обсяг понадлімітного скиду (різниця між обсягом фактичного скиду й ліміту) i -ї забруднювальної речовини, т; H_{6i} — норматив збору за тонну i -ї забруднювальної речовини, грн/т; $K_{рб}$ — регіональний (басейновий) коригувальний коефіцієнт, що враховує територіальні екологічні особливості, а також еколого-економічні умови функціонування водного господарства (див. табл. 11.12); $K_{п}$ — коефіцієнт кратності збору за понадлімітні скиди забруднювальних речовин, $K_{п} = 5$.

Таблиця 11.12. Регіональні (басейнові) коефіцієнти

Басейни морів і річок	Коефіцієнт
Азовське море	2
Чорне море	2
Дунай	2,2
Тиса	3
Прут	3
Дністер	2,8
Дніпро (кордон України — до м. Києва)	2,5
Дніпро (м. Київ включно — до Каховського гідровузла)	2,2
Дніпро (Каховський гідровузел включно — до Чорного моря)	1,8
Прип'ять	2,5
Західний Буг та ріки басейну Вісли	2,5
Десна	2,5
Південний Буг та Інгул	2,2
Ріки Кримського півострова	2,8
Сіверський Донець	2,2
Міус	2,2
Кальміус	2,2

Таблиця 11.13. Коефіцієнт, який встановлюють залежно від місця (зони) розміщення відходів у навколишньому середовищі

Місце (зона) розміщення відходів	Коефіцієнт
В адміністративних межах населених пунктів або на відстані менш як 3 км від них	3
За межами населених пунктів (на відстані більш як 3 км від їх меж)	1

Таблиця 11.14. Коефіцієнт, що встановлюється залежно від характеру влаштування місця розміщення відходів

Характер влаштування місця розміщення відходів	Коефіцієнт
Спеціально створені місця складування (полігони), що забезпечують захист атмосферного повітря та водних об'єктів від забруднення	1
Звалища, які не забезпечують повного виключення забруднення атмосферного повітря чи водних об'єктів	3

Суму збору за розміщення відходів ($\Pi_{\text{рв}}$) обчислюють на підставі затверджених лімітів, виходячи з фактичних обсягів розміщення відходів, нормативів збору та коригувальних коефіцієнтів, наведених у табл. 11.13 і 11.4, і визначають за формулою

$$\Pi_{\text{рв}} = \sum_{i=1}^n [(M_{\text{лі}} N_{\text{бі}} K_{\text{т}} K_{\text{о}}) + (M_{\text{пі}} N_{\text{бі}} K_{\text{п}} K_{\text{т}} K_{\text{о}})], \quad (11.11)$$

де $M_{\text{лі}}$ — обсяг відходів i -го виду в межах ліміту, т; $M_{\text{пі}}$ — обсяг понадлімітного розміщення відходів (різниця між обсягом фактичного розміщення відходів і лімітом) i -го виду, т; $N_{\text{бі}}$ — норматив збору за тону відходів i -го виду в межах ліміту, грн/т; $K_{\text{т}}$ — коригувальний коефіцієнт, що враховує місця розміщення відходів (див. табл. 11.13); $K_{\text{о}}$ — коригувальний коефіцієнт, що враховує характер улаштування місця розміщення відходів (див. табл. 11.14); $K_{\text{п}}$ — коефіцієнт кратності збору за понадлімітне розміщення відходів, $K_{\text{п}} = 5$.



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) пояснити, як відбувалися еволюційні зміни економічних принципів у природокористуванні;
- 2) сформулювати суть економічного та еколого-економічного принципів природокористування;
- 3) визначити причини, що заважають на сучасному етапі розвитку науково-технічного прогресу повністю реалізувати еколого-економічний принцип природокористування;
- 4) перелічити основні засади еколого-економічного принципу природокористування на сучасному етапі розвитку суспільства;
- 5) пояснити, як здійснюється плата за природні ресурси;
- 6) оцінити збитки, заподіяні забрудненням довкілля.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. У чому полягає суть економічного принципу природокористування?
2. Чому економічний принцип природокористування замінили еколого-економічним?
3. У чому полягає відмінність між економічним і еколого-економічним принципами природокористування?
4. Що перешкоджає на сучасному етапі науково-технічного прогресу повною мірою реалізувати еколого-економічний принцип природокористування?
5. Назвіть основні засади еколого-економічного принципу природокористування в наш час.
6. Як здійснюється плата за відновні та невідновні природні ресурси?
7. Як оцінюють збитки, заподіяні забрудненням атмосферного повітря?
8. Як оцінюють збитки, заподіяні стічними водами?

9. Як оцінюють збитки, заподіяні відходами виробництва?
10. На хімічному підприємстві м. Києва на джерелі викиду № 17 зафіксовано середню концентрацію карбондисульфіду 38 мг/м^3 при об'ємній витраті $193 \text{ м}^3/\text{с}$. Тимчасово погоджений норматив викиду карбондисульфіду становить $6,3 \text{ г/с}$. В такому режимі джерело працювало 90 діб. Визначте розмір платежу за викиди карбондисульфіду в атмосферне повітря.
11. На підприємстві з виробництва залізобетонних виробів м. Києва проектом нормативів ГДВ передбачено встановлення обладнання другого ступеня очищення викидних газів від технологічного обладнання приготування бетону з метою зменшення концентрації пилу цементу з $0,36 \text{ г/м}^3$ до $0,05 \text{ г/м}^3$ при об'ємній витраті газопилового потоку $30\,000 \text{ м}^3/\text{год}$ ($8,3 \text{ м}^3/\text{с}$). Потужність дозволеного викиду цим джерелом становить $0,415 \text{ г/с}$. Установа працювала в такому режимі 180 діб упродовж 8 годин на добу за п'ятиденного робочого тижня. Визначте розмір платежів за понаднормативний викид в атмосферу пилу цементу.
12. На енергетичному підприємстві м. Києва на джерело № 1 працює 4 котлоагрегати. Об'ємна витрата димових газів, що відходять від кожного агрегата, становить $140 \text{ м}^3/\text{с}$. Гранічний норматив утворення оксидів нітрогену в перерахунку на оксид нітрогену (IV) для цього типу котлоагрегатів становить 200 мг/м^3 . Вимірами встановлено середню концентрацію оксидів нітрогену в перерахунку на NO_x 450 мг/м^3 . В такому режимі технологічне обладнання працювало цілодобово впродовж 45 діб. Визначте розмір платежу за забруднення атмосферного повітря.

НОВІТНІ НАПРЯМИ ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ

12.1. ЕКОЛОГІЯ МІСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ

Останнім часом набули значного розвитку новітні напрями прикладної екології: екологія міських екосистем, екосистем космосу, військово-промислового комплексу, екологічна освіта та виховання, радіаційна екологія, правові й політичні засади екології та ін. З розвитком містобудівництва та значним зростанням чисельності міського населення великого значення набуває розвиток екології міських екосистем — урбоекологія.

Урбоекологія (лат. urbanus — міський) — галузь знань, що займається вивченням містоутворення і дослідженням взаємозв'язків людських поселень між собою та з навколишнім природним середовищем у міських екосистемах. За визначенням Європейської конференції (Прага, 1949), містом вважається компактне поселення з мінімальною чисельністю населення 2000 чоловік. Категорію міста присвоюють населеному пункту згідно з чинним національним законодавством.

Чисельність міського населення безперервно зростає. Одночасно виникають величезні житлові та промислові поселення з населенням у мільйони й десятки мільйонів чоловік. Якщо до 1800 р. єдиним містом у світі з населенням 1 млн чоловік був Лондон, то в 1900 р. таких міст налічувалося 12, на початок другої світової війни — 42, у 1960 р. — 88. Нині в усьому світі налічується понад 160 міст з мільйонним населенням. За станом на 01.01.97 у світі налічувалося 94 міста з населенням понад 2 млн чоловік. З'явилися міста-мегаполіси (міста з приміськими поселеннями), чисельність населення в яких становить 10 млн чоловік і більше (Нью-Йорк, Мехіко, Токіо, Сан-Паулу, Бостон, Шанхай, Делі, Лондон, Москва та багато інших). Значно зростає чисельність населення і в містах України. Так, порівняно з довоєнним періодом кількість населення в обласних центрах збільшилася: у Львові — у 2,3 раза, в Луцьку, Житомирі, Рівному — у 4,5—6, у Дніпропетровську, Кривому Розі, Києві — у 7—10 разів. У Києві нині мешкає близько 3 млн чоловік. Великі мегаполіси сформувалися в Донбасі: Донецьк—Макіївка—Горлівка, Краматорськ—Костянтинівка—Слов'янськ та ін.

Інтенсивність урбанізації в країнах істотно залежить від рівня їх промислового розвитку. В індустріально розвинених країнах рівень урбанізації становить лише 10 %, тоді як у найбільш розвинених — 60—70 %. У міру промислового зростання ступінь урбанізації країн, що розвиваються, наближатиметься до рівня промислово розвинених. Зростатимуть і міста промислово розвинених країн. Очікується, що в перспективі населення Землі мешкатиме переважно в містах.

З усієї поверхні Землі — 510 млн км² — площа суші, як відомо, становить 146 млн км², а площа суші, придатна для життя за кліматичними умовами, — 70,6 млн км², тобто не більш як 3 % загальної площі суходолу. Площа, придатна для міської забудови, становить 28,1 млн км².

Середня густина населення в сучасних умовах становить 50 чол/км², тоді як у містах у 10 разів вища — 500 чол/км². За даними ООН, у містах більшості розвинених країн нині мешкає 75—80 % загальної кількості населення (табл. 12.1).

Причинами зростання міст та їх ролі в господарюванні є ефективніше використання природних і людських ресурсів для найповнішого задоволення різнобічних суспільних та особистих потреб людини — біологічних, економічних, соціальних та ін. Отже, головною метою урбоекології є пошук оптимальних рішень містобудування, спрямованих на поліпшення умов життя та всебічну раціоналізацію природокористування в межах території міської забудови. При цьому потрібно вирішувати комплекс проблем, пов'язаних з функціонуванням міських екосистем: рекреаційних, еколого-економічних, інженерно-технічних, соціального обслуговування тощо. Впродовж останнього часу темпи зростання території міст удвічі перевищують темпи зростання чисельності їх населення, тому густина населення в містах зменшується. Отже, площа під забудову міст буде по-

Таблиця 12.1. Показники урбанізованості населення Землі (станом на 01.01.1995)

Континент	Загальна чисельність населення, млн чол.	Чисельність міського населення, млн чол.	Частка країн з показниками урбанізованості, %					Середня урбанізованість, %	
			<20	20—40	40—60	60—80	>80		Немає даних
Австралія і Океанія	27,9	19,6	25,0	25,0	0	0	16,67	33,33	70,25
Азія	3322,6	1097,1	15,91	25,0	22,73	18,18	13,64	4,55	33,02
Америка (Північна)	386,2	286,5	0	0	0	100	0	0	74,17
Америка (Центральна і Південна)	382,2	268,0	0	18,75	37,5	18,75	15,63	9,38	70,12
Африка	720,4	222,2	15,38	51,92	21,15	5,77	1,92	3,85	30,84
Європа	750	535,7	0	6,67	24,44	40	20	8,89	71,43

трібна в зростаючій кількості. При цьому також значно зростають потреби в харчових продуктах, воді, енергії та інших життєвих ресурсах. Зростання споживання природних ресурсів ускладнює екологічні проблеми урбанізації. Особливого значення набувають завдання з охорони довкілля.

До складу об'єктів міського господарства входять різні споруди та підприємства, що забезпечують функціонування міста. До них належать системи забезпечення продовольчими й господарськими товарами, водопостачання та водовідведення, енергопостачання, зв'язку, газо- і теплозабезпечення, міського транспорту, благоустрою і санітарного стану міської території, а також водойми та зелені насадження. Чим більше місто, тим складніші системи життєзабезпечення. Одним із найважливіших завдань міського господарства є створення належних умов для задовільного функціонування складної соціально-еколого-економічної системи.

У процесі функціонування систем життєзабезпечення міста споживається значна кількість різних природних ресурсів та створюється величезна кількість газоподібних, рідких і твердих відходів (табл. 12.2).

Водопостачання має цілодобово забезпечувати населення й промислові підприємства водою належної якості, що відповідає державним стандартам. Задовільно виконати це завдання не завжди вдається. У більшості міст України якість питної води не відповідає санітарним нормам. Тому поряд з централізованим водопостачанням у містах все більшою мірою використовують децентралізоване постачання населення водою, яку добувають з глибинних підземних горизонтів.

У результаті споживання значної кількості води утворюється багато промислових і побутових стічних вод. Щодооби на одного мешканця міста припадає в середньому 0,1—0,4 м³ побутових стічних вод. Кількість таких стоків залежить від густоти населення і становить 10—15 тис. м³/рік на 1 га житлової забудови. Вміст забруднювальних речовин у каналізаційних водах, що припадає на одного мешканця міста на добу, становить, г/л: завислі речовини — 65, амонійний нітроген — 8, органічні речовини (за БСК_{повн}) — 35—40, хлориди — 9, фосфор — 1,7.

Таблиця 12.2. Споживання і відходи міста з населенням 1 млн чол.
(за Г. В. Стадницьким і А. І. Радіоновим)

Види споживання та їх обсяг, т /добу	Види відходів та їх обсяг, т /добу		
Вода	625 000	Стічні води	500 000
Продукти харчування	2000	Тверді відходи	2 000
Енергетичні матеріали:		Газоподібні викиди:	
газ	2700	пил	150
нафта	2800	оксиди сульфуру	150
бензин	1000	оксиди нітрогену	100
вугілля	4000	оксид карбону (IV)	450
		органічні речовини	100

Під час опадів утворюються зливові стоки, забруднені різними речовинами — зависями, солями, поверхнево-активними речовинами та ін. Основними джерелами забруднення зливого стоку в містах є:

- сміття з поверхні покриття;
- продукти ерозії ґрунтів;
- продукти руйнування дорожнього покриття та автомобільних покриттів;
- розливання нафтопродуктів та втрати інших матеріалів;
- сміттєзбірні майданчики;
- газодимові викиди в атмосферу енергетичними системами, автомобільним транспортом та промисловими підприємствами.

З одного гектара території великих промислових міст під час зливи виноситься у водойми в середньому, кг: завислих речовин — 2000—2500, органічних речовин (за БСК_{повн}) — 140—200, нафтопродуктів — 60—100, азоту — 4—6, фосфору — 1—1,5, мінеральних солей — 400—600.

Зливові стоки з територій підприємств залежать від асортименту та кількості вироблюваної продукції. Так, з територій підприємств нафто- і коксохімічної промисловості надходять зливові стоки, що містять, мг/л: смол і мастила — до 200, амонійного азоту — до 20, роданідів — до 5, фенолів — до 3. З територій заводів, що виробляють мінеральні добрива, з дощовою водою виноситься амонійного азоту — 200, фосфатів — до 100, фтору — до 100 мг/л. З територій заводів, які виробляють кольорові метали, утворюються зливові стоки, що містять, мг/л: міді — до 100, кадмію — до 40, цинку — до 15, алюмінію — до 5, титану — до 3, свинцю — до 3, арсену — до 75, фтору — до 200.

У містах у значній кількості утворюється побутове сміття, поховання та перероблення якого є досить складною проблемою. Так, кількість побутового сміття, що припадає на одного мешканця міста, становить 160—190 кг/рік. Загальна кількість сміття, що утворюється на одного мешканця, — 250—300 кг/рік. Для поховання 1 т побутових відходів потрібно 3 м² території. До складу побутового сміття входять, %: харчові відходи — 43,5, папір — 28,3, шкіра та гума — 5,1, пластмаса — 2,6, метал — 5, скло — 5,5. На звалищах побутових відходів вже через рік після їх складування утворюється біогаз, що містить 54 % метану і 46 % оксиду карбону (IV). З однієї тонни побутового сміття виділяється 11,4 тис. м³ біогазу. Термін знешкодження міського сміття на звалищах становить 50—100 років, на компостувальних заводах — 3—4 доби, на сміттєспалювальному заводі — менше доби.

Ґрунти на території міст забруднюються різними сторонніми речовинами, які поділяють на механічні, хімічні та біологічні. До механічних забруднень належить будівельне сміття, бите скло, кераміка та інші матеріали, що негативно впливають на механічні властивості ґрунтів. Хімічні забруднення пов'язані з потраплянням у ґрунти різних хімічних речовин, що призводить до зміни природної концентрації хімічних елементів, яка може перевищувати встановлені нормативами ГДК. Біологічні забруд-

нення спричинюють внесені в ґрунти різноманітні мікроорганізми, що погіршують бактеріологічні, гельмінтологічні та ентомологічні показники стану ґрунтів і визначають рівень епідеміологічної небезпеки в місті.

Під впливом зміни рельєфу, регулювання поверхневого стоку, втрат з водонесних комунікацій може спостерігатись підвищення рівня ґрунтових вод та підтоплення. Водонасичення ґрунтів знижує їх міцність і призводить до деформації та руйнування будівель. З метою захисту від зсувів та обвалів крутосхилів здійснюються різні інженерні заходи: зміну рельєфу схилу, регулювання стоку поверхневих вод, агро меліорацію, закріплення пухких і тріщинуватих порід, будівництво споруд для закріплення схилів тощо.

Фізичні забруднення міста виявляються в місцевій зміні температурного, електричного, магнітного та йонізаційних полів і вібрацій, які значно перевищують природний фон. Інтенсивність шуму в містах промислово розвинених країн щороку збільшується на 0,5—1 дБ. Рівні шуму на міських вулицях становлять 85—87 дБ, що зумовлює зашумленість міських територій.

Основними забрудниками атмосферного повітря в містах є об'єкти енергетики, промисловості й транспорт. У великих містах формується власний мікроклімат. Істотно змінюється вологість, аеродинамічні, термічні та радіаційні характеристики. Можуть спостерігатися локальні підвищення температури повітря порівняно з температурою навколишнього середовища та утворюватися смоги. На формування міського мікроклімату впливають викиди теплоти й зміна режиму сонячної радіації, пилогазові викиди промислових підприємств і транспорту, зміна теплового балансу за рахунок випаровування, рельєф місцевості, що створюється міською забудовою, тощо. В загазованих містах від раку легенів помирає значно більше людей, ніж у віддалених передмістях. Зростає кількість захворювань на ларингіт, фарингіт, кон'юнктивіт, екзему, пневмонію, інфаркт міокарда, бронхіальну астму, алергічні та інші хвороби.

Охорону атмосферного повітря в місті можна здійснювати за допомогою організації санітарно-захисних зон, архітектурно-планувальних рішень та інженерно-організаційних заходів, до яких належить використання безвідходних та маловідходних технологій, а також різні методи очищення газодимових викидів.

Місто є середовищем не тільки для проживання людей, а й для існування різних видів рослин і тварин. Частково вони існують в одомашненому (окультуреному) стані, інші можуть жити тільки в специфічних домашніх умовах (оранжереях, теплицях, акваріумах тощо). Трапляються також дикорослі рослини та дикі тварини.

Зелені насадження крім естетичного призначення значно впливають на поліпшення міського мікроклімату, властивості ґрунтів, очищення повітря від забруднювальних речовин та збудників хвороб, шумопоглинання тощо. Однак деякі рослини можуть зумовлювати алергічні реакції. Багато тварин і мікроорганізмів є збудниками чи переносниками хвороб.

Особлива роль належить зеленим зонам за межами міст, до складу яких входять ліси й лісопарки. Вони виконують три основні функції: захисну, санітарно-гігієнічну та рекреаційну. Загальні розміри зелених зон встановлюють залежно від чисельності населення, природно-кліматичної зони та загальної лісистості території. Розмір лісопаркової зони встановлюють залежно від чисельності населення міста (табл. 12.3).

Міста чинять величезний негативний вплив на довкілля, що виявляється насамперед у забрудненні атмосферного повітря. В повітрі міст зосереджено до 86 % усіх забруднень, до 13 % припадає на решту суходолу і лише 1 % — на океанський простір. Іншим негативним фактором дії на здоров'я мешканців міста є незадовільна якість питної води. Нерегулярне видалення побутових відходів, їх накопичення та гниття зумовлюють погіршення санітарно-гігієнічних умов і призводять до виникнення інфекційних захворювань. Міський шум, особливо поблизу автомобільних і залізничних магістралей, аеропортів, вокзалів та промислових підприємств стали причиною масових нервових захворювань (неврозів та психічних хвороб). Напружений ритм міського життя разом з погіршеною екологічною ситуацією спричиняють психоневрологічні розлади та депресії, серцево-судинні й нервові захворювання, діабет тощо. Неприятливі екологічні умови проживання населення послаблюють імунну систему і призводять до скорочення тривалості життя та підвищеної смертності.

Поліпшення екологічного стану в містах має здійснюватися поступово стабілізацією зростання міст, обґрунтованого з еколого-економічних позицій їх розміщення на території держави, вдосконалення господарських систем та збільшення площ зеленої зони. Гострота екологічних проблем переважної більшості міст світу спонукає до пошуку нових шляхів їх вирішення.

Основним принципом майбутнього містобудування є гармонізація природного і соціального середовищ у місті. Тут можливі різні варіанти вирішення цієї проблеми: будівництво невеликих міст або багатомільйонних мегаполісів зі спорудженням сімейних котеджів чи багатопверхових будівель. Сучасні тенденції містобудування, зокрема мегаполісів, свідчать про те, що дедалі більша перевага віддається будівництву невеликих житлових міст, які розташовані поблизу промислово-ділової частини міста.

Міста майбутнього мають бути екологічно чистими з достатньо великими зеленими зонами. Покрівлі передбачається використовувати для спорудження сонячних колекторів, що дасть змогу заощаджувати до 25 %

Таблиця 12.3. Розмір лісопаркової зеленої зони міста

Чисельність населення міста, тис. чол.	Розмір лісопаркової зеленої зони, га/1000 чол.	Чисельність населення міста, тис. чол.	Розмір лісопаркової зеленої зони, га/1000 чол.
Від 500 до 1000	25	Від 100 до 250	15
Від 250 до 500	20	До 100	10

енергії. Вони повинні гармонійно вписуватися в природні ландшафти з незайманими природними екосистемами. Набуває певного поширення напрям підземного будівництва. Під землею вже будуються гаражі, складські приміщення, торгові центри, метро та інші побутові об'єкти. Особливого значення набуває будівництво підземної транспортної мережі. Не виключено, що й житлова частина міста буде розташована під землею, що дасть змогу заощадити будівельні матеріали під час будівництва та теплову енергію під час проживання. Отже, основними завданнями в майбутньому містобудуванні має бути вирішення екологічних проблем, пов'язаних з нормальним проживанням населення в екологічно безпечних умовах.

12.2. ЕКОЛОГІЯ РАДІАЦІЙНО ЗАБРУДНЕНИХ ЕКОСИСТЕМ

Особливу загрозу для здоров'я людей та існування природних біоценозів становить забруднення біосфери радіоактивними речовинами, які небезпечні своїм йонізуючим випромінюванням. Вивчення явища радіоактивності розпочалося в 1933 р. роботами французької вченої Марії Склодовської-Кюрі, а її згубної дії на процеси життєдіяльності — із застосування ядерної зброї в Хіросімі й Нагасакі (Японія) в 1945 р. Проте значного поширення дослідження згубного впливу радіації на біосферу набули з розповсюдженням ядерної зброї, розвитком атомної енергетики і особливо після найбільшої в світі техногенної аварії на Чорнобильській атомній електростанції в 1986 р. Врешті-решт людство уєвідомило зростання загрози світової катастрофи в результаті безглузду використання ядерної зброї та небезпечного «мирного» атома в енергетиці.

Розрізняють йонізуючі випромінювання природного і штучного походження. До недавнього часу, до середини ХХ ст., основним джерелом йонізуючого випромінювання були природні джерела — Космос, гірські породи та вулканічна діяльність. Радіацію можуть зумовити радіонукліди багатьох елементів, що входять до складу гірських порід, переважно калій-40, карбон-14, стронцій-90, цезій-137, йод-131 та багато інших.

У різних регіонах Землі рівень природної радіації сильно різниться, збільшуючись у десятки й сотні разів у районах родовищ уранових руд, радіоактивних сланців, торієвих пісків, кристалічних порід та радонових мінеральних джерел. До зон підвищеної радіоактивності в Україні належать Жовті води, Кіровоградська область, Хмельник, Миронівка, Полісся та ін. Внаслідок міграції радіонуклідів цезію, стронцію та інших з ґрунтів їх вміст у рослинах і тваринах збільшується в 50—100 разів. Середня доза йонізуючого випромінювання в сучасних промислово розвинених країнах становить 2,4 мЗв/рік. Загальний радіаційний фон на території України становить 70—200 мбер/рік. На поверхні Землі до 50 % загально-го радіаційного фону створює радон-222, який утворюється під час розпаду урану-238, що міститься в гірських породах.

Нині основними джерелами радіоактивного забруднення біосфери є джерела антропогенного походження: випробування ядерної зброї, ава-

рії на атомних електростанціях, підводних човнах та виробництвах радіоактивних матеріалів тощо.

Розрізняють кілька видів йонізуючого випромінювання. Під час радіоактивного розпаду утворюються α (альфа)-, β (бета)- і γ (гамма)-частинки. Альфа-випромінювання є потоком позитивно заряджених ядер гелію, бета-випромінювання — потік негативно заряджених швидких електронів і гамма-випромінювання — короткохвильове випромінювання електромагнітної природи. Альфа-випромінювання проникає на відстань кількох сантиметрів у повітрі й кількох міліметрів — у тканинах, гамма-випромінювання — на відстань сотень метрів.

Біологічна дія радіоактивного випромінювання полягає в ушкодженні, йонізації або збудженні молекул (у тому числі ДНК), загибелі клітин, виникненні мутацій тощо.

