

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ ЦЕНТР ВИЩОЇ ОСВІТИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

---

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник  
для студентів вищих навчальних закладів  
(лист заступника міністра від 17. 05. 2000 р. № 2/739)

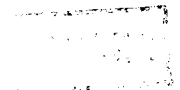
В. С. ДЖИГИРЕЙ, В. М. СТОРОЖУК, Р. А. ЯЦЮК

---

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ  
ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО  
ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА  
ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА ПРИРОДИ

Видання друге, доповнене

Навчальний посібник



Львів «Афіша» 2000

ББК 28.081  
Д 404  
УДК 502.7

Джигирей В. С., Сторожук В. М., Яцюк Р. А. **Основи екології та охорона навколишнього природного середовища (Екологія та охорона природи).** Навчальний посібник. — Вид. 2-ге, доп. — Львів, Афіша, 2000 — 272 с.

Розглядаються основні концепції екології та наслідки впливу діяльності людини на довкілля.

Наводяться структура та зміст природоохоронного законодавства, розкриваються основи взаємодії промислових підприємств з навколишнім середовищем, методи і засоби охорони та раціонального використання землі, водних ресурсів, атмосферного повітря, способи контролю та стимулювання природоохоронної діяльності.

Для студентів вищих навчальних закладів та всіх, хто цікавиться взаємовідносинами людини і природи.

464144

#### Рецензенти:

Я. П. Скоробогатий — кандидат хімічних наук, професор (Львівська комерційна академія)

В. С. Кравців — кандидат економічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділом екології (Інститут регіональних досліджень НАН України)

ISBN 966-7760-21-9

© В. С. Джигирей, В. М. Сторожук, Р. А. Яцюк, 2000  
© ПТБФ «Афіша», 2000



## ВСТУП

Термін *екологія* в наш час став широко відомим і загальноновживаним. На початку століття його знали лише вчені-біологи, а в 60-х роках ХХ століття, коли розвинулася криза взаємин людини з середовищем існування, виник екологічний рух, що набуває все більшого розмаху. Предмет “екологія” було введено в середній та вищій школі. На рубежі третього тисячоліття це поняття досягло найвищого політичного рівня і екологічний імператив став визначати розвиток матеріального виробництва та культури суспільства. Екологія стала для всього людства не лише наукою, але й способом мислення, поведінки, реальністю дій. Вона стала однією зі сторін гуманізму, що включає в себе духовність, розуміння єдності людини з природою, високу культуру та інтелект.

Е. Геккель терміном “екологія” визначив біологічну науку, що вивчає взаємовідносини організмів з оточуючим їх середовищем. В наш час цей термін став звичним і з ним пов’язується екологізація сучасних наукових дисциплін. Будь-яка зміна середовища існування є компетенцією екології.

Екологія, постійно збільшуючи набір факторів зовнішнього середовища, вивчає їх вплив на особини, популяції, на людину. Звідси випливає прямий зв’язок екології з господарською діяльністю людини, особливо з такими масштабними виробництвами, як енергетика, паливо- та ресурсовидобувні комплекси, хімія, транспорт, лісове та сільське господарство тощо.

Одним з найважливіших завдань екології є оптимізація взаємин між людиною, з одного боку, окремими видами та популяціями, екосистемами — з другого. При проведенні досліджень та реалізації практичних заходів в цьому напрямку важливим є врахування екологічної значущості та реальної господарської важливості кожного виду, популяції та екосистеми. В зв’язку з цим збереження всіх видів, популяцій та екосистем на нашій планеті вважається екологічно та економічно доцільним, а концепція

альтернативно корисних та шкідливих — є хибною. Оптимізація співіснування людини з природою повинна супроводжуватися мінімальними втратами врожаю, мінімальними збитками, що завдаються живим організмам та неживій природі, спорудам та пам'ятникам культури, недопущенням зникнення окремих видів тваринного та рослинного світу, запобіганням дискомфорту урбанізованого середовища та зростання захворюваності населення. Це може бути досягнуто екологічною регламентацією господарської діяльності людини, для здійснення котрої необхідні екологічні знання, переконаність в необхідності рішучих дій в галузі охорони природи та екологічне виховання всього населення. Виникнення на планеті локальних екологічних катастроф зумовлює необхідність розробки дієвих заходів щодо зниження викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище та його забруднення, створення екологічно ощадних, маловідходних і безвідходних технологій, економії ресурсів.

Характерною рисою екології є те, що вона не належить до числа наукових дисциплін з простою лінійною структурою, оскільки вона є міждисциплінарною. В той же час дуже важливим є вивчення основних екологічних законів якомога раніше. В процесі свого розвитку та освоєння людиною нових дисциплін екологічні знання повинні неперервно накопичуватися.

Екологія є спільною базою співпраці фахівців усіх напрямків: натуралістів та інженерів, експериментаторів та вчених-теоретиків, біологів, математиків, медиків, метеорологів, для котрих екологічні знання є життєво необхідними. Набуття кожною людиною екологічних знань буде сприяти дбайливому ставленню до природи, збереженню її та меншій кількості ударів з її боку у відповідь за бездумне ставлення до неї. Все більше людей бере участь у діяльності з охорони навколишнього середовища, а екологія стає все більш важливою для життя людини та її існування на планеті.

## Розділ I

## ОСНОВНІ КОНЦЕПЦІЇ ЕКОЛОГІЇ

## 1.1. ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ЕКОЛОГІЇ

Термін *екологія* вперше запропонував у 1866 році німецький вчений Е. Геккель. Він походить від грецьких слів *oikos*, що означає дім, помешкання, місце перебування та *logos* — наука. Так Геккель назвав науку, що вивчає організацію та функціонування надорганізмових систем різних рівнів: видів, популяцій, біоценозів (спільнот), екосистем (біогеоценозів) та біосфери. Спочатку цей термін застосовувався тоді, коли йшлося про вивчення взаємозв'язків між рослинними та живими спільнотами, що входять до складу стійких та організованих систем, котрі склалися в процесі еволюції органічного світу та навколишнім середовищем. Сучасна екологія інтенсивно вивчає також взаємодію людини та біосфери, суспільного виробництва з навколишнім середовищем та інші проблеми.

Екологія є складовою частиною біології. Американський еколог Юджін Одум дав найбільш коротке і найменш спеціальне визначення екології — це біологія навколишнього середовища.

Загальна екологія займається дослідженням усіх типів екосистем. Екологія рослин досліджує зв'язки рослинних організмів із середовищем. Екологія тварин досліджує динаміку та організацію тваринного світу.

Важливу роль у диференціації екологічної науки мав III ботанічний конгрес, який відбувся у 1910 році в Брюсселі. На ньому було вирішено поділити екологію рослин на екологію особин (аутоекологію) та екологію угруповань (синекологію). Цей поділ поширився також на екологію тварин та загальну екологію.

Крім того, існує екологія людини, тварин, рослин та екологія мікроорганізмів. З 70-х років XX століття складається соціальна екологія, що вивчає особливості взаємодії суспільства та оточуючого середовища і його охорони.

Дуже широким є спектр підрозділів екології, в котрий входять спеціалізовані екологічні науки в залежності від об'єкта та предмета дослідження, а також їх визначення:

— екологія — частина біології, що вивчає відносини організмів (особин, популяцій, біоценозів тощо) між собою та навколишнім середовищем, називається біоекологією. До складу біоекології включається екологія особин (аутоекотологія), популяцій (популяційна екологія, демекотологія) та спільнот (синекотологія).

*Аутекотологія* вивчає взаємозв'язки представників виду з оточуючим його середовищем. Вона, головним чином, вивчає межі стійкості виду і його ставлення до різних екологічних факторів: тепла, світла, вологи, родючості і т. п., а також досліджує дію середовища на морфологію, фізіологію і поведінку організму, розкриває загальні закономірності дії факторів середовища на живі організми.

*Синекотологія* аналізує стосунки між особинами, що належать до різних видів даного угруповання організмів, а також між ними і довкіллям.

У тридцять років сформувалася популяційна екологія — *демекотологія*, яка вивчає структуру виду: біологічну, статеву, вікову, етіологічну. Описує коливання чисельності різних видів і встановлює їх причини:

— екологія — дисципліна, що вивчає загальні закони функціонування екосистем різного ієрархічного рівня;

— екологія — комплексна наука, що досліджує середовище існування живих істот (включаючи людину);

— екологія — область знань, що розглядає деяку сукупність предметів та явищ з точки зору суб'єкта або об'єкта (живого або за участю живого), котрий є центральним у цій сукупності;

— екологія — дослідження становища людини як виду та суспільства в екосфері планети, її зв'язків з екологічними системами та засобів впливу на них;

— екологія — об'єднуючий елемент всієї розумної діяльності людини на планеті, що сприяє знаходженню раціональних рішень в процесі господарської діяльності людини і при оцінці її досягнень та успіхів не в споживацькому аспекті, а у встановленні їх права на життя лише в тому випадку, коли вони базуються на м'яких впливах господарської діяльності людини на природне і оточуюче середовище і не завдають прямих і опосередкованих збитків людині як особі, здоров'ю та добробуту нинішніх та наступних поколінь людей на Землі;

— екологія — наука про способи обмеження споживання ресурсів біосфери для задоволення потреб господарської діяльності людини, або, іншими словами, наука про обмежувальні прогнози в господарській діяльності людини на Землі.

Прикладна екологія як наука базується перш за все на різних галузях біології — фізіології, генетики, біофізики, але вона також пов'язана з іншими природничими науками — фізикою, хімією, геологією, географією, математикою. Прикладна екологія, крім того, не може бути відділена від моралі, права, економіки, оскільки лише в союзі з ними можна докорінно змінити ставлення людини до природи.

Сучасна кризова ситуація вимагає екологізації всіх форм людської діяльності, врахування законів та вимог екології.

Таким чином, екологія як біологічна наука вивчає організацію життя рослин та тварин, займається вивченням взаємодії живих організмів з оточенням, умовами існування, способом життя.

В наш час спостерігається бурхлива екологізація різних технічних дисциплін, під котрою слід розуміти процес неухильного та послідовного впровадження систем технологічних, управлінських та інших рішень, котрі дозволяють підвищувати ефективність використання природних ресурсів поряд з поліпшенням або хоча б зі збереженням якості природного середовища (або життєвого середовища взагалі) на локальному, регіональному та глобальному рівнях. Існує і поняття екологізації технологій виробництва, сутність котрого полягає в застосуванні заходів щодо попередження негативного впливу виробничих процесів на природне середовище. Екологізація технологій досягається шляхом розробки маловідходних технологій з мінімумом шкідливих речовин на виході. Останнім часом в усьому світі життя примусило започаткувати найрізноманітніші напрямки екологічних досліджень з метою забезпечення фахівців необхідною для прийняття рішень екологічною інформацією з усіх сфер людської діяльності. Нині сформувалося близько ста напрямів екологічних досліджень, які можна об'єднати за принципами галузевої належності, взаємозв'язків, взаємопідпорядкованості, пріоритетності, теоретичного та практичного значення (рис. 1.1).

В зв'язку з цим екологія розпалася на ряд наукових галузей та дисциплін, котрі є досить далекими від початкового визначення екології як науки про відносини живих організмів з оточуючим їх середовищем. Але основною засадою всіх сучасних напрямків екології лежать фундаментальні ідеї біоекології.

Екологію за розмірами об'єктів вивчення поділяють на географічну або ландшафтну екологію, об'єктами вивчення котрої є крупні геосистеми, географічні процеси, та на глобальну екологію — вчення про біосферу Землі.



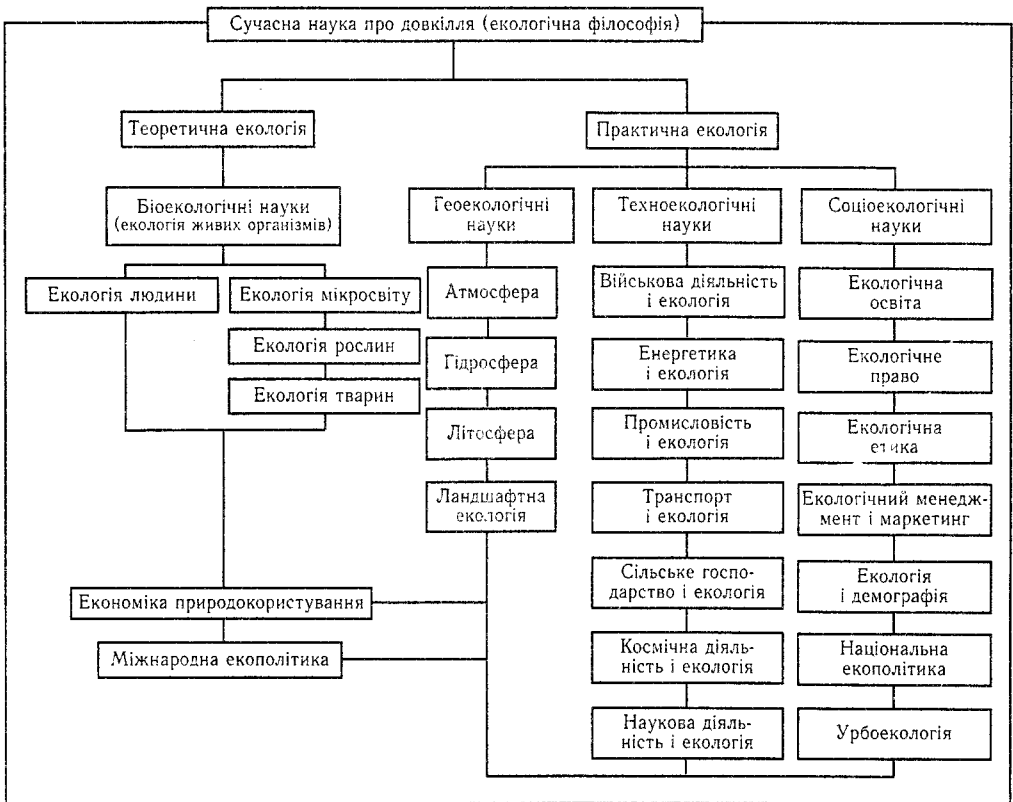


Рис. 1.1. Структурна схема науки про довкілля

Стосовно предметів вивчення екології поділяється на екологію: мікроорганізмів, грибів, рослин, тварин, людини, сільськогосподарську, прикладну, інженерну та загальну екологію — теоретичну і узагальнюючу дисципліну.

За середовищами та компонентами розрізняють екологію: суші, прісних водоймищ, морську, високогірну, хімічну тощо.

За підходами до предмета вивчення виділяють аналітичну та динамічну екологію.

В часовому аспекті розрізняють історичну та еволюційну екологію.

В системі екології людини існує соціальна екологія, що вивчає взаємодії соціальних елементарних груп суспільства та людства загалом з життєвим середовищем.

Прикладна екологія — дисципліна, що вивчає механізми руйнування біосфери людиною, способи запобігання цим процесам, та розробляє принципи раціонального використання природних ресурсів без деградації життєвого середовища. Прикладна екологія базується на системі законів, правил та принципів екології та природокористування.

З прикладної екології за науковими напрямками витіають промислова, сільськогосподарська екологія, екологія енергетики, канцерогенезу тощо.

В наш час інженерні дисципліни мають на меті лише розробку замкнених, безвідходних та інших екологічно чистих технологій, які дозволяють знизити ступінь шкідливого впливу на природне середовище. Однак проблемі раціональної взаємодії виробництва з природним середовищем повністю неможливо розв'язати, оскільки в цьому випадку природа виключається з розгляду. Вивчення процесу суспільного виробництва з навколишнім середовищем вимагає не лише інженерних методів, але й екологічних, що призвело до розвитку нового наукового напрямку на стику технічних, природничих та соціальних наук, що називається інженерною екологією.

Інженерна екологія вивчає вплив промисловості на природу і природи на промисловість, вплив умов природного середовища на функціонування підприємств та їх комплексів. Іншими словами, об'єктом дослідження інженерної екології є системи, що утворилися та тривають час функціонують внаслідок взаємодії конкретного виду суспільного виробництва з навколишнім природним середовищем, що його оточує.

Інженерна екологія, на відміну від всіх інших наукових напрямків, котрі вивчають взаємодію суспільства з природою, базується на повному та глибокому знанні технології виробництва. Вона використовує якісні та

кількісні параметри технологічних процесів для оцінки їх впливу на природне середовище. Наслідком інженерно-екологічного аналізу є визначення взаємозв'язків між параметрами технологічних процесів та змінами природного середовища. Їх визначальною рисою є те, що вони є прикладними, оскільки їх результати є вихідними даними для розробки конкретних природоохоронних заходів даного виробництва. В даному випадку екологія є теоретичною базою, котра встановлює обмеження на параметри виробництва, а інженерні дисципліни — підгрунтям реалізації технічних рішень в даній виробничій сфері для дотримання екологічних обмежень.

Отже, сучасне тлумачення терміну “екологія” як галузі знань полягає в розгляді та розкритті закономірностей розвитку сукупностей організмів, предметів, компонентів спільнот та спільнот загалом у взаємодіях в системах біогеоценозів, нообіогеоценозів, біосфері з точки зору суб'єкта або об'єкта (живого або за участю живого), котрий є центральним в цій системі.

В деяких випадках до екології відносять суміжні прикладні та напівприкладні галузі знань, головним чином пов'язані з енваторментологією — комплексною дисципліною про оточуюче людину середовище, головним чином природне, про його якість та охорону. Термін “екологія” починають ототожнювати з дисципліною “Охорона природи” або “Охорона навколишнього середовища”. Однак “Охорона природи” або “Охорона навколишнього природного середовища” традиційно базуються на введенні заборон та регламентацій, а не на загальній раціоналізації природокористування. Різноманітні способи та методи очищення повітря та стічних вод, утилізація відходів та інші технологічні способи охорони та покращання середовища відносяться до сучасної науки про навколишнє середовище, що оточує людину, тому існує думка, що їх не можна приєднувати до екології.

Зараз активно виконуються дослідження щодо встановлення меж допустимих навантажень на природне середовище та з розробки шляхів подолання об'єктивних лімітів природокористування. Ця галузь також не відноситься безпосередньо до екології, а до еконології — наукової дисципліни, котра досліджує екопол. Екопол (економіка + екологія) — позначення сукупності явищ, що включають суспільство як соціально-економічне ціле (але перш за все економіку та технологію) і природні ресурси, що знаходяться у взаємозв'язку позитивного зворотного зв'язку при правильному розвитку і у взаємозв'язку негативного зворотного зв'язку при нераціональному природокористуванні. Наприклад, економіка швидко

розвивається в регіоні за наявності великих ресурсів середовища та хороших загальних екологічних умов, і навпаки, технологічно швидкий розвиток економіки без врахування екологічних обмежень призводить до вимушеного застою в економіці.

У зв'язку з неоднозначністю терміну “екологія” висловлюються побоювання щодо повної девальвації сенсу екології як біологічної науки. Але такі побоювання не мають підстави, оскільки не назва науки визначає її зміст, а предмет дослідження.

При функціонуванні промислових підприємств інженерно-технічним працівникам доводиться мати справу не з екологією, а охороною навколишнього середовища. Охорона навколишнього середовища — система заходів, скерованих на підтримку взаємодії людини та навколишнього природного середовища, що забезпечують збереження та відновлення природних багатств, раціональне використання природних ресурсів, попередження безпосереднього або опосередкованого впливу результатів діяльності суспільства на природу та здоров'я людини.

Державна політика в галузі охорони природи полягає у розробці необхідних заходів щодо охорони та науково обгрунтованого раціонального використання землі та її надр, водних ресурсів, рослинного та тваринного світу, для збереження чистоти повітря та води, забезпечення відтворюваності природних ресурсів та поліпшення оточуючого людину середовища. Цей підхід до охорони навколишнього середовища підкріплено системою законодавчих актів та нормативно-технічних документів у галузі охорони природи.

## 1.2. ЗАВДАННЯ ЕКОЛОГІЇ

Предметом дослідження екології є детальне вивчення за допомогою кількісних методів основ структури та функціонування природних та створених людиною систем. Оточуюча нас жива природа не є безладним, випадковим поєднанням живих істот. Вона являє собою стійку організовану систему органічного світу, що склалася в процесі еволюції органічного світу. Центральне місце в екології посідає проблема динаміки та чисельності популяції та механізмів її регуляції. Тут виявляється значимість участі популяційних (конкуренція за їжу) та біоценотичних (хижаків, паразитів, збудників захворювань) механізмів.

Тому серед основних завдань екології можна виділити наступні:

— дослідження особливостей організації життя, в тому числі в зв'язку з антропогенним, що є результатом людської діяльності, впливом на природні системи;

- створення наукової основи раціональної експлуатації біологічних ресурсів;
- прогнозування змін природи під впливом діяльності людини;
- збереження середовища існування людини.

Важливим завданням екології є детальне вивчення за допомогою кількісних методів основ структури та функціонування природних і створених людиною систем. Оточуюча нас жива природа не є безладним, випадковим поєднанням живих істот. Це стійка, організована система, що склалася в процесі еволюції органічного світу. Під екологічною системою розуміють сукупність елементів, утворених живими організмами та середовищем їх існування, пов'язаних між собою обміном речовин та енергією. При дослідженні регуляції чисельності ссавців велике значення надається аналізу взаємопов'язаних фізіологічних, гормональних, та залежних від поведінки, механізмів. В динаміці чисельності популяцій найглибше вивчається роль практично важливих видів: шкідників сільського та лісового господарства, носіїв та переносників збудників захворювань, об'єктів рибного та мисливського промислів.

Взаємовідносини людини з видами, популяціями, спільнотами в наш час є екологічно незбалансованими. Внаслідок цього мають місце значні втрати врожаїв за рахунок шкідників, значних збитків завдають живі організми сировині, матеріалам, техніці, будівлям та спорудам, пам'ятникам культури, скорочується чисельність та зникають окремі види, виникає екологічний дискомфорт урбанізованого середовища, що поглиблює стресові ситуації, зростає захворюваність людей.

Збалансованість взаємовідносин людини з видами, популяціями та спільнотами може бути досягнута за рахунок комплексних зусиль з боку людини шляхом екологічної регламентації господарської діяльності, цілеспрямованого, екологічно виправданого впливу на види, популяції та екосистеми, шляхом екологічного виховання зростаючих поколінь.

Завдяки цьому може бути розв'язано багато проблем господарської діяльності суспільства:

- інтенсифікація виробництва ряду галузей;
- збереження та заощадження сировини;
- охорона історичних та архітектурних пам'яток;
- збільшення часу експлуатації промислових та житлових комплексів;
- збільшення тривалості життя та зниження захворюваності людей в умовах урбанізованого середовища;
- вдосконалення механізмів взаємодії суспільства та природи.