Кількісною оцінкою йонізації організму є доза опромінення. Кількість поглинутої одиницею маси тіла енергії радіації називають *поглинутою дозою*. За одиницю цієї дози прийнято грей (1 Гр = 10^4 ерг/г). Вживають також поняття *ефективна еквівалентна доза* (ЕЕД), одиницею якої є зіверт. Так, доза опромінення щитоподібної залози 1 Зв (зіверт) відповідає ЕЕД 0,03 Зв (1 Зв = 100 Бер = 10^4 ерг/г = 1 Гр = 10^2 рад), тобто рівномірне опромінення всього тіла дозою 0,03 Зв завдає такої самої шкоди організму, як і доза 1 Зв при опроміненні тільки щитоподібної залози.

Чутливість різних організмів, а також органів одного організму до радіоактивного випромінювання неоднакова. Згідно з *правилом Бергоньє—Трибондо*, більшою чутливістю в межах одного організму характеризуються недиференційовані клітини й тканини, яким властива підвищена ферментативна активність. У людей і тварин — це кровотворні тканини та залози внутрішньої секреції, у рослин — меристема. Особливо чутливі до радіаційного опромінення кістковий мозок, епітелій травного каналу та клітини з високою інтенсивністю процесів відновлення.

Для оцінки токсичності дози вживають поняття *середньої смертельної дози* (ЛД₅₀ — летальна доза 50 %), коли гине не менш як 50 % організмів, що зазнали радіоактивного опромінення. Так, внаслідок одноразової дії γ -випромінювання ЛД₅₀ для вірусів і бактерій становить 4500—7000 Гр, рослин — 10—1500, голубів — 25—30, собак — 2,5—10, людини — 3—5 Гр. Радіоактивне опромінення людей дозами до 1 Гр підвищує ризик виникнення онкологічних захворювань та прояву генетичних дефектів. Дія великих доз може спричинити променеву хворобу.

Як вже зазначалося, джерела радіоактивного опромінення можуть бути природного й антропогенного походження, тому потрібно завжди враховувати дію всіх видів випромінювання. Люди і всі живі організми біосфери опромінюються переважно природними джерелами — галактичним і сонячним опроміненням. Для кожного мешканця Землі середня річна еквівалентна доза становить 2 мЗв (мілізіверти). Мешканці України, за даними Міністерства охорони здоров'я, отримують дозу опромінення 4,46 мЗв. Ця доза залежить від розташування житла над рівнем моря, наявності

поблизу радіоактивних джерел та планувально-архітектурних особливостей міст.

Рівень гамма-фону в дерев'яних будівлях менший (до 50 мрад/рік), ніж у цегляних (до 100 мрад/рік) та залізобетонних (до 170 мрад/рік). До речі, варто нагадати, що авіапасажери залежно від географічної широти опромінюються дозою 300—620 мрад/год. Ефективна еквівалентна доза зовнішнього опромінення під час перебування в приміщенні становить 29 мбер/рік, а сумарна (в приміщенні та поза ним) — 35 мбер/рік. Побутового опромінення в приміщеннях людина зазнає від радону — газу без смаку і запаху. Нуклід радону-222 є α -випромінювачем. Менше радону міститься в деревині, цеглі й бетоні, більше — в граніті, пемзі, шлаку, сухій штукатурці, будівельних блоках з фосфогіпсу, в цеглі з червоної глини, отриманої з відходів виробництва глинозему, відходів збагачення титанових руд або з доменних шлаків. Використання цих матеріалів як будівельних призвело до зростання концентрації радону в житлових приміщеннях.

Звичайна концентрація радону в повітрі становить 1—20 Бк/м³, а в міських житлових приміщеннях при використанні названих вище матеріалів вона підвищується до 20—69 Бк/м³. Допустимий рівень радонового опромінення становить 200 Бк/м³. Багато радону утворюється під час випаровування води в котельнях та ванних кімнатах. Так, концентрація радону у ванній кімнаті в 40 разів більша, ніж у житловій. Після включення душі повітря ванної кімнати насичується радоном за 15—17 хв і потрібно понад 1,5 год, щоб його концентрація зменшилася до вихідної. Зниження дози випромінювання радону досягається частим провітрюванням приміщень, в яких знаходиться людина. Радон, потрапляючи в організм, уражує гіпофіз, надниркові залози та інші залози внутрішньої секреції. Він спричинює задуху, безсоння, тривожний стан, мігрень, серцебиття. Можуть також розвиватися злоякісні пухлини в легенях, печінці й селезінці.

Під час паління тютюну в приміщення потрапляють радіонукліди радію, торію, урану, плумбуму, плутонію та ін. Підвищену радіоактивність мають фосфорити й сланці. Використання фосфоритів як сировини для виробництва мінеральних добрив може призвести до радіоактивного забруднення ґрунтів та ґрунтових вод.

Надзвичайно великим джерелом радіоактивного забруднення є випробування ядерної зброї. Хоча останнім часом завдяки досягнутим міжнародним угодам про обмеження випробувань ядерної зброї надходження радіонуклідів у біосферу значно зменшилося порівняно з 50—60-ми роками ХХ ст., проте довгоживучі радіонукліди продовжують надходити із стратосфери на поверхню Землі. Загальновідомо, що радіоактивні опади залежно від розміру часточок і висоти їх виносу в атмосферу мають різні терміни осідання.

За розмірами частинок радіонукліди поділяють на локальні, або ближні (понад 10 мкм), тропосферні (кілька мікрометрів) та стратосферні, або глобальні (десяті й соті частки мікрометра). Радіоактивні частинки можуть викидатися на висоту до 30 км. Під час вибухів ядерних бомб і вели-

ких аварій на атомних електростанціях радіаційне забруднення поширюється по всій планеті й може випадати з осадами на землю впродовж багатьох років. Коли в 1986 р. на Чорнобильській атомній електростанції, розташованій на відстані 80 км від Києва, сталася аварія, яку вважають найбільшою техногенною катастрофою в історії людства, внаслідок викиду радіоактивного палива відбулося забруднення атмосфери над усією планетою. Багато радіонуклідів потрапили в організм людини через органи травлення, дихання та шкіру, але найбільше їх потрапляло з їжею. Відразу після аварії основним радіонуклідом був радіоактивний йод-131, що спочатку накопичується в щитоподібній залозі, а потім з її гормонами надходить до печінки і виводиться через нирки. Радіоактивний цезій-137 накопичується переважно в м'язах. Дуже небезпечними є радіоактивні нукліди стронцію-90, плутонію-240 та плумбуму-239. Усього в атмосферу надійшло 77 кг радіоактивних речовин, що відповідає випромінненню 1019 Бк або 50 млн Кі. Із загального радіоактивного викиду на територію України потрапило 25 %, Білорусі — 70, Росії та інших країн — 5 %. Внаслідок цієї аварії в Україні в зоні забруднення опинилися 11 областей, до складу яких входить 169 населених пунктів та міста Прип'ять і Чорнобиль. Радіоактивного ураження зазнало 2,5 млн людей. Найбільше постраждала від радіації Житомирська область, де на забрудненій території проживає 362 тис. людей.

Відбулося також забруднення поверхневих джерел водопостачання міста Києва. В перший період ліквідації наслідків аварії основна маса радіоактивного забруднення осіла в намулах Київського водосховища. Як свідчать дані моніторингових спостережень, відбувається неухильне просування радіоактивного бруду в донних відкладах на південь, вниз по каскаду Дніпровських водосховищ. Це зумовлює загрозу погіршення радіаційного стану в Черкасах, Дніпропетровську, Запоріжжі та інших містах Придніпров'я.

Дуже важливою проблемою сучасної атомної енергетики є організація ефективного захоронення відходів атомних електростанцій та відпрацьованих радіоактивних матеріалів. Особливою проблемою є будівництво в Україні постійного сховища відходів атомної енергетики.

12.3. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ КОСМОСУ

Від часу запуску першого штучного супутника Землі освоєння космічного простору набуває дедалі більшого значення в людській діяльності взагалі й економіці зокрема. Штучні супутники Землі використовують для глобальних систем телебачення, радіо- й телефонного зв'язку, глобального біосферного моніторингу, оперативного контролю лісів і посівів, геологічної та військової розвідки, оптимізації маршрутів у мореплаванні й авіації, прогнозів погоди тощо. Особливо великого значення набуває дослідження Місяця, близьких і віддалених планет Сонячної системи з метою використання їх ресурсів для потреб землян. На сучасному етапі щороку на космічну орбіту виводиться до 200 супутників.

Пілотовані космічні кораблі та орбітальні космічні станції, так само як і літаки з пасажирами, належать до штучних антропогенних екосистем. Їх функціонування в космічному просторі з біологічними земними істотами може бути забезпечене тільки в умовах, наближених до земних, оскільки людина, яка пристосувалася до існування в земній біосфері, не може без земних ресурсів існувати в космічному просторі. А тому в космічних кораблях і станціях створюються штучні земні умови, зокрема мікроклімат, та на весь час перебування в космосі беруться всі необхідні продукти харчування і створюється штучна атмосфера в приміщенні. В космосі є тільки один ресурс — сонячна теплота, яку використовують для добування необхідної енергії внаслідок перетворення її на електричну енергію за допомогою сонячних батарей.

Оскільки в космосі існує космічний вакуум, то для створення штучної атмосфери необхідні певні компоненти, насамперед кисень і азот. Технічно вирішена проблема регенерації повітря і води в космічному апараті. Проте створювати продукти харчування в космічних умовах поки що не навчилися, і це є однією з головних перешкод на шляху до здійснення тривалих космічних подорожей. Крім того, нині працюють над проблемою створення штучних ланцюгів живлення, які включали б повний набір необхідних компонентів для забезпечення біологічного колообігу речовин на орбіті і таким чином створювалися б необхідні продукти харчування рослинного походження. Поки що в космічних апаратах не здійснюється колообіг речовин, які забезпечують життєдіяльність, а це унеможлиблює створення комфортних умов для тривалих космічних польотів.

Нині до космічних досліджень долучилося багато країн. В Україні при Національній Академії наук у 1992 р. також створено Центр геокосмічних досліджень та Національне космічне агентство контролю і дослідження космічного простору. Україна є космічною державою.

За роки освоєння космічного простору на космічні орбіти було виведено тисячі космічних апаратів. Після використання ресурсу їх не повертають на Землю, тому що це економічно недоцільно. В кращому разі їх спалюють у верхніх шарах атмосфери. Це призвело до того, що в космічному просторі накопичилося багато космічного сміття, яке не тільки забруднює космічний простір, а й створює загрозу для подальших запусків нових космічних апаратів.

Під час запусків космічних апаратів ракети-носії та ракети, які здійснюють орбітальні маневри, викидають відпрацьовані гази, що містять пару води, оксиди карбону й нітрогену, сполуки хлору, вуглеводні, інертні гази та багато інших шкідливих речовин, які забруднюють верхні шари атмосфери. Оскільки атмосфера на висоті сотень кілометрів надзвичайно розріджена (густина повітря в тисячі й мільярди разів менша, ніж у приземному шарі), вона дуже чутлива до будь-яких невластивих їй домішок речовин земного походження. Крім того, на сьогодні немає наукових досліджень, на основі яких можна достовірно прогнозувати негативні наслідки впливу таких забруднень на біосферу Землі.

Приземний Космос також дедалі більше забруднюється різними механічними уламками космічних апаратів. Сотні тисяч цих уламків, залишків ракет-носіїв та численних супутників, що відпрацювали свій ресурс, обертаються на навколосезних орбітах, створюючи реальну загрозу небезпечних зіткнень з цим космічним брукхтом.

Зіткнення з уламком навіть незначної маси може мати катастрофічні наслідки, оскільки енергія зіткнення надзвичайно висока через величезну космічну швидкість, з якою рухаються ці уламки та космічні об'єкти (кінетична енергія зіткнення прямо пропорційна масі й квадрату швидкості — $mV^2/2$). Тому країни, що запускають супутники, зокрема США, змушені організовувати спеціальну службу контролю руху космічного брукхту та захисту від нього космічних кораблів. Деяким з пілотованих космічних апаратів «Шатл» доводилось змінювати орбіту для уникнення зіткнення з цими уламками.

З метою зменшення забруднень космосу міжнародне співтовариство (Токіо, 1999) обговорювало проблему зменшення забруднень ближнього Космосу і прийняло низку рішень, спрямованих на вирішення цієї проблеми.

12.4. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВІЙСЬКОВО-ПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Війни завжди несли з собою розруху (руйнування природних та природно-антропогенних екосистем), загибель людей та величезні матеріальні витрати, пов'язані з функціонуванням військово-промислового комплексу (ВПК). Нині ці ВПК створюють загрозу глобальній ядерній війни, яка може призвести до планетарної екологічної катастрофи і спричинити величезні забруднення навколишнього природного середовища. У результаті діяльності ВПК забруднюється природне середовище навколо ракетних баз, аеродромів, на полігонах та навколо них.

Локальні воєнні конфлікти, які постійно виникають між державами, завдають значної шкоди довікллю. В разі виникнення глобального воєнного конфлікту із застосуванням ракетно-ядерної, хімічної та бактеріологічної зброї може статися повне руйнування біосферного середовища та загибель людської цивілізації. Нині до озброєння армій долучається ще страшніша зброя — космічна.

На функціонування військово-промислових комплексів витрачаються величезні кошти навіть в умовах відносного спокою. За повоєнні роки світова людська спільнота витратила на військові справи та озброєння понад 6 трлн доларів. ВПК (армія і промисловість) світу обслуговує 45 млн чоловік, у тому числі військових близько 29 млн чоловік. До нього входять 2125 тис. танків, 35 тис. літаків та багато іншої складної військової техніки.

Для потреб військової промисловості у величезній кількості витрачаються такі метали, як залізо, алюміній, нікель, золото, платина та багато інших. Так, за підрахунками академіка О. Ферсмана, для функціонування

300 дивізій (6 млн солдатів) під час другої світової війни потрібно було щороку виробляти 30 млн т чавуну і сталі, 10 млн т цементу, видобувати 250 млн т вугілля, 25 млн т нафти тощо.

Нині для виготовлення ядерної зброї видобувається та переробляється значна кількість уранових руд. Сучасна мілітаристична економіка споживає ще більше природних мінеральних ресурсів (енергії, пального, металів та ін.). Так, великий бомбардувальник витрачає до 14 т/год палива, бригада танків з 350 штук потребує близько 2,3 тис. т палива на день. Загальні витрати всіх військових планети на сучасному етапі, за даними ООН, становлять понад один трильйон доларів за рік.

Існування великих армій навіть у мирний час є джерелом забруднення навколишнього природного середовища. У промислово розвинених країнах для військових потреб використовується 1—3 % території. Тільки в колишньому СРСР військові об'єкти займали 42 млн га земель. Воєнні конфлікти завжди завдають величезної екологічної шкоди довкіллю, пов'язані з величезними витратами матеріальних і людських ресурсів. Тільки за 40 повоєнних років у локальних війнах загинуло близько 40 млн чоловік, у другій світовій війні — близько 66 млн, у тому числі близько 27 млн з колишнього СРСР! Зруйновано величезну кількість міст і сіл, знищено заводи, фабрики, посіви. Ядерних вибухів та радіоактивного забруднення зазнали японські міста Хіросіма і Нагасакі. Після другої світової війни залишилося багато невикористаної хімічної зброї, яку було затоплено у водах Балтійського моря, Атлантичного й Тихого океанів, а також у відпрацьованих шахтах. А це переважно такі небезпечні отруйні речовини, як іприт, люїзит, фосген та ін.

Особливу загрозу становлять сучасні глобальні війни із застосуванням термоядерної зброї. За підрахунками вчених, після обміну ядерними ударами потужністю 5000—10 000 Мт, що є на озброєнні США та Росії, загине 1 млрд чоловік. Поранених буде втричі, а то навіть і в чотири рази більше. Ті, що залишаться живими, будуть уражені променевою хворобою внаслідок радіаційного забруднення води, повітря й ґрунтів. Істотно зміниться клімат на всій планеті, який буде супроводжуватися буревіями, цунамі, смерчами та похолоданнями й потепліннями. Останні спричинять танення льодовиків та затоплення прибережних країн. Почнетися незворотна деградація біосфери.

Величезної шкоди завдають військові довкіллю в так званий мирний час, який постійно супроводжується локальними війнами на планеті. За період «холодної» війни було проведено 508 випробувальних ядерних вибухів із викидом 26 млн Кі цезію-137 і 20 млн Кі стронцію-90, тобто близько 6 т високоактивних і довгоживучих радіоактивних ізотопів. За період 1961—1970 рр. у Карському та Баренцовому морях затоплено 11 тис. контейнерів з радіоактивним брудом, що містять переважно ядерне паливо з ядерних реакторів підводних човнів та атомоводів. На Новій Землі було проведено 132 випробування ядерної зброї, у тому числі 87 вибухів у повітрі і 3 — у воді. Географічні дослідження свідчать, що ці випробу-

вання потужної ядерної зброї здатні спричинювати землетруси і утворювати великі тектонічні тріщини.

Затоплення і захоронення хімічної та бактеріологічної зброї, термін зберігання якої закінчився, приховує величезну небезпеку забруднення природного середовища на великих територіях отруйними речовинами та патогенними бактеріями — збудниками чуми, холери, тифу, сибірки тощо. Така зброя може «вибухнути» непередбачено в будь-який момент і спричинити катастрофічні наслідки. Зона дії бактеріологічної зброї набагато більша, ніж хімічної і навіть ядерної. Одна бактеріологічна бомба вражає територію понад 100 тис. км².

У деяких країнах розробляється «екологічна» зброя, яка має на меті не тільки знищення живої сили супротивника, а й навмисне винищення природи, затоплення територій, руйнування лісових масивів, отруєння сільськогосподарських угідь, виникнення аварій на промислових підприємствах, особливо на атомних електростанціях, з метою знищення його економічного потенціалу. Використання потужної космічної зброї може призвести до непередбачених глобальних катастрофічних наслідків, до знищення сучасної цивілізації. **То чи варто ризикувати заради самознищення?!**

Отже, функціонування військово-промислових комплексів — це війни, які несуть величезну розруху, винищення людей і всього живого на планеті, руйнацію природних екосистем, а в разі ядерного конфлікту — і біосфери загалом. Чи можливо нині відмовитися від утримання великих армій та запобігти воєнним конфліктам? На превеликий жаль, сучасне людське суспільство до цього ще не готове. Не готове будувати «ноосферне» суспільство, яке передбачав академік В. І. Вернадський. До Організації Об'єднаних Націй вже неодноразово вносилися пропозиції, що мають на меті обмеження воєнних конфліктів у світі та зменшення негативних екологічних наслідків. Ці пропозиції включають:

- заборону використання природного середовища для ведення «екологічної» війни;
- заборону виробництва і використання хімічної, бактеріологічної та ядерної зброї;
- недопущення застосування гербіцидів для знищення рослинності та інших засобів для руйнування природного середовища;
- недопущення руйнування небезпечних об'єктів, насамперед атомних електростанцій та хімічних заводів, які здатні спричинити деградацію природного середовища в особливо великих розмірах;
- заборону розміщення військових об'єктів та проведення воєнних дій на територіях природних національних парків, заповідників та заказників;
- заборону використання космосу у воєнних цілях.

На превеликий жаль, поки що ці пропозиції не знайшли одностайного схвалення і не прийняті світовим співтовариством. Проте якщо людство прагне мати майбутнє, воно неодмінно повинно прийняти ці пропозиції і прийти до вирішення конфліктних питань політичним мирним шляхом.



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) дати визначення і сформулювати основні завдання урбоекології;
- 2) характеризувати сучасні екологічні проблеми урбоекології та способи їх подолання;
- 3) дати визначення, сформулювати основні проблеми й завдання сучасних радіаційно забруднених екосистем;
- 4) сформулювати основні екологічні проблеми космічного простору та способи їх подолання;
- 5) сформулювати основні екологічні проблеми та накреслити способи їх подолання у військово-промисловому комплексі.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. Сформулюйте визначення та основні завдання урбоекології.
2. Що було причиною появи міст та інтенсивного зростання чисельності міського населення?
3. Назвіть системи життєзабезпечення міст.
4. Перелічіть основні екологічні проблеми сучасних міст.
5. Яка кількість побутових стічних вод утворюється в місті з населенням 2 млн чоловік за добу та скільки в них міститься амонійного нітрогену, органічних речовин, фосфатів і хлоридів?
6. Що таке зливові стічні води і від чого залежить їх хімічний склад?
7. Скільки побутового сміття утворюється в місті з населенням 1 млн чоловік за рік і яка територія потрібна для його поховання?
8. Скільки біогазу можна отримати за рік з побутового сміття, що утворюється в місті з населенням 3 млн чоловік?
9. Назвіть основні види забруднень повітря, води й ґрунтів у місті.
10. Який розмір лісопаркової зони має бути в місті з населенням 300 тис. чоловік?
11. Які фактори негативно впливають на здоров'я мешканців міст?
12. Накресліть основні способи поліпшення екологічної ситуації в містах.
13. Опишіть тенденції будівництва міст майбутнього та способи забезпечення їх екологічної безпеки.
14. Назвіть основні проблеми радіаційно забруднених екосистем.
15. Які види іонізуючого випромінювання ви знаєте? Назвіть їх джерела.
16. У чому полягає біологічна дія радіоактивного випромінювання?
17. Що характеризує кількісну оцінку йонізації організму?
18. Як оцінюють токсичну дозу радіоактивного опромінення?
19. Який допустимий рівень радонового опромінення?
20. Перелічіть основні джерела радіоактивного забруднення біосфери.
21. Як впливає радіоактивне забруднення біосфери на здоров'я населення?
22. Назвіть способи зменшення радіоактивного забруднення біосфери.
23. Як відбувається техногенне забруднення космічного простору?
24. Яку небезпеку становить забруднення космічного простору?
25. Який негативний вплив на довкілля чинить військово-промисловий комплекс?
26. Яких екологічних збитків завдає функціонування військово-промислового комплексу?
27. Який негативний вплив на довкілля чинить ВПК у мирний час?
28. Які екологічні проблеми спричинює функціонування ВПК?
29. Назвіть основні способи подолання екологічних проблем у військово-промисловому комплексі.

ОРГАНІЗАЦІЙНА І ПРАВОВА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ДОВКІЛЛЯ

13.1. ПРАВОВА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ

Екологічна безпека довкілля забезпечується організаційними, правовими, економічними та соціальними заходами. Основою організаційного управління екологічною безпекою довкілля є надійний правовий механізм, який має забезпечити реалізацію науково обґрунтованих принципів охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів та екологічну безпеку людського суспільства зокрема і біосфери загалом.

Основні напрями державної політики в сфері охорони довкілля втілюються за допомогою екологічного права. Правовий механізм повинен надати цим напрямам чіткої цілеспрямованості, формальної визначеності, загальнообов'язковості, сприяти регулюванню відносин у галузі екології, застосуванню превентивних, оперативних, стимулювальних і примусових заходів до юридичних та фізичних осіб щодо охорони довкілля, використання природних ресурсів та їх відходів, екологічної безпеки та юридичної відповідальності за порушення екологічного законодавства.

Вивчення, аналіз та узагальнення практики застосування законодавства про охорону навколишнього природного середовища здійснюються в двох напрямках:

1) складання і затвердження екологічних нормативів природокористування (стосовно надр, ґрунтів, води, повітря, рослинного й тваринного світу тощо);

2) складання і затвердження комплексу еколого-економічних показників державного контролю за станом довкілля та діяльністю господарчих структур.]

Суспільні відносини між людьми та природою в державі регулюються Конституцією, законами, урядовими підзаконними актами, відомчими нормативними актами та нормативними актами місцевих органів влади. Основним базовим законом є Конституція України, прийнята в 1996 р., відповідно до якої розробляються правові основи державної політики

України у сфері охорони довкілля та забезпечення екологічної безпеки людини. В статті 16 визначено, що забезпечення екологічної безпеки, підтримання екологічної рівноваги на території держави та збереження генфонду українського народу є обов'язком держави. При цьому кожному громадянину гарантується право вільного доступу до інформації про стан довкілля (ст. 50) і кожен зобов'язаний не завдавати шкоди природі та відшкодовувати заподіяні ним збитки (ст. 66).

Для втілення зазначених вище конституційних законів у практичну діяльність Верховна Рада України розробляє закони, які впроваджує в життя Кабінет Міністрів, приймаючи відповідні законодавчі правові акти. За допомогою міністерств і відомств, підпорядкованих Кабінету Міністрів, здійснюється контроль за суворим дотриманням виконання законів екологічного законодавства.

Згідно з Державною програмою охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки, першочергово передбачається розробити і впровадити економічний механізм охорони довкілля та раціонального природокористування, створити системи досконалого контролю за екологічним станом довкілля з одночасним запровадженням елементів комплексного екологічного моніторингу, розробити нормативну базу оцінки впливу шкідливих факторів на здоров'я людей, екологічний кадастр природних ресурсів та класифікувати виробничі підприємства за ступенем їх безпеки. Розробляються і впроваджуються також програми екологічної освіти, виховання та інформування. В результаті здійснення цих першочергових заходів приймаються основні законодавчо-правові акти, а також з'являється можливість достовірно оцінити екологічний стан держави.

Для втілення основних напрямів державної політики охорони довкілля в повсякденне життя людського суспільства прийнято такі закони та акти: «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про тваринний світ», «Про природно-заповідний фонд», «Про охорону атмосферного повітря», «Лісовий кодекс України», «Водний кодекс України», «Земельний кодекс України», «Кодекс України про надра».)

Систематизація екологічного законодавства здійснюється у формі кодифікації та інкорпорації з визначенням першочергових та перспективних законодавчих і підзаконних актів. *Кодифікація першочергових актів екологічного законодавства охоплює:*

- прийняття нових законодавчих актів (законів України про зони надзвичайних екологічних ситуацій, екологічне страхування, рибне господарство, про рослинний світ та положення про Зелену книгу, екологічну безпеку, радіаційну безпеку та радіаційний захист, цивільно-правову відповідальність за ядерні збитки, ядерний експорт та імпорт, безпечне транспортування радіоактивних речовин, дозволена діяльність під час використання джерел йонізуючих випромінювань, фізичний захист ядерних матеріалів та ядерних установок і радіоактивних відходів, виробництво і використання уранових руд та ін.);

- внесення змін і доповнень до раніше прийнятих природоохоронних законів щодо атмосферного повітря, земельних і водних ресурсів, рослинного й тваринного світу та раціонального використання інших природних ресурсів;
- підготовку проектів законів України про рекреаційні, курортні, лікувально-оздоровчі зони і зони з особливими умовами природокористування. Передбачається також підготовка проектів підзаконних актів, які затверджує Кабінет Міністрів України (Положення про екологічний контроль, Положення про екологічну паспортизацію підприємств, Положення про екологічний аудит, Положення про екологічне ліцензування та ін.).

Кодифікація перспективних актів екологічного законодавства передбачає:

- прийняття кодифікованого акту у формі Екологічного кодексу України, законів України про континентальний шельф, про екологічну освіту та інформацію;
- розроблення підзаконних актів, які затверджує Кабінет Міністрів України (Положення про сертифікацію екологічно небезпечної продукції; Порядок встановлення лімітів викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, рівнів шкідливого біологічного та фізичного впливу; Порядок і нормативи плати за спеціальне використання лісових ресурсів та користування земельними ділянками лісового фонду; Порядок економічного стимулювання охорони, раціонального використання та відновлення лісів; Порядок ведення державного обліку лісів та державного лісового кадастру; Порядок ведення рибного господарства і здійснення рибальства; Порядок встановлення нормативів плати за спеціальне використання об'єктів тваринного світу та ін.);
- розроблення підзаконних актів Мінприроди України (Правила вилучення об'єктів тваринного світу в наукових, культурно-освітніх, виховних та естетичних цілях із природного середовища; Правила використання тварин з метою отримання продуктів їх життєдіяльності; Правила утримання, розведення, використання та охорони диких тварин у неволі чи напівневільних умовах; Правила добування рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тварин для розведення в спеціально створених умовах та науково-дослідних цілях; Правила ввезення в Україну і вивезення за її межі об'єктів тваринного світу; Правила вилучення і реалізації незаконно добутих диких тварин; Правила відшкодування збитків, завданих порушеннями законодавства про охорону навколишнього природного середовища, інших актів відповідно до законодавства України).

Кодифікація комплексних нормативно-правових актів включає:

- розроблення нових підзаконних актів (Торговельний кодекс України; Кодекс України про адміністративні правопорушення, розділ «Адміністративна відповідальність за екологічні правопорушення»; Кри-

мінальний кодекс України, розділ «Екологічні злочини»; Цивільний кодекс України);

- внесення змін і доповнень до чинних актів законодавства, які визначають статус центральних та місцевих органів державної виконавчої влади в галузі охорони довкілля і використання природних ресурсів, а також законодавчих актів про розмежування функцій спеціально уповноважених органів державного контролю в галузі охорони довкілля, природокористування і забезпечення екологічної безпеки.

Інкорпорація актів екологічного законодавства полягає в систематизації законодавчих і підзаконних актів екологічного законодавства, окремих розділів або витягів з них для використання з практичною, науковою та навчальною метою. Вона здійснюється періодично у формах підготовки до видання коментарів до екологічного законодавства та опублікування окремих збірників, упорядкування тематичних довідників, видання окремих законів, упорядкування і видання навчальних практикумів, підготовки та видання зведення законів і підзаконних актів екологічного законодавства.

З метою залучення широкої громадськості до екологічної діяльності здійснюється правове заохочення як окремих громадян, так і екологічних та інших їх об'єднань. При цьому мається на меті захист екологічних прав населення, забезпечення екологічної безпеки, ефективного використання природних ресурсів та охорони довкілля за допомогою правових важелів. У процесі прийняття екологічно значущих рішень під час проектування і планування розміщення екологічно небезпечних об'єктів, здатних негативно впливати на стан довкілля та здоров'я людей, враховується громадська думка, стимулюється контрольна діяльність громадських об'єднань та використовуються різні методи взаємодії останніх з місцевими органами державної виконавчої влади і спеціально уповноваженими органами державного екологічного контролю.

З метою посилення еколого-правової освіти, науки і культури у здійсненні природоохоронної діяльності передбачається розширення мережі спеціальних навчальних еколого-правових закладів (інститути, коледжі тощо), створення нових та реорганізація діючих наукових еколого-експертних закладів. Розробляються нові навчальні програми та удосконалюються методики викладання екологічного права для підготовки фахівців у галузі права.

13.2. ПРАВОВА ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ ЗА ЕКОЛОГІЧНІ ЗЛОЧИНИ

Екологічні злочини караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають установлення чіткого причинного зв'язку між скоєним порушенням і погіршенням навколишнього природного середовища. Злочин вважається завершеним, якщо настали відповідні наслідки скоєних дій.

До екологічних злочинів належать екоцид, забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту), знищення і пошкодження

ня рослинного й тваринного світу, знищення критичних місць проживання, незаконне мисливство та заготівля водяних рослин і тварин, порушення правил охорони навколишнього природного середовища під час виконання робіт, порушення правил обороту екологічно небезпечних речовин та відходів, незаконне обертання сильнодіючих або отруйних речовин, порушення правил охорони та використання надр, порушення режиму особливо охоронних природних територій і природних об'єктів, порушення правил безпеки під час обертання мікробіологічних або інших біологічних агентів чи токсинів, незаконне обертання радіоактивних матеріалів, приховування інформації про обставини, що створюють небезпеку для життя чи здоров'я людей, тощо.

Суспільна небезпека *екоциду* (масове знищення рослинного і тваринного світу, отруєння повітря, води, ґрунтів а також інші дії, здатні спричинити екологічну катастрофу) полягає в загрозі або заподіянні значної шкоди навколишньому природному середовищу, збереженню генофонду, тваринного й рослинного світу. *Екологічна катастрофа* виявляється в істотному порушенні екологічної рівноваги в природі, руйнуванні стійкого видового складу живих організмів, повному знищенні або суттєвому зменшенні їх чисельності, порушенні циклів сезонних змін біологічного колаобігу речовин та біологічних процесів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати істотної шкоди тваринному чи рослинному світу, рибним запасам, лісовому або сільському господарству. Ця шкода полягає у виникненні захворювань або загибелі тварин і рослин, знищенні рибних запасів, міст нересту й нагулу, захворюванні або знищенні лісових масивів, зменшенні продуктивності земель, виникненні заболочених чи засолених земель. Оцінка завданого збитку здійснюється з урахуванням затрат на зариблення водою, втраченого зиску, реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричинюють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдавати істотної шкоди здоров'ю людини та функціонуванню біоценозів.

Забруднення морського середовища внесенням у нього шкідливих речовин і матеріалів погіршують його якість і обмежують використання. В результаті знищуються або виснажуються запаси живих ресурсів моря. До морського середовища належать внутрішні морські води (12 морських миль), берегові лінії внутрішніх морських вод, прибережна смуга та живі морські ресурси.

Порушення правил користування морським середовищем може полягати, наприклад, у затопленні речовин і матеріалів із судна без відповідного дозволу, затопленні ядерного палива з військових суден, скиданні нафтопродуктів або інших забруднювальних речовин, зливанні в море хімічних речовин з відстійників. Забруднення морського середовища може

відбуватися також під час будівництва різних споруд, транспортування нафти, проведення військових випробувань, у разі аварії на суднах тощо.

Шкідливий вплив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що супроводжується засоленням, заболоченням, підтопленням, спустелюванням, посухами, переущільненням, ерозією, знищенням родючого шару, зараженням збудниками бактеріальних, паразитарних та інфекційних захворювань. Деградація ґрунтів може бути небезпечною для здоров'я людей, спричинювати катастрофи, руйнувати історико-культурні пам'ятки та природні ландшафти, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми, призводити до загибелі людей, тварин і водних біоценозів.

Знищення або пошкодження лісів відбувається внаслідок пожеж. Забруднення лісу здійснюється в процесі господарської діяльності шляхом викидів, скидів шкідливих речовин, промислових і комунально-побутових відходів та облаштування звалищ. Знищення критичних місць проживання організмів, занесених до Червоної книги України, відбувається внаслідок господарської діяльності (будівництво нафто- і газопроводів, ліній електропередач, каналів, гребель, проведення вибухових і геолого-розвідувальних робіт, випасання свійських тварин, туризм, масовий відпочинок тощо).

Незаконний вилов риби, морських звірів та інших тварин або промисел морських рослин з використанням самохідних транспортних засобів, електроструму, хімічних та вибухових речовин може відбуватися як у відкритих водоймах, так і на території заповідників, у місцях нересту риб чи на шляхах їх міграції, а також у місцях екологічного лиха.

Порушення правил охорони навколишнього природного середовища полягає у використанні не передбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи та будівництва очисних споруд, незаконне будівництво споруд на континентальному шельфі, порушення правил будівництва, експлуатації й ліквідації побудованих споруд тощо.

Виробництво заборонених небезпечних відходів, транспортування, зберігання, захоронення і використанням радіоактивних, бактеріологічних і хімічних речовин та відходів з порушенням установлених правил можуть завдати шкоди здоров'ю людини та навколишньому середовищу, спричинити отруєння або зараження довкілля, масову загибель людей і тварин.

Незаконне виготовлення, перероблення, зберігання, транспортування та збут сильнодіючих або отруйних речовин чи обладнання для їх виготовлення або перероблення мають підвищену громадську небезпеку. Це стало причиною введення спеціального закону про заборону на всі види діяльності, пов'язані з оборотом цих речовин.

Збиток унаслідок порушення правил охорони і використання надр під час будівництва та експлуатації гірничо-видобувних підприємств і підзем-

них споруд, самовільної забудови площ залягання корисних копалин призводять до втрат останніх, погіршення стану ґрунтів, зростання втрат на видобуток корисних копалин тощо.

Порушення режиму особливо охоронних природних територій (заповідники, заказники, природні й національні та дендрологічні парки, ботанічні сади, курорти, лікувально-оздоровчі місцевості та ін.) призводить до пошкодження і знищення цих природних комплексів та об'єктів, що взяті під охорону держави. При цьому також втрачаються пам'ятки історії та культури.

Недотримання правил безпеки під час обертання мікробіологічних чи інших біологічних речовин або токсинів та радіаційних матеріалів становлять особливу небезпеку для людей та довкілля. Небезпечними для людей є віруси, бактерії, токсини, а також різні мікроорганізми, здатні спричинювати інфекційні захворювання, втрату працездатності й загибель. Для тварин особливо небезпечними є збудники ящура, віспи овець та ін., для рослин — бактерії мікроскопічних грибів та генетично змінені мікроорганізми. Порушення правил безпеки під час будівництва та експлуатації об'єктів атомної енергетики спричинюють радіоактивне зараження місцевості, захворювання і смерть людей та тварин.

За скоєні екологічні злочини порушники несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання: порушення; порушення, що завдало значних збитків; порушення, що спричинило смерть людей (тяжкі наслідки). Залежно від величини заподіяних збитків це можуть бути штрафи, заборона обіймати певні посади на встановлений термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

13.3. ОРГАНІЗАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ

Державна система управління охороною довкілля, раціональним природокористуванням та екологічною безпекою має на меті:

- формування і впровадження державної політики в природоохоронній сфері;
- створення наукового і технічного потенціалу;
- створення ефективного законодавства в сфері екологічної діяльності;
- створення організаційно-технологічного механізму реалізації завдань у галузі природокористування;
- вирішення питань підготовки кадрів для забезпечення природоохоронної діяльності та здійснення політики регулювання екологічної та ядерної безпеки.

Основною метою державної екологічної політики є створення ефективних правових, економічних та організаційних умов для надання регіонам можливостей використання наявних матеріальних і фінансових ресурсів для здійснення природоохоронних заходів та проведення комплексу управлінських дій щодо зміни галузевої й технологічної структури виробни-

цтва в напрямі зменшення його впливу на стан довкілля. Реалізація цієї політики здійснюється на трьох рівнях управління: національному, регіональному та місцевому.

На національному рівні управління вирішуються такі питання:

- розроблення методологічного, нормативно-методичного та правового забезпечення (розроблення політики регулювання ядерної безпеки, проведення державної екологічної експертизи, формування економічного механізму природокористування, регулювання використання природних ресурсів та запобігання забрудненню навколишнього природного середовища, ліцензування екологічно небезпечних видів діяльності);
- державна політика щодо зон надзвичайних екологічних ситуацій;
- регулювання використання ресурсів державного значення;
- встановлення нормативів якісного стану природних ресурсів;
- формування та використання державних позабюджетних фондів охорони довкілля;
- державний контроль за дотриманням природоохоронного законодавства;
- організація взаємодії Мінприроди України з іншими міністерствами та відомствами щодо виконання вимог природоохоронного законодавства;
- проведення єдиної науково-технічної політики щодо охорони, раціонального використання та відновлення природних ресурсів;
- проведення державної політики щодо збереження біорізноманіття;
- забезпечення екологічної безпеки як складової національної безпеки;
- реалізація міжнародних угод та підтримання міждержавних стосунків у природоохоронній сфері;
- прийняття державних рішень з урахуванням екологічних вимог (організація моніторингу, впровадження інформаційних технологій, ведення обліку забруднень, прогнозування тощо);
- екологічна освіта та виховання.

До функцій регіонального рівня управління входить вирішення таких питань:

- регулювання використання природних ресурсів місцевого значення;
- визначення нормативів забруднення природного середовища (встановлення нормативів ГДС, ГДВ та розміщення відходів);
- впровадження економічного механізму природокористування;
- проведення моніторингу та обліку об'єктів природокористування і забруднення навколишнього природного середовища;
- проведення державної екологічної експертизи;
- державний контроль за дотриманням природоохоронного законодавства;
- розроблення програм впровадження природоохоронних заходів, визначення та реалізація інвестиційної політики;
- інформування населення та зацікавлених суб'єктів з екологічних питань.

Функції місцевого рівня управління включають вирішення таких питань:

- державний контроль за дотриманням природоохоронного законодавства;
- проведення локального та об'єктного моніторингу;
- впровадження екологічного аудиту;
- організація розроблення місцевих екологічних програм.

Відповідно до законодавства України, охорона навколишнього середовища і екологічна безпека полягають у здійсненні функцій планування, дослідження, спостереження, прогнозування, контролю, екологічної експертизи, інформування та іншої виконавчо-розпорядчої діяльності, спрямованої на охорону, збереження, відтворення та раціональне використання природних ресурсів і забезпечення необхідної якості життєвого середовища для нормального функціонування природних та природно-антропогенних екосистем. Державне управління в сфері охорони довкілля здійснює Кабінет Міністрів України, державна адміністрація, виконавчі комітети місцевих Рад народних депутатів, а також спеціально уповноважені державні органи. До останніх належить Мінприроди України.

До спеціально уповноважених державних органів також належать:

- органи з охорони навколишнього природного середовища і використання природних ресурсів (обласні управління екологічної безпеки, міські та районні екологічні інспекції, які входять до системи управління Мінприроди України);
- міські та районні санітарно-епідеміологічні станції Міністерства охорони здоров'я України;
- органи з використання та охорони водних ресурсів Державного комітету України по водному господарству;
- органи з використання та охорони земельних ресурсів Державного комітету України по земельних ресурсах;
- органи геологічного контролю Державного комітету природних ресурсів України;
- органи гірничого нагляду Державного комітету з нагляду за охороною праці;
- лісова охорона Державного комітету лісового господарства України.

Функції охорони й використання окремих об'єктів природи виконують зазначені вище відповідні Міністерства та державні комітети. Координацію діяльності всіх органів у сфері природокористування здійснюють органи екологічної безпеки Мінприроди України. Останнє також проводить комплексне надвідомче управління в галузі охорони довкілля, державний контроль за використанням природних ресурсів і дотриманням норм екологічної безпеки. Контроль за дотриманням санітарних норм навколишнього середовища виконує Міністерство охорони здоров'я.

Громадські природоохоронні об'єднання розробляють і пропагують власні природоохоронні програми. Вони можуть створювати фонди охорони природи, здійснювати разом з державними органами управління в

галузі охорони довкілля перевірки виконання підприємствами та організаціями природоохоронних планів і заходів, дотримання вимог екологічного законодавства.

13.4. ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА І ВИХОВАННЯ

До недавнього часу розвиток людського суспільства і самоочищення навколишнього природного середовища від техногенних забруднень перебували в динамічній рівновазі. Проте останніми роками інтенсивне зростання чисельності населення планети, надзвичайно інтенсивний розвиток промисловості, сільського й комунального господарства та інші чинники антропогенного впливу на навколишнє природне середовище, незважаючи на колосальні екологічні резерви біосфери та її самоочисну спроможність, призвели до різних негативних наслідків, з якими вона впоратися не здатна. Насамперед це стосується забруднення біосфери хімічними речовинами-ксенобіотиками, порушення природних геохімічних циклів, а також інтенсивного, нераціонального використання природних ресурсів.

Тривалий час, упродовж тисячоліть — з моменту появи *Homo sapiens* у біосфері Землі культивувався споживацька свідомість ставлення до природи, її багатств — природних ресурсів. Завжди вважали, що природна комора цих ресурсів невичерпна, а тому їх можна необмежено споживати для задоволення власних усе зростаючих потреб. Так тривало майже до наших днів. І тільки наприкінці XIX — на початку XX ст., коли чисельність населення почала катастрофічно зростати, а невідновні природні ресурси, які природа накопичувала мільйони й мільярди років, почали стрімкими темпами вичерпуватись, людство збагнуло, що природні ресурси в біосфері вичерпні, а деякі з них уже нині перебувають на межі вичерпності. При цьому стало очевидним, що невідновні ресурси вичерпуються швидше, ніж людське суспільство здатне перебудувати свою економіку.

Виходячи з нинішньої кризової екологічної ситуації, найголовнішим завданням сучасної епохи вважають формування в першу чергу нової екологічної свідомості — бережливого ставлення до навколишнього природного середовища. Надзвичайно важливим і актуальним як для термінових практичних дій, так і для планування на тривалу перспективу, є вирішення проблеми ефективного захисту навколишньої природи від забруднення техногенними розсіюваними й неутілізованими відходами та раціональне використання природних ресурсів для оптимального задоволення обґрунтованих потреб людського суспільства.

Особливо гостро ці проблеми стоять в Україні, зважаючи на екологічну й духовну кризу та низький рівень екологічної культури нашого суспільства. Правовий нігілізм, повсюдне нехтування чинних законів, корупція та хабарництво призвели до відчутної руйнації всіх інститутів, пов'язаних з охороною природи. Охорона довкілля, раціональне використання

природних ресурсів та екологічна безпека ще не стали повсякденною турботою кожного мешканця нашої країни. Наслідками такої бездуховності і байдужості є скорочення тривалості життя населення, зростання дитячої смертності, народження дітей-калік та зниження народжуваності. Невпинно наближається екологічна катастрофа, яку за своїми наслідками можна порівняти з термоядерною війною. Про це свідчить аварія на Чорнобильській атомній електростанції. Якщо так триватиме й надалі, то загибель сучасної цивілізації неминуча.

Для подолання екологічної кризи в країні у Державній програмі охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів і екологічної безпеки передбачається запровадження загальної екологічної освіти та виховання. Вона має охопити всі верстви населення, починаючи від дитячого садка і закінчуючи вищою школою.

Основним завданням екологічної освіти та виховання в країні повинно бути формування екологічної свідомості про необхідність гармонійного співіснування людського суспільства з навколишнім природним середовищем та охорону довкілля від техногенних забруднень. На це мають бути спрямовані вся структура, зміст і методи навчання. Освіта й виховання повинні організовуватись на чотирьох рівнях: загальна (для всього населення країни), дошкільна (для дітей дошкільного віку), шкільна і вища.

Метою загальної освіти має бути формування екологічного світогляду, забезпечення екологізації суспільної свідомості, прищеплення любові до рідного краю, розуміння необхідності охорони навколишнього природного середовища на роботі та в побуті, навичок бережливого й раціонального споживання природних ресурсів, прагнення до відтворення відновних природних ресурсів і обґрунтованого самообмеження використання невідновних, створення ефективної системи екологічної безпеки.

Дошкільна екологічна освіта має бути спрямована на прищеплення любові до Вітчизни та рідного краю, пізнання понять життя і смерті, формування навичок бережливого ставлення до навколишньої живої та неживої природи, прагнення зберегти рослинний і тваринний світ, зробити кращим навколишнє природне середовище.

Шкільна екологічна освіта повинна мати на меті вивчення основ загальної екології, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки біосфери на рівні викладання дисциплін біології, хімії, фізики та географії в середній школі.

Метою екологічної освіти у вищій школі має бути підготовка фахівців вищої кваліфікації (вчителів, викладачів, інженерів, магістрів, кандидатів і докторів наук) для організації суспільного життя і виробництва, проведення наукових досліджень у галузі екології, тобто вирішення повсякденних екологічних завдань і глобальних екологічних проблем. Тут потрібно фундаментально вивчати загальну теоретичну та прикладну екологію (охорону природи, раціональне природокористування та екологічну безпеку біосфери).

13.5. ЕКОЛОГІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Система екологічного менеджменту в країні визначається, формується і регламентується Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», прийнятого в 1991 р. Згідно з цим законом, метою державного управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища і раціонального використання природних ресурсів, досягнення узгодженості державних і громадських органів у галузі охорони довкілля. Отже, державний екоменеджмент включає чотири основні функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
 - контроль за екологічною безпекою;
 - забезпечення проведення природоохоронних заходів;
 - досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.
- Для здійснення природоохоронного законодавства і контролю за екологічною безпекою створено відповідну організаційну інфраструктуру, до якої входять органи екологічної експертизи та екологічної інспекції. Екологічний аудит покликаний забезпечити проведення ефективних природоохоронних заходів та досягнення узгодженості дій державних і громадських органів. Екологічна освіта і виховання та екологічний інжиніринг мають сприяти ефективному забезпеченню проведення природоохоронних заходів на всіх рівнях державного управління в галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій екоменеджменту: реструктуризація виробництва, приватизація, створення конкурентного середовища і ринкового ціноутворення, програмно-цільового розподілу фінансів, корпоративізації, децентралізації та гнучкого нормування і оподаткування. Це функції змішаного екологічного менеджменту, в якому на макрорівні діє державна управлінська інфраструктура, а на мікрорівні — ринкова.

На рівні підприємства до загальних функцій управління належать:

- формування екологічної політики;
- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення програми екологічного управління та механізму її реалізації;
- реалізація програми екологічного управління в узгодженні з елементами загальної системи управління;
- формування екологічної свідомості та мотивування;
- обмін інформацією та звітування;
- ведення документації екологічного менеджменту;

- оперативне управління;
- здійснення моніторингу;
- аналіз та вдосконалення.

Виконання системоутворювальних функцій екологічної політики, визначення екологічних цілей і завдань, розроблення та реалізація екологічної програми здійснюються за допомогою екологічного аудиту та екологічного маркетингу.

13.6. ЕКОЛОГІЧНИЙ АУДИТ І ЕКСПЕРТИЗА

Незалежна й об'єктивна екологічна експертиза слугує ефективним механізмом держави і суспільства створення нормальних умов для функціонування екосистем і біосфери загалом та гарантує їх екологічну безпеку. *Екологічна експертиза* — це науково-практична діяльність спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, дія яких впливає або може негативно впливати на стан довкілля та здоров'я людей.

Екологічну експертизу проводять з метою підготовки висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності того чи іншого об'єкта господарювання нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки. Екологічна експертиза має сприяти запобіганню появі нових, обмеженню та ліквідації виявлених негативних джерел впливу на довкілля та здоров'я людей, а також дає змогу оцінити ступінь екологічної безпеки господарської та екологічної діяльності на окремих територіях чи об'єктах.

Основними завданнями екологічної експертизи є визначення ступеня екологічного ризику й безпеки суб'єкта господарської діяльності; встановлення відповідності вимогам екологічного законодавства; оцінка впливу різних об'єктів на довкілля, здоров'я людей і стан ресурсів та можливих негативних екологічних наслідків; оцінка природоохоронних заходів; підготовка обґрунтованих висновків.

Основними принципами екологічної експертизи є:

- гарантування безпечного життя довкілля;
- збалансованість екологічних, економічних, медико-біологічних та соціальних інтересів;
- наукова обґрунтованість і незалежність, об'єктивність і гласність, варіантність і превентивність;
- державне регулювання;
- доцільність реалізації об'єктів експертизи;
- законність.

Розрізняють такі форми екологічної експертизи: державну, громадську, спеціальну й додаткову. Додаткову незалежну екологічну експертизу про-

водять за ініціативою зацікавлених організацій і осіб, а також за рішенням центральних та місцевих органів влади. Державну екологічну експертизу об'єктів загальнодержавного і міжобласного значення проводить управління екологічної експертизи Мінприроди України, об'єктів місцевого значення — відділи екологічної експертизи обласних управлінь екологічної безпеки. Для врахування громадської думки щодо реалізації планованої проектом господарської діяльності проводять громадську екологічну експертизу. Її здійснюють з ініціативи громадських організацій на добровільних засадах екологоекспертні формування з представників громадськості, преси та незалежних фахівців.