### 1.3. ЛЮДСЬКЕ СУСПІЛЬСТВО ТА СЕРЕДОВИЩЕ ЙОГО ІСНУВАННЯ

#### 1.3.1. ПОНЯТТЯ ПРО СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ

Безперервність життя на землі забезпечується унікальною здатністю живих істот створювати і підтримувати внутрішнє середовище, здійснювати обмін речовин з навколишнім середовищем і передавати ці властивості за спадковістю своїм нащадкам.

Розглядаючи екологію як науку про взаємозв'язки і взаємозалежність всіх живих організмів з навколишнім середовищем, ми повинні розглянути поняття середовища, в якому взаємодіють живі організми.

Отже, природа — це об'єктивна реальність, результат еволюції розвитку матеріального світу, яка існує незалежно від свідомості людини.

Поняття “природа” і “навколишнє середовище” дуже подібні. Але поняття “природа” значно ширше. Навколишнє середовище утворилося в результаті тривалої еволюції планети Земля під впливом людської діяльності, створення так званої “вторинної природи”, тобто міст, заводів, каналів, транспортних магістралей тощо.

Навколишнім середовищем називають ту частину земної природи, з якою людське суспільство безпосередньо взаємодіє у своєму житті і виробничій діяльності.

Навколишнє середовище в науці пов'язане з поняттям географічного середовища. Воно — необхідна умова життя і діяльності суспільства. Середовище — це і простір для проживання, і дуже важливе джерело ресурсів, воно справляє великий вплив на духовний світ людей, на їх здоров'я і їх настрій.

Сучасне тлумачення самого словосполучення “людина—довкілля” є ширшим порівняно з традиційним відношенням “людина—природа” чи “людина—навколишнє середовище”, оскільки відображає реальне середовище, яке оточує нас. Бо ж у “природі” ми давно не живемо, а мешкаємо у середовищі, антропогенно зміненому, трансформованому під впливом діяльності людини. Таким чином, звернення до відношення “людина—довкілля” дозволяє враховувати багатшу палітру людських зв'язків із світом, аніж це робилося раніше. Виникає також можливість задіяти і власне соціальні чинники оточення людини, що правда в тій мірі, в якій вони впливають і формують людське середовище проживання.

Отже, географічне (навколишнє) середовище містить природне та техногенне середовища, які в наш час тісно переплелися між собою.

*Соціокультурне середовище* — це створений людством духовний світ, що охоплює національні, соціальні, економічні, політичні та інші суспільні відносини і вироблені людством протягом всієї історії духовно-культурні цінності, які впливають на людей, формують їхній світогляд, зокрема, обумовлюють поведінку у сфері взаємовідносин з навколишнім середовищем. (Г. О. Бачинський, 1995).

Оскільки ми багато уваги приділяємо протиріччю між людським суспільством та середовищем його існування, виникає необхідність розглянути тлумачення терміну людське суспільство — як спільноти людей, пов'язаних між собою матеріальними (зокрема виробничими) і духовними відносинами антропогенних та соціокультурних факторів, що прямо чи опосередковано впливають на життя і господарську діяльність суспільства. Воно складається з географічного (життєвого) та соціокультурного середовищ. Перше — це матеріальне довкілля, складене з природних та антропогенних об'єктів, в якому суспільство існує, задовольняє свої потреби та перетворює його. Друге — це створений людством духовний світ, що охоплює національні, соціальні, економічні, політичні та інші суспільні відносини і вироблені людством духовно-культурні цінності, які впливають на людей, формують їх світогляд, зокрема обумовлюють характер поведінки в їх стосунках з природою.

### 1.3.2. ЕВОЛЮЦІЯ ВЗАЄМОВІДНОСИН ЛЮДИНИ І ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Близько 5 млрд. років тому сформувалася літосфера (вік найдавніших знайдених порід — 4,5 млрд. років). Первинний океан (гідросфера) виник, можливо, близько 4 млрд. років тому, оскільки найдавніші осадові породи, утворення яких можливе в той час тільки у воді, мають вік 3,9 млрд. років.

Найдавніші рештки мікроорганізмів знайдено в гірських породах, датованих 3,2 млрд. років тому. 3 млрд. років тому температура повітря досягала 70 °C і за таких умов могли існувати лише бактерії та ціанеї (синьо-зелені водорості).

Бурхливий розвиток органічного світу на Землі, освоєння рослинами і тваринами континентів відбулося лише 0,5—0,4 млрд. років тому. Отже, географічна оболонка Землі тривалий час була абіотичною (неживою) геосистемою, в якій відбувався геологічний кругообіг речовин у вигляді взаємопов'язаних фізичних та хімічних процесів.

Розвиток земної рослинності зумовив збільшення вмісту кисню в атмосфері та поживних речовин в ґрунтах, а також появу крупних тварин. Активно змінювався склад поверхні Землі, атмосфери, гідросфери, виникла біосфера. Величезне значення мав біологічний обмін речовин, в якій включився і геологічний, що суттєво його трансформував.

З розвитком органічного світу абіотична геосистема поступово перетворилася на глобальну екосистему — біосферу, що складається з двох взаємодіючих підсистем — неживої (абіотичної) і живої (біотичної).

Обмінні речовинно-енергетичні процеси у цій новій системі були значно видозмінені. Для утворення біосфери вирішальне значення мала поява на землі рослинності, яка містить хлорофіл. Подальший процес еволюції живих організмів призвів до появи людини — найвищого біологічного виду, який, розвиваючись, дедалі більше впливав на природу.

З появою людей на Землі почався вплив їхньої діяльності на кругообіг речовин та енергетичний обмін у біосфері. На відміну від інших організмів людина — це особливий біологічний вид, який впливає на природу не лише своїми процесами обміну речовин у живій природі, тобто біологічним обміном речовин, а й трудовою діяльністю. Вплив її пов'язаний не тільки з ростом народонаселення, а й з її технічною оснащеністю та вмінням організовувати працю.

Аналіз результатів різноманітних наук, зокрема археології, антропології, історії, географії дозволив проф. Бачинському Г. О. (1993) стверджувати, що з впливом людської діяльності глобальна екосистема почала поступово перетворюватися у трикомпонентну глобальну екосистему, у функціонуванні якої все більшу роль відігравало людське суспільство. В історії взаємодії людського суспільства і природи він виділяє три стадії, які по суті є різними етапами розвитку на нашій планеті глобальної соціоекосистеми — незамкнена, частково замкнена, замкнена.

Перша стадія взаємодії суспільства та природи, а в цей час існувала незамкнена соціоекосистема, тривала близько 2—3 млн. років від появи на Землі перших людей примітивного виду до виникнення близько 40 тис. років тому сучасного людського виду. Ця стадія відзначається органічним входженням людей у природу. Відбувається накопичення знань про природу, пристосування людини до природи. В цей час для людського суспільства природне довкілля було практично необмеженим, тому глобальна соціоекосистема виступала як функціонально незамкнена.

Друга стадія взаємодії суспільства та природи тривала близько 40 тис. років від початку палеоліту і до кінця другої світової війни, тобто

до середини XX століття. На цій стадії інтенсивно розвивається землеробство, скотарство, виникають ремесла, розширюється будівництво сіл, міст, фортець. Людство своєю діяльністю починає завдавати природі відчутної шкоди, особливо після розвитку хімії та одержання перших кислот, пороху, фарб, мідного купоросу. Чисельність населення в XV—XVII ст. вже перевищувала 500 млн. Цей період можна назвати періодом активного використання людиною ресурсів, взаємодії з природою.

Глобальний тиск на довкілля був загалом ще незначним і локальним.

До втручання людини на кожній ділянці ландшафту існувала динамічна рівновага та певний баланс речовин і, як правило, виключалась можливість ерозії та зберігалася родючість ґрунтів. Третя стадія взаємодії суспільства та природи почалася в середині XX ст. після закінчення другої світової війни, яка стимулювала різкий стрибок у розвитку науки і техніки. Це період активного розвитку локальних і регіональних екологічних криз, протистояння природи та людського суспільства, хижацької експлуатації всіх природних ресурсів. Він характеризується розвитком глобальної екологічної кризи, нарощуванням гонки озброєнь всіма розвиненими країнами світу. Це стадія широкої хімізації, виробництва пластиків.

Людина своєю діяльністю на планеті все більше впливає на природу, на жаль переважно негативно.

На території нашої держави екологічна криза почала проявлятися ще з середини 50-х років. Саме цей час умовно можна вважати початком безконтрольного періоду експлуатації природи, а отже, і її забруднення. Щорічно у природний обіг вводилося близько 1,5 мільярда тонн первинної сировини. Це майже 30 тонн на кожного громадянина України. Внаслідок цього обсяг накопичених відходів від добувної, енергетичної, металургійної та деяких інших галузей промисловості становить уже близько 15 мільярдів тонн. Набагато більше їх потрапило у воду та повітря, які є первинною основою життя. Причина цього — відсутність природоохоронних інституцій та застарілі технології. На додаток — найбільша у світі розораність земель, безконтрольне використання великої кількості пестицидів, дві третини яких мають чіткий мутагенний ефект. І це в умовах, коли близько 40% усіх сільськогосподарських угідь мають слабку здатність до самоочищення, тобто сприяють накопиченню отруйних речовин у життєво важливому шарі орного ґрунту. Все це підсилюється аварійним станом каналізаційних систем, що спричиняє викиди інфекційно небезпечних відходів, зниження загального гігієнічного рівня.

Внаслідок цього помітно погіршився стан здоров'я населення України, порушились природні процеси.

Ще першого року нашої незалежності Верховна Рада проголосила Україну зоною екологічного лиха. І це не безпідставно.

Усе згадане змусило людей переосмислити ставлення до природи, почати глибоке вивчення походження та розвитку складних взаємозв'язків і процесів у навколишньому середовищі, шукати шляхи гармонізації взаємин людського суспільства та природи.

#### 1.4. СТРУКТУРА ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Середовище, яке оточує людину, формувалось мільйони років. Воно складається із штучного середовища, створеного людьми в процесі розвитку (господарсько-побутової, промислової, транспортної, енергетичної та інших інфраструктур); природного середовища, яке утворилось в процесі еволюційного формування Землі і життя на ній; природних ресурсів, без яких неможливе існування та розвиток суспільства (рис. 1.2). Природна сфера включає в себе землю, ґрунти, надра, гідросферу, атмосферу, флору, фауну, ландшафти.

##### 1.4.1. ГЕОГРАФІЧНА ОБОЛОНКА

*Географічна оболонка* — комплексна оболонка Землі, що утворилася внаслідок взаємопроникнення і взаємодії речовин окремих геосфер — літосфери, гідросфери, атмосфери і біосфери. Географічна оболонка є навколишнім середовищем людського суспільства, і в свою чергу, зазнає значного перетворюючого впливу від нього.

Верхню межу географічної оболонки проводять в атмосфері на висоті 25—30 км, нижню — в межах літосфери на глибині кількох сотень метрів, а іноді до 4—5 км чи по океанічному дну. Отже, до її складу входять повністю гідросфера і біосфера, більша частина атмосфери й частина літосфери. Географічна оболонка являє собою складну динамічну природну систему, що характеризується наявністю речовин у трьох агрегатних станах — твердому, рідкому і газоподібному. Географічна оболонка — найбільший природний комплекс, у розвитку якого є певні закономірності:

— цілісність — всі компоненти географічної оболонки становлять єдине ціле, взаємодіють між собою, а речовина і енергія перебувають у постійному кругообігу;

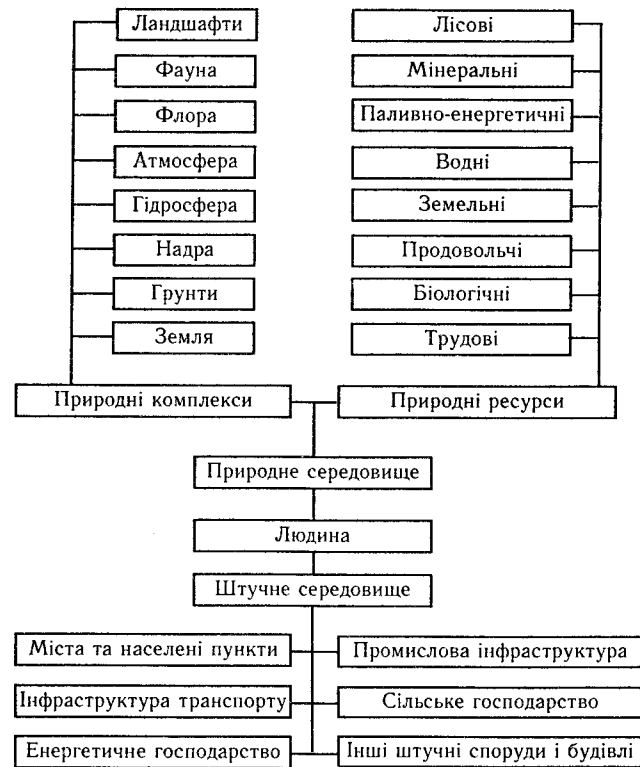


Рис. 1.2. Структурна схема довкілля

— ритмічність — періодичне повторення подібних природних явищ, які тривають добу (ніч і день), рік (весна, літо, осінь, зима), тисячоліття (похолодання і потепління клімату) чи мільйони років (горотворення і т. ін.);

— зональність — зміна характеру і властивостей природних комплексів та їх компонентів від екватора до полюсів, пов'язана з нерівномірним розподілом сонячного тепла залежно від географічної широти;

— висотна поясність — зміна рельєфу, клімату, вод, ґрунтів, рослинності і тваринного світу в залежності від абсолютної висоти місцевості, експозиції схилів та протяжності гірських країн відносно переважаючих повітряних мас.

## 1.4.2. АТМОСФЕРА

Атмосферне повітря є одним з головних джерел життя на Землі. Людина не може прожити без повітря більше 5 хв. Потреба людини в повітрі залежить від його стану, умов роботи і лежить в межах від 15 до 150 тис. л на добу. Повітря використовується і в багатьох виробничих процесах, оскільки є окислювачем в процесах горіння.

Атмосфера є зовнішньою газовою оболонкою Землі, що сягає від її поверхні в космічний простір приблизно на 3000 км і ділиться на тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу та екзосферу (рис. 1.3).

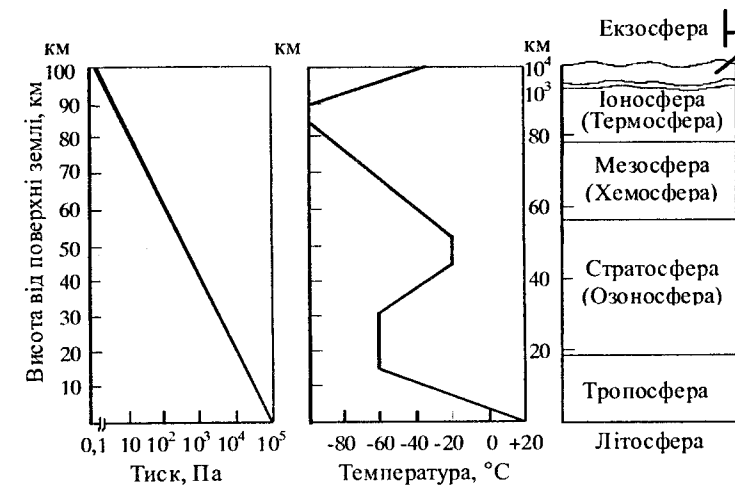


Рис. 1.3. Зміна тиску, температури повітря в атмосфері в залежності від відстані від поверхні Землі

Вона оточує Землю і обертається разом з нею під дією сили тяжіння. До складу атмосфери входить азот — 78%, кисень — 21%, аргон, гелій, криптон та деякі інші постійні компоненти. Вважається, що склад і властивості атмосфери протягом останніх 50 млн. років стабілізувалися. Серед змінних складових атмосфери — водяна пара, озон, вуглекислий газ, які мають велике значення для атмосферних процесів. Основна маса водяної пари зосереджена в нижніх шарах атмосфери (від 0,1—0,2% у полярних

широтах до 3% — в екваторіальних), з висотою її кількість значно зменшується — на 90% на висоті близько 5 км. Вміст водяної пари в атмосфері визначається співвідношенням процесів випаровування, конденсації і горизонтального переносу. Водяна пара — джерело утворення туманів, хмар, атмосферних опадів. Шар озону вбирає основну частину ультрафіолетового випромінювання Сонця, захищаючи життя на Землі. В цьому полягає велике екологічне значення атмосфери.

Атмосфера є не лише життєдайним “буфером” між Космосом і поверхнею нашої планети, носієм тепла та вологи, через неї відбувається також фотосинтез і обмін енергії — головні процеси біосфери.

Важливою змінною складової атмосфери є також вуглекислий газ, вміст якого в атмосфері з розвитком виробництва зростає (від 0,029% на початку ХХ ст. до 0,033% в наш час), має здатність вбирати довгохвильове випромінювання Землі, що створює парниковий ефект атмосфери і зменшує тепловіддачу Землі. Мінливість вмісту вуглекислого газу пов'язана з життєздатністю рослин, його розчинністю в морській воді та діяльністю людини.

Атмосфера регулює теплообмін Землі з космічним простором, впливає на її радіаційний та водний баланси. Одним з найважливіших факторів, що визначають стан атмосфери, є її взаємодія з океаном. Наприклад, процеси газообміну і теплообміну між ними суттєво впливають на клімат Землі.

Значного розвитку набули дослідження щодо впливу атмосфери на живі організми, і в першу чергу — на людину. Наприклад, вплив коливань атмосферного тиску, дія сонячної радіації та геомагнетичного поля, вміст окремих газів та забруднюючих домішок тощо.

### 1.4.3. ЛІТОСФЕРА

*Літосфера* — зовнішня тверда оболонка Землі, яка включає всю земну кору з частиною верхньої мантиї Землі і складається з осадових, магматичних і метаморфічних порід.

Найбільше людина впливає на земну кору — тонку верхню оболонку Землі, яка має товщину на континентах 40—80 км, під океанами 5—10 км і становить всього близько 1% маси Землі. Вісім елементів — кисень, кремній, водень, алюміній, залізо, магній, кальцій, натрій — утворюють 99,5% земної кори. На континентах земна кора складається із трьох шарів: перший шар — осадові породи; другий — гранітогнейсові і третій — базальтовий шар. Під океанами кора “океанічного типу” складається із

двох шарів: осадові породи залягають просто на базальтах, гранітогнейсовий шар відсутній.

Основна частина літосфери складається з вивержених магматичних порід (95%), серед яких на континентах переважають граніти, а в океанах — базальти.

У межах літосфери періодично відбувалися і відбуваються сучасні фізико-географічні процеси (зсуви, селі, обвали, ерозія), які мають величезне значення для формування екологічної ситуації у різних регіонах планети.

Актуальність вивчення літосфери зумовлена тим, що літосфера є середовищем усіх мінеральних ресурсів, одним з основних об'єктів антропогенної діяльності, через значні зміни якої розвивається глобальна екологічна криза. У верхній частині континентальної земної кори розвинені ґрунти.

Основна маса організмів і мікроорганізмів літосфери зосереджена в ґрунтах на глибині не більше кількох метрів. З різними породами земної кори, як і з її тектонічними структурами, пов'язані різні корисні копалини.

Природно-ресурсною базою розвитку сільського та лісового господарства є земля — найбільш цінне і незамінне багатство країни.

Земля — дуже містке і широке поняття. Вона — національне багатство суспільства, основний засіб виробництва в сільському господарстві і просторовий базис, де розміщуються всі галузі господарства.

*Ґрунт* — самостійне природне історичне органо-мінеральне тіло, яке виникло на поверхні Землі внаслідок тривалого впливу біотичних, абіотичних і антропогенних факторів. Ґрунт складається з твердих мінеральних і органічних частинок. Він має специфічні генетико-морфологічні властивості, які створюють відповідні умови для росту та розвитку рослин і родючості. Ґрунти виникли разом з живою речовиною і розвивалися під впливом діяльності рослин, тварин і мікроорганізмів, поки не стали цінним для людини родючим субстратом. Залежно від кліматичних, геологічних та географічних умов ґрунти мають товщину від 15—25 см до 2—3 м.

Ґрунт — це поверхневі шари земної кори (суходолу), видозмінені під впливом живих організмів, перш за все — зелених рослин, котрі відрізняються від гірських порід складом мінеральної маси, значним вмістом специфічних органічних речовин (гумусу) і мають важливу відмінність — родючість, тобто здатність постачати рослинам необхідні для їх росту поживні речовини, воду і повітря. Ґрунти є одночасно і результатом

життєдіяльності зелених рослин, і умовою їх існування. На Україні налічується багато різновидів ґрунтів, які відрізняються між собою мінералогічним складом, вмістом гумусу та поживних елементів, фізичними та хімічними властивостями, а значить, і родючістю, придатністю до лісо- та сільськогосподарського використання. З метою раціонального використання земель здійснюється їх великомасштабне дослідження, складаються детальні ґрунтові карти та визначається характеристика всіх ґрунтів (їх бонітування), що дає змогу виробити правильний підхід до використання, обробітку та удобрення ґрунтів, вибору найбільш придатних для кожного поля сільськогосподарських культур, організації сівозміні, захисту рослин.

Різні типи ґрунтів були вивчені і названі російським вченим В. В. Докучаєвим.

Серед усіх типів ґрунтів України найбільш поширеними є чорноземи. Вони найбільш родючі, з високим вмістом гумусу.

Моноліт чорнозему з Воронезької області, як еталон найбільш родючого ґрунту у світі, розміщено поряд з еталонами метра та інших мір у міжнародному інституті метрології в Парижі. В. В. Докучаєв писав, що російський чорнозем — це цар ґрунтів, він дорожчий за вугілля, дорожчий за золото.

При загальній площі України 60,4 млн. га у нас розорано 56,9% території — більше, ніж у будь-якій іншій країні Європи. В США цей показник менший втричі.

В нашій країні переважно вирощуються різноманітні зернові, кормові та технічні культури. Але їх надто мало для вирішення продовольчої проблеми країни. Дуже не вистачає кормів, насамперед, кормового зерна (кукурудзи, вівса, бобових, коренеплодів) для тваринництва. І причина цього не низька віддача землі, а неправильне і недбале господарювання людей на ній, що призводить до виснаження ґрунтів, тобто втрати родючості.

Найбільшим багатством ґрунту є його гумус — органічна речовина. Його роль в біосфері величезна. В українських чорноземах вміст гумусу становить сьогодні 4—6%, а ще в кінці XIX ст. його вміст складав 8—12% і навіть 16%. Природі, для того аби утворити шар гумусу завтовшки 1 сантиметр, потрібно 250—400 років. Зменшення вмісту цієї речовини на 1% зменшує врожайність зернових на кілька центнерів.