Екологічній експертизі підлягають усі види інвестиційних програм, проектів, схем розвитку й розміщення продуктивних сил, розвитку окремих галузей виробництва, генеральних планів населених пунктів, проектів на будівництво і реконструкцію, проекти нормативно-правових актів, документація щодо впровадження нової техніки, матеріалів і технологій.

Законом «Про екологічну експертизу», прийнятим Верховною Радою України в 1995 р., передбачено державне регулювання і управління в галузі екологічної експертизи, статус експерта, обов'язки замовників експертизи, порядок проведення експертизи, її фінансування, відповідальність за порушення та міжнародне співробітництво.

До підготовки висновків державної екологічної експертизи залучають спеціалізовані науково-дослідні, навчальні й проектні інститути, окремих висококваліфікованих спеціалістів та експертів міжнародних організацій. При цьому одночасно враховується думка громадськості шляхом залучення громадських організацій та окремих громадян до підготовки висновків експертизи. Висновки громадської експертизи направляють в органи, що здійснюють державну екологічну експертизу, центральні й місцеві органи влади, замовнику проекту та висвітлюють у засобах масової інформації.

Для встановлення фактичного екологічного стану підприємства, визначення відхилень від норми й вимог чинного природоохоронного законодавства або міжнародних стандартів та накреслення заходів щодо приведення виробничої діяльності підприємства у відповідність з цими вимогами проводять екологічний аудит, тобто екологічне обстеження. Отже, *екологічний аудит* — це інструмент управління, який системно охоплює всі питання екологічної оцінки діяльності підприємства, удосконалення системи регулювання впливу на довкілля та його інвестиційної привабливості.

Характерними особливостями екологічного аудиту є його незалежність, конфіденційність, об'єктивність, системність, компетентність, ліцензійність та відповідність цілям, що визначаються замовником при укладанні договору на проведення аудиту. Згідно з міжнародними стандартами, екологічний аудит є складовою частиною системи екологічного менеджменту. Екоаудит сприяє ефективному проведенню природоохоронних заходів та узгодженню дій державних і громадських органів, місцевих органів влади та підприємств.

Екоаудит організується за ініціативою керівника або господаря об'єкта і має характер екологічного самоконтролю. Його здійснюють незалежно від державної екологічної експертизи. Для проведення екоаудиту залучають спеціалізовані аудиторські організації, які мають відповідний кваліфікаційний сертифікат. Сфера дії екоаудиту — це система екоменеджменту підприємства, його виробничі площі та прилегла територія на відстані 5 км по периметру, основні й допоміжні технологічні процеси, будівлі та обладнання.

В обов'язковому порядку екоаудит проводять у таких випадках:

- у процесі приватизації державних підприємств;
- при екологічному страхуванні;
- при розробленні планів природоохоронних заходів;
- при наданні підприємствам фінансової підтримки з екологічних фондів;
- у разі подання підприємствами заявок на отримання знаку високого екологічного стандарту продукції («зелена мітка»), а також в інших випадках, пов'язаних з визначенням екологічних витрат.

Актуальним є застосування екологічного аудиту під час приватизації, в інвестиційному процесі, при ціноутворенні та впровадженні «зелених» технологій. Розрізняють такі типи екоаудиту:

- екологічна експрес-оцінка інвестиційних ризиків (інвестиційний, або фінансовий, аудит);
- оцінка екологічного стану ділянки території, власником якої є підприємство або якщо власник змінюється в процесі приватизації;
- екоаудит продукції на стадії маркетингових досліджень;
- технічний аудит на стадії виробничої діяльності;
- аудит системи екоменеджменту підприємств.

Екоаудит дає змогу без додаткових бюджетних витрат підвищити ефективність управління охороною довкілля та поліпшити ефективність державного екоменеджменту. Тому держава зацікавлена в запровадженні екологічного аудиту і створенні відповідних правових та нормативних умов для його здійснення.

У результаті проведення екологічного аудиту формулюється висновок, який є точкою зору екоаудитора. Він ґрунтується на отриманих результатах екоаудиту. Висновки екологічного аудиту є основою для розроблення перспективних екологічних програм, планів природоохоронних заходів та формування напрямів екологічної політики.

Запровадження екологічного аудиту сприяє:

- зменшенню витрат на видалення відходів шляхом зменшення їх кількості;
- зменшенню витрат на сировину шляхом ефективнішого її використання;
- зменшенню витрат на виробництво шляхом використання кращих технологій;
- поліпшенню інформації, на якій ґрунтується рішення для вибору технології, що дає змогу вигідніше витратити кошти;

- зменшенню витрат на воду та енергію шляхом економнішого їх використання;
- підвищенню рівня виробництва;
- розширенню ринків збуту товарів серед «екологічно свідомих» покупців;
- поліпшенню репутації підприємства.

13.7. ЕКОЛОГІЧНИЙ МАРКЕТИНГ

Завданням екологічного маркетингу є визначення потреби в екологічно безпечній та іншій продукції, а також інтенсифікації умов її збуту за мінімальних впливів під час її виготовлення та споживання на навколишнє природне середовище, які порушують нормальне функціонування природних екосистем зокрема та біосфери загалом. Отже, *екологічний маркетинг* — це управлінська функціональна діяльність у складі загальної системи менеджменту підприємства, спрямована на визначення, прогнозування та задоволення споживчих потреб так, щоб не порушувати екологічної рівноваги навколишнього природного середовища і не впливати на стан здоров'я суспільства.

До основних функцій екологічного маркетингу у виробничій сфері належать:

- вивчення попиту на екологічно безпечну продукцію, екологічне ціноутворення;
 - планування екологічно безпечного асортименту, збуту і торговельних операцій;
 - планування «зеленої» модернізації виробництва; вивчення пропозицій на більш досконалі й нові очисні технології на основі висновків екологічних аудитів;
 - здійснення діяльності, що пов'язана зі збереженням та вибором екологічно безпечного товаропересування;
 - організація екологічно безпечного обслуговування споживачів.
- У сфері природокористування до маркетингових функцій входять:
- освоєння природних ресурсів;
 - встановлення платежів і цін на товари та послуги екологічного призначення для отримання прибутку суб'єктами природокористування;
 - розвиток всебічних форм торгівлі товарами та послугами екологічного призначення;
 - поділ ринків збуту товарів і послуг екологічного призначення відповідно до природно-географічних територій, регіонів та окремих зон;
 - залучення до екологічного ринку іноземних інвесторів;
 - освоєння природних ресурсів і створення на їх основі конкурентоспроможної на світовому ринку продукції екологічного призначення;
 - мобілізація механізмів трансформації екологічних потреб потенційних покупців на екологічному ринку в ефективний попит на товари і послуги екологічного призначення.

Виконання перелічених функцій здійснюється шляхом:

- дослідження реальних і потенційних потреб споживачів природних ресурсів, товарів і послуг екологічного призначення;
- дослідження ринку та його можливостей, прогнозування ринкового попиту і ємності ринку в сфері природокористування та охорони навколишнього природного середовища;
- розроблення стратегії екологічного маркетингу природокористування та відповідних екологічних програм і заходів;
- маркетингове планування реалізації програмних заходів.

13.8. ЕКОЛОГІЧНА ПАСПОРТИЗАЦІЯ ПІДПРИЄМСТВ

Екологічна паспортизація підприємств та інших господарських об'єктів є одним із ефективних і перспективних заходів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технологічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинен бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведено дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та вироблюваної продукції, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газодимових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія перероблення або складування), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали (в тому числі й радіоактивні), відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю. Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (величина зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображено заплановані природоохоронні заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газодимових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного стану на підприємстві та навколишнього природного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються кращими природоохоронними заходами. Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту викорис-

тання сировини й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газодимових викидів та перероблення відходів виробництва. Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, визначити ступінь вилучення основних компонентів із сировини, ефективність використання палива та енергії, вилучення площі земельних ресурсів та площі земель, які можуть бути рекультивовані.

Екологічні паспорти розробляються також для рідкісних видів рослин і тварин. До них заносять дані про ареал виду, чисельність, місця перебування, структуру популяції, особливості розмноження, трофічні зв'язки, наявність шкідників та ворогів, вразливість до різних антропогенних впливів.

13.9. ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА І «ЗЕЛЕНІ» ТЕХНОЛОГІЇ

З метою подолання екологічної кризи в країні потрібно здійснити екологізацію виробництва. *Екологізація виробництва* — це поступове розширення дії екологічних пріоритетів у виробничій діяльності, підвищення екологічної освіченості й свідомості управлінського персоналу, поступове проникнення екологічних нововведень у виробництво, екологічна модернізація виробництва.

Екологізація виробництва може здійснюватися різними шляхами: впровадженням раціонального природокористування (заощадження природних ресурсів, економія витрат сировини, палива та енергії тощо) та проникненням екологічних нововведень у промисловість (виробництво продукції тривалого і багаторазового використання, споживання відновних природних ресурсів взамін невідновних, комплексне перероблення сировини та утилізація відходів виробництва і споживання, мінімізація розсіюваних і невідновних відходів, використання нетрадиційних джерел енергії тощо).

Одним із основних способів екологізації промисловості є вдосконалення і модернізація технології виробництва, в тому числі уловлювання викидів, комплексне перероблення стічних вод і відходів та використання продуктів перероблення як вторинної сировини, тобто перетворення забруднювальних речовин на корисні продукти. Другий напрям екологізації виробництва полягає в очищенні викидів і стоків від забруднення і третій — це виробництво обладнання та устаткування для здійснення екологічно безпечних («зелених») технологій. Очікують, що останній напрям, пов'язаний з виробництвом устаткування для «зелених» технологій, набуватиме дедалі більших масштабів у промисловості розвинених країн.

Модернізацію виробництва потрібно здійснювати на основі системно-екологічного механізму. Під останнім розуміють процес, що відбувається між вихідним і завершальним еколого-економічними станами виробничої системи, з урахуванням поставлених цілей екологічної модернізації виробництва. Отже, в результаті екологізації виробництва отримують модернізовану модель з поліпшеними еколого-економічними характерис-

тиками, яка може бути отримана лише завдяки застосуванню системного підходу та екологічного менеджменту.

На основі комплексного аудиту, який включає обстеження промислової ділянки, прилеглої місцевості, відходів та системи екологічного менеджменту тощо, розпочинають процеси екологізації виробництва з формулювання завдань та розроблення програми. Після цього перехід від вихідної до кінцевої, або модернізованої, екологічної моделі здійснюють шляхом екологічного інжинірингу та екологічного маркетингу модернізації діючого технологічного процесу. В результаті у виробництво впроваджуються «зелені» технології, тобто екологічно безпечні технології, що забезпечують випуск екологічно безпечної продукції. Отже, за допомогою екологічного аудиту розробляють програму екологічного та технічного оздоровлення виробництва, за допомогою екологічного маркетингу — управлінські й технологічні рішення, спрямовані на виконання запропонованих заходів, за допомогою екологічного інжинірингу здійснюють впровадження всіх запланованих заходів у виробництво.

Таким чином, *екологічний інжиніринг* — це еколого-інженерна діяльність, що має на меті техніко-еколого-економічне обґрунтування комплексу заходів та їх виконання, які спрямовані на «зелену» модернізацію виробництва. У процесі екологічного інжинірингу проводять технологічні дослідження на пілотному устаткуванні. Наприклад, перевіряють технологічні рішення щодо очищення газодимових викидів, стічних вод або перероблення відходів виробництва. Це можуть бути також дослідження різних процесів удосконалюваної технології з метою зменшення витрат сировини, енергії, викидів, стоків та відходів виробництва.

Основними завданнями екологічного інжинірингу є:

- проведення пошуку на ринку «зелених» технологій відповідних технічних рішень, здатних задовольнити можливість виконання програми екологічної модернізації підприємства;
- еколого-економічне обґрунтування запропонованої програми екологізації виробництва;
- проведення необхідних технологічних досліджень на пілотних установках щодо доцільності використання запропонованих для модернізації технічних рішень (очищення стоків і викидів, перероблення відходів тощо);
- розроблення програми впровадження «зеленої» технології в діюче виробництво (програми екологічної модернізації виробництва);
- організація виконання програми впровадження «зеленої» технології;
- екологічне навчання персоналу підприємства.
- виробництво екологічно безпечної продукції та продуктів.

Екологічне навчання персоналу підприємства проводиться на всіх етапах екологічної модернізації. Воно має на меті реалізацію програми екологізації виробництва за умови досягнення бажаного ефекту при найменших витратах. Екологічне навчання підвищує інтелектуальний потенціал підприємства та забезпечує свідоме ставлення персоналу до вирішення екологічних завдань модернізації виробництва.



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) пояснити правову систему управління державною політикою в сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального природокористування і екологічної безпеки;
- 2) схарактеризувати правову відповідальність за екологічні злочини;
- 3) пояснити суть організаційної системи управління в сфері охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екобезпеки;
- 4) сформулювати основні цілі й завдання в сфері екологічної освіти та виховання;
- 5) дати визначення понять екологічного менеджменту, екологічного аудиту, екологічної експертизи, екологічного маркетингу та екологічного інжинірингу, сформулювати їх основні завдання.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. У чому полягає суть правової системи управління державною політикою в сфері охорони довкілля?
2. Як здійснюється узагальнення практики застосування законодавства про охорону навколишнього природного середовища?
3. Чим регулюються суспільні відносини між людьми та природою в державі?
4. У якій формі здійснюється систематизація екологічного законодавства?
5. Поясніть, що таке кодифікація та інкорпорація екологічного законодавства.
6. Що таке екологічні злочини і як вони караються?
7. У чому полягає суть організаційної системи управління в сфері охорони довкілля?
8. Що має на меті державна система управління охороною довкілля?
9. Як здійснюється реалізація державної екологічної політики?
10. Які органи управління охороною довкілля ви знаєте?
11. Які цілі і мета екологічної освіти та виховання та як вони повинні здійснюватися?
12. Що таке екологічний менеджмент і які його основні функції?
13. Що таке екологічний аудит і які його основні функції?
14. Що таке екологічна експертиза і які її основні функції?
15. Чим відрізняється екологічна експертиза від екологічного аудиту?
16. В яких випадках здійснюють екоаудит?
17. Чого можна досягти завдяки запровадженню екоменеджменту та екоаудиту на підприємстві?
18. Що таке екологічний маркетинг і які його основні функції у виробничій сфері, у сфері природокористування?
19. Що таке екологічний паспорт підприємства і для чого його запроваджують?
20. Сформулюйте визначення «зеленої» технології.
21. Що розуміють під «екологізацією виробництва»?
22. У чому полягає суть екологічного інжинірингу і як він здійснюється?

ДЕРЖАВНА ПРОГРАМА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

14.1. УКРАЇНА НА ШЛЯХУ ДО СТАЛОГО РОЗВИТКУ

У результаті господарської діяльності в Україні склалася нераціональна структура природокористування. Остання є наслідком домінування природоємних галузей промисловості, застосування ресурсо- та енергоємних технологій, переважного використання невідновлювальних природних ресурсів, надмірної концентрації виробництв у деяких регіонах та сировинної орієнтації експорту. Структурна перебудова економіки з погляду сталості є нерегульованою. Зношення основних фондів, яке в деяких галузях досягає 90 %, є причиною низької економічної ефективності виробництва, високих природоресурсних, енергетичних та фінансових затрат. Це стало на заваді виробництва високоякісної та конкурентоспроможної продукції.

Останнім часом підвищуються темпи зростання ВВП, розширюються обсяги виробництва та збуту вітчизняної продукції. Проте екологічна ситуація в країні має загрозливий характер. Техногенне навантаження на природне середовище ще перевищує аналогічний показник розвинених країн у 4—5 разів. Недостатні обсяги інвестицій у природоохоронне будівництво та природоохоронну діяльність збільшують ризик виникнення великомасштабних аварій та катастроф. Екологічну ситуацію значно погіршила аварія на Чорнобильській АЕС.

Усе це призводить до істотного зниження рівня здоров'я населення. Тривалість життя є набагато нижчою, ніж у розвинених країнах. Смертність випереджає народжуваність, що призводить до щорічного зменшення чисельності населення в країні. Перехід економіки на засади ринкових відносин сприяв зростанню економічної активності у деякої частини населення, але при цьому відбулася різка диференціація доходів та посилення бідності й безробіття. Все це не сприяє злагоді в суспільстві і його стабільному розвитку. Тому на часі постала необхідність впровадження нових напрямів збалансованого розвитку держави.

Україна, яка є стороною зобов'язань, прийнятих на Конференції ООН з навколишнього природного середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.), та Всесвітньому саміті зі сталого розвитку («Ріо+10», м. Йоганнесбург, 2002 р.), стала на шлях побудови сталого розвитку країни. Беручи за основу подальшого розвитку держави інтереси людини, її прагнення жити в гармонії з природою, Україна йде шляхом радикальних змін. При цьому регулювання впливу на довкілля, масштаби використання природних ресурсів, спрямування капіталовкладень та інвестицій, орієнтація науково-технічного процесу та інституційні перетворення мають відповідати потребам нинішніх і майбутніх поколінь.

Майбутнє України має ґрунтуватися на досягненнях світової цивілізації, захисті економічного суверенітету та утвердженні національних цінностей. В основі соціально-економічної програми в контексті сталого розвитку мають бути такі принципи:

- підпорядкування методів впровадження господарської діяльності у державі законам природи та обмеженням, які ними визначаються;
- пріоритетність національних інтересів, національної культури у загальносуспільному процесі світового співтовариства;
- забезпечення отримання результатів від господарської діяльності не менших від шкоди, заподіяної навколишньому природному середовищу;
- недопустимість екстенсивного використання природних ресурсів;
- підвищення ефективності використання природних ресурсів з урахуванням потреб нинішнього та майбутніх поколінь;
- забезпечення охорони здоров'я людини та її соціальної захищеності як одного з пріоритетів державної політики;
- утвердження засад гуманізму, демократії і цінностей громадянського суспільства.

Метою переходу України на засади сталого розвитку є досягнення високої якості життя нинішнього і майбутніх поколінь на основі збалансованого розв'язання проблем соціально-економічного розвитку, збереження навколишнього природного середовища, раціонального використання та відтворення природно-ресурсного потенціалу. Основними завданнями країни на перехідний період до сталого розвитку є:

- збалансований розвиток економіки в межах екологічного простору;
- раціональне використання природних ресурсів;
- забезпечення високої якості стану навколишнього природного середовища;
- мінімізація наслідків Чорнобильської катастрофи;
- розв'язання проблеми бідності;
- сприяння становленню громадянського суспільства.

У сфері державного регулювання пріоритетними напрямами мають бути:

- макроекономічне планування та розроблення довгострокових програм розвитку національної економіки;

- створення системи стимулювання виробництва екологічно безпечної продукції та розвиток сфери екологічних послуг;
- створення умов для збільшення частки ресурсо- та енергозберігаючих виробництв;
- використання нетрадиційних відновлювальних джерел енергії;
- забезпечення зайнятості населення, справедливий розподіл ресурсів і доходів.

На регіональному рівні засади сталого розвитку повинні спрямовуватися на:

- забезпечення природно-господарської збалансованості в соціально-економічному розвитку регіонів;
- формування регіонального господарського механізму, що відповідає основній меті сталого розвитку держави;
- врахування особливостей, притаманних кожному регіону, своєрідності їх природно-ресурсних, географічних, історичних, економічних, соціальних та інших умов.

Серед пріоритетних завдань політика сталого розвитку України передбачає:

- державну підтримку реалізації економічної, екологічної та соціальної стратегії розвитку суспільства на основі їх взаємозв'язку та взаємозгодженості;
- формування механізмів інтеграції екологічної компоненти у стратегію соціально-економічного розвитку;
- створення системи збалансованого управління розвитком суспільства, стимулювання охорони довкілля і відновлення його природних властивостей, що забезпечить належне регулювання використання природних ресурсів та розвиток продуктивних сил держави;
- врахування можливостей і потреб регіонів України, різних верств населення, національних меншин та етнічних груп, залучення громадськості для вироблення планів дій щодо охорони навколишнього природного середовища, формування ефективної системи пропаганди ідей сталого розвитку, створення відповідної системи виховання і навчання;
- розв'язання проблеми бідності, оплати праці та пенсійного забезпечення;
- розробку правової бази переходу до сталого розвитку та введення індикаторів сталого розвитку.

14.2. ОСНОВНІ ПРІОРИТЕТИ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА І РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ

Екологічний стан в Україні характеризується як кризовий. Низький рівень екологічної культури населення внаслідок незадовільної екологічної освіти та виховання, нерациональна структура народного господарства, пов'язана із застосуванням матеріало- та енергоємних технологій, низький

технічний рівень технологій очищення газоповітряних викидів у атмосферу і скидів стічних вод у водойми та перероблення відходів промисловості й комунально-побутового господарства, а також загальна криза економіки країни призводять до зниження продуктивності господарства, погіршення стану здоров'я людей і навіть до зменшення чисельності населення внаслідок переважаючої смертності над народжуваністю. Це відбувається на фоні руйнування фізичного капіталу (заводів, фабрик, аграрних господарств тощо) і нерационального використання природних ресурсів. При цьому значно погіршується стан довкілля і створюється загроза завдання непоправної шкоди біологічному й ландшафтному різноманіттю — лісовим, гірським і морським екосистемам, водоймам, лукам, землям тощо.

З метою подолання зазначених недоліків у 1998 р. Верховна Рада України прийняла Постанову *«Про основні напрями державної політики в галузі охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки»*, яка розглядається як Державна програма охорони довкілля в Україні. В цій програмі сформульовано основні пріоритети та завдання охорони навколишнього природного середовища і раціонального використання природних ресурсів.

До основних пріоритетів охорони довкілля і раціонального природокористування належать:

- формування збалансованої системи природокористування й адекватна структурна перебудова виробничого потенціалу економіки;
- екологізація технологій у промисловості, енергетиці, будівництві, сільському господарстві, на транспорті;
- поліпшення екологічного стану і запобігання забрудненню р. Дніпро та інших річок, Чорного й Азовського морів;
- будівництво нових та реконструкція діючих потужностей комунальних очисних каналізаційних споруд;
- забезпечення населення якісною питною водою;
- стабілізація та поліпшення екологічного стану в містах і промислових центрах Донецько-Придніпровського та інших регіонів;
- гарантування екологічної безпеки ядерних об'єктів і радіаційного захисту населення та довкілля, зведення до мінімуму шкідливого впливу наслідків аварії на Чорнобильській АЕС;
- збереження біологічного та ландшафтного розмаїття, заповідна справа.

Для здійснення Державної програми передбачається вирішення таких завдань:

- створення в країні ефективної системи екологічної освіти, виховання та інформування;
- реструктуризація економіки із суттєвим зменшенням частки енерго- і матеріалоемних виробництв;
- запровадження дійових економічних складових впливу на систему природокористування;
- створення ефективної системи правового та організаційного забезпечення в сфері охорони навколишнього природного середовища,

екологічної безпеки та раціонального використання природних ресурсів;

- створення державної системи моніторингу навколишнього природного середовища;
- захист повітряного басейну від забруднення, особливо у великих містах і промислових центрах;
- здійснення управління водними ресурсами на основі басейнового принципу, збереження та відродження малих річок, охорона р. Дніпро та інших річок;
- запобігання забрудненню внутрішніх водойм і морських вод, зменшення та припинення скиду забруднених стічних вод у водні об'єкти, захист підземних вод від забруднення;
- захист і збереження земельних ресурсів від забруднення, виснаження та нераціонального використання;
- збереження й розширення територій з природним станом ландшафту, посилення природоохоронної діяльності на заповідних і рекреаційних територіях;
- підвищення стійкості та екологічних функцій лісів;
- знешкодження, утилізація та поховання промислових і побутових відходів;
- зменшення до мінімуму рівня радіаційного забруднення;
- забезпечення екологічного супроводу процесу конверсії військово-промислового комплексу та здійснення заходів щодо екологічного контролю за діяльністю збройних сил;
- створення системи прогнозування, запобігання й оперативних дій у разі надзвичайних ситуацій природного й природно-технічного походження.

Практичне здійснення державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища, природокористування та забезпечення екологічної безпеки реалізується шляхом розроблення та виконання окремих міждержавних, державних, галузевих, регіональних та місцевих програм. Ці програми спрямовуються на втілення в життя визначених вище пріоритетів.

14.3. СТРАТЕГІЯ І ТАКТИКА РОЗВИТКУ ВИРОБНИЧОГО ТА ПРИРОДОРЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Головними цілями на найближчу перспективу є запобігання збільшенню рівня забруднення природних та природно-антропогенних екосистем. Подолання проблем техногенно-екологічної безпеки здійснюватиметься внаслідок перебудови техногенного середовища, технічного переозброєння виробничого комплексу на основі впровадження новітніх наукових досягнень, енерго- і ресурсозберігаючих технологій, екологічно безпечних технологічних процесів, застосування відновних і нетрадиційних джерел енергії та використання й знешкодження всіх видів відходів, крім розсіюваних у навколишній простір. При цьому передбачається налаго-

дити ефективний екологічний контроль за створенням об'єктів штучного походження з метою управління техногенними навантаженнями, раціональним розміщенням продуктивних сил та використанням природних ресурсів.

Планується створити систему моніторингового контролю за об'єктами спостережень у промисловості, сільському господарстві, енергетиці, будівництві й транспорті. Крім того, передбачається класифікувати регіони України за рівнем техногенно-екологічних навантажень та створити відповідні карти.

Програма дій передбачає заходи щодо переробки відходів у режимі нормальної експлуатації промислових об'єктів, що зумовлено недосконалістю техніки й технології виробництва, та в аварійному режимі, що спричинює або може спричинити негативний вплив на людину та природні об'єкти. В теплоенергетиці у зв'язку з використанням твердого палива і з метою докорінного оздоровлення екологічного стану пропонується використання нових технологій спалювання низькоякісного вугілля в котлоагрегатах з циркулюючим киплячим шаром, застосування високоефективних парогазових установок і ефективних установок сіркоочищення та пиловловлювання. Передбачається також поліпшити якість твердого палива зі зменшенням масової частки пилу до 10 %, а сірки — до 1—1,5 %. Будуть розроблені та впроваджені ефективніші системи очищення газів і технології утилізації твердих відходів (пилу, золи та шламу) для потреб будівельної індустрії. Передбачається довести обсяги зворотного водопостачання до 75—80 % загального його обсягу, створити замкнуті системи водопідготовки та гідрозоловидалення, нефільтрівних золошлаковідвалів та застосовувати ефективні технології утилізації осадів після очищення води.

У металургійній промисловості буде здійснено комплексну структурну перебудову галузі із застосуванням екологічно безпечних («зелених») технологій з переробленням та утилізацією твердих відходів.

У хімічній і нафтохімічній промисловості впроваджуватимуться безвідходні та маловідходні технології, спрямовані на комплексне використання сировини, енергоресурсів та цільових продуктів. Очищення газових викидів і стічних вод здійснюватиметься одночасно з утилізацією продуктів очищення та їх подальшим переробленням. Виводитимуться з експлуатації неперспективні та екологічно недосконалі технології. Використовуватимуться високоефективні системи очищення газових викидів та стічних вод.

У нафтогазовій та нафтопереробній промисловості будуть впроваджені у виробництво нові високоефективні екологічно безпечні технології з переробленням відходів та утилізацією відпрацьованих нафтопродуктів, раціональні технології видобутку нафтопродуктів з місць їх підземного накопичення. Передбачається застосувати комплексні технології очищення води та ґрунту від забруднювальних нафтопродуктів, систему оцінки й прогнозування поширення забруднення підземних вод нафтою та наф-

топродуктами. Повністю припинять випуск бензину, що містить сполуки плюмбуму. Збільшиться глибина перероблення нафти з використанням на нафтопереробних заводах установок каталітичного риформінгу, а також будуть запроваджені технології гідроочищення авіа- та дизельного палива з одночасним виробництвом сірки. Розроблятимуться і впроваджуватимуться засоби й технології використання на транспорті газових та альтернативних видів палива.

У машинобудівній промисловості передбачається вирішити питання утилізації й знешкодження токсичних відходів гальванічного виробництва. У гірничовидобувній промисловості будуть розроблені і впроваджені системи упереджувального технологічного моніторингу навколишнього природного середовища, вдосконалена технологія мокрого збагачення вугілля з метою ефективного вилучення з нього сірки та технології використання шахтного метану і комплексного перероблення мінералізованих шахтних вод з використанням всіх інгредієнтів. Буде впроваджена технологія перероблення відвалів пустої породи з метою одержання сировини для будівельної індустрії, а також закладання породою відпрацьованого простору шахт.

У будівельній індустрії передбачається вжиття заходів щодо ресурсозбереження й обмеження використання природних ресурсів. Використовуватимуться низькоенергоємні екологічно безпечні будівельні технології з обмеженим викидом і скидом забруднювальних речовин.

З метою забезпечення екологічної безпеки ядерних об'єктів передбачається організувати різні моніторинги навколишнього природного середовища (національний, регіональний і локальний), застосувати ефективні технології поховання радіоактивних відходів (РАВ), зняти з експлуатації застарілі ядерні об'єкти та відновити навколишнє природне середовище, здійснювати безпечний видобуток і збагачення уранових руд. Пріоритетними завданнями радіаційної безпеки є радіаційний моніторинг як складова системи державного моніторингу навколишнього природного середовища України. Для цього має бути поетапно створено систему радіаційного моніторингу раннього оповіщення, вивчення радіаційного навантаження на населення України від природних джерел йонізуючого випромінювання.

Програма зменшення колективної дози населення різних регіонів України загалом передбачає районування території згідно з розташуванням джерел радону та дослідження вмісту радону в повітрі підземних виробок з метою зменшення радіаційного навантаження на робітників, зайнятих на підземних гірничодобувних роботах. Буде зменшено радіаційне навантаження на населення за рахунок використання в будівництві матеріалів, що містять обмежену кількість природних радіонуклідів, та розташування будівель у місцях зі зниженим природним радіаційним фоном. Передбачається відновлення радіаційно забруднених земель.

У сільському господарстві система природокористування має передбачити формування високопродуктивних і екологічно стійких агроланд-

шафтів, забезпечення розширеного відтворення родючих ґрунтів внаслідок формування та реалізації системи ґрунтозахисних природоохоронних заходів. Буде створено систему економічних стимулів виробництва екологічно безпечної сільськогосподарської продукції на основі технологій біологічного землеробства. Передбачається здійснити комплексну еколого-економічну оцінку (районування) території України з виділенням у її складі природоохоронних комплексів, у тому числі території та об'єкти природно-заповідного фонду, земель для високоінтенсивного ведення сільськогосподарського виробництва та промислового будівництва, а також забруднених районів для здійснення цільових природоохоронних заходів. Буде розроблено *генеральну схему охорони природи і раціонального використання її ресурсів у сільському господарстві та державну програму захисту земель від водної та вітрової ерозії, інших видів деградації земель*. Будуть також підготовлені та впроваджені галузеві схеми збереження й відтворення земельних, водних, біологічних, зокрема рибних та лісових, мінерально-сировинних та інших природних ресурсів.

Передбачається створити цілісну систему поле- і водозахисних лісонасаджень, заліснення ярів, балок, крутосхилів, пісків та інших непридатних земель. Буде забезпечена оптимальна протиерозійна лісистість території. Будуть також створені водозахисні зони вздовж берегів річок, водосховищ, озер і ставків, очищення їх від мулу, сформовані високоефективні гідрологічні системи. Планується активний перехід на біологічні методи ведення сільського господарства.

З метою поліпшення якості атмосферного повітря до 2005—2010 років буде знижено валовий обсяг викидів від автотранспорту більш ніж на 40 % порівняно з 1995 р., при цьому повністю буде припинено викиди свинцю. Для цього автомобілі обладнають новими ефективними системами й пристроями зниження викидів (каталітична нейтралізація, автоматичний пуск і прогрівання, системи вловлювання палива тощо), буде збільшено парк автомобілів і автобусів, що працюють на газовому паливі. Повністю припинять випуск і використання етильованого бензину. Будуть розроблені нові види екологічно чистого автотранспорту з використанням альтернативних джерел енергії.

У містах передбачається пріоритетність розвитку пасажирського транспорту загального користування на електротязі з послідовним скороченням автобусного сполучення. Буде розроблено і впроваджено систему сертифікації автомобілів і двигунів на екологічну безпеку, а також технології ефективного очищення стічних вод і газових викидів у виробничих зонах автопідприємств.

На залізничному транспорті будуть розроблені технології утилізації та ліквідації залишків нафтопродуктів та інших відходів, методи зменшення викидів у повітря сипких вантажів під час перевезення, технології очищення забруднених вод після миття вагонів і локомотивів.

На річковому й морському транспорті розробляють і запроваджують систему платежів і штрафів за забруднення сміттям, нафтою та стічними

водами портів, річок та інших водойм. Передбачається розробити і впровадити технології для захисту від забруднення повітря, акваторії портів та каналізаційних систем, регенерації, утилізації та знешкодження відходів виробництва.

У житлово-комунальному господарстві передбачається здійснити очищення міських стічних вод відповідно до нормативних вимог, припинити в найкоротший термін скидання у водойми забруднених комунальних стічних вод, утилізувати осади стічних та природних вод і забезпечити населення якісною питною водою. Будуть впроваджені ефективні технології очищення стічних та зливових вод населених пунктів, утилізація осадів водопровідних і каналізаційних очисних станцій, нових ефективних коагулянтів і флокулянтів малих очисних споруд, а також отримання нетрадиційного джерела енергії — біогазу.

На підприємствах комунальної теплоенергетики і дорожнього господарства основною метою природоохоронних заходів є досягнення мінімально можливих викидів в атмосферу продуктів згоряння палива та скидів продуктів хімічного оброблення води в каналізацію. Для цього передбачається як удосконалення існуючих генераторів теплової енергії, так і використання нетрадиційних та відновних джерел теплоти з метою зменшення загальних обсягів споживання палива, впровадження безреагентних методів оброблення води та систем оборотного водопостачання. Слід запровадити чітку систему запобігання втратам тепла в житлових та комунальних приміщеннях.

Буде розроблено та реалізовано програму щодо збирання, транспортування та знешкодження твердих побутових відходів промисловими методами з одночасним використанням цінних компонентів. Для вирішення цієї проблеми потрібно впровадити нові технології збирання побутового сміття і селективного вилучення цінних компонентів. Будуть побудовані промислові заводи комплексної переробки побутового сміття.

14.4. УТИЛІЗАЦІЯ І ПЕРЕРОБЛЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

Як уже зазначалося, більша частина заготовленої або добутої сировини (92 % і більше) перетворюється на відходи і забруднює навколишнє природне середовище. Розміщення відходів потребує вилучення значних площ землі, а транспортування та зберігання їх лягає важким тягарем на економіку підприємств. Токсичні відходи потребують спеціальних заходів щодо їх знешкодження та ізоляції.

З метою зменшення кількості відходів потрібно використовувати ресурсозберігаючі безвідходні та маловідходні технології комплексного перероблення сировини. При цьому доцільно організувати територіально-виробничі комплекси, де відходи одних виробництв повністю чи частково є сировиною для інших. Одним з ефективних напрямів зменшення відходів є використання їх як вторинних сировинних ресурсів. Якщо врахувати, що

Україна не має в достатній кількості руд кольорових металів, то вилучення цих металів з відходів є особливо перспективним. Відходи можуть значною мірою замінити первинні ресурсні джерела і суттєво зменшити споживання первинних ресурсів та утворення неутилізованих відходів.

Перероблення відходів виробництва слід розглядати з позицій так званого промислового метаболізму. Згідно з ним економіка, структура виробництва й споживання, а також якість життя становлять єдину систему і є єдиною соціально-економічною проблемою.

З метою ефективного вирішення проблеми перероблення відходів виробництва потрібно здійснити їх паспортизацію, створити кадастри, оцінити токсичність і вивчити наслідки їх впливу на екосистеми. При цьому слід також розробити вимоги щодо їх складування та зберігання за категоріями токсичності, а також технології знешкодження та поховання токсичних відходів, створити регіональні полігони для їх знешкодження.

Виходячи з перелічених вище завдань, основними заходами використання великотоннажних видів відходів є:

- збільшення обсягів перероблення шлаків металургійного виробництва — гранульованого шлаку, пемзи, шлаковати з вилученням металургійної сировини;
- утилізація залізовмісних відходів (шлами, окалина, колошниковий та агломераційний пил, червоні шлами глиноземного виробництва) на металургійних заводах із використанням залишків у цементній промисловості замість піритних недогарків;
- розширення використання (замість щебеню, піску й цементу) золи та золошлакових відходів ТЕС для виготовлення бетону, для чого буде збудовано установки роздільного вилучення залишків на теплових електростанціях;
- розширення виробництва будівельних матеріалів з фосфогіпсу, а також організація постачання останнього для меліорації солончакових ґрунтів;
- істотне збільшення (в 2 рази впродовж останніх 5—6 років) виробництва стінової кераміки з відходів вуглезбагачення, а також використання останніх для виробництва цегли;
- збільшення використання вапнякових відходів для виробництва вапнякового борошна й цементу, а також використання вапняково-сульфатних відходів для вапнування кислих ґрунтів у сільському господарстві;
- повне перероблення кускових відходів деревини на тріски для технологічних потреб, а також брикетування стружки й тирси для використання як палива або для виробництва гідролізно-дріжджової продукції;
- регенерація всього обсягу відпрацьованих формових сумішей ливарного виробництва з метою зменшення споживання формових пісків, а також використання залишків у виробництві будівельних матеріалів.

14.5. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВІЙСЬКОВО-ПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Основним завданням у сфері екології військово-промислового комплексу (ВПК) є організація системи екологічного моніторингу за станом гарнізонів і підприємств ВПК та включення її до системи державного моніторингу навколишнього природного середовища. Особливо важливе завдання полягає у формуванні екологічного світогляду і природоохоронної правової свідомості особового складу армії та робітників і службовців підприємств ВПК.

Для забезпечення екологічної безпеки військової діяльності та здійснення конверсії ВПК потрібно спрямувати зусилля на розроблення й виробництво сучасних зразків природоохоронної техніки, розв'язання проблем стабілізації та поліпшення екологічного стану Чорноморського флоту, особливо берегових структур, акваторій базування кораблів.

Слід забезпечити екологічно безпечне використання в навчально-бойовій та виробничій діяльності водних акваторій, земель і об'єктів, що перебувають у підпорядкуванні ВПК, ліквідувати наслідки екологічної шкоди, заподіяної військово-оборонною діяльністю.

Метою створення єдиної державної системи попередження і реагування на катастрофи, надзвичайні ситуації та аварії є систематичний контроль за екологічно небезпечними об'єктами й процесами техногенного середовища для регулювання стану безпеки та розвитку техногенних екологічних навантажень, запобігання аваріям, катастрофам і надзвичайним ситуаціям, їх прогнозування та мінімізація наслідків. Для цього потрібно створити автоматизовані системи оцінки ризику і прогнозування надзвичайних ситуацій, розробити й впровадити базове нормативно-методичне забезпечення системи запобігання аваріям та подолання їх наслідків.

14.6. ЗБАЛАНСОВАНЕ ВИКОРИСТАННЯ І ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ

Рациональне природокористування передбачає відтворення спожитих відновних первинних природних ресурсів і мінімальне споживання невідновних при одночасному мінімальному утворенні неутилізовуваних відходів, які потрапляють у навколишнє природне середовище.

Концептуальною основою Державної програми раціонального використання природних ресурсів є принцип дотримання балансу між негативним впливом антропогенної діяльності на об'єкти навколишнього природного середовища та їх здатністю до самозбереження і самовідновлення. Державна політика охорони і раціонального використання природних ресурсів визначається системою правових, організаційних, економічних та інших заходів, що мають природоохоронний, ресурсозбережний та відтворювальний характер.

Земельні ресурси

З метою раціонального використання земельних ресурсів здійснюють інвентаризацію земель, що закріплені за населеними пунктами, промисловими підприємствами, установами й організаціями транспорту, зв'язку, оборони, лісового фонду, інших земель і виявляють площі, що належать до загальнодержавної та комунальної власності, резервуються для науково-дослідної діяльності та спеціалізованого сільськогосподарського виробництва, природоохоронного рекреаційного призначення. Створюється також державний реабілітаційний фонд земель з угідь, що потребують вжиття заходів для відновлення їх родючості. Проводять кадастрову оцінку земель.

Здійснюють оптимізацію структури угідь та формування високопродуктивних екологічно стійких агроландшафтів. Для цього розорюваність орних земель потрібно зменшити до 50 %, частку лук, пасовищ і сіножатей збільшити до 20 %. Площі земель природоохоронного фонду передбачається довести до середньосвітового рівня — 5 %.

Впроваджується ґрунтозахисна система землеробства з розширенням площ безполіцевого обробітку ґрунту, щільванням ріллі, смуговим розміщенням посівів і парів, першочерговим залуженням та консервацією сильноеродованих та схилових земель. Розробляються проекти землеустрою з контрольно-меліоративною організацією територій, відповідно до яких створюються захисні лісові насадження, будівництво протиерозійних гідротехнічних споруд.

Однією з найважливіших проблем є рекультивация порушених земель, площа яких становить понад 190 тис. га, відновлення їх ґрунтового покриву і повернення в сферу народного господарства. Рекультивация земель має здійснюватися на ландшафтно-екологічних принципах, які передбачають оптимальне співвідношення різних напрямів відновлення порушених територій, створення високопродуктивних ценозів, підвищення родючості рекультивованих ґрунтів та запобігання негативному впливу техногенних утворень на довкілля.

Важливим напрямом раціонального використання земельних ресурсів є поліпшення екологічного стану зрошуваних земель, на яких виникає підтоплення, вторинне засолення, водна ерозія, руйнація природної структури ґрунтів тощо. На діючих зрошувальних системах створюють такі технології водокористування, які враховують рівень фізіологічних потреб сільськогосподарських культур, зміни мікроклімату зрошуваних ділянок та забезпечують відповідні врожаї без деградації земель. Для поліпшення меліоративного стану осушених земель потрібно збільшити посіви багаторічних трав до 50—60 % загальної площі і досягти того, щоб системи двостороннього регулювання водного режиму становили близько 70 % площі.

Водні ресурси

Раціональне використання та відтворення водних ресурсів і екосистем спрямоване на забезпечення стійкого функціонування водних екосистем, захист, збереження та відновлення водних ресурсів. Використання водних ресурсів має спрямовуватись на забезпечення здоров'я населення та створення достатнього водно-ресурсного потенціалу для потреб сільськогосподарського, комунального та рибного господарства, промисловості, енергетики, транспорту тощо.

Стратегія гармонійного розвитку виробництва та водоохоронних заходів має сприяти як задоволенню потреб у продукції та послугах, так і екологічній безпеці людини та водних екосистем. Цього можна досягти в разі ефективного розвитку техніки і технологій виробництва, застосування передових методів очищення стічних вод, перероблення відходів та реалізації заходів щодо запобігання аваріям і удосконалення системи управління й моніторингу.

Для досягнення поставленої мети потрібно сформуванню ефективної організаційно-правової системи функціонування водних об'єктів, здійснити зонування території за показником екологічного ризику, формування заповідних територій та вдосконалення методів контролю й оцінки стану водних об'єктів і антропогенного впливу на них. Слід запровадити платне водоспоживання з урахуванням складу і властивостей стічних вод та розробити нормативи якості природних вод для різних водокористувачів.

Одночасно зі структурною і технологічною перебудовою промисловості, передусім у паливно-енергетичному комплексі, чорній металургії та хімічній промисловості, потрібно запровадити високоефективні системи очищення стічних вод, системи оборотного та повторного водокористування, ефективні системи очищення викидів в атмосферу, системи захисту від шкідливого впливу поверхневого стоку. Потрібно розробити і впровадити новітні технології очищення поверхневого стоку, промислових і господарсько-побутових стічних вод на основі застосування модульно-ланцюгової системи поступового відбору та утилізації важких металів і хіміко-токсичних речовин з кінцевим доочищенням на загальноміських чи районних очисних спорудах.

Корисні копалини

Програма охорони, раціонального використання та відновлення надр передбачає:

- збалансоване видобування та перероблення мінерально-сировинних ресурсів за умов економічно достатнього забезпечення промисловості, енергетики, сільськогосподарства, будівництва тощо;
- забезпечення максимального резервування покладів корисних копалин;
- рекультивацію земель від відходів та відпрацьованих підземних виробок і відкритих кар'єрів;

- ▶ мінімізацію використання надр для поховання відходів у зв'язку з практичною відсутністю закритих геологічних структур. Розвиток мінерально-сировинного комплексу передбачається здійснювати за такими основними напрямками:
 - ▶ розширення мінерально-сировинної бази діючих підприємств, що використовують власну сировину (нафту, природний газ, вугілля, чорні метали, титанову сировину, уран, неметали та будівельні матеріали);
 - ▶ максимальне використання техногенних родовищ корисних копалин;
 - ▶ створення національної мінерально-сировинної бази для діючих підприємств, які використовують імпортовану сировину (мідь, цинк, свинець, олово, вольфрам, молібден, ніобій, тантал, фосфорити та ін.) та мінерально-сировинної бази нових, нетрадиційних для України, корисних копалин (лантаніди, ітрій, скандій, золото, алмази, платиноїди) для забезпечення потреб авіаційної та космічної промисловості, приладобудування, електроніки, радіотехніки та інших галузей промисловості;
 - ▶ геологічне вивчення й оцінка мінерально-сировинної бази Світового океану, насамперед у межах акваторій Чорного й Азовського морів.

Атмосферне повітря

З метою стабілізації стану повітряного басейну та поліпшення якості повітря потрібно розробити стандарти якості атмосферного повітря. При цьому слід узгодити їх з міжнародною системою стандартів і створити нову систему екологічного нормування введеними технологічними стандартами і нормативів утворення забруднювальних речовин під час здійснення технологічних процесів. Потрібно також розробити технологічні нормативи на основні забруднювальні речовини з урахуванням можливостей новітніх технологій та здійснити перехід до міжнародних стандартів і нормативів.

Ресурси флори й фауни, рекреаційна та заповідна справа

Стратегія лісокористування визначається зростаючими потребами в деревинній сировині в умовах значного лісодефіциту та різким зростанням кліматорегулювальної, захисної, санітарно-гігієнічної, рекреаційно-туристичної та естетичної ролі лісів в умовах екологічної кризи. Визначальним принципом раціонального використання деревинних ресурсів має стати безвідходне лісокористування. Потужним резервом додаткового отримання сировини є значне збільшення використання деревинної біомаси (до 80 % порівняно із сучасним — 48 %) без шкідливого впливу на родючість ґрунтів та рослинні ресурси. Це забезпечуватиметься за рахунок створення і широкого впровадження безвідходних та маловідходних технологій.

Розширення сировинної бази целюлозно-паперової промисловості на основі плантаційного лісорозведення, впровадження в лісопереробному комплексі ресурсозберігаючих технологій, використання заміників і вторинної сировини дадуть змогу, починаючи з 2015 р., щороку економити 2220 тис. м³ деревини. Відновлення сировинної бази дикорослих плодів, грибів, ягід та лікарських рослин стане можливим завдяки створенню штучних агроплантацій. Рациональне використання та відтворення лісових ресурсів потребує створення системи моніторингу лісів, що стане засобом управління лісовим господарством унаслідок оптимізації системи лісокористування та запобігання критичним екологічним явищам і процесам.

Розвиток заповідної справи і збереження біоресурсів передбачає створення оптимальної репрезентативної мережі природно-заповідного фонду України і резервування в процесі земельної реформи цінних для заповідання природних територій та об'єктів. Зберігання та рациональне використання ресурсів флори й фауни здійснюватиметься на основі:

- організації комплексного моніторингу стану популяцій тваринного й рослинного світу та створення і ведення державного кадастру;
- розроблення та впровадження сучасних наукових методів оцінки оптимальних рівнів використання біологічних ресурсів;
- розроблення та впровадження державних регіональних і міждержавних програм з охорони, використання та відтворення видів рослинного й тваринного світу, яким загрожує зникнення внаслідок негативно впливу господарської діяльності.

Програма реабілітації та рационального використання природних лікувальних ресурсів передбачає здійснити наукові розробки оцінки перспективних рекреаційних територій державного значення, картування й затвердження їх як зон чи територій, що не підлягають приватизації, провести роботи з медичного зонування курортно-рекреаційних територій України, а також складання територіальних комплексних схем охорони навколишнього природного середовища основних курортно-рекреаційних регіонів.

14.7. ЕКОЛОГІЧНА КОНВЕРСІЯ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Екологічна криза в країні може бути подолана за умови екологічної конверсії антропогенної діяльності, спрямованої на виконання Державної програми охорони довкілля, рационального використання природних ресурсів та екологічної безпеки. Це означає, що всі види антропогенної діяльності потрібно екологізувати. *Під екологізацією розуміють поширення екологічних принципів та підходів на всі сфери життєдіяльності людського суспільства: культуру, науку, виробництво та соціальні явища.*

Першочерговим завданням є запровадження загальної екологічної освіти та виховання з метою формування екологічно свідомого ставлення до навколишньої природи, встановлення гармонійних зв'язків між нею та

антропогенною діяльністю. З цією метою слід переглянути традиційно усталені пріоритети, які були спрямовані тільки на максимізацію задоволення людських потреб. У відносинах між природою та потребами людського суспільства потрібно визначити науково обґрунтований оптимум, коли якість життя людини, що визначається сукупністю екологічних, матеріальних, духовних та соціальних запитів, забезпечуватиметься з урахуванням можливостей природного розвитку як окремих екосистем, так і біосфери загалом, не порушуючи встановленої в природі динамічної рівноваги.

Екологізація матеріального виробництва, виходячи з поглядів М. Пура (Poore, 1982), має здійснюватись при виконанні трьох умов у природокористуванні:

- максимальна ефективність користування природними ресурсами;
- відтворення природних ресурсів та захист їх від виснаження;
- найдоцільніші способи використання природних ресурсів.

До цих трьох основних принципів варто додати четвертий:

- мінімізація розсіюваних відходів, які забруднюють навколишнє природне середовище (А. К. Запольський).

Як бачимо, в основі екологізації виробництва лежить раціональне природокористування. Екологізація виробництва чи іншого об'єкта господарювання належить здійснювати із запровадженням екологічно безпечних, так званих зелених технологій — безвідходних та маловідходних, тобто таких, які для цього етапу розвитку науки й техніки характеризуються максимальним виходом продукту при мінімальних витратах сировини, енергії та інших матеріалів і мінімальному утворенні розсіюваних та неутилізованих відходів, що забруднюють навколишнє природне середовище. Здійснити екологізацію виробництва можливо тільки на основі ґрунтовних знань сучасних досягнень екології та інших фундаментальних наук, техніки й технології конкретного виробництва.

Щоб екологізувати виробництво або той чи інший об'єкт господарської діяльності, потрібно провести *екологічний аудит* з метою встановлення справжньої екологічної ситуації на об'єкті. При цьому слід скласти матеріальний і енергетичний баланси виробництва. Тільки на їх основі можна встановити фактичні обсяги витрат сировинно-енергетичних ресурсів та утворюваних відходів. Після цього їх належить порівняти з тими, що використовують при застосуванні кращих альтернативних технологій і характеризуються вищими техніко-економіко-екологічними показниками. В результаті такого аналізу розробляють еколого-економічне обґрунтування реконструкції або будівництва нового виробництва та план заходів щодо екологізації аналізованого діючого виробництва. У цьому плані мають бути відображені перелік планованих заходів удосконалення технологічного процесу виробництва, термін їх виконання, матеріальні витрати (вартість робіт) та виконавці. На основі запровадження «зелених» технологій виробляють екологічно безпечну продукцію.