Ґрунт є основою організації біосфери. Таке образне визначення дає академік В. І. Вернадський. Географи називають ґрунт дзеркалом, фокусом

ландшафту. У ґрунті стикаються всі компоненти біосфери, поєднуються там, формуючи складну полігенетичну систему. Без ґрунту неможливе життя рослин і тварин на суші, бо він є основою цього життя.

Вирішальне значення у формуванні ґрунту відіграє жива речовина. Без життя не було б і ґрунту. Ґрунтотворення почалося тільки з появою життя на Землі. Будь-яка гірська порода, як би вона глибоко не була розкладена та вивітрена, ще не буде ґрунтом. Тільки тривала взаємодія материнських порід з живою речовиною за певних кліматичних умов створює специфічні якості, котрі відрізняють ґрунт від гірських порід. Ґрунт є акумулятором тепла і опадів. Найбільш родючим є ґрунт, здатний утримувати найбільшу кількість води.

#### 1.4.4. ГІДРОСФЕРА

*Гідросфера* — це водна сфера нашої планети, сукупність океанів, морів, вод континентів, льодовикових покривів. Наша планета містить близько 16 млрд. куб. м води, що становить 0,25% її маси. Основна частина цієї води (понад 80%) перебуває у глибинних зонах Землі — в її мантії. Підземна частина гідросфери охоплює ґрунтові, підґрунтові, міжпластові безнапірні й напірні води, тріщинні води і води карстових порожнин у легкорозчинних гірських породах (вапняках, гіпсах тощо).

Для величезної кількості живих організмів, особливо на ранніх етапах розвитку біосфери, вода була середовищем зародження та розвитку. Вода у біосфері перебуває у безперервному русі, бере початок у геологічному та біологічному кругообігах речовин. Вода є основою існування життя на Землі. Без води не може існувати людська цивілізація, бо вода використовується людьми не тільки для пиття, а й для забезпечення санітарно-гігієнічних та господарсько-побутових потреб.

#### 1.4.5. ПРИРОДНІ РЕСУРСИ

До них відносяться компоненти і сили природи, які на даному рівні розвитку продуктивних сил та вивченості використовуються або можуть бути використані як засоби виробництва і предмет споживання для задоволення матеріальних та духовних потреб суспільства.

За своєю матеріальною сутністю природні ресурси — частина географічного середовища, сукупність природних умов існування та діяльності людини.



В процесі впливу людського суспільства на природу збільшуються масштаби оволодіння компонентами і силами природи, розширюється сфера застосування їх, відбувається зміна пріоритетів у використанні природних ресурсів та їхнього впливу на економіку держав, світового господарства. До них відносять, крім первинних (природних), вторинні ресурси, які є відходами виробництва, або наслідками життєдіяльності людини. В процесі взаємодії людського суспільства та природи життєво важливою стає якість використовуваних компонентів природи — чисте повітря, чиста вода, екологічно чисті продукти харчування тощо.

Декларацією про державний суверенітет України, прийнятою Верховною Радою України в 1991 році, встановлено, що земля, її надра, повітряний простір, водні та інші ресурси, які знаходяться в межах території України, природні ресурси її континентального шельфу та морської економічної зони виключно є власністю її народу, матеріальною основою суверенітету республіки і використовується з метою забезпечення матеріальних і духовних потреб її громадян.

Існує декілька класифікацій природних ресурсів. Згідно з природничою класифікацією ресурси поділяються на природні групи: водні, повітряні, ґрунтові, рослинні, тваринні, мінеральні, кліматичні тощо. За природно-економічною класифікацією ресурси поділяються на ті, які використовуються в матеріальному виробництві і ті, що використовуються в невиробничій сфері. За іншою класифікацією природні ресурси поділяються на невичерпні і вичерпні, а останні — на відновлювані, важковідновлювані та невідновлювані.

**Земельні ресурси** — один з найбільш універсальних природних ресурсів, необхідний для всіх галузей господарства. Особливості земельних ресурсів полягають у тому, що їх не можуть замінити жодні інші ресурси і вони повинні використовуватися там, де знаходяться. Територія України (603,7 тис. кв. км) становить усього лише 0,4% загальної поверхні суші, але в Європі це друга за площею країна після Росії, вона займає 6% Європейського субконтиненту. Крім того, Україна має дуже зручне економіко-географічне положення і практично вся її територія придатна для промислового, транспортного та сільськогосподарського освоєння. Майже 95% її території займають низовини і височини і лише 5% — гори. Переважно високородючі ґрунти і сприятливі кліматичні умови зумовили високу господарську освоєність території — 92%. При цьому сільськогосподарське освоєння земель перевищує 70% і є одним з найвищих у світі.

Дуже важлива особливість земельних ресурсів полягає у тому, що верхній тонкий шар Землі — ґрунт — має природну родючість, тобто здатність забезпечувати рослини компонентами, необхідними для їх життя. Цю особливість здавна використовує людина, вирощуючи різноманітні сільськогосподарські культури.

**Агрокліматичні ресурси.** Термічний режим повітря і ґрунту в поєднанні з кількістю атмосферних опадів і запасами вологи у ґрунті становлять агрокліматичні ресурси території. Незважаючи на відносну однорідність клімату на території України, співвідношення тепла і вологи в різних її районах сильно відрізняється. Проте цього достатньо для вирощування більшості культур помірного поясу. Але для повного визрівання середньо- і пізньостиглих сортів соняшника, кукурудзи, абрикосів, персиків, винограду придатні лише південні області України і низовини Закарпаття.

Зволоження території зменшується з північного заходу на південний схід: у Карпатах і західному Поліссі воно надмірне, на решті території Полісся і північного Лісостепу — достатнє, на півдні та сході Лісостепу і в Степовій зоні недостатнє, а на узбережжі Чорного моря і Степовому Криму — бідне. Тому вирощування вологолюбних культур (льону, картоплі, цукрових буряків та ін.) найбільш доцільним є на Поліссі і в Лісостеповій зоні, а на півдні України для гарантованого землеробства необхідне зрошення.

**Мінеральні ресурси.** Мінерально-сировинна база України є багатством її народу, вона забезпечує незалежність і національну безпеку. За різноманітністю і багатством мінерально-сировинної бази Україна вигідно відрізняється від більшості республік колишнього Союзу і багатьох закордонних держав, займаючи 0,5% суші і виробляючи близько 5% світового обсягу мінеральної сировини.

На території України розвідано близько 8 тис. родовищ, майже 90 видів корисних копалин, з яких 20 мають важливе економічне значення. Серед них — нафта, газ, залізни, марганцеві, титанові, уранові руди, вугілля, сірка, ртуть, каолін, графіт, вогнетривкі глини, питні мінеральні води та інше.

**Біологічні ресурси.** Україна завдяки сприятливому географічному положенню в Середній Європі та різноманітних типах рівнинних, степових, лісостепових, лісових ландшафтів, а також гірських екосистем, вирізняється багатими за видовим складом флорою та фауною.

**Ландшафт** — територіальна система, яка складається з природних або природно-антропогенних компонентів і комплексів більш низького

таксономічного рангу, котрі взаємодіють між собою. Природний ландшафт формується під впливом природних процесів. Розрізняють вертикальні і горизонтальні ландшафти. Під впливом антропогенних дій структура і зовнішній вид ландшафтів зазнають змін. Часто порушені ландшафти відновлювати надзвичайно важко, а деколи і просто неможливо.

**Флора** — сукупність, що історично склалась, видів рослин, які ростуть на будь-якій території або на Землі в цілому. Флора земної кулі налічує 250—300 тис. видів судинних рослин, в тому числі 15 тис. папоротникових, 25 тис. мохоподібних. Кожен вид має свою область поширення. Забруднення природного середовища викидами, стоками, відходами призводить до зникнення окремих видів та загибелі флори в цілому.

**Фауна** — сукупність видів живих організмів, котрі мешкають на певній території або Землі в цілому. Фауна в процесі еволюції постійно зазнавала змін. Фауна характеризується кількістю видів тварин, які об'єднані спільною областю поширення (ареалом), ступенем її своєрідності (ендемизмом). На жаль, антропогенний вплив на фауну призводить до зникнення окремих видів живих організмів. Види, які зникають, заносяться в Червону книгу і для них створюється особливий режим існування.

За даними ботаніків, в Україні росте понад 450 видів квіткових і вищих спорових рослин, що становить четверту частину флори всієї Європи. Тому проблема охорони генофонду флори України має не лише національне, але й загальноєвропейське значення.

Флористично найбагатші райони — це Крим (2200 видів), Карпати (2012 видів), Полісся (1403 види), Кременецькі гори на Поділлі, Донецький кряж у степовій зоні.

Незважаючи на багатий видовий склад, лісові ресурси України обмежені. Площа лісового фонду складає близько 10 млн. га. Лісистість усього 14,3% (проти 37% у колишньому Союзі та 29% у світі). На одного жителя держави припадає всього 0,2 га лісу. У флорі України відомо понад 100 видів (крім родини злакових) квіткових рослин, плоди і насіння яких споживаються людиною. Серед них рідкісними є виноград лісовий, берека та інші, які потребують ретельної охорони.

**Рекреаційні ресурси** — умови відтворення фізичних і духовних сил людини, затрачених у процесі праці. Майже всю територію України (крім Причорнобильської зони) можна вважати санаторно-курортним регіоном. Найбільш сприятливим для відпочинку є ліс. Відпочинок у лісі, особливо в гірському, сприяє зростанню фізичних можливостей людини,

попереджує серцево-судинні захворювання, захворювання органів кровотворення, неврози, стабілізує роботу органів опорно-рухового апарату.

Все, що нас оточує — не випадкове скупчення предметів і явищ, а цілісна система, яка розвивається за певними і лиш їй властивими законами. В природі немає нічого постійного, в ній все рухається, розвивається і змінюється.

Розвиток завжди йде від простого до складного за висхідною спіраллю. Процес розвитку природи вічний, як і сама природа. Рельєф, ґрунти, вода, повітря, рослинний і тваринний світ існують і розвиваються за своїми законами, але не ізольовано одне від одного. Якщо зміниться якийсь один компонент, то це викличе відповідні зміни інших елементів середовища. В цьому полягає закон цілісності географічної оболонки.

## 1.5. ПОНЯТТЯ ПРО БІОСФЕРУ

### 1.5.1. КОЛО ЖИТТЯ

3,5 млрд. років тому в первісному океані Землі під впливом ультрафіолетового та проникаючого випромінювань, а також електричних грозових розрядів почалося утворення перших органічних з'єднань — “органічного бульйону”, за виразом академіка А. І. Опаріна. Зі зростанням концентрації цього розчину деякі органічні молекули, об'єднуючись, стали утворювати коацерватні краплі, ізольовані від оточуючого їх середовища і котрі використовували речовини, що входили до його складу, для збільшення свого розміру. Так виникли молекули, здатні самовідтворюватися, що означало народження Життя.

Перші організми живилися оточуючим їх органічним розчином, однак настав час, коли його запаси почали вичерпуватися, а вільного кисню — найкращого окислювача, — практично не було, і перші організми змушені були отримувати енергію завдяки процесу бродиння. Однак цей процес малоефективний і вимагав великої кількості їжі. Тому життя було приречене на голодну смерть. Єдина можливість перетворення скінченної речовини в нескінченну — включення її в кругообіг. Тому внаслідок природного відбору утворилися фотосинтезуючі організми, котрі не живилися готовою органічною речовиною, а створювали її самі, використовуючи сонячне світло для перетворення вуглекислого газу, мінеральних солей та води. Відходом цього способу живлення став кисень, котрий, по-перше, зробив можливою появу багатоклітинних представників тваринного світу, які потребують енергії з готових органічних речовин шляхом їх окислення, і, по-друге, створив захист від згубного для білкових з'єднань впливу ультрафіолетового випромінювання, оскільки деяка частина

вільного кисню перетворилася в озон, що є потужним його поглиначем. Таким чином живі істоти отримали можливість вийти з води, котра захищала їх від впливу випромінювання, на суходіл і поступово поширились на всій планеті.

Так утворилося замкнене коло взаємозалежних та взаємоприспосованих організмів і процесів, серед котрих немає жодного зайвого, оскільки кожен виконує свою функцію: відходи життєдіяльності одного є умовою життя іншого.

Тварини не могли б харчуватися та дихати без допомоги рослин. Однак і рослини без тварин дуже швидко загинули б, оскільки нікому було б переробляти та розкладати утворену органіку на воду, вуглекислий газ та мінеральні солі, запобігаючи засміченню планети відмерлими залишками та відтворюючи запаси поживних речовин для нових поколінь рослин. Живі організми беруть також участь у загальному круговороті речовин в природі і формуванні планети.

Отже, тварини та рослинні організми своєю діяльністю за життя та біомасою після смерті мільярди років створювали та вдосконалювали умови, сприятливі для життя, тобто біосферу, перш ніж з'явилася людина, котра через кілька сотень тисяч років стала руйнувати її своєю нерозумною діяльністю.

На підставі праць В. І. Вернадського та його послідовників використовується визначення біосфери як загальнопланетної оболонки, до складу якої належать нижні шари атмосфери, гідросфера, та верхні шари літосфери. Її склад і будова зумовлені сучасною і минулою життєдіяльністю всієї сукупності живих організмів. Вона наслідком взаємодії її живих і неживих компонентів, акумуляції і перерозподілу в ній величезної кількості енергії та є термодинамічно відкритою, самоорганізованою, саморегульованою, динамічно зрівноваженою, стійкою, мозаїчною (досиметричною), глобальною системою.

До поняття "біосфера" (від грець. *bios* — життя + *sphairo* — сфера, куля) близько підійшов французький біолог Ж. Б. Ламарк (1802). Але сам термін "біосфера" вперше застосував австрійський геолог Е. Зюсс (1875). Він же виділив біосферу як окрему оболонку Землі, охоплену життям, яка включає частини атмосфери, гідросфери і літосфери. Живі істоти (рослини, тварини, мікроорганізми) існують на поверхні Землі, в її атмосфері, гідросфері та верхній частині літосфери, в цілому складаючи плівку життя (сферу) на нашій планеті. Верхня межа біосфери сягає 85 км над поверхнею Землі. На таких висотах (у стратосфері) під час запусків геофізичних ракет у пробах повітря виявлено спори мікроорганізмів. Нижня межа біосфери сягає глибин літосфери, де

температура становить 100 °С (у молодих складчастих областях — це приблизно 1,5—2 км і на кристалічних щитах — 7—8 км).

Отже, область існування живих організмів на Землі називають біосферою (сферою життя).

Верхня межа біосфери, за В. І. Вернадським, є променевою, а нижня — термічною. Променева межа зумовлена наявністю жорсткого короткохвильового випромінювання, від якого життя на Землі захищає озоновий шар, термічна — наявністю високих температур і знаходиться на суші в середньому на глибині 3—3,5 км від земної поверхні. Таким чином, загальна товщина цієї земної оболонки повинна була б становити кілька десятків кілометрів (рис. 1.4).

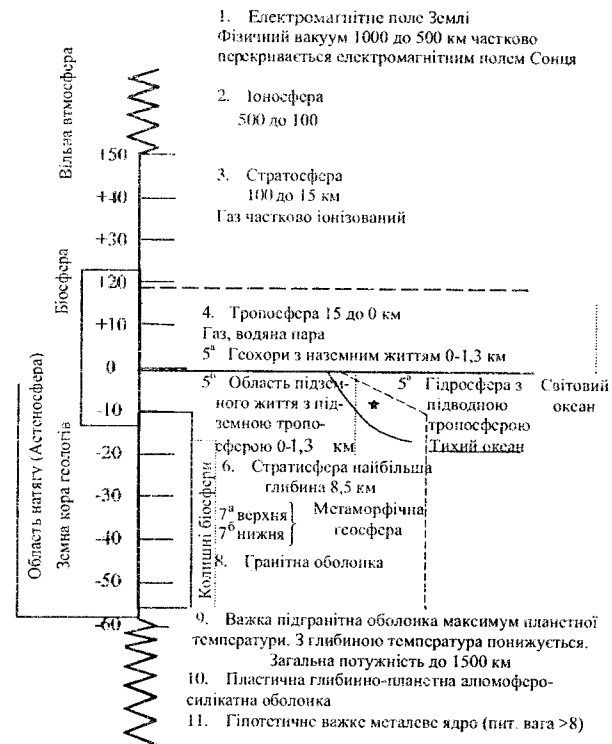


Рис. 1.4. Схема розташування біосфери серед інших геосфер (за Шипуновим, 1980)

Приблизна маса біосфери становить  $3 \cdot 10^{24}$  г, а об'єм —  $10 \cdot 10^{24}$  см<sup>3</sup>, в тому числі літосфери —  $0,6 \cdot 10^{24}$  см<sup>3</sup>, гідросфери —  $1,4 \cdot 10^{24}$  см<sup>3</sup> і тропосфери —  $8 \cdot 10^{24}$  см<sup>3</sup> (приблизна маса тропосфери —  $0,004 \cdot 10^{24}$  г, гідросфери —  $1,4 \cdot 10^{24}$  г, а літосфери товщиною 3 км на суші і під дном океану — 0,5 км маса  $1,6 \cdot 10^{24}$  г). Приблизна маса біосфери становить 0,05% маси Землі, а об'єм — 0,4% об'єму Землі, включаючи до останнього атмосферу товщиною 2000 км від рівня геоїда. Маса живої речовини ледве сягає  $(3 \dots 5) \cdot 10^{-8}\%$  маси Землі і близько  $(0,7 \text{—} 1,0) \cdot 10^{-8}\%$  маси біосфери. Структуру біосфери та її оточення наведено на рис. 1.5.

Цікаві узагальнення з приводу параметрів біосфери наводить Ф. Я. Шипунов (1980). За його даними, найбільшу товщину біосфера має на тропічних широтах — 22 км, найменшу — на полярних — 12 км.

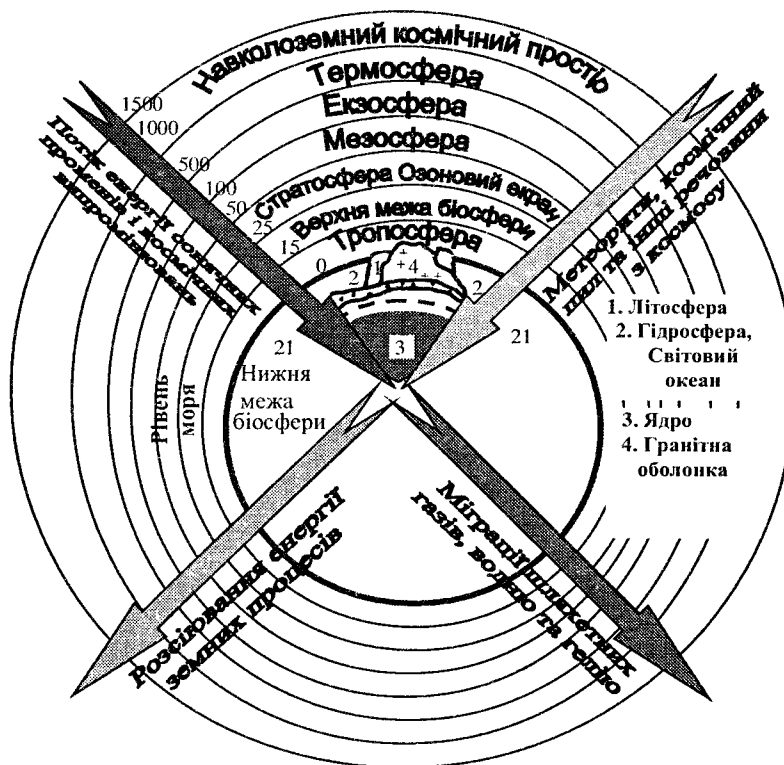


Рис. 1.5. Структура біосфери та її оточення (за Назаровим, 1974)

Процеси, які відбуваються у біосфері та в оточуючому її планетному середовищі, породжуються і підтримуються, з одного боку, космічними, а з другого — земними факторами, пов'язаними з особливостями Землі як планети (напруженість гравітаційного і магнітного полів, особливості її речовини, випромінювання тощо). Взаємодія цих двох факторів створює єдиний утвір — систему Землі (Шипунов). Біосфера є структурною частиною цієї складної планетної системи. І якщо її жива речовина формує для себе найсприятливіше середовище існування і розвитку — біосферу, то остання перетворює своє планетне середовище таким чином і в таких розмірах, щоб мати максимальну стійкість своєї структурної організації. Тому біосферу треба розглядати не лише як область розвитку живої речовини на Землі, але й як область, що трансформує своє близьке оточення в невід'ємне від неї екологічне планетне середовище.

### 1.5.2. ЗАГАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ БІОСФЕРИ

Все живе в біосфері утворює живу речовину. Живі організми відіграють дуже важливу роль у геологічних процесах, які формують Землю. Хімічний склад сучасних атмосфери та гідросфери зумовлений життєдіяльністю організмів. Велике значення мають організми також для формування літосфери — більшість порід, і не лише осадових, а й таких, як граніти, так чи інакше пов'язані своїм походженням з біосферою. Мінеральна інертна речовина переробляється живими організмами, перетворюється в якісно нову. Живі організми не лише пристосовуються до умов зовнішнього середовища, а й активно їх змінюють. Таким чином, жива та нежива речовини на Землі становлять гармонійне ціле.

Хімічний стан зовнішньої кори нашої планети, біосфери, цілком перебуває під впливом життя, тобто визначається живими організмами. Незаперечно енергія, що надає біосфері її звичайного вигляду, має космічне походження, її випромінює Сонце у формі променистої енергії. Але саме живі організми, тобто сукупність життя, перетворюють цю космічну променисту енергію у земну, хімічну, і формують нескінченну різноманітність нашого світу. Це живі організми, які своїм диханням, живленням, метаболізмом, смертю і розмноженням, постійним використанням своєї речовини, яка триває сотні мільйонів років, безперервною зміною поколінь, породжують одне з найграндіозніших планетарних явищ, що не існують ніде, крім біосфери.

Одним з проявів біологічної активності організмів є швидкість їх розмноження. Одноклітинна водорість діатомея теоретично здатна за вісім днів утворити масу живої матерії, що дорівнює земній, протягом наступного дня подвоїти її.

Згідно з сучасними оцінками, суха маса живої речовини на Землі становить 2—3 трильйони тонн. Це порівняно з основними сферами Землі дуже мала величина. Жива речовина відрізняється від неживої надзвичайно високою активністю, зокрема, дуже швидким кругообігом речовин. Вся жива речовина біосфери оновлюється в середньому за вісім років. Життєдіяльність тварин, рослин і мікроорганізмів супроводжується безперервним обміном речовин між організмами та середовищем, внаслідок чого всі хімічні елементи земної кори, атмосфери й гідросфери багаторазово входили до складу тих чи інших організмів.