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) сформулювати основні пріоритети навколишнього природного середовища і раціонального використання природних ресурсів;
- 2) перелічити основні завдання Державної програми охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки;
- 3) схарактеризувати стратегію і тактику розвитку виробничого природно-ресурсного потенціалу різних галузей господарства;
- 4) накреслити основні шляхи використання великотоннажних відходів виробництва;
- 5) схарактеризувати основні завдання у вирішенні екологічних проблем військово-промислового комплексу;
- 6) сформулювати основні завдання збалансованого використання та відновлення природних ресурсів: земельних, водних, атмосферного повітря, корисних копалин, флори й фауни тощо;
- 7) дати визначення понять «екологічна конверсія», «екологізація виробництва», «зелені» технології.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. У чому полягають основні пріоритети навколишнього природного середовища і раціонального використання природних ресурсів?
2. Які основні завдання Державної програми охорони навколишнього природного середовища?
3. Як здійснюється державна політика у сфері охорони довкілля, природокористування та забезпечення екологічної безпеки?
4. Як здійснюватиметься подолання проблем техногенно-екологічної безпеки?
5. У чому полягає стратегія і тактика розвитку виробничого та природно-ресурсного потенціалу в різних галузях господарства — металургії, хімічній та нафтохімічній промисловості, машинобудуванні, енергетиці, сільському й житлово-комунальному господарстві, харчових виробництвах, транспорті тощо?
6. Які основні завдання щодо утилізації та перероблення промислових відходів?
7. Які основні заходи передбачаються щодо використання великотоннажних відходів виробництва?
8. Які основні екологічні завдання у сфері військово-промислового комплексу?
9. У чому полягають основні завдання збалансованого використання і відновлення природних ресурсів (землі, води, повітря, корисних копалин, флори й фауни)?
10. Що розуміють під «екологічною конверсією», «екологізацією виробництва»?
11. Дайте визначення поняття «зелені технології» і сформулюйте їх головні ознаки.

ТЕМИ РЕФЕРАТІВ

1. Сучасні екологічні проблеми біосфери.
2. Сучасні екологічні проблеми в Україні.
3. Сучасна екологічна ситуація в Україні.
4. Екологічний стан гідросфери в Україні.
5. Екологічний стан атмосфери в Україні.
6. Екологічний стан літосфери в Україні.
7. Рациональне використання природних ресурсів у різних галузях (металургійній, хімічній, будівельній, енергетичній, харчовій тощо) господарства.
8. Екологічні проблеми в різних галузях господарства (енергетиці, хімії, металургії, машинобудуванні, будівництві, харчовому виробництві тощо).
9. Подолання екологічних проблем в Україні.
10. Україна на шляху до сталого розвитку.
11. Енергозбереження в різних галузях промисловості (металургії, машинобудуванні, виробництвах харчових продуктів тощо).
12. Утилізація відходів у різних галузях промисловості (енергетиці, металургії, хімії, нафтохімії, харчових продуктів, будівництві тощо).
13. Використання вторинних енергетичних ресурсів. -
14. Нетрадиційні джерела енергії.
15. Екологічний аудит.
16. Екологічний менеджмент.
17. Екологізація виробництв (металургійного, машинобудівного, будівельного, харчових продуктів тощо).
18. Еволюція взаємовідносин людини з навколишнім природним середовищем.
19. Комплексна переробка сировини в різних галузях промисловості (хімічній, харчовій, будівельній тощо).
20. Екологічна конверсія виробництв (металургійного, хімічного, енергетичного, харчових продуктів тощо).

- АБІОТИЧНІ ФАКТОРИ СЕРЕДОВИЩА** — компоненти та явища неживої неорганічної природи, які прямо чи опосередковано діють на живі організми.
- АВТОТРОФИ** — живі організми, здатні утворювати органічні речовини з неорганічних за допомогою сонячної енергії (фотосинтез) або енергії хімічних процесів (хемосинтез).
- АДАПТАЦІЯ** — пристосування організмів до умов існування, що виробляється в процесі еволюції.
- АКЛІМАТИЗАЦІЯ** — процес пристосування тваринних і рослинних організмів до умов існування, що зазвичай пов'язано зі штучним або природним розселенням їх поза межами історичних ареалів.
- АМЕНСАЛІЗМ** — форма біотичних відносин між організмами, за якої популяція (інгібітор) пригнічує ріст і розмноження іншої, зазначаючи при цьому відповідного впливу.
- АНАБІОЗ** (від грец. anabios — оживання) — здатність організмів переживати несприятливі умови (зміну температури, відсутність вологи та ін.) в стані, за якого різко знижується обмін речовин, немає видимих проявів життя. Після настання сприятливих умов організм оживає (нематоди, коловоротки тощо).
- АНТРОПОГЕННА ДІЯЛЬНІСТЬ** (від грец. anthropos — людина) — діяльність людини.
- АНТРОПОГЕННІ ФАКТОРИ** — фактори, зумовлені діяльністю людини (газодимові викиди, стічні води, шуми, вібрація, радіація, які забруднюють довкілля).
- АРЕАЛ** (від лат. area — площа, простір) — зона поширення на земній поверхні будь-якого виду або іншої таксономічної групи, угруповання тварин чи рослин.
- АТМОСФЕРА** (від грец. atmos — пара і сфера) — газова оболонка Землі або інших небесних тіл.
- АУТЕКОЛОГІЯ** — розділ екології, що вивчає пристосованість окремих видів рослин і тварин до умов середовища та способи життя виду.
- БІОГЕНЕЗ** (від грец. bios — життя і genesis — походження) — концепція походження життя, яка стверджує, що між живою та неживою матерією пролягає неподоланна перешкода, а отже, все живе може походити лише від живого.
- БІОГЕОХІМІЧНИЙ КОЛООБІГ** — переміщення і перетворення хімічних елементів через косну та органічну природу за активної участі живої речовини. Хімічні елементи циркулюють у біосфері різними шляхами біологічного колообі-

- гу: поглинаються живою речовиною і заряджаються енергією, потім залишають живу речовину, віддаючи накопичену енергію у навколишнє середовище.
- БІОГЕОЦЕНОЗ** (від грец. *bios* — життя, *geo* — земля і *koipnos* — загальний) — однорідна ділянка суходолу чи водної поверхні з певним складом живих (біоценоз) та неживих (приземний шар атмосфери, ґрунт, вода, сонячна енергія) компонентів, що динамічно взаємодіють між собою в процесі обміну речовин та енергії.
- БІОЛОГІЧНИЙ КОЛООБІГ** — перенесення речовин та енергії, яке переважно здійснюється за допомогою трофічних ланцюгів. У живих організмах (продуцентах) відбувається перетворення неорганічних сполук на органічні, які в процесі їх життєдіяльності повертаються в ґрунт, воду, атмосферу з частиною органічної речовини або з відмерлими організмами, що входять до складу біогеоценозу.
- БІОЛОГІЧНИЙ ЦИКЛ** — сукупність стадій, які проходить живий організм, починаючи від злиття статевих клітин (гамет) до його смерті.
- БІОМ** (від англ. *biome* і грец. *bios* — життя і лат. *omata* — ота — закінчення, що означає сукупність) — велика регіональна або субконтинентальна біосистема, яка характеризується будь-яким основним типом рослинності або іншою характерною особливістю ландшафту.
- БІОМАСА** — загальна маса живої речовини, накопичена в популяції, біоценозі чи біосфері на будь-який момент часу; виражається в одиницях сирової чи сухої маси або енергії на одиницю поверхні чи об'єму. Можна говорити про рослинну біомасу, біомасу комах, трав'янистих, хижаків тощо.
- БІОСФЕРА** — частина планети Земля, до якої входить нижня частина атмосфери, вся гідросфера та верхня частина літосфери і яку заселяють живі організми.
- БІОТА** (від грец. *biote* — життя) — історично сформована сукупність рослин і тварин, об'єднаних спільною зоною поширення.
- БІОТЕХНОЛОГІЯ** — мікробіологічний синтез за допомогою бактерій білка та інших органічних речовин на основі відходів сільського господарства, деревини чи нафтопродуктів.
- БІОТИЧНІ ФАКТОРИ** — сукупний вплив життєдіяльності одних організмів на інші. Вплив може бути прямим чи опосередкованим. Пряма взаємодія живих організмів називається гомотипічною для особин одного виду і гетеротипічною — для особин різних видів. Прямий Б. ф. — трофічний, характеризується якістю, кількістю і доступністю. Опосередковані Б. ф. — добрива, розпушення ґрунту, затемнення тощо.
- БІОТОП** — ділянка суходолу чи водойми з однотипними умовами рельєфу, клімату та інших абіотичних факторів, яку займає певний біогеоценоз.
- БІОЦЕНОЗ** (від грец. *bios* — життя і *koipnos* — загальний) — сукупність усіх живих організмів екосистеми, які взаємодіють між собою за допомогою трофічних або просторових зв'язків і населяють один і той самий біотоп.
- БІОЦЕНОЛОГІЯ** — наука, яка вивчає біоценози, їх будову, розвиток, взаємовідносини з навколишнім середовищем, розподіл у просторі та часі, походження.
- БОЛОТА** — особливий тип прісноводних екосистем, для яких характерні надлишкова вологість, наявність вологолюбної рослинності, процес формування торфу (не менш як 30 см завтовшки).
- ВИД** (біологічний) — сукупність організмів зі спорідненими морфологічними ознаками, які можуть схрещуватися один з одним і мають спільний генофонд.
- ВІДВАЛИ** — насипи, що утворюються в результаті розміщення відходів на спеціально відведених площах.
- ВІДХОДИ** — це не використовувані безпосередньо в місцях їх утворення відходи виробництва, побуту, транспорту та інші, які можуть бути реально чи потенційно використані як продукти в інших галузях господарства або під час регенерації.

ВТОРИННІ ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ – енергія різних видів, що вивільняється з технологічного процесу чи установки, використання якої не є обов'язковою для здійснення основного технологічного процесу (гудрон, мазут та інші залишкові продукти переробки нафти, гаряча вода із системи охолодження, відпрацьована пара силових промислових установок тощо).

ГАЛОФІТИ (від грец. hals (halos) – сіль і phyton – рослини, які ростуть на засолених ґрунтах (кермелик, солерка, полин та ін.).

ГЕЛІОФІТИ (від грец. helios – сонце і phiton – рослина) – світлолюбні рослини, що ростуть на відкритих, постійно і добре освітлених місцях (мареві, молочайні, гвоздичні та ін.).

ГЕТЕРОТРОФИ – живі організми, що живляться готовими органічними речовинами. Всі тварини, деякі судинні рослини (паразити, гриби) і бактерії, багато мікроорганізмів та людина – гетеротрофи.

ГІДРОСФЕРА (від грец. hydor – вода, vologa і сфера) – переривчаста оболонка Землі, що розташована між атмосферою й земною корою (літосферою) і до якої входять океани, моря, озера, водосховища, ріки та болота, льодовики і підземні води.

ГОМЕОСТАЗ (від грец. homoiios – подібний і stasis – стояння) – фізіологічна сукупність складних пристосувальних функцій організму тварини і людини, спрямованих на виключення або максимальне обмеження дії різних факторів внутрішнього чи зовнішнього середовища, що порушують відносну динамічну сталість внутрішнього середовища організму (наприклад, сталість температури тіла, кров'яного тиску, вмісту глюкози в крові тощо). Здатність до авторегуляції біологічної системи при зміні умов середовища.

ГРАНИЧНО ДОПУСТИМА КОНЦЕНТРАЦІЯ (ГДК) ПОЛЮТАНТА – максимальний вміст його у природному середовищі (воді, повітрі, ґрунті) або продукті, який не знижує працездатності та самопочуття людини, не шкодить її здоров'ю у разі постійного контакту, а також не спричинює небажаних (негативних) наслідків у нащадків.

ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИЙ СКИД (ГДС) У ВОДОЙМУ – маса забруднювальних речовин у стічних водах, що максимально дозволена для відведення у певному пункті за одиницю часу з метою забезпечення норм якості води в контрольному пункті.

ГРАНИЧНО ДОПУСТИМІ ВИКИДИ (ГДВ) – максимальна кількість шкідливих речовин під час викиду в повітрі за одиницю часу, що не перевищує ГДК забрудників повітря на межі санітарної зони.

ҐРУНТ – верхній шар земної кори, що утворився під впливом природних факторів (клімат, рослини й тваринні організми, рельєф, геологічні відклади), і є самостійним природним утворенням.

ГУМУС (ПЕРЕГНІЙ) – темнозбарвлена органічна речовина ґрунту, що утворюється внаслідок біохімічного розкладання рослинних та тваринних решток і накопичується у верхньому шарі ґрунту.

ДЕМЕКОЛОГІЯ – екологія популяцій (популяційна екологія).

ДЕМОГРАФІЯ – наука про народонаселення, його географію, структуру, кількісну, просторову та якісну динаміку (чисельність, густоту, вікову і статеву структуру, взаємовідносини).

ДЕПОНУВАННЯ (від лат. deponere – зберігати) – зберігання.

ДЕТРИТ (від лат. detritus – потертий) – продукт механічного руйнування на дрібні частини відмерлих організмів рослин і тварин, завислий у воді або осілий на дні водойми.

ДИВЕРСИФІКАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНА – розподіл екологічних ніш у результаті міжвидової конкуренції.

- ДОБРИВА** — неорганічні речовини, які застосовують у сільському господарстві та риборозведенні для підвищення врожайності культурних рослин і рибопродуктивності ставків.
- ЕВРИБІОНТИ** — організми, що можуть жити при значних змінах факторів навколишнього середовища (пацюки, вовки, очерет та ін.).
- ЕВТРОФІКАЦІЯ** — накопичення у водоймах органічних речовин під впливом антропогенних факторів (забруднення стічними водами) або з природних причин.
- ЕКОЛОГІЗАЦІЯ** — поширення екологічних принципів і підходів на природничі й гуманітарні науки, на виробничі процеси та соціальні явища. У сфері матеріального виробництва екологізація включає три компоненти (М. Пур, 1982): максимальна ефективність користування ресурсами; відтворення ресурсів та їх захист від винищення; найдоцільніші способи використання ресурсів.
- ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА** — виробництво екологічно безпечної продукції за мінімальних витрат природних ресурсів (сировини, енергії, палива та інших матеріалів) з утворенням мінімальної кількості неутилізованих та розсіюваних відходів, які не порушують функціонування природних екосистем.
- ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА** — стан навколишнього природного середовища, що забезпечує збалансований вплив різних факторів і при цьому не порушує функціонування екосистем, здатність біосфери до саморегулювання та не створює небезпеки для здоров'я людей.
- ЕКОЛОГІЧНА ПІРАМІДА** — графічне зображення трофічної структури співтовариства. Основою піраміди є рівень продуцентів (перший трофічний рівень), а надалі по порядку надбудовуються наступні трофічні рівні. Розрізняють піраміду числових величин (чисельність окремих організмів), піраміду біомаси (суха маса, енергетична цінність або інша міра загальної живої речовини) і піраміда енергії (величина потоку енергії або продуктивність на послідовних трофічних рівнях). Е. п. — співвідношення між продуцентами, консументами й редуцентами у природних екосистемах, виражена в їх масі у вигляді графічних моделей.
- ЕКОЛОГІЧНИЙ ВИБУХ** — масове розмноження живих організмів у зоні, до якої вони були завезені випадково або інтродуковані і де не виявилось їхніх природних ворогів (наприклад, інтродукція овець до Австралії).
- ЕКОЛОГІЧНИЙ ПАСПОРТ** — нормативно-технічний документ, де відображено рівень використання підприємством природних ресурсів та його дію на довкілля.
- ЕКОЛОГІЯ ЛЮДИНИ (АНТРОПОЛОГІЯ)** — комплексна наука (частина соціо-екології), що вивчає взаємодію людини як біосциальної істоти зі складним багатоконпонентним навколишнім світом і динамічним середовищем проживання, що постійно ускладнюється.
- ЕКОСИСТЕМА** — єдиний природний або природно-антропогенний комплекс, утворений живими організмами та середовищем їх існування, в якому живі й неживі компоненти поєднані між собою причинно-наслідковими зв'язками, обміном речовин, розподілом потоку енергії.
- ЕКОТОКСИКАНТИ** — шкідливі хімічні речовини, що забруднюють навколишнє середовище та отруюють живі організми, які в ньому знаходяться.
- ЕКОЦИД (БІОЦИД, ЕКОЛОГІЧНА ВІЙНА)** — навмисна дія людини на природу та навколишнє середовище під час військових дій.
- ЕКСПЕРТИЗА ЕКОЛОГІЧНА** — оцінка дій на навколишнє середовище, природні ресурси і здоров'я людей комплексу промислових, господарських та інших об'єктів.
- ЕМЕРДЖЕНТНОСТІ ПРИНЦИП** — властивості цілого неможливо звести до суми властивостей його частин.

- ЕНДЕМІКИ** (від грец. endemos — місцевий) — рослини або тварини з дуже вузьким ареалом, обмежені у своєму поширенні окремою зоною або країною (наприклад, дерево гінґо в китайській провінції Сичуань, вік якого 1000 років).
- ЕНТОМОЛОГІЯ** — розділ зоології, що вивчає комах.
- ЕНТОМОФАУНА** (від грец. entomon — комаха і фауна) — фауна комах.
- ЕПІФІТИ** (від грец. epiha — над, поверх, при, після і rhyton — рослина) — рослини, які живуть на інших рослинах (переважно на стовбурах і гілках), непаразитуючі «повітряні особини», що не мають коренів у ґрунті. Вони поглинають вологу через повітряні корені (орхідеї, омела, лишайники, мохи та ін.).
- ЕРОЗІЯ** (від лат. erosio — роз'їдання ґрунтів) — змивання і розмивання найродючішого шару ґрунту талими і дощовими водами або видування його вітрами.
- ЕТОЛОГІЯ** (від грец. ethos — характер, норів і logos — вчення, наука) — наука про поведінку тварин.
- ЖИВА РЕЧОВИНА** — сукупність та біомаса живих організмів у біосфері.
- ЗАБРУДНЕННЯ** — внесення в навколишнє середовище або виникнення в ньому нових, зазвичай не характерних фізико-хімічних і біологічних речовин, агентів, які негативно впливають на природні екосистеми та людину.
- ЗАБРУДНИК** — будь-який фізичний агент, хімічна речовина або біологічний вид (переважно мікроорганізми), які потрапляють у навколишнє середовище або утворюються в ньому в кількостях, що виходять за межі звичайного та зумовлюють забруднення середовища.
- ЗАКАЗНИКИ** — територія (акваторія), де впродовж кількох років (або постійно) у певні сезони (або цілорічно) охороняються деякі види рослин, тварин чи частини природного комплексу.
- ЗАКОН КОНСТАНТНОСТІ БІОСФЕРИ** (закон константності Вернадського) — кількість живої речовини є планетною константою з часів архейської ери, тобто за весь геологічний період Землі.
- ЗАКОН РІЗНОМАНІТТЯ БІОСФЕРИ (закон Ешбі)** — різноманіття є основною умовою стійкості будь-якої екосистеми і біосфери в цілому.
- ЗАПОВІДАННЯ** — вилучення певної території чи об'єкта в природі зі сфери господарювання з метою підтримання рівноваги природних процесів екосистеми, виключення антропогенного впливу на них, збереження еталонів недоторканої природи як фонових для наукових досліджень, характеру взаємозв'язків між екологічними факторами для збереження й відтворення біоценозів і біотопів.
- ЗАПОВІДНИК** — територія (акваторія) повністю вилучена з господарського користування з метою збереження й вивчення всіх компонентів екосистеми — повітря, природних вод, ґрунтів, гірських порід, рослинного і тваринного світу, пам'яток природи та культури.
- ЗЕМЛЯ** — третя планета Сонячної системи. Має форму геоїда (що означає «землеподібний») і такі розміри: екваторіальний радіус — 6 378 245 м, полярний радіус — 6 356 863 м, площа поверхні — 510 млн км², об'єм — 10⁹ км³.
- ІНТРОДУКЦІЯ** (від лат. introductio — введення) — переселення видів рослин і тварин у місця, де вони раніше не жили.
- ІХТІЛОГІЯ** (від грец. ichthys (ixtio) — риба і логія) — розділ зоології, що вивчає риб.
- ІХТІОФАУНА** (від грец. ichthys — риба і фауна) — фауна риб.
- КАДАСТР** — систематизоване зведення даних, що включає якісний та кількісний опис об'єктів і явищ з їх соціально-економічною оцінкою.
- КАНЦЕРОГЕНИ** (від лат. cancer — рак і грец. genos — походження) — фізичні, хімічні, біологічні речовини або агенти, що спричиняють розвиток злоякісних новоутворень або їх виникнення.

КАТАСТРОФА ЕКОЛОГІЧНА — порушення екологічної рівноваги в природних живих системах, яке зазвичай виникає в результаті прямої або опосередкованої дії антропогенної діяльності. До К. е. належать воєнна, біосферна та ядерна катастрофи, що виявляються у глобальних екологічних наслідках застосування зброї масового знищення. К. е. — необоротний характер змін, що відбулися в екосистемах чи біосфері.

КИСЛОТНІ ОПАДИ — будь-які види опадів (дощ, сніг, туман) з $\text{pH} < 7,0$, тобто такі, що мають кислу реакцію. Такі опади зумовлюються наявністю оксидів сульфору, нітрогену та фторид- і хлорид-йонів.

КЛІМАКС — співтовариство рослин, що перебувають у рівновазі з кліматом та різними екологічними факторами біотопів і тому не здатних до наступної еволюції за відсутності будь-яких пертурбацій.

КЛІМАТ — статистичний багаторічний режим погоди, який є однією з основних характеристик місцевості.

КОМЕНСАЛІЗМ (від франц. *comensal* — співтрапезник) — форма взаємовідносин двох видів, коли один живиться за рахунок другого, не приносячи йому ніякої шкоди (раки-самітники, до раковин яких прикріплюються актинії).

КОНКУРЕНЦІЯ — використання деяких ресурсів (їжі, води, світла, простору) будь-яким організмом, який тим самим зменшує доступність цього ресурсу для інших організмів. Конкуренція буває внутрішньовидова та міжвидова.

КОНСУМЕНТИ — організми, що споживають органічну речовину, створену продуцентами або перетворену консументами більш низьких рівнів екологічної піраміди.

КОНЦЕНТРАЦІЯ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМА (ГДК) — максимальна кількість речовини в навколишньому середовищі, яка практично не впливає негативно на живі організми, в тому числі й людину.

КРИЗА ЕКОЛОГІЧНА — ситуація, яка виникає в природних екосистемах у результаті порушення рівноваги під дією стихійних природних явищ або в результаті антропогенних факторів (зарегулювання рік, вирубування лісів, забруднення атмосфери, гідросфери, ґрунтів та ін.).

КСЕНОБІОТИКИ (від грец. *ксенос* — чужий) — чужорідні для організмів шкідливі речовини (пестициди, препарати побутової хімії, лікарські засоби тощо), які, потрапляючи в навколишнє середовище у значних кількостях, спричинюють загибель організмів та порушують нормальний перебіг природних процесів у біосфері.

ЛІМІТУЮЧИЙ ФАКТОР — екологічний фактор (світло, температура, ґрунт, біогенні речовини тощо), який за певного набору умов навколишнього середовища обмежує будь-який прояв життєдіяльності організмів.

ЛІСОВІДНОВЛЕННЯ — вирощування штучно створених лісів на вирубках та згарищах.

ЛІСОРозВЕДЕННЯ — створення і вирощування лісу на територіях, що раніше не знаходилися під лісонасадженнями.

ЛІТОСФЕРА (від грец. *lithos* — камінь і *сфера*) — земна кора — верхня тверда оболонка Землі, розташована на мантії.

МАГНІТОСФЕРА ЗЕМЛІ — магнітне поле планети Земля, що утворює зону навколорозетного простору, в якій напруженість її електромагнітного поля перевищує напруженість такого самого поля космічного простору.

МЕТАБОЛІЗМ (від грец. *metabol* — зміна, перетворення) — сукупність хімічних процесів, які відбуваються в організмі і становлять основу його життєдіяльності.

МІГРАЦІЯ ТЕХНОГЕННА — переміщення на великі відстані сировини, продуктів виробництва, відходів.

- МОДУЛЬ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ (МТН)** — річний обсяг полютантів у газових викидах в атмосферне повітря, стічних водах у водойми та неутилізованих твердих відходів антропогенної діяльності (тис. т або км³/рік).
- МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНИЙ** — комплексна науково-інформаційна система спостереження, оцінювання і прогнозування зміни стану навколишнього середовища і живих організмів під впливом антропогенних факторів.
- МУТАЦІЯ** (від лат. mutatio — зміна, переміна) — раптова природна або штучно створена стійка зміна спадкових структур, що відповідають за збереження генетичної інформації і передачу її від клітини до клітини та від предка до нащадка.
- МУТУАЛІЗМ** (від лат. mutus — взаємний) — одна з форм симбіозу, за якої кожний із організмів отримує відносно однакову користь, при чому ці організми не можуть існувати один без одного (наприклад, лишайники — тісне співжиття гриба і водорості).
- НАПШПРОДУКТ** — матеріал, який використовують як сировину, що вже зазнала промислової переробки (наприклад, цукор у виробництві продуктів харчування, промислові відходи тощо).
- НІША ЕКОЛОГІЧНА** — загальна сума всіх вимог організму до умов існування, включаючи зайнятий ним простір, функціональну роль у співтоваристві (наприклад, трофічний статус) і його толерантність щодо факторів середовища температури: вологості, кислотності, складу ґрунту та ін. Н. е. — місце виду в екосистемі, зумовлене його біотичним потенціалом і сукупністю факторів зовнішнього середовища, до яких він пристосований.
- НООСФЕРА** (від грец. noos — розум і сфера, куля; «сфера розуму») — вища стадія розвитку біосфери, пов'язана з виникненням і становленням у ній цивілізованого суспільства та з періодом, коли розумова діяльність людини стала головним, визначальним фактором розвитку.
- ОЗОНОВА ДІРА** — простір в озоносфері (шар атмосфері з найбільшою концентрацією озону на висотах 20—25 км) планети Земля з дуже зниженням (до 50 % і більше) вмістом озону.
- ОНТОГЕНЕЗ** (від грец. on (ontos) — єство і genesis — походження) — сукупність перетворень, які зазнає організм окремої рослини чи тварини від зародження до смерті.
- ОРНІТОЛОГІЯ** — розділ зоології, що вивчає птахів.
- ОРНІТОФАУНА** (від грец. ornithos (ornithos) — птах і фауна) — фауна птахів.
- ОХОРОНА ПРИРОДИ** — загальне позначення системи заходів (технологічних, економічних, адміністративно-правових, міжнародних, біотехнічних, просвітницьких тощо), що забезпечує можливість збереження природою ресурсів і середовищевідтворювальних функцій генофонду, а також збереження невідновлюваних природних ресурсів.
- ОХОРОННІ ПРИРОДНІ ТЕРИТОРІЇ** — це території, в межах яких забезпечується їх охорона від традиційного господарського використання і підтримання природного стану для збереження екологічної рівноваги та використання в наукових, навчально-просвітницьких і культурно-естетичних цілях.
- ПАЛЕОЕКОЛОГІЯ** (від грец. palaios — стародавній і екологія) — розділ палеонтології, який вивчає умови існування, спосіб життя та взаємозв'язок тварин і рослин у минулі геологічні епохи.
- ПАМ'ЯТКА ПРИРОДИ** — окремий природний об'єкт (водоспад, печера, гейзер, унікальні ущелини, вікові дерева та ін.), що мають науковий, історичний і культурно-естетичний здобуток.
- ПАЗАРИТИЗМ** — форма взаємовідносин між організмами, за якої один з них (паразит) живе за рахунок живлення тканинами або соками іншого (хазяїна) і тісно пов'язаний з ним у своєму життєвому циклі.

ПАРНИКОВИЙ ЕФЕКТ — поступове потепління клімату на нашій планеті в результаті збільшення концентрації в атмосфері антропогенних домішок (оксиду карбону (IV), метану, оксиду нітрогену (II), азоту, озону, фреонів), які, пропускаючи сонячні промені, перешкоджають проходженню довгохвильового теплового випромінювання із земної поверхні.

ПЕДОСФЕРА (від грец. pais (paidos) — дитина і сфера) — ґрунтовий покрив біосфери.

ПЕСТИЦИДИ (отрутохімікати) — хімічні препарати для боротьби зі шкідниками і хворобами рослин, бур'янами, шкідниками зернопродуктів, деревини, шкіри, а також з комахами і кліщами — переносниками інфекційних хвороб людини і тварин.

ПІДТОПЛЕННЯ — підвищення рівня ґрунтових вод, зумовлене створенням гідротехнічних споруд (водосховищ, гребель, каналів та ін.) і підпором поверхневих вод, а також недосконалим зрошенням сільськогосподарських земель.

ПОГЛИНАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ ЛІСУ — здатність лісних формацій поглинати атмосферні забруднення як газоподібні (оксид карбону (IV), оксиди нітрогену, оксид сульфору (IV), озон та ін.); так і тверді випадіння (пил, важкі метали та ін.).

ПОЛЮТАНТ — забруднювальна речовина.

ПОПУЛЯЦІЯ — сукупність особин одного виду, що відтворюють себе впродовж великої кількості поколінь і тривалий час займають певну територію з відносно однорідними умовами існування.

ПОТРЕБИ ЛЮДИНИ — потреба або нестача в будь-чому необхідному для підтримання життєдіяльності організму, людської особистості, соціальних груп і суспільства в цілому; або стан особини, що створюється ним потребою в об'єктах, які необхідні для його існування та розвитку і є джерелом його активності.

ПРАВИЛА ЕКОЛОГІЧНІ — сукупність природних закономірностей, що визначають функціонування популяцій та екосистеми; реакція живих організмів на стійкі зміни природного середовища.

ПРАВИЛО АЛЛЕНА (1877) — виступаючі частини тіла теплокровних тварин (кінцівки, хвіст, вуха тощо) тим коротші, а тіло тим масивніше, чим холодніший клімат.

ПРАВИЛО БЕРГМАНА (1847) — в межах виду теплокровні тварини більших розмірів трапляються у холодніших областях (підтверджується у хребетних тварин до 50 % випадків, з яких у птахів — 75—80 %).

ПРАВИЛО ГЛОГЕРА (1833) — види тварин, які проживають у холодних і вологих зонах, мають інтенсивнішу пігментацію тіла (частіше чорну або темно-коричневу), ніж мешканці теплих і сухих зон, що дає змогу їм акумулювати достатню кількість теплоти.

ПРАВИЛО ДАРЛІНГТОНА — зменшення площі острова в 10 разів скорочує чисельність видів (амфібій і рептилій), що проживають на ньому, вдвічі.

ПРАВИЛО УОЛЛЕСА (1859) — у міру пересування з півночі на південь спостерігається збільшення видового різноманіття співтовариств організмів.

ПРАВИЛО ШЕЛФОРДА ПАРКА (1929, 1930) — на організми, що проживають у помірних зонах, мають стимулюючий вплив зміни температури середовища.

ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ — теорія і практика раціонального використання людиною ресурсів; сфера громадсько-господарської діяльності, спрямованої на задоволення потреб людства як різноманіття навколишнього середовища, на поліпшення використання природних ресурсів біосфери. Раціональне природокоористування — це система діяльності, що має забезпечити економне використання природних ресурсів і їх відтворення з урахуванням перспективних інтересів розвитку народного господарства та збереження здоров'я людей.

ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ — галузь екологічної науки, що вивчає закономірності взаємодії людського суспільства з біосферою (Всесвітом) з метою забезпечення техногенної безпеки та екологічної рівноваги в процесі антропогенної діяльності, включає охорону довкілля, раціональне природокористування та екологічну безпеку.

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНЕ — наукове передбачення можливого стану природних екосистем та навколишнього середовища, яке визначається природними процесами й антропогенними факторами.

ПРОДУКТИВНІСТЬ ЕКОСИСТЕМИ — кількість живої речовини, що утворюється в екосистемі впродовж одиниці часу на одиниці площі чи об'єму води.

ПРОДУЦЕНТИ — автотрофні (фото- і хемотрофні) організми, що продукують органічну речовину з неорганічної.

ПРОТОЗООЛОГІЯ — розділ зоології, що вивчає найпростіших.

РЕАКЛІМАТИЗАЦІЯ — переселення видів на території, де вони жили раніше, але внаслідок знищення людиною або інших обставин їх не стало.

РЕДУЦЕНТИ — організми, здебільшого мікроорганізми (бактерії, гриби), які в процесі життєдіяльності перетворюють органічні рештки на неорганічні речовини.

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ (від лат. re — повторно і cultivatio — обробиток) — комплекс заходів, спрямованих на відновлення продуктивності порушених земель, а також на поліпшення умов навколишнього середовища.

РЕЛІКТИ (від лат. relictum — залишок) — види або співтовариства рослин і тварин, які збереглися, від зниклих, у минулому широко поширених флор і фаун.

РЕСУРСИ МІНЕРАЛЬНІ — усі складові літосфери, які використовують у господарстві як мінеральну сировину або джерела енергії (добувне паливо, металева і неметалева сировина), належать до вичерпних (невідновлюваних) природних ресурсів.

РЕСУРСИ ПРИРОДНІ — найважливіші компоненти природного середовища, які використовує людство для задоволення матеріальних і культурних потреб суспільства (ресурси тваринного світу, земельні, лісові, водні, рекреаційні, естетичні та ін.).

РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ (РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ) — виробництво і реалізація кінцевих продуктів з мінімальною витратою речовини та енергії на всіх етапах виробничого циклу (від добування до збуту) і з найменшим впливом на природні екосистеми та людину.

РЕУТИЛІЗАЦІЯ — отримання із використаної готової продукції після її переробки нової продукції того самого або близького виду (отримання паперу з макулатури, металу з брухту тощо); використання відходів однієї галузі господарства як вихідної сировини для інших галузей.

РОСЛИНИ ЕНТОМОФІЛЬНІ — рослини, що заплілюються комахами.

РОСЛИНИ КОМАХОЇДНІ (хижаки) — екологічна група автотрофних рослин (близько 500 видів), здатних вловлювати комах і частково їх перетравлювати за допомогою ферментів і органічних кислот, унаслідок чого вони поповнюють нестачу азоту та інших поживних речовин у субстраті (росянки, жирянки, сарацинія пурпурова та ін.).

САМООЧИЩЕННЯ СЕРЕДОВИЩА — природне руйнування або нейтралізація (знешкодження) забрудників навколишнього середовища в результаті фізичних, хімічних і біологічних процесів.

САМОРЕГУЛЯЦІЯ — здатність відновлювати внутрішню рівновагу після будь-якого природного або антропогенного впливу.

- САНІТАРНО-ЗАХИСНА ЗОНА (СЗЗ)** — смуга, що відокремлює промислове підприємство або забруднену ділянку від населеного пункту.
- САПРОФІТИ** — рослини, які ростуть на органічній субстанції, що розкладається.
- СВІТЛОВИЙ РЕЖИМ** — один з провідних абіотичних факторів, який визначає особливості поширення і зміни інтенсивності сонячної енергії, що надходить до природних екосистем.
- СВІТОВИЙ ОКЕАН** — води всіх океанів і внутрішніх морів земної кулі. Площа 361 млн км², тобто 70,8 % поверхні Землі. Запаси вод Світового океану становлять 96,5 % загальної кількості води на планеті (1,5...2,5 млрд м³).
- СЕРЕДОВИЩЕ** — всі тіла і явища, з якими організм має опосередковані взаємовідносини. Сукупність усіх умов, що діють на організм, популяцію чи біоценоз, зумовлюючи відповідну реакцію та забезпечуючи їх існування, обмін речовин, потік енергії.
- СЕРЕДОВИЩЕ НАВКОЛИШНЄ** — поняття, прийняте ЮНЕСКО (Організація об'єднаних націй з питання освіти, науки і культури), яке включає комплекс природних, антропогенних і соціальних чинників життя людини.
- СЕРЕДОВИЩЕ НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ (ДОВКІЛЛЯ)** — середовище, яке тою чи іншою мірою (іноді досить значною мірою) змінене людиною. До нього за змістом близькі: «техногенне середовище»; «антропогенне середовище»; «промислове середовище».
- СЕРЕДОВИЩЕ ПРОЖИВАННЯ** — природні тіла і явища, з якими організм (організми) перебуває в прямих або опосередкованих взаємовідносинах.
- СИМБІОЗ** (від грец. symbiosis — співжиття) — тривале співжиття організмів різних видів, яке зазвичай приносить їм спільну користь (наприклад симбіоз гриба і водорості, які утворюють разом лишайник; рака-самітника і актинії, яка живе на його раковині).
- СИНЕКОЛОГІЯ** — екологія угруповань (співтовариств).
- СИРОВИНА** — природні ресурси, які використовують у виробництві промислових продуктів.
- СМОГ** (від англ. smog (smoke) — дим, кіптява і густий туман) — густий туман, змішаний з димом і кіптявою у великих містах та промислових центрах.
- СОНЯЧНА СТАЛА** — це постійний потік сонячної енергії до зовнішньої поверхні атмосфери Землі, який дорівнює 8,09 Дж/см² (1,93 кал/см²) за 1 хвилину.
- СОЦІОСФЕРА** — сфера суцільної виробничої діяльності, охопленої людською працею. Головні компоненти С. — праця, соціальний обмін речовин і суспільні відносини.
- СПУСТЕЛЕННЯ** — процес, що призводить до втрати природного екосистемного суцільного рослинного покриву з подальшою неможливістю його відновлення без участі людини.
- СТЕНОБІОНТИ** — організми, що можуть жити за дуже незначної зміни факторів середовища (орхідеї, форель та ін.).
- СТІЙКІСТЬ ЕКОСИСТЕМИ** — здатність екосистеми та її окремих частин протидіяти коливанням зовнішніх факторів і зберегти свою структуру та функціональні особливості.
- СТІЧНІ ВОДИ** — води, які відводять після використання в побутовій, промисловій і сільськогосподарській діяльності людини, або які пройшли через будь-яку забруднену територію чи об'єкт.
- СТРЕС** (від англ. stres — напруга) — стан напруги — сукупність захисних фізіологічних реакцій, які настають в організмі тварин і людини у відповідь на дію різних несприятливих факторів (стресорів) — холоду, голоду, психічних і фізичних травм, опромінювання, крововтрати, інфекції тощо.

- СУКЦЕСІЯ** — послідовна зміна біогеоценозів (екосистем) на одній і тій самій території під впливом природних факторів або діяльності людини.
- ТЕРІОФАУНА** (від грец. *therion* — тварина і *фауна*) — фауна тварин.
- ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗВІДХОДНА** — практичне застосування знань, методів і засобів з тим, щоб забезпечити в межах людських потреб як найраціональніше використання природних ресурсів, енергії та захист навколишнього середовища.
- ТЕХНОЛОГІЯ МАЛОВІДХОДНА** — спосіб виробництва продукції, за якого частина сировини і матеріалів переходить у відходи, але шкідливий вплив на навколишнє середовище не перевищує санітарних норм.
- ТОЛЕРАНТНІСТЬ** — витривалість виду відносно коливань будь-якого екологічного фактора, причому діапазон між екологічним мінімумом і максимумом фактора є межею толерантності (від лат. «терпіння»). Закон толерантності запропонований американським зоологом В. Шелфордом (1913) і доповнений Ю. Одумом (1975).
- ТРАНСPIРАЦІЯ** — випаровування води зеленими частинами рослин, причому вона випаровується з усієї зовнішньої та всіх внутрішніх шарів рослин, які контактують з повітрям.
- ТРОФІЧНИЙ ЛАНЦЮГ, АБО ЛАНЦЮГ ЖИВЛЕННЯ**, — сукупність організмів, які послідовно забезпечують перенесення речовин у біогеохімічному циклі. Він, як правило, складається з продуцентів (зелені рослини), консументів — трав'яїдних і м'ясоїдних тварин та деструкторів, які здійснюють мінералізацію органічних решток.
- ТРОФІЧНИЙ РІВЕНЬ** — сукупність організмів, які займають певне становище в загальному ланцюзі живлення.
- УМОВНО ЧИСТА ВОДА** — стічні води, скидання яких у водойму без очищення не призводить до порушення норм якості води у місцях водокористування.
- УРБАНІЗАЦІЯ ПРИРОДИ** — перетворення природних ландшафтів на штучні під впливом міської забудови.
- УРБЕКОЛОГІЯ** (від лат. *urbanus* — міський) — екологія міст, пов'язана з процесами зростання населення та його економічного життя.
- ФАКУЛЬТАТИВНІ ГЕЛІОФІТИ** — тіньовитривалі рослини, які можуть переносити більше або менше затінення, але добре ростуть і на світлі, причому порівняно з іншими рослинами вони легше адаптуються під впливом зміни світлового режиму.
- ФАУНА** (від лат. *Fauna* — богиня лісів і полів, покровителька тварин у римській міфології) — історично сформована сукупність усіх видів тварин, які проживають на певній території (акваторії) й об'єднані в окремі зооценози.
- ФІТОЦЕНОЗ** — сукупність рослинних організмів.
- ФЛОРА** (від лат. *Flora* — богиня квітів і весни у римській міфології) — історично сформована сукупність усіх видів рослин на певній території (акваторії) та об'єднана у природні співтовариства — фітоценози.
- ФОТОСИНТЕЗ** — утворення зеленими рослинами, водоростями та фотосинтезуючими бактеріями складних органічних речовин з простих сполук (наприклад, вуглекислого газу і води) з використанням енергії світла, яка поглинається хлорофілом та іншими фотосинтетично активними пігментами.

- Аверьянова А., Луговский В., Русак И.* Что нужно знать о радиации. — М.: Высш. шк., 1992. — 238 с.
- Адаменко О., Рудько Г.* Екологічна геологія: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. — К.: Манускрипт, 1998. — 370 с.
- Алабовський О. М., Колесникова Н. Ю.* Основи екології: Навч. посіб. для студ. спец.: «Промислова теплоенергетика». — К.: КПІ, 1995. — 76 с.
- Андрейцев В. І.* Екологічне право. — К.: Вентурі, 1996. — 208 с.
- Антропогенное перераспределение органического вещества в биосфере / Под ред. И. С. Коплан-Дикс.* — СПб.: Наука, 1993. — 205 с.
- Баб'як О. С., Біленчук П. Д., Чирва Ю. О.* Екологічне право України: Навч. посіб. — К.: Атіка, 2000. — 216 с.
- Балашенко С. А., Макарова Т. И.* Международно-правовая охрана окружающей среды и права человека: Учеб. пособие. — Минск: «World Wide Printing», 1999. — 256 с.
- Барабой В. А.* Ионизирующая радиация в нашей жизни. — М.: Наука, 1991. — 217 с.
- Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С.* Основи загальної екології: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. — 2-ге вид., переробл. — К.: Либідь, 1995. — 368 с.
- Боков В. А., Луцик А. В.* Основы экологической безопасности: Учеб. пособие. — Симферополь: СОНАТ, 1998. — 224 с.
- Борейко В.Е.* История охраны природы Украины (X век — 1980г.) / Киев. эколого-культ. центр. История охраны природы. Вып. 12, т. 1: X век — 1941 г. — К., 1997. — 299 с.
- Бровдій В. М., Гаца О. О.* Екологічні проблеми України (проблеми ноогеніки): Навч. посіб. з екології / Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. Наук.-дослід. лаб. з пробл. екол. освіти. — К., 2000. — 110 с.
- Воронков Н. А.* Основы общей экологии: Учеб. пособие для студ. вузов и учителей. — М.: Агар, 1997. — 87 с.
- Вронский В. А.* Прикладная экология: Учеб. пособие. — Ростов н/Д: Феникс, 1996. — 512 с.
- Вронский В. А.* Экология: Слов.-справ. — Ростов н/Д: Феникс; М.: Зева, 1997. — 576 с.
- Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Сагет, Б. А. Раевич и др.* — М.: Недра, 1990. — 335 с.
- Гігієна харчування з основами нутриціології / За ред. В. І. Ципріяна.* — К.: Здоров'я, 1999. — 800 с.

- Глухов В. В., Лисочкина Т. В., Некрасова Т. П. Экономические основы экологии: Учеб. — СПб.: Специальная лит., 1997. — 304 с.
- Голуб А. А., Струнков О. Б. Экономика природопользования. — М.: Аспект-пресс, 1995. — 188 с.
- Голубев В. С. Эволюция: от геохимических систем до ноосферы. — М.: Наука, 1992. — 109 с.
- Голубець М. А. Урбанізація, її соціальна суть та екологічні наслідки // Урбанізація як фактор змін біогеоценологічного покриву / Редкол.: М. А. Голубець (відп. ред.) та ін. — Л.: Академ. експрес, 1994. — С. 3—5.
- Гродзинський М. Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень. — К.: Лікей, 1995. — 228 с.
- Гродзинський М. Д. Основи ландшафтної екології: Підручник. — К.: Либідь, 1993. — 221 с.
- Гродзинський М. Д., Пащенко П. Г. Ландшафтно-екологічний аналіз у меліоративному природокористуванні. — К.: Либідь, 1993. — 224 с.
- Давыдова Л. Г., Буряк А. А. Энергетика: пути развития и перспективы. — М.: Наука, 1998. — 120 с.
- Даценко І. І., Габович Р. Д. Профілактична медицина. Загальна гігієна з основами екології: Навч. посіб. — К.: Здоров'я, 1999. — 694 с.
- Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь. — Кишинев: Гл. ред. Молд. Сов. Энцикл., 1990. — 408 с.
- Домарецький В. А., Златев Т. П. Екологія харчових продуктів. — К.: Урожай, 1993. — 192 с.
- Екологічний аудит: Підручник / В. Я. Шевчук, Ю. М. Саталкін, В. М. Навроцький та ін. — К.: Вища шк., 2000. — 344 с.
- Екологічне підприємництво: Навч. посіб. / В. Я. Шевчук, Ю. М. Саталкін, Ю. М. Навроцький та ін. — К.: Мета, 2001. — 191 с.
- Гор А. Земля у рівновазі. Екологія і людський дух. — К.: Інтелсфера, 2001. — 294 с.
- Зербино Д. Д. Антропогенные экологические катастрофы. — К.: Наук. думка, 1991. — 134 с.
- Злобін Ю. А. Екологічні проблеми агропромислового комплексу України на порозі третього тисячоліття // Ойкумена. — 1993. — № 3.
- Злобін Ю. А. Основи екології: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. — К.: Лібра, 1998. — 248 с.
- Комплексна державна програма енергозбереження України / Держкоменергозбереження України. — К., 1996. — 218 с.
- Конспект лекцій з курсу «Екологія та охорона природи»: Теоретичні основи загальної екології, охорони природи / М. А. Голубець, С. А. Генсирук, Г. Г. Баранецький та ін. — К., 1990. — 216 с.
- Корабльова А. І. Екологія: взаємовідносини людини і середовища. — Д.: Поліграфіст, 1999. — 255 с.
- Корсак К. В., Плахотник О. В. Основи екології: Навч. посіб. — К.: МАУП, 1998. — 228 с.
- Крисаченко В. С., Хилько М. І. Екологія. Культура. Політика: Концептуальні засади сучасного розвитку. — К.: Знання України, 2002. — 598 с.
- Кучерявий В. П. Екологія. — Л.: Світ, 2000. — 500 с.
- Кучерявий В. П. Урбоекологія. — Л.: Світ, 1999. — 360 с.
- Лебединский Ю. П., Склянкин Ю. В., Попов П. И. Ресурсосбережение и экология. — К.: Политиздат Украины, 1990. — 223 с.
- Модернізація виробництва: системно-екологічний підхід: Посіб. з екологічного менеджменту / В. Я. Шевчук, Ю. М. Саталкін, В. М. Навроцький та ін. — К.: Символ-Т, 1997. — 245 с.

- Мороз С. А.* Історія біосфери землі: Навч. посіб.: У 2 кн. / Міжнар. фонд «Відродження». — К.: Заповіт, 1996. — Кн.1: Теоретико-методологічні засади пізнання, 440 с.; Кн. 2: Геолого-палеонтологічний життєпис, 421 с.
- Набиванець Б. Й., Сухан В. В., Калабіна Л. В.* Аналітична хімія природного середовища: Підруч. для студ. природи. спец. ВНЗ. — К.: Либідь, 1996. — 304 с.
- Навколишнє середовище та його охорона:* Навч. посіб. для студ. неприродн. спец. пед. ВНЗ / Б. Г. Бурдіян, В. О. Дерев'янка, А. І. Кривульченко та ін. — К.: Вища шк., 1993. — 226 с.
- Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні.* 1996. — К.: Вид-во Раєвського, 1998. — 96 с.
- Національна доповідь України про гармонізацію життєдіяльності суспільства у навколишньому природному середовищі.* Спец. видання до 5-ї Всеєвроп. конф. міністрів навколишнього середовища «Довкілля для Європи». — К., 2003. — 128 с.
- Одум Ю.* Екологія: В 2 т. — М.: Мир, 1986. — Т. 1. — 328 с.; Т. 2. — 376 с.
- Окружающая среда и здоровье:* Учеб. пособие для вузов / Под ред. Л. Хенса и др. — К.: Наук. думка, 1998. — 325 с.
- Основи соціоекології:* Навч. посіб. / Г. О. Бачинський, Н. В. Беренда, В. Д. Бондаренко та ін.; За ред. Г.О. Бачинського — К.: Вища шк., 1995. — 238 с.
- Основні напрямки державної політики в галузі охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки:* Постанова Верховної Ради України // Відомості Верховної Ради України. — 1998. — № 38-39. — С. 248—298.
- Охрана и оптимизация окружающей среды /* Под ред. А. А. Лаптева — К.: Лыбидь, 1990. — 256 с.
- Охорона навколишнього природного середовища в Україні.* 1994—1995. — К.: Вид-во Раєвського, 1997. — 95 с.
- Пальгунов П. П., Сумарохов М. В.* Утилизация промышленных отходов. — М.: Стройиздат, 1990. — 352 с.
- Перцик Е. Н.* Среда человека: предвидимое будущее. — М.: Мысль, 1990. — 365 с.
- Промислова екологія і її економічний аспект /* В. М. Гончаров, Т. В. Пашенко, Б. Т. Харьковський та ін.; За заг. ред. В. М. Гончарова. — К.: Техніка, 1996. — 160 с.
- Радкевич В. А.* Экология: Учеб. для студ. биол. спец. вузов. — Минск: Вышэйш. шк., 1997. — 159 с.
- Рамад Франсуа.* Основы прикладной экологии. Воздействие человека на биосферу: Пер. с фр. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — 544 с.
- Рациональное использование водных ресурсов:* Учеб. для вузов / С. В. Яковлев, И. В. Прозоров, Е. Н. Иванов и др. — М.: Высш. шк., 1991. — 400 с.
- Реймерс Н. Ф.* Природопользование: Слов.-справ. — М.: Мысль, 1990. — 646 с.
- Реймерс Н. Ф.* Экология: Теории, законы, правила, принципы и гипотезы // Россия молодая. — 1994. — 366 с.
- Салтовський О. І.* Основи соціальної екології: Курс лекцій / Міжрегіон. акад. упр. персоналом. — К., 1997. — 166 с.
- Самойлюк Е. П., Сафонов В. В.* Борьба с шумом и вибрацией в промышленности. — К.: Вища шк., 1990. — 167 с.
- Словарь-справочник по экологии /* К. М. Сытник, А. В. Брайон, А. В. Гордецкий и др. — К.: Наук. думка, 1994. — 666 с.
- Современные методы обезвреживания, утилизации и захоронения токсичных отходов промышленности:* Учеб. пособие / И. В. Глуховский, В. В. Глуховский, В. М. Овруцкий и др.; ГИПК Минзкобезопасности Украины. — К., 1996. — 100 с.
- Современные проблемы экогигиены /* М. П. Захарченко, Е. И. Гончарук, Н. Ф. Кошелев и др. — К.: Хрещатик, 1993. — Ч. 1. — 174 с.