Живі організми відіграють величезну роль в акумуляції сонячної енергії. Наприклад, поклади кам'яного вугілля — це не що інше, як сонячна енергія, накопичена зеленими рослинами минулих геологічних епох. Так само можна визначити й природу багатьох мінералів, зокрема вуглекислого кальцію, який утворює величезні маси вапняків і майже на 100% має біогенне походження. Важливу роль живі організми відіграють у накопиченні багатьох металів, таких, як залізо, мідь, марганець. Велике значення для біосфери й господарської діяльності людини має кругообіг азоту, сірки, фосфору та інших елементів.

Жива речовина значно прискорила й змінила кругообіги у біосфері різних речовин — води, кисню, азоту, вуглекислого газу тощо.

### 1.5.3. КРУГООБІГ РЕЧОВИН У БІОСФЕРІ

Утворення живої речовини та її розклад — це дві сторони єдиного процесу, який називається біологічним кругообігом хімічних елементів. Життя — це кругообіг елементів між організмами і середовищем.

Причина кругообігу — обмеженість елементів, з яких будується тіло організмів. Біологічний кругообіг — це багаторазова участь хімічних елементів у процесах, які протікають у біосфері. У зв'язку з цим біосферу визначають як область Землі, де протікають три основних процеси: кругообіг вуглецю, азоту, сірки, в яких беруть участь п'ять елементів (H, O<sub>2</sub>, C, N, S), що рухаються через атмосферу, гідросферу, літосферу. У природі кругообіг здійснюють не речовини, а хімічні елементи. Ці 5 елементів рухаються і окремо, і в таких сполуках як вода, нітрати, двоокис вуглецю, двоокис сірки.

**Кругообіг вуглецю.** У біосфері вуглецю понад 12 000 млрд. тонн. Це пояснюється тим, що сполуки вуглецю безперервно виникають, змінюються і розкладаються. Кругообіг вуглецю відбувається фактично між живою речовиною та двоокисом вуглецю. У процесі фотосинтезу, здійснюваного рослинами, двоокисом вуглецю вуглекислий газ і вода за допомогою енергії сонячного світла перетворюються на різні органічні сполуки. Щорічно вищі рослини і водорості при фотосинтезі поглинають 200 млрд. тонн вуглецю. Якби вуглець не повертався в атмосферу, його запас у ній (700 млрд. тонн) швидко б вичерпався. Відмерлі рослини і тваринні організми розкладаються грибами і мікроорганізмами на CO<sub>2</sub>, який теж повертається в атмосферу. Повний цикл обміну атмосферного вуглецю здійснюється за 300 років. Але частина вуглецю вилучається у вигляді торфу, нафти, вугілля, вапняку, мармуру, викопних відкладів і осадових порід.

**Кругообіг кисню.** Щорічно лісові масиви виробляють 55 млрд. тонн кисню. Він використовується живими організмами для дихання і бере участь в окисних реакціях в атмосфері, літосфері і гідросфері. Циркулюючи через біосферу, кисень перетворюється то на органічну речовину, то на воду, то на молекулярний кисень. Весь кисень атмосфери кожні 2 тисячі років проходить через живу речовину біосфери. За час свого існування людство безповоротно втратило близько 273 млрд. тонн кисню. У наш час щорічно на спалювання вугілля, нафтопродуктів і газу витрачається величезна кількість кисню. Інтенсивність цього процесу збільшується щороку.

**Кругообіг азоту, фосфору, сірки.** Діяльність людини прискорює кругообіг цих елементів. Головна причина прискорення — використання фосфору в добривах, що призводить до еутрифікації — надудобрення. При еутрифікації відбувається бурхливе розмноження водоростей — "цвітіння" води. Це призводить до зменшення кількості розчиненого у воді кисню. Продукти обміну водоростей знищують рибу та інші організми. Сформовані екосистеми при цьому руйнуються. Індустрія і двигуни внутрішнього згорання викидають в атмосферу щорічно багато нітратів і сульфатів. Потрапляючи на землю разом з дощами, вони засвоюються рослинами.

**Кругообіг води.** Вода покриває 3/4 поверхні Землі. За одну хвилину під дією сонячного тепла з поверхні водойм Землі випаровується 1 млрд. тонн води. Після охолодження пари утворюються хмари, випадає дощ і сніг. Оподи частково проникають у ґрунт. Ґрунтові води повертаються на поверхню землі через коріння рослин, джерела, насоси тощо. Швидкість

циркуляції води дуже велика: вода океанів поновлюється за 2 млн. років, ґрунтова вода — за рік, річкова — за 12 діб, пара в атмосфері — за 10 діб. Двигоном кругообігу є енергія Сонця.

Щорічно для створення первинної продукції біосфери використовують при фотосинтезі 1 % води, що потрапляє у вигляді опадів. Людина тільки для побутових і промислових потреб використовує 20 мм опадів — 2,5% загальної їх кількості за рік. Безповоротний щорічний водозабір тепер становить 55 куб. м. Щорічно він збільшується на 4—5%.

А з іншого боку, живі організми пристосовуються до різного хімічного складу середовища, можуть переносити велику концентрацію тих елементів, які тут звичайно є у великих кількостях. Елементи, які рідко зустрічаються в природі і у малих концентраціях, при нагромадженні стають отруйними для живих істот.

#### 1.5.4. ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕНЕРГІЇ У БІОСФЕРІ

Живі організми постійно споживають енергію. Джерело енергії — Сонце. Живий світ Землі, її біосфера, складаються з організмів трьох основних типів. Потік енергії у біосфері має один напрямок: від Сонця через рослини (автотрофи) до тварин (гетеротрофи), або від продуцентів до консументів.

*Автотрофи* — це організми, які створюють органічні речовини з неорганічних у процесі фотосинтезу (використовуючи сонячну енергію. До автотрофів відносяться зелені вищі рослини, лишайники, водорості і бактерії, що мають фотосинтезуючі пігменти. В екології автотрофи називають також продуцентами (лат. *producere* — той, що виробляє). Продуценти — це організми, що створюють органічну речовину за рахунок утилізації сонячної енергії, води, вуглекислого газу та мінеральних солей. До цього типу належать рослини, яких на Землі є близько 350 000 видів. Продуценти утворюють складні сполуки, в яких у хімічних зв'язках зосереджена енергія, що вивільняється при розкладанні їх у процесі травлення у тварин та інших гетеротрофів.

*Гетеротрофи* (грець. *heteros* — різний + *trophe* — живлення) — це організми, що одержують енергію за рахунок харчування автотрофами чи іншими консументами. До них належать рослиноїдні тварини, хижаки й паразити, а також хижі рослини та гриби.

В екології гетеротрофів поділяють на консументів та редуцентів. *Консументи* — це споживачі готової органічної продукції. *Редуценти* —

це організми, які розкладають органічні речовини, це мінералізатори органіки. Їх часто називають деструкторами. Потік енергії від рівня продуцентів супроводжується перетворенням енергії і великими її витратами. Від одного рівня до другого біомаса і кількість енергії зменшується приблизно в 10 разів. Редуценти споживають частину поживних речовин, розкладають мертві тіла рослин і тварин до простих хімічних сполук (води, вуглекислого газу та мінеральних солей), замикаючи таким чином кругообіг речовин у біосфері.

Всі функції живих організмів у біосфері (утворення газів, окисні і відновні процеси, концентрація хімічних елементів тощо) не можуть виконуватися організмами якогось одного виду, а лише їх комплексом. Звідси випливає надзвичайно важливе положення, розроблене І. В. Вернадським: біосфера Землі сформувалася з самого початку як складна система, з великою кількістю видів організмів, кожен з яких виконує свою роль у загальній системі. Без цього біосфера взагалі не могла б існувати, тобто стійкість її існування була відразу започаткована її складністю. Отже, біосфера дуже неоднорідна. Вона складається з великої кількості різної величини угруповань.

#### 1.6. ЕКОСИСТЕМИ ТА ЇХ МІСЦЕ В ОРГАНІЗАЦІЇ БІОСФЕРИ

##### 1.6.1. РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ ОРГАНІЧНОГО СВІТУ

Повітря і вода, рослинність і ґрунти, звірі і птахи та інші живі організми утворюють взаємозв'язану і взаємозумовлену світову біосферу, яка підтримує все живе і яка, незважаючи на могутню життєздатність, складається з тендітних і надто уразливих систем, рівновага яких дуже легко порушується. Природні системи досить різноманітні, вони складаються з величезної кількості різноорганізованих, взаємозумовлених і взаємозамінних компонентів, які об'єднані між собою безліччю прямих і зворотних зв'язків. Незважаючи на те, що системи досить різноманітні, вони володіють низкою спільних рис:

- система — це цілісний комплекс взаємозв'язаних елементів, але є щось більше, ніж просто сума елементів;
- система утворює особливу єдність з середовищем;
- будь-яка досліджувана система є елементом системи більш високого рангу;

— в свою чергу елементи будь-якої досліджуваної системи звичайно виступають як системи нижчого рангу.

На думку багатьох вчених світ організований у вигляді ланцюга, що складається з ланок зростаючої складності. Ця послідовність починається з елементарних частинок, з яких складається атом, переходить до молекул, клітин і поширюється до складних індивідумів (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

## Рівні організації органічного світу

Основна група	Рівень
Біологічні мікросистеми	молекулярний (молекулярно-генетичний)
	субклітинний
Біологічні мезосистеми	тканинний
	органный
	організмовий
Біологічні макросистеми	популяційно-видовий
	біоценотичний
	біосферний (глобальний)

Одиниці одного рівня організації є частинками, з яких утворюється наступний вищий рівень. Молекули, об'єднуючись, утворюють клітини, клітини утворюють тканини і органи, які в свою чергу утворюють багатоклітинний організм, організми утворюють надорганізмові системи: види, популяції, біоценози, біогеоценози. Живе на нашій планеті виступає як окремі організми, особини. Кожен організм з одного боку складається з одиниць підпорядкованих йому рівнів організації (органів, клітин, молекул), з іншого — сам є одиницею, що входить до складу надорганізмових біологічних макросистем (популяцій, видів, біоценозів, екосистем, біосфери).

На всіх рівнях життя спостерігається певна впорядкованість, обмін речовин, енергії, інформації і т. п. Завдяки обміну речовин та енергії встановлюється єдність живого з середовищем.

## 1.6.2. ПОНЯТТЯ ПРО ЕКОСИСТЕМИ

*Екосистема* (біогеоценоз) — основна одиниця біосфери. Об'єктом вивчення екології є екосистеми. Цей термін запровадив англійський біолог А. Тенслі у 1935 році. Екосистема — це просторова система, що охоплює історично сформований комплекс живих істот, пов'язаних між собою трофічними зв'язками та неживих компонентів середовища їх існування, які залучаються в процесі обміну речовин та енергії. В кожній екосистемі відбувається кругообіг речовин та обмінні енергетичні процеси.

Кожна екосистема складається з біоценозу та біотопу.

*Біотоп* — це ділянка поверхні землі з більш-менш однотипними умовами існування (грунтом, мікрокліматом тощо).

*Біоценоз* — це історично сформована сукупність рослин, тварин та мікроорганізмів, що населяє біотоп. Відповідно до цього кожний біоценоз складається з фітоценозу (угруповання рослин), зооценозу (угруповання тварин) та мікробіоценозу (угруповання мікроорганізмів) (рис. 1.6).

Екосистема може бути різних розмірів і складності. Наприклад, можна говорити про екосистему лісу в цілому і про екосистему окремого пенька. Взаємодія організмів в екосистемі надзвичайно складна. Взаємодія біоценозів з біотопами відбувається через речовинно-енергетичний обмін. Для кожної екосистеми характерний свій біологічний кругообіг речовин, який здійснюється внаслідок існування в екосистемах трофічних ланцюгів (ланцюгів живлення).

Наприклад, у водоймах фітопланктон поїдається зоопланктоном, останній — дрібною рибою, що є здобиччю великих риб — хижаків, які в свою чергу споживаються людиною. Мова йде про певні угруповання рослин, тварин і мікроорганізмів, які взаємодіють один з одним і з навколишнім середовищем. Дуже великі наземні екосистеми називають біомами, наприклад, ліси помірного поясу, пустелі, хвойні ліси, савани тощо. Кожний біом включає в себе цілий ряд менших за розмірами взаємозв'язаних одна з одною екосистем. Одна з них може бути великою — площею в декілька мільйонів квадратних кілометрів, інша — може являти собою невелику галявину. Важливо те, що кожен екосистему можна визначити як більш-менш своєрідне угруповання рослин і тварин, які взаємодіють одне з одним і з довкіллям.



**Структура екосистем.** В кожній екосистемі можна виділити два основних компоненти: організми, з одного боку, і фактори неживої природи, — з другого. Всю таку сукупність організмів (рослин, тварин, мікроорганізмів) називають біотою (від лат. *bio* — життя) екосистеми. Неживі (хімічні і фізичні) чинники навколишнього середовища називають абіотичними.

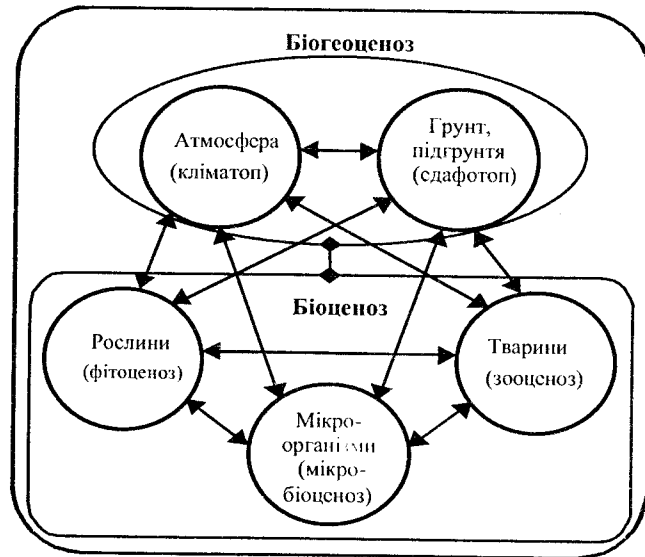


Рис. 1.6. Схема будови біоценозу (за В. М. Сукачовим)

Незважаючи на велику різноманітність екосистем — від пустель до тундри, — всім їм притаманна приблизно однакова біотична структура. Іншими словами, всі вони містять одні і ті ж категорії організмів, які подібно взаємодіють у всіх екосистемах (продуценти, консументи, редуценти).

Одна з причин, що впливає — різноманітність екосистем (біоценозів) у природі — це своєрідність абіотичних умов кожного регіону.

Незважаючи на різноманітність екосистем, всі вони мають спільні риси. В кожній із них можна виділити фотосинтезуючі рослини — продуценти, різні типи консументів і редуцентів.

### 1.6.3. ЛАНЦЮГИ ЖИВЛЕННЯ ТА ПІРАМІДИ МАС, ЧИСЕЛ І ЕНЕРГІЇ

У природі не існує такого виду, який не був би пов'язаний з іншим. Живлячись за рахунок інших істот, організми дістають енергію. Внаслідок цього у природі виникають ланцюги живлення. Ряди взаємопов'язаних видів, в яких кожний попередній є об'єктом живлення наступного, називають ланцюгами живлення. Розрізняють ланцюги живлення різних типів. Тип ланцюга залежить від початкової ланки. Початковою ланкою в ланцюгах живлення можуть бути рослини, мертві рослини, рештки чи послід тварин. Наприклад, рослини—попелиці—дрібні комахоїдні птахи—хижі птахи; рослини—зайці—лисиці—вовки. В даних випадках ряди починаються з рослин. До іншого типу рядів живлення належать ряди, що розпочинаються з посліду тварин з невикористаними запасами речовин: коров'ячий послід—личинки мух—комахоїдні птахи—хижаки. Прикладом ланцюгів живлення, які починаються з рослинних решток, може бути: рослинний перегній—дощові черв'яки—кроти. Ланцюг живлення можна уявити у вигляді піраміди чисел, фундамент якої становлять численні види рослин, наступні рівні утворюють рослиноїдні та м'ясоїдні тварини, чисельність яких швидко зменшується в напрямку до вершини, яку посідають нечисленні великі хижаки.

Є три основних типи пірамід:

- піраміда чисел показує чисельність окремих організмів;
- піраміда біомаси характеризує загальну суху вагу, калорійність або іншу міру загальної кількості живої речовини;
- піраміда енергії відповідає величині потоку енергії або “продуктивності” на послідовних трофічних рівнях.

Піраміди чисел і біомаси можуть бути оберненими (або частково оберненими), тобто основа може бути меншою, ніж один або кілька верхніх поверхів. Так буває, коли середні розміри продуцентів менші, ніж розміри консументів.

Навпаки, екологічна енергетична піраміда завжди звужується вгору за умови, що будуть враховані усі джерела енергії живлення в системі.

### 1.6.4. КЛАСИФІКАЦІЯ ЕКОСИСТЕМ

За масштабами екосистеми поділяються на мікроекосистеми, мезоекосистеми і глобальні екосистеми.

У мікроекосистемах невеликі, тимчасові біоценози, що називаються *синюзіями*, перебувають в обмеженому просторі. До таких екосистем



належать трухляві пеньки, мертві стовбури дерев, мурашники тощо. Найбільш поширеними серед екосистем є мезоекосистеми або біогеоценози, в яких біоценози займають однотипні ділянки земної поверхні з однаковими фізико-географічними умовами і межі яких збігаються з межами відповідних фітоценозів.

Макроекосистеми охоплюють величезні території чи акваторії, що визначаються характерним для них макрокліматом і відповідають цілим природним зонам. Біоценози таких екосистем називаються *біомами*. До макроекосистем належать екосистеми тундри, тайги, степу, пустелі, саван, листяних і мішаних лісів помірного поясу, субтропічного і тропічного лісів, а також морські екосистеми. Прикладом глобальної екосистеми є біосфера нашої планети.

За ступенем трансформації людською діяльністю екосистеми поділяються на природні, антропогенні та антропогенно-природні.

У промислово розвинутих країнах екосистем не охоплених людською діяльністю територіях майже не залишилося, хіба що в заповідниках. Лісові насадження, луки, ниви — все це антропогенно-природні екосистеми, які хоча й складаються майже виключно з природних компонентів, але створені і регулюються людьми.

До антропогенних екосистем належать екосистеми, в яких переважають штучно створені антропогенні об'єкти і, крім людей, можуть існувати лише окремі види організмів, що пристосувалися до цих специфічних умов. Прикладом таких антропогенних екосистем є міста, промислові вузли, села (в межах забудови), кораблі тощо.

У зв'язку з трансформацією значної частини природних екосистем в антропогенно-природні та антропогенні, предметна сфера екології в наш час значно розширилася.

#### 1.6.5. ОСНОВНІ ЕКОСИСТЕМИ СВІТУ

Загальна площа поверхні Землі складає 510 млн. кв. км, з них 70%, тобто 361 млн кв. км, — Світовий океан, суходіл — 150 млн. кв. км, в тому числі: гори — 30%, пустелі — 50%, савани і рідколісся — 30%, льодовики — 10%, і тільки 10% території суходолу займають сільськогосподарські угіддя. Треба враховувати і той фактор, що сонячна енергія по поверхні Землі розподіляється нерівномірно, її визначає географічне положення, рівень над морем.

**Лісові екосистеми.** В лісових екосистемах найпоширеніші і найбільш цінні лісові типи, бо це 80% фітомаси Землі, або 1960 млрд. тонн,

це 4 млрд. га, або 30% площі суходолу із середнім запасом деревини 350 млрд. м<sup>3</sup>.

На відміну від корисних копалин — нафти, газу, кам'яного вугілля, — ліс — відновлюваний природний ресурс. В лісах планети налічуються тисячі видів дерев, кущів, ліан. Під пологом лісу знаходяться: трава, мох, лишайник, плауни, хвощі, папороть, гриби, підлісок, мікроорганізми. Щорічно в процесі фотосинтезу ліс дає 100 млрд. тонн органічної речовини, відтворюються кислоти, смоли, вітаміни, цукор, фітонциди, з лісової сировини отримують 200 тис. найменувань різної продукції.

*Ліс* — це елемент географічного ландшафту, що складається із сукупності деревних, кущових, трав'яних рослин, тварин, і мікроорганізмів, біологічно взаємопов'язаних і котрі впливають як один на одного, так і на зовнішнє середовище.

*Тип лісу* — це ділянка лісу, або їх сукупність, що характеризується загальними лісорослинними умовами, однаковим складом деревних порід, кількістю ярусів, аналогічною формою, що вимагає одних і тих же лісгосподарських заходів.

Типи лісів об'єднані в групи асоціацій, тобто в групи лісів, потім в класи типів лісів, лісові формації, класи лісових формацій, типи рослинності.

*Північна позатропічна рослинність:* кущі кедр, березові ліси, рідколісся, шпильковий, березовий листяний, сосновий ліс тайги, дубові, кленові ліси, гірські листяні і шпилькові, субтропічні шпилькові і листяні, лісостепові і степові, пустель і напівпустель субальпійські чагарникові і різнолісся.

*Тропічна рослинність* — це вологі вічнозелені тропічні ліси, листопадні тропічні ліси, тропічне рідколісся і савани.

*Південна позатропічна рослинність* — евкаліптові, вологі підтропічні ліси, рідколісся, широколистяні ліси.

Існує шість зональних типів лісу: шпилькові, змішані, вологі, екваторіальні, тропічні, ліс сухих областей.

Хвойні (шпилькові) ліси холодної зони розташовані в північній півкулі і в зоні тайги: ялина європейська і сибірська, сосна звичайна, модрина, кедр, ялиця.

Мішані ліси помірної зони знаходяться в середній широті північної півкулі — шпильково-широколистяні, широколистяні та ліси лісостепу (бук, дуб, горіх, каштан, липа, клен, береза, сосна, кедр, ялиця, модрина, туя, дугласія). Це ліси, які найбільш інтенсивно експлуатуються.

Вологі ліси теплого помірного клімату зустрічаються в обох півкулях і в межах субтропічного поясу. Це соснові ліси США, бук, ясен, горіх, тюльпанне дерево, паперове дерево, евкаліпт.

Екваторіальні дощові ліси ростуть у тропічних районах з інтенсивними опадами (червоне дерево, кедр, бальса, зелене дерево, ебенове дерево, лімбо, ірокс тощо). Це ліс, який інтенсивно експлуатується для меблевого виробництва.

Тропічні вологі листопадні ліси — це мусонні тропічні ліси Індії, Південної Америки з такими породами як тик, сал, трояндове дерево, диптерекарпус, червоне і чорне дерево, ангельське дерево, масляне дерево.

Ліс сухих областей — це субтропічні шпилькові і листяні дерева і чагарники в сухих субтропіках. Найхарактерніші ліси Середземномор'я.

**Лісогосподарська характеристика.** Характеристика лісових екосистем — це їх площа, лісистість, запаси деревини.

**Лісова площа** — це площа, зайнята деревами та чагарниками, які використовуються з лісогосподарською метою. Це суспільні, приватні ліси, національні парки і заповідники, лісові культури і плантації (розрахункові лісосіки, площі під дорогами, лісові розсадники, крім міських парків і скверів, садів, лісових пасовищ).

**Покрита лісом площа** — це лісові ділянки, зайняті деревами, зімкнутість крон яких складає більше 20%, це природні насадження плюс молодняки, лісові культури, захисні лісосмуги.

Екологічна цінність лісу в першу чергу полягає в тому, що ліс — регулятор водного режиму. Зрозумілим стає, чому стік води в Світовий океан щорічно катастрофічно збільшується.

Без лісу деградує земля, деградують водні ресурси. **Ліс** — відновлювач кисню. Він дає атмосфері 6% кисню. Це легені Землі, які очищають повітря від пилу і шкідливостей антропогенного походження. Ліс регулює інтенсивність сніготанення і рівень води в ріках, стабілізує склад атмосфери, знижує швидкість вітру, зберігає флору і фауну, мікроорганізми, виділяє фітонциди, оздоровлює довкілля, поглинає шум, має рекреаційне значення.

Лісові екосистеми розподілені нерівномірно. Україна вкрита лісом лише на 8620 тис. га, в т. ч. молодняків — 53%, середньовікових — 26%, достигаючих — 12%, ділових лісостанів — 10%. В Україні існує три групи лісів: перша — заповідники, ґрунтозахисні ліси, полезахисні, курортні, зелені зони міста, захисні смуги полів і лісів; друга група — ліс з інтенсивним веденням лісового господарства; третя група — спілі ліси експлуатаційного призначення.

**Екосистема трав'яних ландшафтів.** *Степ* — планетарне фізико-географічне утворення. Його площа сягає 6% суходолу. Степ від Молдови та України тягнеться до Монголії між лісами шпильковими і листяними. Мадярські пушти — це острів степу в Європі. В Америці від Монітоби і Соскачевані до Мексиканської затоки простягаються прерії — Велика рівнина. Степ буває субтропічним, чагарниковим, луговим тощо.

**Пасовища і сінокоси** — це кормові угіддя, що складають 60% сільськогосподарських угідь, і їх площа перевищує площу ріллі. За експертними оцінками щорічно можна отримати 70 млн. тонн сіна на природних сінокосах, а на пасовищах — 126 млн. тонн. А фактично сіна збирають лише 20% від потенційно можливого обсягу.

Продуктивність кормових ресурсів сінокосів і пасовищ складає 20—30 центнерів на га. Найкращі сінокоси — в заплавах рік, в річкових долинах. Проте у злакових сінокосах площа різко знижується за рахунок ріллі, сільськогосподарських угідь під злакові.

**Агробіоценози (агроекосистема)** — поле, штучні пасовища, городи, сади, виноградники, плантації горіха, ягідники, квітники, лісопаркові смуги. Основа агробіогеоценозу — це штучний фітоценоз, якість якого залежить від умов середовища, від ґрунту, вологи, мікроорганізмів. Агробіогеоценоз — це 10% суходолу. Його площа складає 1,2 млрд. га, які дають людині 90% продуктів харчування. Без людської праці і агротехніки вони існують лише один рік, а зернові і овочі, ягідники — 3—4 роки, плодові культури — 20 років, маючи потенційні можливості високої продуктивності. Проте це залежить від культури землеробства.

**Водні екосистеми.** Екосистема світового океану — це 70% земної поверхні. Їй притаманні глобальні розміри, безперервність існування. Всі моря і океани пов'язані між собою. Відбувається постійна циркуляція води, чому сприяють хвилі, припливи і відпливи. Океан — екосистема взаємопов'язана і взаємозумовлена геофізичними і геохімічними процесами. Це екосистема глобального масштабу, його площа перевищує площу суходолу. Вода океану вкриває 3/4 поверхні Землі.

## 1.7. ЕКОЛОГІЯ ПОПУЛЯЦІЙ

Першою надорганізмовою біологічною системою є популяція. Термін "популяція" запозичений з демографії В. Іогансеном у 1905 році для визначення групи особин одного виду, а інколи навіть однорідної суміші особин різних видів. Таким чином, терміном "популяція" почали визначати

не довільно вибрану групу особин, а реально існуючу частину виду, яка відрізняється від сусідніх угруповань певними груповими біологічними ознаками. Популяція — це не випадкове і тимчасове, а тривале у часі і просторі угруповання особин одного виду, пов'язаних більш тісними родинними зв'язками і більш схожими між собою, ніж з представниками інших подібних угруповань. Отже, популяція — це сукупність особин певного виду, які здатні до вільного схрещування, населяють певний простір протягом багатьох поколінь і відокремлені від інших подібних угруповань.

### 1.7.1. ОЗНАКИ ПОПУЛЯЦІЙ

Найбільш істотними ознаками популяцій є динаміка чисельності особин, співвідношення статей, віковий склад, територіальна структура і щільність заселення.

Кожна популяція має певний властивий лише їй темп і ритм обміну речовин в екосистемі. В свою чергу, популяція може складатися з дрібніших угруповань, мікропопуляцій, колоній, зграй тощо, але такі угруповання нестійкі в часі і періодично включаються у загальний популяційний ритм. Отже, кожен вид має структуру, яка властива тільки йому. Вивчення популяційної структури виду має надзвичайно важливе теоретичне і практичне значення при здійсненні заходів з раціонального природокористування. Важливо знати загальнобіологічні властивості виду, а також як впливає зовнішнє середовище на його формування. Популяція завжди перебуває під впливом багатьох факторів і реакція на конкретний фактор залежить від взаємного розташування або спільної їх дії. Зокрема, розглянемо, які фактори впливають на чисельність популяції, загальну кількість особин на даній території або в даному об'ємі, котрі належать до однієї популяції. Повінь, пожежа, град, раптові морози, посуха, бурелом, надмірне застосування хімічних препаратів, реконструкція ландшафту, вселення нових видів хижаків, паразитів, епідемії — все це може призвести до повної її загибелі. Загибель або різке скорочення чисельності популяції, як правило, викликає ланцюгову реакцію в біоценозі, і може спричинитися до коливання чисельності популяцій інших видів. Аналіз причин загибелі окремих видів свідчить про те, що зникнення одного виду рослин викликає загибель від 3—4 до 20—30 і навіть більше видів тварин.

Популяції багатьох видів досить уразливі не лише в місцях розмноження. Несприятливі умови на шляхах міграцій і в місцях зимівлі можуть поставити популяцію на грань загибелі. Отже, створення

сприятливих умов у районах розмноження, обмеження факторів смертності ще не забезпечує збільшення чисельності видів, якщо не усунути загрозу масової загибелі особин під час сезонних мандрівок.

*Щільність популяції* — це середня кількість особин, що припадає на одиницю простору. При сталій площі ареалу або при обмежених можливостях його розширення щільність популяцій прямо залежить від її чисельності. Щільність і чисельність — поняття не тотожні. Популяції, представлені великою кількістю особин, можуть займати велику площу і мати нижчу щільність, ніж популяції нечисленні, але стиснені певними територіальними межами. Внутріпопуляційним регулятором чисельності є, головним чином, не кількість особин, а просторове розташування їх. В екології існує поняття оптимальної щільності, при якій популяція має найвищу життєздатність.

При зниженні чисельності зменшуються можливості обміну генетичною інформацією, утворюються окремі замкнені кільця близьких родичів, що призводить до зниження життєздатності молоді.

Зростає тиск конкурентів. У видів, яким притаманний колоніальний або груповий спосіб життя, значно знижуються можливості опору ворогам. Але одночасно зі зниженням щільності звільняється життєвий простір, відтворюється кормова база, увага хижаків переключається на інші об'єкти або кількість їх також різко зменшується.

Ставлення людини до того чи іншого виду визначається його демографічним станом. Тому пізнання закономірностей динаміки чисельності популяцій має першочергове значення. У кожному конкретний момент будь-яка популяція складається з певної кількості особин, але ця величина досить динамічна. Часто вона залежить від народжуваності і смертності у популяції.

Одночасно рухаються два потоки особин: один “наповнює” басейн популяції, другий “витікає” з нього. Потужності цих потоків досить рідко збігаються в часі, тому рівень популяційного басейну весь час коливається. Завдання популяційної екології саме і полягає в складанні прогнозу цих коливань.

Відтворення потомства — головне джерело поповнення популяції. У рослин — це кількість насіння, у риб — ікринок, у птахів — яєць і т. п.

Швидкість зростання популяції визначається біотичним потенціалом. Біотичний потенціал — це кількість нащадків, яку здатна дати одна особина або одна пара. У одних видів біотичний потенціал може перевищувати мільярд, у інших — обмежуватись кількома десятками.

Види, що живуть у сприятливих умовах і добре пристосовані до виживання, мають низький біотичний потенціал і, навпаки, висока смертність зумовлює надзвичайну плодючість. Наприклад, риби, які не турбуються про потомство, відкладають тисячі і навіть мільйони ікринок. Місячний біотичний потенціал риби — до 3 млрд., а в акул, які народжують живих малят, він обмежений десятками. Більшість шкідливих комах здатні плодити від кількох сотень до тисячі особин.

Для стабілізації популяцій достатньо, щоб до розмноження доживало стільки нащадків, скільки було батьків. Якщо відсоток виживання вищий за відсоток рівноваги, популяція зростає, якщо нижчий — зменшується. Це необхідно враховувати при боротьбі зі шкідниками та при охороні зникаючих видів.

Чисельність будь-якої популяції коливається під впливом дії біотичних та абіотичних факторів. Один і той самий фактор може відігравати, залежно від стану популяції, як позитивну, так і негативну роль.

**Вікова структура популяцій.** В кожній популяції є групи різновікових особин, співвідношення яких характеризує здатність популяції до розмноження. Розрізняють три стадії віку: передпродуктивний, репродуктивний і постпродуктивний. Тривалість цих стадій у різних організмів дуже відрізняється. У багатьох тварин і рослин особливо тривалим буває передпродуктивний період. При сприятливих умовах у популяції присутні всі вікові групи, які забезпечують відносно стабільний рівень її чисельності. На віковий склад популяції впливають тривалість життя особин, період досягнення статевої зрілості, тривалість періоду розмноження, плодючість і смертність вікових груп. Вікову структуру популяцій часто зображають у вигляді вікових пірамід (рис. 1.7).

Врахування і аналіз вікової структури природних популяцій має велике значення для раціонального мисливського промислу і прогнозування популяційно-екологічної ситуації.

Статеву структуру популяцій має важливе значення для подальшого зростання її чисельності.

### 1.7.2. ЕТОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦІЙ

Характерною особливістю популяцій є система взаємовідносин між складовими її членами. Закономірності поведінки організмів вивчає наука *етологія*. Залежно від способу життя виду форми спільного існування особин у популяції надзвичайно різноманітні. Розрізняють одинокий спосіб життя, при якому особини популяції незалежні і відокремлені один від

одного, але лише тимчасово, на певних стадіях життєвого циклу. Повністю ізольоване існування організмів у природі не зустрічається, оскільки було б неможливим здійснення їх основної життєвої функції — розмноження. У видів з ізольованим способом життя часто утворюються тимчасові угруповання особин у місцях зимівлі (сонечка, жужелиці) або в період, який передує розмноженню.

При сімейному способі життя помітно посилюються зв'язки і взаємовідносини між батьками і їх потомством: турбота про відкладені яйця, пташенят, їх охорона. Розрізняють сім'ї батьківського, материнського і змішаного типів. При сімейному способі життя помітно проявляється територіальна поведінка тварин, коли за допомогою різноманітних сигналів, маркуванням забезпечується володіння ділянкою, яка необхідна для вирощування потомства. В основі формування більш-менш великих спільнот тварин (зграя, стадо, колонія) лежить ускладнення поведінки, а, отже, і зв'язків у популяції.

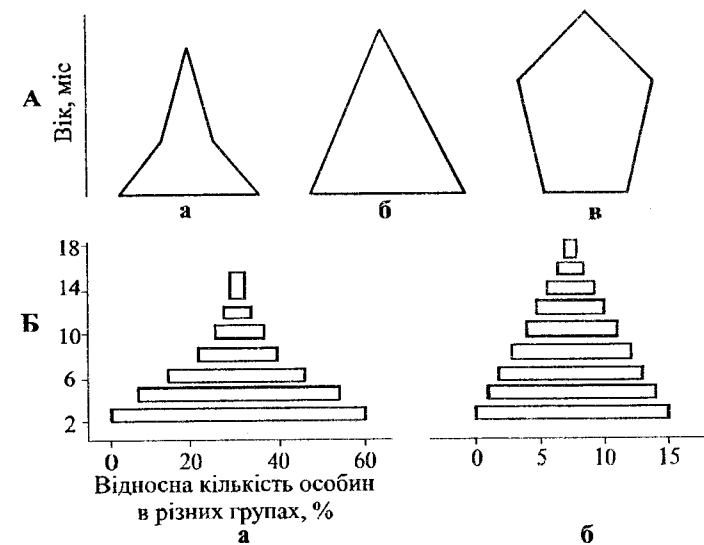


Рис. 1.7. Типи вікових пірамід:  
А — три типи вікових пірамід, які характеризують популяції з більшою, помірною і малою чисельністю (а, б, в, %) молодих особин; Б — вікові піраміди інтенсивно зростаючої (а) і постійної (б) за чисельним складом популяції миші польової

*Зграя* — це тимчасове об'єднання тварин, які проявляють біологічно корисну організованість дій (для захисту від ворогів, добування харчування, міграції і т. д.) Найбільше зграї поширені серед риб, птахів, рідше зустрічаються у ссавців (собачі зграї).

*Стадо* — тривале або постійне об'єднання тварин, в якому здійснюються всі основні функції життя виду: добування корму, захист від хижаків, міграції, розмноження, виховання молодняка. Основу групової поведінки в стаді складають взаємовідносини домінування — підпорядкування, яке базується на індивідуальних відмінностях між особинами. Для стада характерна наявність тимчасового або постійного лідера, на якому концентрується поведінка інших особин і часто вона визначає поведінку стада в цілому.

*Колонія* — це групове поселення осілих тварин. Колонії можуть існувати довго або виникати на період розмноження (наприклад, чайки, мідії, ластівки, грачі, альбатроси, терміти, бджоли).

## 1.8. ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЬ ОРГАНІЗМІВ

### 1.8.1. ПОНЯТТЯ ПРО ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ

Безперервність життя на Землі забезпечується унікальною здатністю живих істот створювати і підтримувати внутрішнє середовище, здійснювати обмін речовин з навколишнім середовищем і передавати ці властивості за спадковістю своїм нащадкам.

*Середовище* — одне з основних екологічних понять; під ним ми розуміємо комплекс природних тіл і явищ, з якими організм знаходиться у прямих або опосередкованих зв'язках.

Внутрішнє середовище будь-якої істоти якісно відрізняється від зовнішнього середовища. Якісна самостійність внутрішнього середовища організму регулюється механізмами гомеостазу.

*Гомеостаз організму* — це стан внутрішньої динамічної рівноваги, який забезпечується взаємодією складних процесів регуляції і координації біохімічних реакцій за принципом зворотного зв'язку. Гомеостаз може здійснюватись тільки за певних умов навколишнього середовища: поза межами цих умов автономність організму порушується і він гине, а його внутрішнє середовище ототожнюється із зовнішнім. Сили, що діють з боку навколишнього середовища, називають факторами.

Організм як елементарна частинка живого світу в середовищі свого існування знаходиться під одночасним впливом кліматичних, біотичних факторів, які разом називаються екологічними.

*Екологічний фактор* — це будь-який елемент середовища, який здатний справляти прямий чи опосередкований вплив на живі організми, хоча б протягом однієї фази їх розвитку.

Фактори навколишнього середовища забезпечують існування в просторі і часі. Засвоєння і використання факторів здійснюється організмом через адаптації.

*Адаптації* — це пристосування або засоби, за допомогою яких організм здійснює взаємодію з середовищем для підтримання гомеостазу і забезпечує безперервність існування в часі через потомство. Залежно від кількості й сили дії один і той самий фактор може мати протилежне значення для організму. Наприклад, підвищення, або зниження температури за межі пристосувальної здатності організму призводить до його загибелі. Адаптивні можливості різних організмів розраховані на різне значення фактора. Так, більшість прісноводних риб гине, потрапивши в морську воду, а морські риби гинуть при зниженні солоності води.

Наявність того чи іншого фактора може бути життєво необхідним для одних видів і не мати ніякого значення для інших. Наприклад, світло для зелених рослин — це джерело енергії, а для різних мешканців ґрунту — зайвий або й небезпечний фактор.

Залежно від сили дії того чи іншого фактора умови існування особин виду можуть бути оптимальними, неоптимальними або відповідати проміжному рівню.

Здатність організму витримувати певну амплітуду коливання фактора називають *екологічною валентністю*. Для життя організмів велике значення має не тільки абсолютна величина фактора, але й швидкість його зміни.

За екологічною валентністю організми поділяються на *еврибіонтних* з широкими пристосувальними можливостями (сірий пацюк, горобець, кімнатна муха) і *стенобіонтних*, які можуть існувати лише у відносно сталих умовах (байбак степовий, журавель степовий, качкодзьоб). Реакція організму і його адаптивні можливості відповідно до показників фактора залежать від поєднання дії різних факторів. Мряка та вітер при плюсовій температурі, мороз при ясній та тихій погоді сприймаються по-різному. У даному випадку реакція організму на температурний фактор залежить від супровідної дії вологості і вітру, тобто від спільної дії факторів.

Для нормального існування організму необхідний певний набір факторів. Якщо хоч один із життєво необхідних факторів відсутній або дія його недостатня, організм не може існувати, нормально розвиватись і давати потомство. Це явище називають законом мінімуму, або **законом Лібіха**, а фактор, дія якого недостатня для нормального життя — лімітуючим.

Організми, як свідчать численні дослідження, не є рабами фізичних умов середовища. Вони пристосовуються самі і змінюють умови середовища так, що можуть послабити лімітуючий вплив температури, світла, води та інших факторів. Такий вплив організмів дуже відчутний і ефективний на рівні угруповання. Зв'язок організму із середовищем має характер тривалий і нерозривний, і організм не може існувати поза середовищем. На Землі можна розрізнити чотири типи життєвого середовища: водне, наземне (повітряне), ґрунтове та тіло іншого організму.

### 1.8.2. КЛАСИФІКАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

Екологічні фактори можуть бути об'єднані за природою їх походження або залежно від їх динаміки та дії на організм. За характером походження розрізняють:

— *абіотичні фактори* зумовлюються дією неживої природи і поділяються на кліматичні (температура, світло, сонячна радіація, вода, вітер, кислотність, солоність, вогонь, опади тощо), орографічні (рельєф, нахил схилу, експозиція) та геологічні.

— *біотичні* — дія одних організмів на інші, включаючи всі взаємовідносини між ними.

— *антропогенні фактори* — вплив на живу природу життєдіяльності людини.

У 1958 р. А. С. Мончадський запропонував класифікацію факторів за характером їх дії.

*Стабільні фактори* — ті, що не змінюються протягом тривалого часу (земне тяжіння, сонячна стала, склад атмосфери та інші). Вони зумовлюють загальні пристосувальні властивості організмів, визначають належність їх до мешканців певного середовища планети Земля.

*Змінні фактори*, в свою чергу, поділяються на закономірно змінні і випадково змінні. До закономірно змінних належить періодичність добових і сезонних змін. Ці фактори зумовлюють певну циклічність у житті організмів (міграції, сплячку, добову активність та інші періодичні явища і життєві ритми).

*Випадково змінні фактори* об'єднують біотичні, абіотичні та антропогенні фактори, дія яких повторюється без певної періодичності (коливання температури, дощ, вітер, град, епідемії, вплив хижаків та інші).

Коротко розглянемо групи факторів, об'єднаних характером походження.

**Абіотичні.** Серед них особливо виділяється група кліматичних факторів. Дія багатьох абіотичних факторів, включаючи рельєф, вітер, тип ґрунту тощо проявляється опосередковано — через температуру і вологість. Внаслідок цього на невеликій ділянці земної поверхні кліматичні умови можуть суттєво відрізнятися від середніх для даного регіону в цілому. Температура і кількість опадів (дощу або снігу) визначають розміщення на земній поверхні основних природних зон. Різноманітність природних комплексів часто визначається особливостями ґрунтів, від яких залежить надходження вологи. Один і той же фактор за відношенням до різних організмів може відігравати різноманітну роль і завдяки цьому перемішуватися у класифікації з однією групою в іншу. Яскравим прикладом цього явища може бути світло. Для рослин воно є джерелом енергії при фотосинтезі, для багатьох наземних тварин світло може бути основним фактором. Для ґрунтових організмів або мешканців печер, як і для організмів, що живуть в глибинах морів, цей фактор не має значення, оскільки протягом всього життя ці організми не зустрічаються з його дією.

Екологічні фактори діють на організм різними шляхами. У найпростішому випадку має місце прямий вплив. Так, сонячне проміння освітлює яшірку, яка лежить нерухомо, і тіло її нагрівається. З іншого боку, дуже часто екологічні фактори впливають на організм опосередковано, через безліч проміжних ланок. Наприклад, поєднання високої температури повітря з низькою вологістю і відсутністю дощів призводить до посухи, іноді це набуває катастрофічного характеру (вигорає рослинність, траводні мігрують або гинуть).

**Біотичні фактори.** Вони являють собою форми впливу живих організмів один на одного. Основною формою такого впливу у більшості випадків є харчові зв'язки, на базі яких формуються складні ланцюги і ланки харчування. Крім харчових зв'язків, в угрупованнях рослинних і тваринних організмів виникають просторові зв'язки. Все це є підставою для формування біотичних комплексів. Виділяють різні форми біотичних відносин, які можуть бути найрізноманітнішими — від дуже сприятливих до різко негативних.

Між представниками різних видів організмів, що населяють екосистему, крім нейтральних, можуть існувати такі види зв'язків:

**Конкуренція** — боротьба між представниками різних видів за їжу, повітря, воду, світло, життєвий простір; боротьба тим жорстокіша, чим більш споріднені і близькі у вимозі до умов середовища види організмів, що конкурують.

**Мутуалізм** — представники двох видів організмів своєю життєдіяльністю сприяють один одному, наприклад комахи, збираючи нектар, запилюють квіти; мурашки, опікаючи попелиць, живляться їхніми солодкими виділеннями.

**Коменсалізм** — коли від співжиття представників двох видів вирає один вид, не завдаючи шкоди іншому, наприклад, рибка-прилипайко знаходить захист і живиться біля акул (мутуалізм і коменсалізм називають ще симбіозом).

**Паразитизм** — одні істоти живляться за рахунок споживання живої тканини господарів, наприклад, кліщі, блощиці, воші, глисти, омела, деякі гриби тощо.

**Хижацтво** — одні організми вбивають інших і живляться ними.

**Алелопатія** — одні організми виділяють речовини, шкідливі для інших, наприклад, фітонциди, що виділяються деякими вищими рослинами, пригнічують життєдіяльність мікроорганізмів; токсини, що виділяються під час "цвітіння" води у водоймищах, отруйні для риби та інших тварин.

**Антропогенні фактори** зумовлені діяльністю людини, вплив її на природу може бути як свідомим, так і стихійним, випадковим. Користуючись знанням законів розвитку природи, людина свідомо виводить нові високопродуктивні сорти рослин, породи тварин, усуває шкідливі види, створює нові природні комплекси. Процес взаємодії людини з природою почався з моменту появи людини на Землі і весь час зростає.

До середини XX століття людина, за визначенням В. І. Вернадського, стала наймогутнішою геологічною силою на нашій планеті. Різко зріс вплив людської діяльності на довкілля, що призвело до порушення природних зв'язків. Так, внаслідок вирубування лісів, пустелі різко пришвидшили свій наступ на зелені зони. Діяльність людини змінює умови навколишнього середовища, а середовище, в свою чергу впливає на життя, здоров'я та життєдіяльність як окремої людини, так і людської популяції загалом.

## 1.9. ОСНОВНІ ЕКОЛОГІЧНІ ЗАКОНИ

Завданням екології є пошук законів функціонування та розвитку даної галузі об'єктивної реальності. Історично першим для екології був закон, що встановлює залежність живих систем від факторів, котрі обмежують їх розвиток (так званих лімітуючих факторів).

**Закон мінімуму.** В 1840 році Ю. Лібіх встановив, що врожай зерна часто лімітується не тими поживними речовинами, котрі вимагаються у великих кількостях, а тими, котрих потрібно небагато, однак їх мало в ґрунті. Він сформулював закон, згідно з котрим "Речовиною, що є в мінімумі, регулюється врожай і визначається величина та стійкість його в часі". Дію цього закону обмежують два принципи. Згідно з першим закон Лібіха застосовується лише за умов стаціонарного стану. Його більш точно формулювання: "При стаціонарному стані лімітуючою буде та речовина, доступні кількості котрої найбільш близькі до необхідного мінімуму". Другий принцип стосується взаємодії факторів. Висока концентрація та доступність деякої речовини може змінити споживання мінімальної поживної речовини. Організм тоді замінює одну, дефіцитну, речовину іншою, що є в надлишку.

*Інше тлумачення згаданого закону:* стійкість організму визначається найслабшою ланкою в ланцюзі його екологічних потреб.

Якщо кількість та якість екологічних факторів близькі до необхідного організму мінімуму, він виживає, якщо менші за цей мінімум, організм гине, екосистема руйнується.

Наступний закон узагальнює закон мінімуму.

**Закон толерантності (закон Шелфорда, запропонований в 1913 році).** Він формулюється наступним чином: відсутність або неможливість розвитку екосистеми визначається не лише нестачею, але й надлишком будь-якого з факторів (тепло, світло, вода тощо). Таким чином, організми характеризуються як мінімумом, так і максимумом. Іншими словами цей закон може бути виражений наступним чином: лімітуючим фактором процвітання організму може бути як мінімум, так і максимум екологічного впливу, діапазон між якими визначає ступінь витривалості (толерантності) організму до даного фактора.

Згідно з законом будь-який надлишок речовини чи енергії в екосистемі стає її ворогом, забруднювачем. Надто багато хорошого — теж погано. Діапазон між двома величинами складає межі толерантності, в котрих організм нормально функціонує і реагує на вплив середовища.



**Закон конкурентного виключення** формулюється наступним чином: два види, що займають одну екологічну нішу, не можуть співіснувати в одному місці нескінченно довго. Те, котрий з видів перемагає, залежить від зовнішніх умов. У подібних умовах перемогти може кожен. Важливою для перемоги обставиною є швидкість зростання популяції. Нездатність виду до біотичної конкуренції призводить до його витіснення та необхідності пристосування до більш складних умов та факторів.

Цей закон може працювати і в людському суспільстві. Особливістю його дії є те, що в наш час цивілізації не можуть розійтися. В біосфері немає місця для розселення та немає надлишку ресурсів, що загострює конкурентну боротьбу. Можна говорити про екологічне суперництво між країнами і навіть про екологічні війни або війни, зумовлені екологічними причинами. Свого часу Гітлер виправдовував агресивну політику нацистської Німеччини боротьбою за життєвий простір. Ресурси нафти, вугілля тощо і тоді були дуже важливими. Ще більшу вагу вони мають у кінці XX сторіччя, коли додалася необхідність території для захоронення радіоактивних та інших відходів. Війни — гарячі та холодні — набувають екологічного характеру. Багато подій, в тому числі розпад СРСР, сприймаються інакше, якщо на них поглянути з екологічних позицій. Тут переплітаються політичні, соціальні та екологічні проблеми.

**Закон біогенної міграції атомів (закон Вернадського):** міграція хімічних елементів на земній поверхні та в біосфері в цілому здійснюється під переважаючим впливом живої речовини, організмів.

Жива речовина або бере участь у біохімічних процесах безпосередньо, або створює відповідне, збагачене киснем, вуглекислим газом, воднем, азотом, фосфором та іншими речовинами, середовище. Розуміння всіх хімічних процесів, що відбуваються в геосферах, неможливе без врахування дії біогенних факторів, зокрема — еволюційних. Люди впливають на стан біосфери, змінюють її фізичний і хімічний склад, умови збалансованої віками біогенної міграції атомів. У майбутньому це спричинить дуже негативні зміни, котрі набувають здатності саморозвиватися і стають глобальними, некерованими (спустелювання, деградація ґрунтів, вимирання тисяч видів організмів).

**Закон внутрішньої динамічної рівноваги:** речовина, енергія, інформація та динамічні якості окремих природних систем та їх ієрархії дуже тісно пов'язані між собою, тому зміна одного з показників неминуче призводить до функціонально-структурних змін інших, але при цьому

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

Наслідки дії цього закону виявляються в тому, що після будь-яких змін елементів природного середовища (речовинного складу, енергії, інформації, швидкості природних процесів тощо) обов'язково розвиваються ланцюгові реакції, які намагаються нейтралізувати ці зміни. Навіть незначна зміна одного показника може спричинити сильні відхилення в інших і в усій екосистемі.

Зміни у великих екосистемах можуть мати незворотний характер, а будь-які локальні перетворення природи викликають у біосфері планети реакції-відповіді, які зумовлюють відносну незмінність еколого-економічного потенціалу. Штучне зростання еколого-економічного потенціалу обмежене термодинамічною стійкістю природних систем. Закон свідчить, що у випадку незначних втручань у природне середовище його екосистеми здатні саморегулюватися та відновлюватися, а коли ці втручання перевищують певні межі і вже не можуть згаснути в ланцюгу ієрархії екосистем, вони призводять до значних порушень енерго-і біобалансу на значних територіях і в усій біосфері.

**Закон генетичної різноманітності:** все живе генетично різне й має тенденцію до збільшення біологічної різноманітності.

Закон має важливе значення в природокористуванні, особливо в сфері біотехнології, коли не завжди можна передбачати результат нововведень під час вирощування нових мікрокультур через виникаючі мутації або поширення дії нових біопрепаратів на ті види організмів, на які вони розраховувалися.

**Закон історичної незворотності:** розвиток біосфери й людства як цілого не може відбуватися від пізніших фаз до початкових, загальний процес розвитку однонаправлений.

**Закон константності (сформульований В. І. Вернадським):** кількість живої речовини біосфери за певний геологічний час є величина постійна.

Цей закон тісно пов'язаний із законом внутрішньої динамічної рівноваги. За законом константності будь-яка зміна кількості живої речовини в одному з регіонів біосфери неминуче призводить до такої ж за обсягом зміни речовини в іншому регіоні, тільки зі зворотним знаком.

Наслідком цього закону є правило обов'язкового заповнення екологічних ніш.



**Закон кореляції (сформульований Ж. Кюв'є):** в організмі, як цілісній системі, всі його частини відповідають одна одній як за будовою, так і за функціями.

Зміна однієї частини неминує викликає зміни в інших.

**Закон максимізації енергії (сформульований Г. і Ю. Одумами та доповнений М. Реймерсом):** у конкуренції з іншими системами зберігається та, яка найбільше сприяє надходженню енергії та інформації і використовує максимальну їх кількість найефективніше.

Система утворює накопичувачі високоякісної енергії, частину якої витрачає на забезпечення надходження нової енергії, забезпечує нормальний кругообіг речовин і створює механізми регулювання, підтримки, стійкості системи, її здатності пристосовуватися до змін, налагоджує обмін з іншими системами. Максимізація забезпечує підвищення шансів на виживання.

**Закон максимуму біогенної енергії (закон Вернадського—Бауера):** будь-яка біологічна та біонедосконала система, що перебуває в стані стійкої нерівноваги (динамічно рухливої рівноваги з довкіллям), збільшує, розвиваючись, свій вплив на середовище.

У процесі еволюції видів виживають ті, котрі збільшують біогенну геохімічну енергію. Живі системи ніколи не перебувають у стані рівноваги й виконують за рахунок своєї вільної енергії корисну роботу проти рівноваги. Якої потребують закони фізики та хімії за існуючих зовнішніх умов. Цей закон поряд з іншими є основою розробки стратегії природокористування.

**Закон обмеженості природних ресурсів:** усі природні ресурси в умовах Землі вичерпні.

Планета є природно обмеженим тілом, і на ній не можуть існувати нескінченні складові частини.

**Закон односпрямованості потоку енергії:** енергія, яку одержує екосистема і яка засвоюється продуцентами, розсіюється або разом з їх біомасою незворотно передається консументам першого, другого, третього та інших порядків, а потім редуцентам, що супроводжується втратою певної кількості енергії на кожному трофічному рівні як наслідок процесів, які супроводжують дихання.

У зворотний потік (від редуцентів до продуцентів) потрапляє дуже мало початкової енергії (не більше 0,25%), тому термін "кругообіг енергії" є досить умовним.

**Закон оптимальності:** ніяка система не може звужуватися або розширюватися до нескінченності.

Ніякий цілісний організм не може перевищити певних критичних розмірів, котрі забезпечують підтримку його енергетики. Ці розміри залежать від умов живлення та факторів існування. У природокористуванні закон оптимальності допомагає знайти оптимальні, з точки зору продуктивності розміри для ділянок полів, вирощуваних тварин, рослин. Ігнорування закону — створення величезних площ монокультур, вирівнювання ландшафту масовими забудовами тощо — призводить до неприродного одноманіття на великих територіях і викликає порушення у функціонуванні екосистем, зумовлює екологічну кризу.

**Закон піраміди енергій (сформульований Р. Ліндеманом):** з одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший переходить у середньому не більше 10% енергії. Зворотний потік з більш високих на більш низькі рівні набагато слабший — не більше 0,5—0,25% і тому говорити про кругообіг енергії в біоценозі не доводиться.

За цим законом можна виконувати розрахунки земельних площ, лісових угідь з метою забезпечення населення продовольством та іншими ресурсами.

**Закон рівнозначності умов життя:** всі природні умови середовища, необхідні для життя, відіграють рівнозначні ролі. Звідси випливає інший закон — **сукупної дії екологічних факторів**.

**Закон розвитку довкілля:** будь-яка природна система розвивається лише за рахунок використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища.

Абсолютно ізолюваний саморозвиток неможливий — це висновок із законів термодинаміки.

З цього закону випливають наступні висновки:

— абсолютно безвідходне виробництво неможливе;

— будь-яка більш високоорганізована біотична система в своєму розвитку є потенційною загрозою для менш організованих систем. Тому в біосфері Землі неможливе повторне зародження життя — воно буде знищене існуючими організмами;

— біосфера Землі як система розвивається за рахунок внутрішніх і космічних ресурсів.

**Закон зменшення енерговіддачі в природокористуванні:** у процесі одержання з природних систем корисної продукції з часом (у історичному аспекті) на її виготовлення в середньому витрачається дедалі більше енергії (зростають енергетичні витрати на одну людину).

Зростання енергетичних витрат не може зростати нескінченно. Його слід розраховувати, гармонізуючи стосунки людини з природою.

**Закон сукупної дії природних факторів (закон Мітчерліха—Тінемана—Бауле):** обсяг урожаю залежить не від окремого, навіть лімітуючого фактора, а від всієї сукупності екологічних факторів одночасно.

Частку кожного фактора в сукупній дії можна визначити. Закон має силу, коли вплив монотонний і максимально виявляється кожний фактор за незмінності інших у тій сукупності, що розглядається.

**Закон ґрунтостомлення (зниження родючості):** поступове зниження природної родючості ґрунтів відбувається через тривале їх використання й порушення природних процесів ґрунтоутворення, а також внаслідок тривалого вирощування монокультур внаслідок накопичення токсичних речовин, що виділяються рослинами, залишків пестицидів та мінеральних добрив.

**Закон фізико-хімічної єдності живої речовини (сформульований В. Вернадським):** уся жива речовина Землі має єдину фізико-хімічну природу.

З цього випливає, що шкідливе для однієї частини живої речовини шкодить й іншій її частині, тільки різною мірою. Через наявність у будь-якій популяції стійких до фізико-хімічного впливу видів швидкість відбору за витривалістю популяцій до шкідливого агента прямо пропорційна швидкості розмноження організмів та чергування поколінь. Внаслідок цього тривале використання пестицидів екологічно неприпустиме, бо шкідники, які розмножуються значно швидше, пристосовуються та виживають, а обсяги хімічних забруднень доводиться дедалі збільшувати.

**Закон екологічної кореляції:** в екосистемі, як і в будь-якій іншій, всі види живої речовини та абіотичні екологічні компоненти функціонально відповідають одне одному, випадіння однієї частини системи неминуче призводить до вимикання пов'язаних з нею інших частин екосистеми і функціональних змін.

Відомі також чотири **закони екології американського вченого Б. Коммонера:**

- все пов'язане з усім;
- все мусить кудись діватися;
- природа знає краще;
- ніщо не минає даремно.

Перший закон Б. Коммонера, на думку М. Реймерса, близький за змістом до закону внутрішньої динамічної рівноваги, другий — до цього ж закону та закону розвитку природної системи за рахунок довкілля, третій — застерігає людство від самовпевненості, четвертий — знову торкається проблем, котрі узагальнюють закон внутрішньої динамічної рівноваги, закони константності й розвитку природної системи. Згідно з четвертим законом Б. Коммонера ми повинні повертати природі те, що беремо від неї, інакше катастрофа неминуча.

У 1991—1993 рр. відомий американський еколог Д. Чірас дійшов висновку, що Природа існує вічно (з точки зору людини) і чинить опір деградації завдяки дії чотирьох екологічних законів:

- рециклічності або повторного багаторазового використання найважливіших речовин;
- постійного відновлення ресурсів;
- консервативного споживання (коли живі істоти споживають лише те і у тій кількості, що їм необхідно, не більше і не менше);
- популяційного контролю (природа не допускає “вибухового” росту популяцій, регулюючи кількісний склад того чи іншого виду шляхом створення відповідних умов для його існування та розмноження).

Найважливішим завданням екології Д. Чірас вважає вивчення структури та функцій екосистем, їх врівноваженості або неуврівноваженості, тобто причин стабільності й розбалансування екосистем.

Серед законів природи зустрічаються звичні в науці закони детерміністського типу, котрі жорстко регулюють взаємини між компонентами екосистеми, але більшість є законами-тенденціями, котрі діють не у всіх випадках. В деякому сенсі вони нагадують юридичні закони, що не перешкоджають розвитку суспільства, якщо зрідка порушуються деякою кількістю людей, але заважають нормальному розвитку, якщо порушення стають масовими. Є і закони-афоризми, котрі можна віднести до типів законів як обмежень різноманітності.

**Закон емерджентності:** ціле завжди має особливі властивості, відсутні у його частин.

**Закон необхідної різноманітності:** система не може складатися з абсолютно ідентичних елементів, але може мати ієрархічну організацію та інтегративні рівні.

**Закон незворотності еволюції:** організм (популяція, вид) не може повернутися до попереднього стану, реалізованого у його предків.

**Закон ускладнення організації:** історичний розвиток живих організмів призводить до ускладнення їх організації шляхом диференціації органів та функцій.

**Біогенний закон (Е. Геккель):** онтогенез організму є коротке повторення філогенезу даного виду, тобто розвиток індивіда скорочено повторює історичний розвиток свого виду.

**Закон нерівномірності розвитку частин системи:** система одного виду розвивається не синхронно — в той час, коли один досягає більш високої стадії розвитку, інші залишаються в менш розвиненому стані. Цей закон безпосередньо пов'язаний із законом необхідної різноманітності.

**Закон збереження життя:** життя може існувати тільки в процесі руху через живе тіло потоку речовин, енергії, інформації.

**Принцип збереження впорядкованості (І. Пригожин):** у відкритих системах ентропія не зростає, а зменшується, доки не досягається мінімальна постійна величина, більша нуля.

**Принцип Ле Шательє-Брауна:** при зовнішній дії, що виводить систему зі стану стійкої рівноваги, ця рівновага зміщується в напрямку послаблення ефекту зовнішньої дії. Цей принцип в рамках біосфери порушується сучасною людиною. “Якщо в кінці минулого сторіччя ще відбувалося збільшення біологічної продуктивності та біомаси внаслідок зростання біологічної продуктивності та біомаси як відповіді на зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері, то з початку нашого сторіччя це явище не спостерігається” (Н. Ф. Реймерс).

**Принцип економії енергії (Л. Онсагер):** при ймовірності розвитку процесу в деякій множині напрямків, що допускаються початками термодинаміки, реалізується той, котрий забезпечує мінімум розсіювання енергії.

**Закон максимізації енергії та інформації:** найкращі шанси самозбереження має система, що найбільшою мірою сприяє надходженню, виробленню та ефективному використанню енергії та інформації; максимальне надходження речовини не гарантує системі успіху в конкурентній боротьбі.

**Періодичний закон географічної зональності А. А. Григор'єва-М. М. Будико:** зі зміною фізико-географічних поясів Землі аналогічні ландшафтні зони та деякі загальні властивості періодично повторюються, тобто в кожному поясі — субарктичному, помірному, субтропічному, тропічному та екваторіальному — відбувається зміна зон за схемою: ліси → степи → пустелі.

**Закон розвитку системи за рахунок навколишнього середовища:** будь-яка система може розвиватися лише за рахунок використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей оточуючого її середовища; абсолютно ізольований саморозвиток неможливий.

**Правило затухання процесів:** зі зростанням ступеня зрівноваженості з навколишнім середовищем або внутрішнього гомеостазу (у випадку ізольованості системи) динамічні процеси в системі затухають.

**Закон фізико-хімічної єдності живої речовини В. І. Вернадського:** вся жива речовина Землі фізико-хімічно єдина, що не виключає біогеохімічних відмінностей.

**Термодинамічне правило Вант-Гоффа—Арреніуса:** зростання температури на 10 °C призводить до 2—3-кратного прискорення хімічних процесів. Звідси випливає небезпека підвищення температури внаслідок господарської діяльності людини.

**Правило Шредінгера “про живлення” організму негативною ентропією:** при впорядкованості організму вище навколишнього середовища організм віддає в це середовище більше неупорядкованості, ніж отримує. Це правило погоджується з принципом збереження впорядкованості Пригожина.

**Правило прискорення еволюції:** зі зростанням складності організації біосистем тривалість існування виду в середньому скорочується, а темпи еволюції зростають. Середня тривалість існування виду птахів — 2 млн років, виду ссавців — 800 тисяч років. Число вимерлих видів птахів та ссавців порівняно зі всією їх кількістю велике.

**Принцип генетичної передадапції:** здатність до пристосування в організмів закладена споконвічно і обумовлена практичною невичерпністю генетичного коду. В генетичній різноманітності завжди знаходяться необхідні для адаптації варіанти.

**Правило походження нових видів від неспеціалізованих предків:** нові великі групи організмів беруть початок не від спеціалізованих представників предків, а від їх порівняно неспеціалізованих груп.

**Принцип дивергенції Ч. Дарвіна:** філогенез будь-якої групи супроводжується поділом її на ряд філогенетичних гілок, котрі розходяться в різних адаптивних напрямках від середнього вихідного стану.

**Принцип прогресуючої спеціалізації:** група, що вступає на шлях спеціалізації, в подальшому розвитку буде йти шляхом все більш глибокої спеціалізації.

**Правило більш високих шансів вимирання глибоко спеціалізованих форм (О. Марш):** швидше вимирають більш спеціалізовані форми, генетичні резерви котрих для подальшої адаптації знижені.

**Закон збільшення розмірів (зросту) та ваги (маси) організмів у філогенетичній гілці (В. І. Вернадський):** в міру ходу геологічного часу форми, що виживають, збільшують свої розміри (а відтак — вагу), а потім вимирають. Відбувається це тому, що чим менші особини, тим важче їм протистояти процесам ентропії (котрі призводять до рівномірного розподілу енергії), організовувати енергетичні потоки для здійснення життєвих функцій. Еволюційно розмір особин тому збільшується.

**Аксиома адаптованості Ч. Дарвіна:** кожний вид адаптований до певної, специфічної для нього, сукупності умов існування.

**Екологічне правило С. С. Шварца:** кожна зміна умов існування прямо або опосередковано викликає відповідні зміни способів реалізації енергетичного балансу організму.

**Закон відносної незалежності адаптації:** висока адаптивність до одного з екологічних факторів не дає такого ж ступеня пристосованості до інших умов життя (навіпаки, вона може обмежувати ці можливості через фізіолого-морфологічні властивості організмів).

**Закон єдності “організм—середовище”:** життя розвивається внаслідок постійного обміну речовиною та інформацією на базі потоку енергії в сукупній єдності середовища та організмів, що його населяють.

**Правило відповідності умов середовища генетичної обумовленості організму:** вид може існувати до тих пір і настільки, наскільки оточуюче його середовище відповідає генетичним можливостям пристосування цього виду до його коливань та змін.

**Закон обмеженого росту (Ч. Дарвін):** існують обмеження, котрі перешкоджають тому, щоб нащадки однієї пари особин, розмножуючись за геометричною прогресією, заповнили всю земну кулю.

**Принцип мінімального розміру популяцій:** існує мінімальний розмір популяції, нижче котрого її чисельність не може опускатися.

**Правило А. Уоллеса:** в міру просування з півночі на південь видова різноманітність зростає. Причина полягає в тому, що північні біоценози історично молодші і знаходяться за умов меншого надходження енергії від Сонця.

**Закон збіднення живої речовини в його згущеннях (Г. Ф. Хільмі):** індивідуальна система, котра працює в середовищі з рівнем організації більш низьким, ніж рівень самої системи, приречена: постійно втрачаючи структуру, система через деякий час розчиняється в навколишньому середовищі. Звідси впливає важливий висновок для природоохоронної діяльності: штучне збереження екосистем малого розміру (на обмеженій території, наприклад, заповідника) призводить до їх поступової деструкції і не забезпечує збереження видів та спільнот.

**Правило біологічного підсилення:** при переході на більш високий рівень екологічної піраміди накопичення ряду речовин, в тому числі токсичних та радіоактивних, зростає приблизно в такій самій пропорції.

**Правило екологічного дублювання:** зниклий або знищений вид в рамках одного рівня екологічної піраміди замінює інший, аналогічний за схемою: дрібний замінює великого, нижче організований — більш високо організований, більш генетично лабільний та мутабельний — менш генетично мінливого. Особини стають дрібнішими, але загальна кількість біомаси збільшується.

**Правило обов'язковості заповнення екологічних ніш:** порожня екологічна ніша завжди і обов'язково заповнюється.

**Правило екотону, або крайового ефекту:** на стиках біоценозів зростає число видів та особин в них, оскільки зростає число екологічних ніш внаслідок виникнення на стиках нових системних властивостей.

**Правило взаємоприспособленості організмів у біоценозі К. Мебіуса—Г. Ф. Морозова:** види в біоценозі пристосовані один до одного настільки, що їх спільнота складає внутрішньо суперечливе, але єдине і взаємопов'язане ціле.

**Принцип формування екосистеми:** тривале існування організмів можливе лише в рамках екологічних систем, де їх компоненти та елементи доповнюють один одного та взаємно пристосовані.

**Закон сукцесійного сповільнення:** процеси, що відбуваються в зрілих рівноважних системах, котрі знаходяться у стійкому стані, мають тенденцію до зниження темпів.

**Правило максимуму енергії підтримання зрілої системи:** сукцесія йде в напрямку фундаментального зміщення потоку енергії в бік зростання її кількості з метою підтримки системи.

**Правило константності числа видів у біосфері:** число видів, що з'являються, в середньому відповідає числу вимерлих, і загальна видова різноманітність у біосфері є постійною. Це правило стосується сформованої біосфери.

**Правило множинності екосистем:** множинність конкурентно-взаємодіючих екосистем є обов'язковою для підтримання надійності біосфери.

Питання про те, наскільки закони екології можна переносити на взаємовідносини людини з навколишнім середовищем, залишається відкритим, оскільки людина відрізняється від всіх інших видів. Наприклад, у більшості видів швидкість зростання популяції зменшується зі зростанням її щільності; у людини, навпаки, зростання чисельності населення в цьому випадку прискорюється. Таким чином, деякі регулюючі механізми природи відсутні у людини. І це може бути додатковим приводом для технологічного оптимізму для одних, а для екологічних песимістів — свідченням небезпеки такої катастрофи, котра неможлива для жодного іншого виду.

## Розділ 2

### ВПЛИВ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ НА ДОВКІЛЛЯ

Господарська діяльність людини зумовила пошкодження і вичерпування природних ресурсів, що призводить до деформації сформованих протягом багатьох мільйонів років природного кругообігу речовин та енергетичних потоків на планеті. Внаслідок цього почалося прогресуюче руйнування біосфери Землі, що може набути характеру незворотних процесів і навколишнє середовище може стати непридатним для існування.

За цих умов на планеті виникла нова система "суспільство—природа". Наука, яка вивчає закономірності взаємодії суспільства з навколишнім природним середовищем і розробляє наукові принципи гармонізації цієї взаємодії, називається соціоекологією (Бачинський, 1993).

Саме вона є теоретичною базою охорони природи і раціонального використання природних ресурсів. Основним об'єктом вивчення цієї науки є соціоекосистеми, які визначаються як територіальні, соціоприродні системи, динамічна рівновага в яких забезпечується людським суспільством.

#### 2.1. СВІТОВА ДЕМОГРАФІЧНА СИТУАЦІЯ

В XX столітті стан навколишнього середовища нашої планети неухильно погіршується внаслідок антропогенного впливу. Люди вже не спроможні адаптуватися до цих швидких змін. Крім того, постала проблема демографічного вибуху і обмеженості природних ресурсів та життєвого простору земної кулі.

Протягом останніх 150 років населення Землі зростає дуже швидкими темпами. Про це свідчать факти, адже на початку нашого літочислення кількість населення Землі сягала 230 млн. осіб. Тільки близько 1830 року вона досягла 1 млрд. осіб, у 1890 році вона становила 1,6 млрд. Однак вже в 1930 році на Землі було більше 2 млрд. осіб, а через 30 років у 1960 р. чисельність на планеті досягла 3 млрд. і вже через 15 років (1975) —

4 млрд. осіб, в 1987 р. — 5 млрд. В 1999 чисельність населення планети сягнула 6 млрд. осіб.

У першій половині ХХІ ст. чисельність населення планети, за передбаченням футурологів, наблизиться до 11 млрд. осіб (табл. 2.1, рис. 2.1).

Таблиця 2.1

**Чисельність населення земної кулі і споживання зв'язаного азоту згідно з приблизними розрахунками В. Н. Кудеярова (за В. А. Ковдою, 1975)**

Роки	Населення, млн. осіб	Споживання білкового азоту
5000 р. до н. е.	30	0,15
0	230	1,15
1000	305	1,50
1650	550	2,75
1800	952	4,75
1850	1247	6,23
1900	1656	8,28
1950	2485	12,42
1960	2982	14,91
1965	3289	16,44
1970	3635	18,17
Прогноз		
1980	4456	22,3
1990	5438	27,2
2000	6493	32,5

Примітка. Річна норма споживання азоту на одну особу взята за 5 кг (включаючи харчовий білок та одяг).

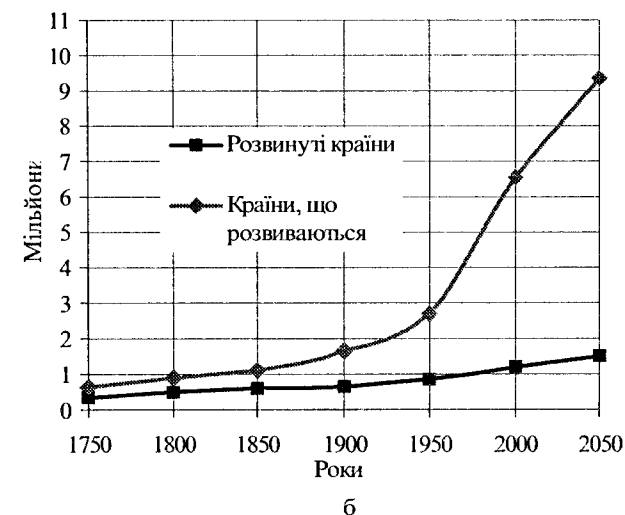
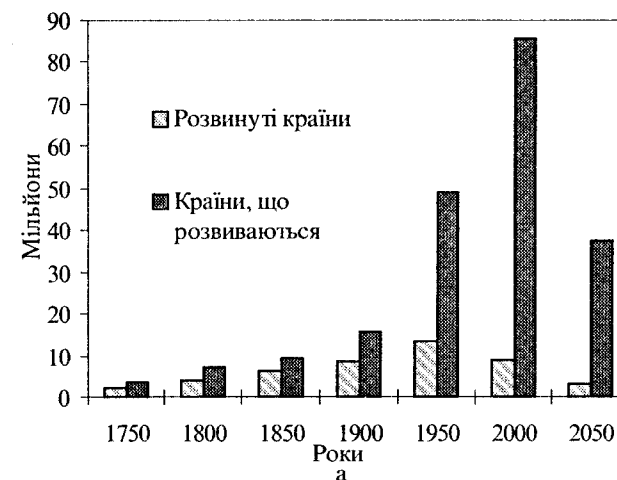


Рис. 2.1. Середньорічний приріст населення (а) та загальна чисельність населення земної кулі (б)

Такий приріст популяції швидше всього збережеться і в XXI столітті.

Отже, щорічно чисельність людей на Землі зростає, а природні ресурси, за допомогою яких можна забезпечити життя цього населення, підвищити його якість, катастрофічно зменшуються. Невпинно збільшується кількість бідних і знедолених у світі, незважаючи на темпи розвитку економіки, відбувається катастрофічне виснаження всіх природних ресурсів.

Нині суспільство неспроможне вирішувати не лише глобальні, але й регіональні екологічні і соціальні проблеми.

Провідні вчені світу вважають, що головними заходами, які допоможуть зберегти нашу цивілізацію та біосферу, є відродження та збереження розмаїття природи й біоугруповань у обсягах, які забезпечують стійкість довкілля. Необхідно прагнути до гармонізації взаємовідносин людського суспільства та природи. А це можливо лише за умови зміни свідомості людства.

В процесі прогнозування розвитку світу використовуються формалізовані методи, котрі базуються на використанні сучасної комп'ютерної техніки. На рис. 2.2 наведено графічну модель розвитку світу за Д. Медоузом. Відповідно до цієї моделі кількість харчових продуктів, обсяг промислового виробництва і чисельність населення експоненційно ростуть доти, поки швидко виснаження

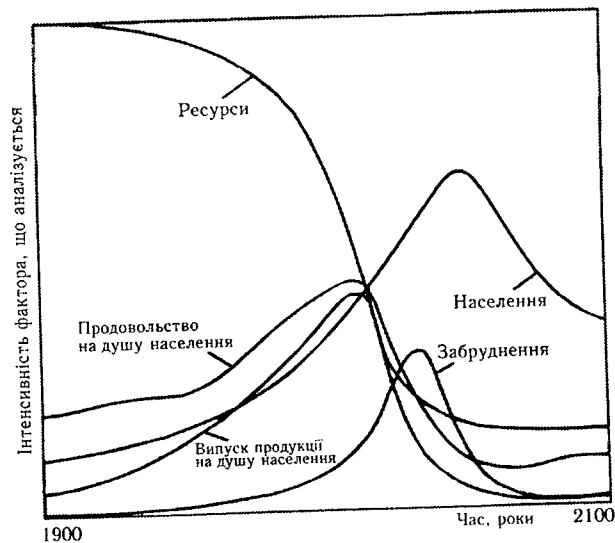


Рис. 2.2. Прогноз розвитку світу

ресурсів не загальмує промисловий ріст. Внаслідок природних витрат у системі чисельність населення і рівень забруднення середовища протягом деякого часу продовжують зростати після того, як обсяг промислового виробництва пройде своє "пікове" значення.

Нарешті, ріст населення припиняється через збільшення смертності внаслідок скорочення виробництва продовольства і неякісного медичного обслуговування. Прогнозуючи розвиток людського суспільства, американські екологи Г. Одум і Е. Одум вважають, що для людства найсприятливішим буде курс на стабілізацію, а не на ріст економіки. Модель росту і падіння активів суспільства при виснаженні паливних ресурсів подана на рис. 2.3.

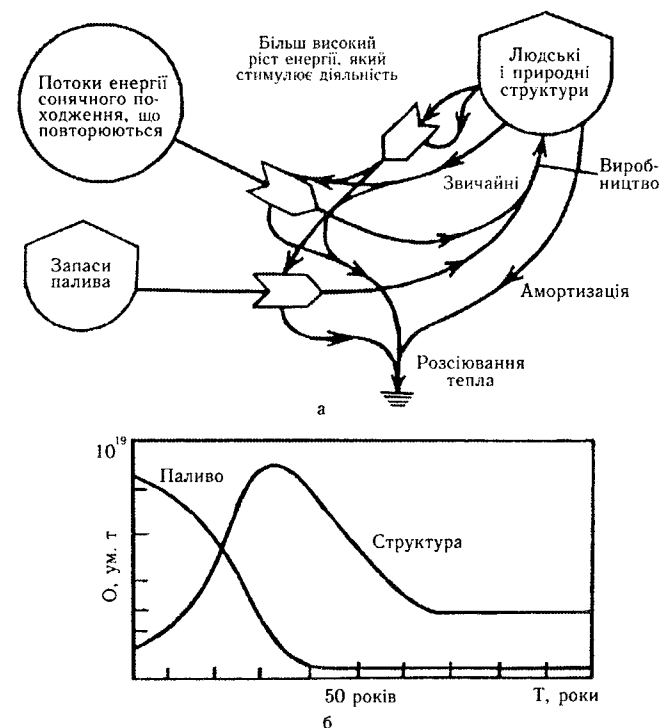


Рис 2.3. Модель переходу від зростання економіки, що базується на використанні мінерального палива, до її стійкого стану, що базується лише на використанні сонячної енергії: а — узагальнена модель, б — комп'ютерний прогноз

## 2.1.1. ДЕМОГРАФІЧНІ ПРОБЛЕМИ УКРАЇНИ

Протягом останніх років у динаміці здоров'я населення України намітився ряд негативних тенденцій, певною мірою пов'язаних з незадовільною екологічною ситуацією. В Україні з початку 90-х років відсутній природний приріст населення, а тривалість життя на 6 років нижча, ніж у розвинутих країнах.

У 1913 році на території сучасної України проживало 35,2 мільйона осіб, у 1940 році — 41,3 мільйона, нині — близько 50 мільйонів. Таким чином, у порівнянні з 1913 роком кількість населення збільшилась на 46,8 %, а в порівнянні з 1940 роком — на 25%. Порівняння цього приросту з іншими країнами ближнього зарубіжжя показує, що за період з 1940 року населення Таджикистану збільшилося на 230 відсотків, Киргизії та Узбекистану — майже на 200, Латвії — на 45%, Литви — на 26%. Приблизно за цей же період (з 1940 по 1988 р.) населення Сполучених Штатів Америки збільшилось на 87%, Франції — на 40%, Греції — на 37%.

Горезвісний голодомор на початку 30-х років призвів до людських жертв, які оцінюються приблизно у 10 мільйонів осіб — це 31,4 % загальної чисельності населення України за переписом 1937 р. (30,2 млн. осіб). А за десятиріччя, куди увійшли Друга Світова війна та відбудовний період, кількість населення зменшилась з 41,3 млн. осіб, у 1940 році до 37,2 млн. осіб у 1951 р. Тільки у 1959 році вона зрівнялась з довоєнним рівнем. Після цього загальна чисельність населення починає зростати, але темпи цього зростання поступово уповільнюються так, що у 1991 році настає критична межа, — природний приріст населення стає від'ємним.

Природний приріст населення включає поняття смертності та народжуваності. Різниця цих двох показників дає природний приріст: якщо різниця додатна, то це означає, то народжуваність перевищує смертність і населення зростає; якщо ж приріст від'ємний — переважає смертність і кількість населення зменшується.

Загалом по Україні, в перерахунку на 1000 осіб, природний приріст становив: у 1940 році — 13,0 осіб; у 1980 — 3,4 осіб; у 1985 — 2,9 осіб; у 1990 році — тільки 0,6 осіб. Далі спостерігаються лише від'ємні показники: у 1991 р. — мінус 0,8 ; у 1992 р. — мінус 2,0 ; у 1993 р. — мінус 3,5. Як видно, тенденція цього явища стійка і невтішна. Що ж стосується окремо міста і села, то тут спостерігається різниця — для

населення, що проживає у місті від'ємний показник вперше зареєстрований у 1992 році, сільське ж населення цей критичний бар'єр пододало на 10 років раніше. З цього приводу можна сказати, то сільські жителі перші відчули на собі екологічну кризу, бо вони ближче до природи. На це наклались ще й соціально-економічні умови, у першу чергу незадовільний стан медичного обслуговування.

Невисокі показники народжуваності за останні роки (у деяких випадках навіть трохи нижчі, ніж по Україні) спостерігаються в більшості західноєвропейських країн. Але приріст населення зберігається там за рахунок відносно невеликої смертності. У нас вона приблизно у 1,5 разів вища, ніж у Західній Європі. До того ж, тенденції до її зниження не спостерігається. У 1965 році у перерахунку на кожну тисячу населення померло 7,8 осіб, у 1970 — 8,8; у 1975 — 10,0; у 1980 — 11,4; у 1985 — 12,1; у 1989 — 11,6 ; у 1993 — 14,2.

З 1991 року серед населення України смертність перевищила народжуваність, а в 1993 році природний спад досяг вже 180 тис. осіб.

Той факт, що смертність в Україні перевищує народжуваність, — це сумне і вельми тривожне явище для нашого народу, це — національне лихо. Саме тому зараз всі соціально-економічні проблеми в нашій самостійній державі повинні вирішуватися лише через призму збереження нації, збереження генофонду України.

Найвищий рівень народжуваності в Україні спостерігався в 1925—1926 роках. Відтоді почалося систематичне зниження народжуваності, характерне для повоєнного періоду.

В 1964 році жінки народжували в середньому двох дітей. Вже в 1989 році цей показник становив 1,9 дитини (в містах — 1,8, а в селах — 2,3). Загалом рівень народжуваності в Україні є незадовільним і не може забезпечувати навіть простого відтворення. Якщо в 1965 р. кількість народжених на тисячу населення складала 15,3, у 1980 р. — 14,8, в 1989 р. — 13,3, в 1992 р. — 11,4, то в 1993 р. — лише 10,7.

І наприкінці ХХ століття коефіцієнт народжуваності в Україні — один з найнижчих в Європі і в світі. В 1998 році він склав 8,3 осіб на тисячу осіб населення. Такі дані було обнародовано в доповіді Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України. В 1998 році кількість новонароджених (419,2 тис.) зменшилась у порівнянні з 1997 роком на 23,4 тис.

Це найнижчий рівень народжуваності в Україні принаймі за останні два століття.



Жінки України фактично до 33-річного віку вже припиняють дітонародження. Народжуваність зменшується через безплідність шлюбних пар, збільшення гінекологічних захворювань, кількості абортів, ранньої дитячої смертності за рахунок змін у період внутрішньоутробного розвитку (стан здоров'я матері, несприятливі екологічні умови, генетичні відхилення).

Крім того, специфіка демографічних процесів (спаду народжуваності, зростання смертності, деформація статеві-вікової структури населення та інше) призвела до того, що знизилась загальна чисельність найбільш продуктивної групи населення.

За даними постійної комісії Верховної Ради України з питань здоров'я людини, смертність в Україні постійно зростає (1988 рік — 600 044 осіб, 1989 — 600 590 осіб, 1992 — 697 100 осіб), а народжуваність знижується (1988 рік — 744 364 осіб, 1989 — 692 076 осіб, 1992 — 596 785 осіб), що є першою ознакою вимирання (рис. 2.4).

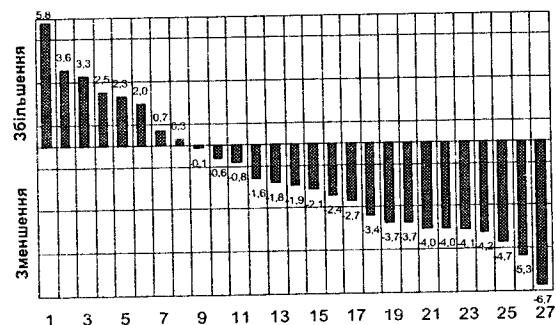


Рис. 2.4. Зміни чисельності населення в різних регіонах України в 1992 році (у розрахунку на 100 осіб):

1 — Закарпатська обл.; 2 — Рівненська обл.; 3 — Івано-Франківська обл.; 4 — Волинська обл.; 5 — Чернівецька обл.; 6 — Львівська обл.; 7 — Херсонська обл.; 8 — м. Київ; 9 — Тернопільська обл.; 10 — Республіка Крим; 11 — Миколаївська обл.; 12 — Житомирська обл.; 13 — Одеська обл.; 14 — у середньому по Україні; 15 — Хмельницька обл.; 16 — Запорізька обл.; 17 — Дніпропетровська обл.; 18 — Київська обл.; 19 — Кіровоградська обл.; 20 — Вінницька обл.; 21 — Харківська обл.; 22 — Луганська обл.; 23 — Черкаська обл.; 24 — Донецька обл.; 25 — Полтавська обл.; 26 — Сумська обл.; 27 — Чернігівська обл.

Демографічна ситуація в Україні продовжує ускладнюватися. Свідченням цього є зменшення кількості населення з 50,5 млн. осіб на початку 1998 року до 50,1 млн. осіб на початку 1999 року. Причому

кількість міського населення за цей період скоротилась на 254,1 тис. осіб, а сільського — на 140,1 тис. осіб.

Особливо треба наголосити на прямій залежності стану здоров'я людей в Україні від стану навколишнього середовища. Внаслідок постійного втручання людини в природу відбувається порушення екологічної рівноваги і як наслідок — посилення нервово-емоційного напруження при повній консервативності функцій організму, що може бути причиною погіршення здоров'я населення.

Темпи зростання загальної захворюваності протягом останніх років складають близько 35%. Негативні зміни показників здоров'я відбулися, головним чином, за рахунок підвищення рівня злоякісних новоутворень, серцево-судинних хвороб, бронхіальної астми, захворювань шлунково-кишкового тракту, цукрового діабету, алергійних захворювань тощо. Протягом 1998 року виявлено найбільше погіршення в класі хвороб крові та кровотворних органів (зростання на 11,2%), оскільки ця система найбільш чутлива до негативних факторів, в тому числі екологічних. На другому місці за темпами поширення — хвороби сечостатевої системи.

Все викладене викликає необхідність розширення і поглиблення наукових досліджень впливу факторів навколишнього середовища на життєдіяльність людини.

### 2.1.2. ВПЛИВ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

Забруднення навколишнього середовища впливає на здоров'я різними шляхами і практично може впливати через всі сфери контакту людини із природою. З цього випливає, що для людини несприятливим є забруднення будь-якого із компонентів природного середовища. Уражені можуть бути різні системи і органи. Особливо велику роль при цьому відіграє атмосфера. За день в середньому людина вдихає більше 9 кг повітря, випиває близько 2 л води, з'їдає більше 1 кг їжі. Деякий час вона може жити без їжі, але без повітря може існувати не більше 5 хвилин. Тому контакт із шкідливими речовинами через повітря відбувається в середньому частіше, ніж через воду, рослини та інші компоненти.

Географічно-екологічні особливості забруднення навколишнього середовища значною мірою визначаються розвитком промисловості, транспорту та їх розміщенням. Забруднення стимулює виникнення специфічної патології населення. В районах з інтенсивним рівнем розвитку

промисловості зникає різниця між професійною патологією і патологією населення, яке проживає в безпосередній близькості від промислових підприємств.

З урахуванням можливого впливу забруднення на життєдіяльність людини виділяються такі території: умовно чисті, помірно забруднені, дуже забруднені, надзвичайно забруднені, екологічного лиха та екологічної катастрофи. За територіальним поділом забруднення характеризується різною покомпонентною структурою. Так, в районі ЧАЕС основним є радіаційне, на іншій території — хімічне забруднення. В Донбасі, Придніпров'ї, великих містах — забруднення атмосферного повітря, в районах зрошувальної меліорації — забруднення землі та води і т. п.

Складна ситуація склалась у південних районах України. Там діє потужна зрошувальна система, інтенсивне використання в сільському господарстві пестицидів при слабкому самоочищенні від них, промислове та автомобільне забруднення населених пунктів та багато інших факторів природного і економічного походження.

Особливу тривогу викликають території екологічного лиха і екологічної катастрофи. До районів екологічних катастроф можна віднести території, деградація яких набуло незворотного характеру, а проживання людей стає неможливим. До районів екологічної біди належать території, в межах яких природні процеси і екологічні зв'язки настільки глибоко порушені, що різко погіршують умови життя населення, але ще не набули незворотного процесу. Території екологічної біди і екологічної катастрофи займають близько 7,4 тис. км площі країни. До них входять райони 30-ти кілометрової зони Чорнобильської АЕС і причорноморські регіони інтенсивного зрошування.

Надзвичайно забруднені — (близько 61 тис. км<sup>2</sup>) території зосереджені в районах Придніпров'я, Придністров'я, Донбасу, східної частини Причорномор'я, Чорнобильської АЕС, в багатьох великих містах. Дуже забруднені (близько 116,7 тис. км<sup>2</sup>) та забруднені (121 тис. км<sup>2</sup>) території, які суцільними ареалами зосереджені в районі Чорнобильської АЕС і південної частини України.

Найбільш сприятливі для життя людей, трудової діяльності та відпочинку помірно забруднені та умовно чисті території республіки, які відповідно становлять 114,8 і 49,1 тис. км<sup>2</sup>. Майже всі вони знаходяться в центральній, західній і східній частинах України.

Складна екологічна ситуація створює ряд екологічних проблем (наслідки аварії на ЧАЕС, катастрофічний стан Азовського моря і значне

забруднення лиманів прибережних вод Чорного моря, високий рівень забруднення атмосферного повітря в багатьох великих містах України, дефіцит водних ресурсів, нерациональне їх використання, повсюдне забруднення поверхневих і підземних вод, інтенсивна деградація ґрунтів і рослин, тваринного світу, забруднення природного середовища в курортних зонах).

Саме поняття “здоров'я” визначається по-різному, а навколо понять “здоров'я” і “хвороба” все ще продовжуються дискусії. Нині найбільш поширене поняття “здоров'я” запропоноване в 1963 році ВОЗ: “Здоров'я — це стан повного фізичного, духовного і соціального добробуту, а не тільки відсутність хвороб і фізичних дефектів”. Є визначення здоров'я з позицій системного підходу. Він розглядає здоров'я як цілісний багатомірний стан (охоплює позитивні і негативні сторони), який розвивається в процесі реалізації генетичного потенціалу в умовах конкретного соціального (в тому числі медичного обслуговування), і екологічного середовища, дозволяє людині рівною мірою виконувати біологічні і соціальні функції.

Захворюваність населення є найчутливішим показником, що характеризує вплив середовища на людину, але статистичні величини не завжди достовірні і порівняльні. Смертність можна розглядати як наслідок впливу середовища. Цей показник підлягає обов'язковій реєстрації за єдиною класифікацією причин смерті. Офіційні показники захворюваності і смертності розраховуються за рік на 100 000 населення.

Протягом останніх 10 років у структурі захворюваності переважають хвороби органів дихання, нервової системи, шкіри, системи кровообігу тощо. В структурі смертності населення на першому місці — смертність від захворювань органів системи кровообігу, далі злоякісні новоутворення, нещасні випадки та інше.

Територіальний розподіл захворювання населення тісно пов'язаний з екологічною ситуацією в Україні. В сучасних складних екологічних умовах відбуваються значні структурно-динамічні порушення стану здоров'я людей, фізичного розвитку, зміна характеру патології населення — поступово зростання в структурі захворюваності і смертності населення частини неепідеміологічних хронічних захворювань і відповідно зменшення частки інфекційних. Серед причин цих явищ є високі темпи життя, прискорення виробничих ритмів. Внаслідок постійного втручання людини в природу відбувається порушення екологічної рівноваги і як наслідок — посилення нервово-емоційного напруження при повній консервативності функцій організму, що може бути причиною ускладнення здоров'я населення.

Встановлено, що довготривале забруднення атмосферного повітря сірчаним газом, окислами вуглецю, азоту та іншими речовинами шкідливо впливає на здоров'я людини. При цьому зростає загальна захворюваність населення, яка зумовлена ураженням окремих органів і систем організму — легеневої (пневмонії, бронхіальна задуха та інші неспецифічні хвороби легень) і серцево-судинної (гіпертонічна хвороба, інфаркт міокарду, хронічні хвороби). Великий вплив на рівень серцево-судинних, легеневих та інших захворювань має сумарне забруднення атмосферного повітря. При концентрації його в 5 ГДК спостерігається суттєве зростання певних форм і груп захворювань (бронхіти, бронхіальна астма, авітамінози, розлади нервової системи), а також збільшення загального числа дітей з хронічними хворобами. При сумарному забрудненні атмосферного повітря на рівні 10 ГДК спостерігається значне збільшення хронічних захворювань не тільки серед дітей, але і серед дорослих. Для деяких захворювань (ішемічна хвороба серця, гострі респіраторні хвороби і грип) суттєве їх поширення спостерігається тільки на рівні 20 ГДК. Такі хвороби, як захворювання органів травлення, корелюють з атмосферним забрудненням лише за умови його спільної дії з іншими факторами.

Найбільш небезпечні промислові викиди для здоров'я дітей. У зв'язку із забрудненням атмосферного повітря знижуються адаптивні можливості дитячого організму, що призводить до зміни дихальних функцій і збільшення рівня легеневої патології.

Слід також враховувати і локальні територіальні відмінності у поширенні деяких захворювань. У зонах розміщення промислових підприємств характерні специфічні забруднення, які можуть також призводити до погіршення стану здоров'я людини. Наприклад, у зонах розміщення атомних електростанцій можлива висока загальна захворюваність населення, особливо злоякісними пухлинами; біля теплових електростанцій і цементних заводів — силікозом; в зоні металургійних заводів — хронічними бронхітами; кольорової металургії — раком легень, нафтопереробних і хімічних заводів — раком легень; алюмінієвих заводів — отруєння фтором; інтенсивного руху автотранспорту — хронічних отруєнь і уражень легень. Високий рівень забруднення атмосферного повітря загрожуює здоров'ю не тільки теперішнього, але й майбутніх поколінь.

Також небезпечне і забруднення природних вод. Перевищення гігієнічних нормативів може мати негативні наслідки для здоров'я людини. Так, використання води із високою концентрацією кадмію може привести до розвитку протеїнурії, нирково-кам'яної хвороби, захворювання печінки,

анемії, гіпертонічної хвороби, злоякісних пухлин, захворювань шлунково-кишкового тракту. Вода, забруднена марганцем, може викликати порушення ліпідного обміну, пневмонії, психічні розлади; миш'яком — захворювання шлунково-кишкового тракту, органів дихання, раком шкіри. Проникнення до організму ртуті може викликати незворотні ураження нервової системи та інше. Встановлено зв'язок між забрудненням води вінілхлоридом та захворюваннями раком сечового міхура. Завдають шкоди фтор-, хлор- і фосфорорганічні забруднювачі, нітроти, нітрати, нітросполуки, пестициди, гербіциди. Таким чином, наслідки забруднення водного середовища для здоров'я людини можуть бути дуже різноманітними.

В сільському господарстві значного поширення набули пестициди. Проте пестициди викликають алергійні реакції, зниження імунної реактивності та інші негативні ефекти. Деякі пестициди можуть викликати мутагенну дію, яка призводить до зміни спадкових властивостей. Вплив пестицидів на людину може призвести й до деяких уражень нервової системи, патологічного стану печінки, серцево-судинної системи.

Таким чином, захворюваність населення України залежить від природних та соціально-економічних груп факторів з переважанням останніх за рахунок забруднення природних компонентів.

### 2.1.3. УРБАНІЗАЦІЯ ТА ЇЇ НЕГАТИВНІ НАСЛІДКИ

В наш час особливо зросло забруднення навколишнього середовища у великих містах, зокрема у великих індустріальних центрах. Відбувається нестримна концентрація людей в містах, з'являються і зростають багатомільйонні міста-мегаполіси, збільшується їх кількість, розміри та проблеми.

Очікується, що частка міського населення в Західній Європі в 2000 році складе 71%, в Північній Америці — 87, в Латинській Америці — 80, в Австралії і Океанії — 80, в Східній Азії — 40, в Південній Азії — 35, в Африці — 39%. У 1900 році у світі налічувалось 10 міст мільйонерів, в 1975 — 185, в 2000 році (за прогнозами) їх число перевищить 400. Виявляється, що в 1920 році два найбільших міста світу — Нью-Йорк і Лондон мали відповідно 5620 тисяч і 4483 тисячі осіб населення, два — Париж і Чикаго — наблизилися до трьох мільйонів (відповідно 2906 і 2702 тис.) і ще чотири міста — двох мільйонів осіб (Токіо — 2173, Берлін — 1903, Відень — 1841 і Філадельфія — 1824 тисячі осіб). Вісім із десяти найбільших міст світу були у США, Європі й Японії і тільки 2 — в Південній Америці та Китаї.

Через сорок років, в 1960 році, якісна картина розташування багатомільйонних міст на карті світу істотно не змінилася, якщо брати до уваги десять найбільших міст: вісім з них знову розташовані у США, Європі та Японії і два — в Південній Америці та Китаї. Зате кардинально змінилися у бік збільшення населення розміри міст, і на карті світу з'явилися мегаполіси, що перевищують п'яти-шести і десятимільйонний рівень чисельності мешканців.

Очолюють цей список Нью-Йорк (14 164 тис.), Лондон (10 772 тис.) і Токіо (10 686 тис.). За ними йдуть три міста, чисельність населення котрих перевищує вісім мільйонів чоловік або наближається до цієї цифри: Рейн-Пур (8736 тис.), Шанхай (7432 тис.) і Париж (7420 тис.) і чотири міста з чисельністю населення на рівні шести мільйонів — Буенос-Айрес (6700 тис.), Лос-Анджелес (6530 тис.), Москва (6285 тис.) та Чикаго (5977 тис.).

Список цих міст свідчить про якісно нову тенденцію в урбанізації світу — колосальне зростання міст — мегаполісів у країнах, що розвиваються, які утворилися на місці колишніх світових імперій: вісім найбільш заселених міст припадають саме на ці країни, і тільки Токіо та Нью-Йорк продовжують залишатися в першій десятці лідерів урбанізації.

В Україні тільки столиця — Київ є багатомільйонним містом, населення якого сягнуло трьох мільйонів, а отже, його можна вважати еквівалентом трьох одномільйонних міст. Сім міст вже перевищили або сягають одномільйонного рубежу: Харків, Дніпропетровськ, Донецьк, Одеса, Запоріжжя, Львів, Кривий Ріг. Десять міст, в яких зараз від 0,5 до 0,3 мільйона мешканців (Маріуполь, Миколаїв, Луганськ, Макіївка, Вінниця, Севастополь, Херсон, Сімферополь, Горлівка, Полтава), можуть ще в цьому столітті наблизитись до одномільйонного рівня, асимілювавши навколишні менші містечка. Нарешті ще десять міст, які можуть дорости до мільйона в першій половині ХХІ ст. — Чернігів, Чернівці, Суми, Дніпродзержинськ, Житомир, Івано-Франківськ, Хмельницький, Черкаси, Рівне, Луцьк) і які зараз налічують від 0,3 до 0,2 мільйона жителів. Отже, можна сподіватися, що невдовзі половина населення України проживатиме в містах. Переважна частина великих міст — це індустріальні комплекси і головна їх проблема — продукування виробничих відходів, сміття. Деградоване штучне міське середовище справляє комплексну шкідливу дію на здоров'я населення внаслідок забруднення атмосферного повітря, дефіциту сонячного проміння, води, а також стресових факторів, зумовлених напруженим ритмом життя, скупченістю населення, нестачею зелених насаджень тощо.

Ступінь поширення багатьох хвороб у великих містах набагато більший, ніж у малих містах чи селах. Така хвороба, як рак легень, у великих містах нині реєструється в два-три рази частіше, ніж у сільських місцевостях. Тут набагато більше хворіють бронхітами, астмою, алергічними хворобами. Рівень інфекційних захворювань у містах також удвічі вищий.

Мешканці великих міст вже давно п'ють воду набагато гіршої якості, ніж у селах. Зокрема, в Україні в більшості міст якість питної води не відповідає санітарним нормам. Великі міста створюють свій мікроклімат, під ними змінюється фізичний стан порід.

Одночасно з розвитком міст збільшувався негативний тиск на біосферу. Проблеми урбанізації ретельно вивчаються у багатьох країнах світу, в тому числі і на Україні. Це соціальне явище досліджують екологи, економісти, соціологи і представники багатьох галузей науки, застосовуючи комплексний, системний аналіз.

## 2.2. ДЖЕРЕЛА АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

З появою людини на планеті Земля велику роль у глобальній екосистемі стали відігравати взаємовідносини суспільства і природи. Особливо швидко посилюється вплив суспільства на природу в зв'язку з розвитком машинного виробництва.

Завдяки цьому масштаби впливу суспільства на природу поширювалися так швидко, що людство поступово перетворюється у потужну геологічну силу, яка здійснює вплив на природні процеси. На всі кругообіги, що здійснюються у природі, людина прямо чи опосередковано має вплив. Під впливом антропогенних факторів відбуваються зміни у природі.

Завойовуючи природу, людство значною мірою підірвало природні умови власної життєдіяльності.

Достатньо навести деякі цифри і факти. Відомо, що за останні 100 років людство в більше ніж тисячу разів збільшило енергетичні ресурси; за останні 35 років відбулося збільшення більш ніж у 2 рази обсягів індустріальної і сільськогосподарської продукції. Загальний об'єм товарів і послуг у розвинутих країнах через кожні 15 років зростає в 2 рази. Звідси відповідно збільшується і кількість відходів господарської діяльності, які забруднюють атмосферу, водойми, ґрунт.

Взявши у природі 100 одиниць речовини, людство використовує 3—4, а 96 одиниць потрапляє у відходи. В розрахунку на кожного мешканця

індустріально розвинутих країн, щорічно добувається близько 30 тонн природних ресурсів, з них лише 1—1,5% набирає форми продукту, що споживається, а решта потрапляє у відходи.

Внаслідок спалювання палива частка вуглекислого газу в атмосфері збільшилася за останні 30 років на 25—30%. За передбаченням футурологів, це може призвести на початку XXI століття до підвищення середньої температури на 1,5—2 °C і зростання площі пустель.

Щорічно світова промисловість скидає в річки понад 160 куб. м шкідливих стоків, щорічно в ґрунти людством вноситься 500 млн. тонн мінеральних добрив і близько 4 млн. тонн пестицидів, більша частина яких осідає в ґрунтах та виноситься поверхневими водами в річки, озера, моря та океани, в дуже значних кількостях накопичується в штучних водосховищах, які живлять водою промислові центри.

Пестициди (включаючи гербіциди, інсектициди та фунгіциди) — хімічні речовини, що використовуються для знищення бур'янів, грибків, бактерій та різноманітних комах та тварин. Більшість пестицидів є синтетичними хімікатами, що мають токсичні властивості. Головна їх властивість та роль — знищувати різні форми життя. Всі пестициди є небезпечними.

На всіх стадіях виробництва, транспортування, зберігання та утилізації пестициди забруднюють навколишнє середовище. Вони проникають у водойми, де накопичуються у рибі, інших водних організмах. Річки та дощі переносять пестициди в інші регіони, де вони отруюють ґрунти, джерела питної води, моря, вбивають рослин і тварин. Людина завершує цикл отруєння, страждаючи від своїх невиважених дій. Зараз на Землі не залишилося куточка, не забрудненого пестицидами. Рівень забруднення 65% сільськогосподарських угідь країн Західної Європи перевищив допустимі норми.

Птахи, ссавці, риби та корисні комахи гинуть під час застосування пестицидів на полях, особливо при їх внесенні за допомогою авіації.

На сьогодні в Україні накопичено 11 тисяч тонн застарілих пестицидів. Проблема їх утилізації не вирішена. Багато сховищ, де вони зберігаються, знаходяться в незадовільному стані.

У світі близько 25 мільйонів сільськогосподарських робітників щороку отруюються пестицидами. Безпосередній вплив на людину полягає в ураженні та зміні функцій печінки, захворювання центральної нервової, серцево-судинної та дихальної систем. Пестициди негативно впливають на репродуктивну функцію людини.

Дуже уразливі до дії пестицидів діти. Споживаючи продукти із залишками пестицидів та забруднену питну воду, дитячий організм реагує

структурними змінами систем та окремих органів. Накопичення пестицидів в організмі призводить до появи різноманітних захворювань, включаючи онкологічні.

Ефект спільної дії пестицидів та радіонуклідів наукою вивчений недостатньо. Для умов України, територія якої сильно забруднена внаслідок Чорнобильської катастрофи, цей фактор має особливе значення. Отруйні речовини потрапляють у навколишнє середовище. В різних областях України виявлено значне забруднення пестицидами ґрунтів. Навіть після припинення застосування проблема пестицидів не закінчується. Ці отрути можуть зберігатися в навколишньому середовищі десятки років, продовжуючи свою згубну дію на всіх ланках екосистеми.

Вся планета нині страждає від антропогенного тиску, він проявляється через забруднення навколишнього природного середовища, виснаження природних ресурсів і деградацію екосистем, ґрунтів, хижацьке винищення лісів.

До основних антропогенних забруднювачів довкілля, крім шкідливих речовин, що викидаються промисловими підприємствами, пестицидів і мінеральних добрив, що застосовуються в сільському господарстві, забруднень усіх видів транспорту, належать також шуми транспортні, виробничі, іонізуюче випромінювання, вібрації, світлові та теплові впливи, які детальніше будуть розглянуті далі.

### 2.3. ВПЛИВ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДСЬКОГО СУСПІЛЬСТВА НА ГЕОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

З розвитком науки та техніки невинно зростає антропогенний вплив на геологічне середовище. Найбільш негативно впливають на геологічне середовище гірничодобувна і будівельна галузі промисловості. Лише 10% мінеральної сировини, що добувається з надр планети, перетворюється на готову продукцію, а решта 90% забруднюють біосферу. Наприклад, при збагаченні мідних руд майже третина міді викидається у звалища. Крім цього, недостатньо використовуються супутні матеріали — срібло, цинк та інші компоненти руд.

При нераціональному використанні геологічного середовища руйнується не лише це середовище, а й пов'язані з ним інші компоненти біосфери — ґрунтовий та рослинний покриви, поверхневі та підземні води тощо. Наприклад, під час будівництва тимчасових доріг вздовж трас вирубується ліс, знищується трав'яний покрив, чагарники, порушується

гумусовий шар, змінюється режим ґрунтових вод внаслідок спорудження заглиблень-прямків, спорудження дамб тощо.

Внаслідок видобування, збагачення та переробки корисних копалин, нагромадження порожньої породи та відходів виробництва відбувається концентрація шкідливих елементів — важких металів, радіонуклідів тощо, що призводить до важких захворювань і навіть масової загибелі рослин і тварин.

Транспортування вантажів, дослідного устаткування або бурових установок по бездоріжжю, пересування дуже важких самохідних агрегатів, тракторів завжди призводить до важких наслідків.

Під час геологорозвідувальних робіт змінюються природні ландшафти місцевості — порушується ґрунтово-рослинний покрив, утворюються западини через проведення відкритих каналів, шурфів, розчисток порід.

Значний негативний вплив на геологічне середовище має будівництво і експлуатація різноманітних будівель та інженерних споруд. Нині дедалі частіше техніко-будівельній діяльності на родючих землях передують знімання, переміщення та зберігання ґрунтів, які потім використовуються для покриття інших територій з гіршими ґрунтами чи для рекультивації кар'єрів, териконів. На рекультивованих землях розводять сади, парки, городи.

У зв'язку з широкомасштабним руйнуванням господарською діяльністю геологічного середовища все більш актуальною стає проблема його раціонального використання. З цією метою необхідно, щоб було створено державний фонд родовищ корисних копалин і його резерв та розроблено положення про його використання. Слід передбачити чіткі еколого-економічні відносини між власником та користувачем надр, які б враховували плату за землю, надра, штрафні санкції за порушення природоохоронного законодавства.

Необхідно здійснювати рекультивацію земель на місці відпрацьованих відкритим способом родовищ корисних копалин. Це поняття охоплює весь комплекс робіт, спрямованих на відновлення родючості й народногосподарської цінності порушених земель. У вузькому розумінні рекультивація — це відновлення шару ґрунту, попередньо знятого з ділянок, де передбачається його механічне руйнування або сильне забруднення.

### 2.3.1. ВПЛИВ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ҐРУНТ

Шкідливий антропогенний вплив, а також розгул стихій, природних та посиленних людиною, завдає ґрунтам величезної, інколи непоправної шкоди. Це, насамперед, водна і вітрова ерозія, погіршення ґрунтової структури, механічне руйнування та ущільнення ґрунту, постійне збіднення на гумус та

поживні речовини, забруднення ґрунту мінеральними добривами, отрутохімікатами, мастилами та паливом, перезволоження та засоленість земель.

Деякі види антропогенних впливів на ґрунти, котрі зумовлюють зміну їх родючості, наводяться в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

#### Наслідки антропогенних впливів на ґрунти

Вид впливу	Основні зміни ґрунтів
Щорічне розорювання	Посилена взаємодія з атмосферою, вітрова та водна ерозія, зміна чисельності ґрунтових організмів
Сінокоси, збирання врожаю	Вилучення деяких хімічних елементів, підвищення випаровування
Випас худоби	Ущільнення ґрунту, знищення рослинності, котра скріплює ґрунт, ерозія, збіднення ґрунтів рядом хімічних елементів, висушування, удобрення гноєм, біологічне забруднення
Випалювання старої трави	Знищення ґрунтових організмів в поверхневих шарах, підсилення випаровування
Зрошення	При неправильному поливанні відбувається заболочення та засолювання ґрунтів
Осушення	Зниження вологості, виникнення вітрової ерозії
Застосування отрутохімікатів та гербіцидів	Загибель ряду ґрунтових організмів, зміни ґрунтових процесів, накопичення небезпечних для живих організмів отрут
Створення промислових та побутових звалищ	Зниження площі придатної для сільськогосподарства