- Состояние мира* 1999. — М.: Весь мир, 2000. — 364 с.
- Стадницкий Г. В.* Экология. — 6-е изд. — СПб.: Химиздат, 2001. — 288 с.
- Степанчук В. В.* Основы екології / Буков. фін.-екон. ін-т. — Чернівці, 1998. — 34 с.
- Стійкий екологічно безпечний розвиток і Україна* / Ф. В. Вольвач, М. І. Дробноход, В. Г. Дюканов та ін.; За ред. М. І. Дробнохода. — К.: МАУП, 2002. — 104 с.
- Тищенко Н. Ф.* Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе: Справ. — М.: Химия, 1991. — 362 с.
- Толковый словарь экологических терминов: Учеб. пособие для студ. всех спец. политехн. профиля* / Г. А. Ткач, Л. Н. Ивин, Э. Г. Братута и др. — К.: Вища шк., 1993. — 255 с.
- Трофімович В. В.* Основы екології: Навч. посіб. — К.: ІЗМН, 1996. — 212 с.
- Урбанізоване навколишнє середовище: охорона природи та здоров'я людини* / Рада Європи. Нац. екол. центр. — К., 1996. — 234 с.
- Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підруч. для студ. вищ. навч. закл.* / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін та ін. — К.: Лібра, 2000. — 552 с.
- Чорний І. Б.* Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства. — К.: Вища шк., 1995. — 240 с.
- Швиндлерман С. П.* Основы общей экологии. — Донецк: Кассиопея, 1999. — 168 с.
- Экологическая геология Украины: Справ. пособие* / Е. Ф. Шнюков, В.М. Шестопапов, Е. А. Яковлев и др. — К.: Наук. думка, 1993. — 407 с.
- Экологическая биотехнология: Пер. с англ.* / Под ред. К. Ф. Форстера, Д. А. Вейза. — Л.: Химия, 1990. — 333 с.
- Экологические проблемы и природоохранное образование* / Редкол.: С. А. Ушаков (гл. ред.) и др. — М., 1991. — 177 с. — (Жизнь земли: Сб. Музея землед. Моск. ун-та).
- Экологические проблемы городов и рекреационных зон: Сб. науч. ст.* / ОЦНТЭИ. — Одесса, 1999. — 388 с.
- Экологические проблемы Украины и пути их решения: Сб. науч. тр.* / Редкол.: В. Г. Сахаев (отв. ред.) и др. — К.: СОПС АН УССР, 1991. — 189 с.
- Экология города: Учеб.* / Под общ. ред. Ф. В. Стольберга. — К.: Либра, 2000. — 464 с.
- Экономика природопользования: Учеб.* / Л. Хенс, Л. Г. Мельник, Э. Бун и др. — К.: Наук. думка, 1998. — 482 с.
- Экспериментальная экология* / В. Н. Кудрявцев, И. Н. Гоготов, В. Н. Башкин и др. — М.: Наука, 1991. — 247 с.

- А**
Абсорбція 154, 155
Автотрофи 77
Агроекологія 16
Агроценоз 78, 80
Адаптація 11, 29, 49, 257
Адгезія 188
Адсорбція 156, 189
Аеродисперсія 139
Аеротенк 191, 192
Аквакультура 67
Акліматизація 243
Активність сонячна 109
Алкоголізм 279
Алкоголь 278–281
Аменсалізм 75
Ангідрид
 сірчаний (SO_3) 116
 сірчистий (SO_2) 116
Антропофера 46
Атмосфера 9, 26, 33–35, 93, 131–157
Аудит екологічний 332
Аутекологія 15
- Б**
Безпека
 екологічна
 атмосфери 129–156
 гідросфери 157–185
 літосфери 194–211
 людини 250–280
 харчових продуктів 264–266
 техногенна 9, 10, 17, 21
Біогеоценоз 12, 77
Біогеоценологія 15
Біологія 11, 13
Біомаса 87, 88
Біопродуктивність 89
Біорізноманіття 68
Біосфера 9, 10, 12, 18, 28–33, 51, 69, 109
Біотехнологія 67
Біотоп 76, 77
Біоценоз 11, 76, 77
Біоценологія 12, 15
- В**
Вид біологічний 74, 77
Викиди 135, 136–138, 150–157
Вилуження бактеріальне 206, 207
Випромінювання йонізуюче 121
Вібрація 121
Відновлення природних ресурсів
 350–354
Відстоювання 184
Відходи 7, 19, 198–201, 219, 220
Вогонь 39
Вода 19, 27, 28, 34, 51–53, 62, 93,
 159–193
 підземна 160, 161
 прісна 164
 солоня 164
 стічна 162
 умовно чиста 162

- Водоемність виробництва 160
 Водойми України 165 – 167
 Водоспоживання 160
 Всесвіт 9, 10, 24, 108, 109
 Вуглеводні токсичні 116
- Г**етеротрофи 77
 Гідрогенсульфід (H_2S) 116
 Гідросфера 9, 27, 28, 34, 159–194
 Голод 44, 45, 113
 Гомеостаз 31, 38, 44, 79, 115, 257
 Гранично допустима концентрація (ГДК) 122, 147, 148, 212, 213
 Гранично допустимий скид (ГДС) 178, 179
 Гранично допустимі викиди в атмосферу (ГДВ) 123
 Грунт 12, 20, 28, 29, 61 – 63, 201, 243 – 246, 308
 Гуміфікація 308
 Гумус 62
- Д**емекологія 15
 Денітрифікація 96
 Десорбція 190
 Детритофаги 62
 Диверсифікація екологічна 82
 Діяльність антропогенна 10
 Добір природний 11
 Добрива 207, 208
 Довкілля 10, 18
 Дощі кислотні 113, 144, 145
- Е**волюція 11, 33, 36, 38, 45
 Еврибїонти 73
 Евтрофікація 169
 Екологія 7, 9, 11, 13, 15, 17
 ландшафту 16
 людини 255 – 257
 популяційна 12, 15
 прикладна 5, 9, 10, 15
 продукційно-енергетична 16
 радіаційно забруднених територій 311 – 315
 рослин 12
 соціальна 10, 15
 тварин 12
 техногенна 15
 Екосистема 10, 12, 74, 76 – 79
 антропогенна 79, 80
 міська 305 – 311
 штучна (екосфера) 81
 Екологізація виробництв 21, 337, 338, 354, 355
 Екоцид 324
 Експертиза екологічна 333, 334
 Екстракція 190, 191
 Електродіаліз 189, 190
 Енергія 42, 43, 54, 66, 98, 112
 біологічна 58
 вітру 58
 води 58
 воднева 58
 зелених надр 58
 сонця 58
 Енергоресурси 232 – 235
 вторинні (ВЕР) 232, 235
 Ерозія 19, 201, 202
 Етика екологічна 22
 Етологія 15
 Ефект
 групи 74
 маси 74
 парниковий 143, 144
- З**абруднення 10, 20, 43, 104, 119 – 122, 197 – 202, 258, 259
 антропогенне 105, 107, 111 – 115
 природне 105, 109 – 111
 теплове 120
 шумове 119, 120
 Заказник 247
 Закони екологічні
 біогенної міграції атомів 91
 внутрішньої динамічної рівноваги 100
 генетичної різноманітності 101
 грунтовтоми 80
 екологічної валентності (толерантності) 72
 екологічної кореляції 78
 енерговіддачі в природокористуванні 232

Ешбі 32

зменшення енерговіддачі в природокористуванні 221
історичної необоротності 31
константності біосфери 32, 46
максимуму біогенної енергії 101
обмеженості природних ресурсів 50
однакопрямленості потоку енергії 99
оптимальності 79
рівнозначності умов життя 73
розвитку довкілля 223
розвитку живої речовини 98
сукупної дії екологічних факторів 73
фізико-хімічної єдності живої речовини 29

Заповідання 246

Заповідник 246

Збиток екологічний 296

Звалище 227

Здоров'я 257

Земля 24–26, 28, 33, 40, 53, 102, 110

Зима ядерна 146, 147

Зледеніння 34

Злочин екологічний 323–326

Зміна 79, 109

автогенна 79

алогенна 79

Зона

екологічного лиха 126

екологічної кризи 126

екологічної небезпеки 126

Зоофаги 86

Зооценоз 240–243

Живлення 30, 32, 62, 87

Життя 27–29, 34, 45

Карбондисульфід (CS₂) 116

Карбону оксид (II) 115

Катастрофа 33

екологічна 105, 324

Клімат 63, 64

Коагуляція 188, 189

Колообіг

азоту 95, 96

великий (геологічний) 90

води 93

вуглецю 93

малий (біологічний) 90

речовин 30, 32, 42, 78, 86, 90

сірки 97, 98

фосфору 97

Коменсализм 75

Компактування 228

Комплекси територіально-виробничі (ТВК) 231

Конверсія екологічна 354, 355

Конкуренція 74–76, 82

Консументи 76, 78, 84

Корозія 204, 205

Котел-утилізатор 234

Ксенобіотики 89, 203

Імобілізація 228–230

Імунітет 284

Індекс якості природного середовища (ІЯПС) 127

Індикація екологічна 21

Інжиніринг екологічний 338

Іоносфера 26

Ландшафт 21, 214, 215

Ланцюг живлення (трофічний) 68, 84–88

Ліс 12, 63, 237–239

Лісовідновлення 239

Лісорозведення 239

Літосфера 9, 25, 28, 34, 35, 42, 97, 197–215

Локалізація 228

Людина 36, 38, 255–257

Магнітосфера (екзосфера) 25

Маркетинг екологічний 335, 336

Мезосфера 26

Менеджмент екологічний 331, 332

Метали важкі 117

Мікроклімат 309

Мікроорганізми 29, 41

Модуль техногенного навантаження (МТН) 124, 125

Моніторинг екологічний 126 – 129
Мутуалізм 75

Навантаження

гранично допустиме екологічне
(ГДЕН) 122, 172
екологічне 124 – 126

Надра 209 – 211

Наркотики 281 – 284

Населення 43 – 45, 64, 65

Нейтралізм 75

Нітрогену оксиди 115

Ніша екологічна 81, 82

багатовимірна 81

просторова 81

реалізована 81

трофічна 81

фундаментальна 81

Ноосфера 12, 45

Нормування забрудників 122

Озон 34, 140, 141, 145, 146

Організми 9, 27, 30, 35, 51, 54, 61, 72, 79

Освіта екологічна 8, 329, 330

Осмос зворотний 192, 193

Особина 74

Отруєння 260

Охорона природного середовища 17

Оцінка природних ресурсів 295, 296

Очищення

біологічне 191 – 193

викидів 150 – 157

йодообмінне 193

стічних вод 184 – 194

Палеоекологія 16

Паління 275 – 278

Паразитизм 75

Паразитологія 12

Паспортизація підприємств екологіч-
на 336

Педосфера 61

Пестициди 245

Пил 119, 136, 139, 140, 146,
150 – 157

Пияцтво 279

Піраміда екологічна 88

Платежі за забруднення 291

Повітря

атмосферне 53

грунтове 62

Поле

електромагнітне 121

магнітне 110

Політика екологічна 326 – 328

Полютанти (забрудники) 104

Популяція 74, 77

Потенціал природно-ресурсний 217

Потреби людини 49

біологічні 49

економічні 49

етнічні 49

психологічні 49

соціальні 49

трудова 49

Правило

Аллена 74

Бергмана 74

Бергонье – Трибондо 312

взаємодії факторів 73

Глогера 74

екологічної піраміди 88

конкурентної боротьби 75

Принцип

еколого-економічний 290

життєвого розвитку 87

конкурентного витіснення (Гаузе)
76, 82

Ле Шательє 100

Природокористування 10, 217 – 253

раціональне 217, 218, 289 – 303

Пріоритети навколишнього середо-
вища 342 – 344

Проблеми екологічні 20, 21

військово-промислового

комплексу 316 – 318

космосу 314 – 316

Програма охорони навколишнього
середовища 340 – 355

Продовольство 65 – 68

Продуценти 76, 78, 84

Простір 64, 65

- Радіонукліди** 119, 121, 146, 266, 267, 271, 272, 311
- Рак (захворювання)** 264, 277
- Реакліматизація** 243
- Реакція**
внутрішньовидова (гомотипічна) 74
міжвидова (гетеротипічна) 75
- Регенератор** 234
- Рекультивація** 245
- Рекуперація** 224, 225, 233
- Ресурси** 45, 49, 113
вичерпні 50
відновні 50
водні 352
вторинні енергетичні (ВЕР) 59
матеріального виробництва 51
невиробничої сфери 51
невичерпні 50
невідновні 50
флори і фауни 353, 354
- Ресурсозбереження** 222 – 235
- Речовина** 29, 30, 42, 62, 66, 77
- Рівновага**
біологічна 101
екологічна 68, 99 – 101
- Різноманіття**
біологічне 99, 100
видове 100
внутрішньовидове 100
генетичне 100
- Розвиток сталий** 46, 340 – 342
- Рослини** 34, 35, 41, 44, 51, 65, 68, 76, 140, 203
- Самоочищення** 134, 168
- Санітарно-захисна зона (СЗЗ)** 124
- Сапрофаги** 86
- Середовище** 11, 27, 32, 33, 51
абіотичне 32
антропогенне 33
біотичне 32
соціальне 33
- Симбіоз** 75
- Синдром набутої імунної недостатності (СНІД)** 284 – 287
- Синекологія** 15
- Сировина** 59
- Система управління правова** 320 – 323
- Систематизація екологічного законодавства** 321, 322
- Ситуація екологічна**
задовільна 125
катастрофічна 125
кризова (критична) 125
напружена 125
умовно сприятлива 125
- Скидання тимчасово-узгоджене (ТУС)** 179
- Скидання умови** 180 – 183
- Скрубер** 153
- Сміття побутове** 115
- Смог** 116, 142
- Соціосфера** 46
- Спалювання** 157
- Спустелювання** 202
- Стенобіонти** 73
- Стратосфера** 26
- Сукцесія** 83
вторинна 83
первинна 83
- Тварини** 29, 34, 35, 41, 44, 51, 68, 74, 76
- Технології**
безвідходні 222, 223
маловідходні 222, 223
- Техносфера** 46
- Токсикоманія** 281, 283
- Токсичність** 263
- Тропосфера** 26, 28
- Урбоекологія** 305
- Утилізація** 225, 242, 348, 349
- Фактори екологічні** 71
абіотичні 17, 71
антропогенні 17, 71
біотичні 17, 71, 74
- Фауна** 68
- Фільтр** 151, 153, 186, 187
- Фітомаса** 92
- Фітосфера** 68

Фітофаги 86
Фітоценоз 83, 236 – 240
Фонд
 генетичний 68
 обмінний 92
 резервний 92
Флотажія 187
Флуору сполуки 117
Фотоелектроенергія 58
Фотоліз 141
Фотосинтез 30, 34, 51, 78, 86, 94, 98,
 221
Фреони 143, 145
Функція
 газова 30
 деструктивна 30
 енергетична 30
 інформаційна 31
 концентраційна 30
 окисно-відновна 30
 розсіювальна 31
 середовищеутворювальна 31
 споживально-відтворювальна 31,
 41, 44 – 46
 транспортна 30

Харчування 259 – 262, 267 – 273
Хемосорбція 157
Хижацтво 75
Хлору сполуки 117

Цикл ресурсний антропогенний 217
Циклон 151

Червона книга 248

Шкода
 екологічна 324, 325
 економічна 293
 моральна 293
 соціальна 293

ЮНЕСКО 33, 247, 249

Якість
 води 160, 167, 172 – 177
 грунту 212 – 214
 повітря 147, 148
 природного середовища 126, 127
 харчових продуктів 262, 263

Від наукового редактора	5
Передмова	7

Розділ 1

Прикладні аспекти екології як науки	9
1.1. Визначення межі і методи екології	9
1.2. Короткий історичний нарис розвитку екології	11
1.3. Розділи і тематика екології та зв'язок її з іншими науками	13
1.4. Охорона навколишнього природного середовища як розділ екології	17
1.5. Екологічний стан в Україні	17
1.6. Екологічні проблеми сучасності	20
Кодекс екологічної етики спеціаліста	22
<i>Запитання і завдання для самостійної роботи</i>	<i>23</i>

Розділ 2

Еволюція біосфери та антропогенної діяльності	24
2.1. Всесвіт і Земля	24
2.2. Природне середовище	27
2.3. Еволюція біосфери	33
2.4. Еволюція людини	36
2.5. Еволюція антропогенної діяльності та взаємовідносин людини з біосферою	38
2.6. Ноосфера	45
<i>Запитання і завдання для самостійної роботи</i>	<i>47</i>

Розділ 3

Природні ресурси	49
3.1. Класифікація природних ресурсів	49
3.2. Вода	51
3.3. Атмосферне повітря	53
3.4. Енергія	54
3.5. Сировина	59
3.6. Ґрунти	61
3.7. Клімат	63
3.8. Простір для життя	64
3.9. Продовольство	65

3.10. Генетичний фонд та надбання людського інтелекту	68
<i>Запитання і завдання для самостійної роботи</i>	70

Розділ 4

Основні поняття і закони загальної екології	71
4.1. Екологічні фактори	71
4.2. Екологічна система	76
4.3. Антропогенні і штучні екосистеми	79
4.4. Екологічна ніша	81
4.5. Сукцесія	83
4.6. Трофічні ланцюги (мережі)	84
4.7. Екологічна піраміда	88
4.8. Природний колообіг речовин	90
4.9. Енергетика природних екосистем	98
4.10. Біологічна і екологічна рівновага та біорізноманіття	99
<i>Запитання і завдання для самостійної роботи</i>	102

Розділ 5

Природні та антропогенні забруднення біосфери	104
5.1. Забруднення та їх класифікація	104
5.2. Природне забруднення біосфери	109
5.3. Антропогенне забруднення біосфери	111
5.4. Характеристика забрудників	115
5.5. Фізичні забруднення біосфери	119
5.6. Нормування і методи визначення властивостей забруднення	122
5.7. Екологічне навантаження	124
5.8. Екологічний моніторинг і якість природного середовища	126
<i>Запитання і завдання для самостійної роботи</i>	129

Розділ 6

Екологічна безпека атмосфери	131
6.1. Забруднення атмосфери	131
6.2. Класифікація забруднень атмосфери	135
6.3. Екологічний вплив забруднень атмосфери	138
6.4. Трансформація забруднень в атмосфері	140
6.5. Парниковий ефект	143
6.6. Кислотні дощі	144
6.7. Руйнування озонового шару	145
6.8. Ядерна зима	146
6.9. Нормування якості повітря та визначення концентрації забрудників в атмосфері	147
6.10. Очищення промислових газодимових викидів	150
<i>Запитання і завдання для самостійної роботи</i>	158

Розділ 7

Екологічна безпека гідросфери	159
7.1. Споживачі води	159
7.2. Забруднення вод Світового океану	160
7.3. Екологічний стан водойм України	165
7.4. Поведінка забруднень у водоймах та вплив їх на життєдіяльність організмів і здоров'я людей	168
7.5. Класифікація забруднювальних речовин	170
7.6. Контроль і управління якістю води	172

7.7. Нормативні вимоги до якості води	173
7.8. Умови скидання стічних вод у водойми	180
7.9. Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод	183
7.10. Очищення стічних вод	184
<i>Запитання і завдання для самостійної роботи</i>	195

Розділ 8

Екологічна безпека літосфери	197
8.1. Забруднення літосфери	197
8.2. Поведінка забруднень у літосфері та вплив їх на здоров'я людини	203
8.3. Бережливе ставлення до надр і земної поверхні	209
8.4. Контроль і управління якістю ґрунтів	212
8.5. Охорона ландшафтів	214
<i>Запитання і завдання для самостійної роботи</i>	216

Розділ 9

Рациональне природокористування та ресурсозбереження	217
9.1. Антропогенний ресурсний цикл	217
9.2. Безвідходні та маловідходні технології	222
9.3. Рациональне використання водних ресурсів	223
9.4. Рекуперация й утилізація відходів та комплексна переробка сировини	224
9.5. Розробка нових технологічних процесів	230
9.6. Територіально-виробничі комплекси	231
9.7. Рациональне використання енергоресурсів	232
9.8. Рациональне використання фітоценозів	236
9.9. Рациональне використання зооценозів	240
9.10. Рациональне використання земельних ресурсів	243
9.11. Заповідна справа і міжнародне співробітництво	246
9.12. Оптимізація взаємовідносин людини і біосфери	250
9.13. Перспективні напрями рационального природокористування	252
<i>Запитання і завдання для самостійної роботи</i>	253

Розділ 10

Екологічна безпека людини	255
10.1. Зміст предмета «Екологія людини»	255
10.2. Вплив навколишнього природного середовища на здоров'я людей	256
10.3. Негативний вплив на людство антропогенних порушень біосфери	257
10.4. Харчування людини і нормування якості харчових продуктів	259
10.5. Вплив забруднювальних речовин на організм людини	263
10.6. Екологічно безпечні продукти харчування	264
10.7. Рациональне харчування	267
10.8. Методи виведення шкідливих речовин з організму людини	273
10.9. Цьютюновий нікотин, алкоголь, наркотики і СНІД — «ядерна бомба» сповільненої дії	275
<i>Запитання і завдання для самостійної роботи</i>	287

Розділ 11

Еколого-економічні аспекти рационального природокористування	289
11.1. Еволюція економічних принципів природокористування	289
11.2. Еколого-економічні засади рационального природокористування	292
11.3. Оцінка природних ресурсів	295
11.4. Платежі за забруднення довкілля	296
<i>Запитання і завдання для самостійної роботи</i>	303

Розділ 12

Новітні напрями прикладної екології	305
12.1. Екологія міських екосистем	305
12.2. Екологія радіаційно забруднених екосистем	311
12.3. Екологічні проблеми космосу	314
12.4. Екологічні проблеми військово-промислового комплексу	316
<i>Запитання і завдання для самостійної роботи</i>	319

Розділ 13

Організаційна і правова системи управління екологічною безпекою довкілля	320
13.1. Правова система управління	320
13.2. Правова відповідальність за екологічні злочини	323
13.3. Організаційна система управління	326
13.4. Екологічна освіта і виховання	329
13.5. Екологічний менеджмент	331
13.6. Екологічний аудит і експертиза	332
13.7. Екологічний маркетинг	335
13.8. Екологічна паспортизація підприємств	336
13.9. Екологізація виробництва і «зелені» технології	337
<i>Запитання і завдання для самостійної роботи</i>	339

Розділ 14

Державна програма охорони навколишнього природного середовища	340
14.1. Україна на шляху до стадоного розвитку	340
14.2. Основні пріоритети навколишнього природного середовища і раціонального використання природних ресурсів	342
14.3. Стратегія й тактика розвитку виробничого та природоресурсного потенціалу	344
14.4. Утилізація і перероблення промислових відходів	348
14.5. Екологічні аспекти військово-промислового комплексу	350
14.6. Збалансоване використання й відновлення природних ресурсів	350
14.7. Екологічна конверсія антропогенної діяльності	354
<i>Запитання і завдання для самостійної роботи</i>	356
<i>Теми рефератів</i>	357
<i>Словник екологічних термінів</i>	358
<i>Список рекомендованої літератури</i>	369
<i>Предметний покажчик</i>	373

Навчальне видання

Запольський Анатолій Кирилович
Салюк Анатолій Іванович

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ

За редакцією академіка НАН України
Ситника Костянтина Меркурійовича

Оправа і титул художника *О. М. Коспи*
Художній редактор *Г. С. Муратова*
Технічний редактор *А. І. Омоховська*
Коректор *Т. М. Глушко*
Комп'ютерна верстка *Н. П. Довлетукаєвої*

НЕ ПНУС



678048

Підп. до друку 23.06.2004. Формат 60 × 84¹/₁₆.
Папір офс. № 1. Гарнітура Times New Roman. Друк. офс.
Ум. друк. арк. 22,32 + 0,23 форз. Обл.-вид. арк. 26,85 + 0,37 форз.
Тираж 3000 пр. Вид. № 10553. Зам. № 4-399

Видавництво «Вища школа», вул. Гоголівська, 7г, м. Київ, 01054

Свідоцтво про внесення до Держ. реєстру від 04.12.2000 серія ДК № 268

Надруковано з плівок, виготовлених у видавництві «Вища школа»,
у ВАТ «Білоцерківська книжкова фабрика»,
вул. Л. Курбаса, 4, м. Біла Церква, 09117

ЗАБРУДНЕНІСТЬ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД



Ступінь забрудненості
(індекси сумарної забрудненості)

Менше 5.0	Допустима
10.0	Помірна
15.0	Підвищена
20.0	Висока
Більше	Дуже висока

— Умовні межі основних басейнів річок

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ

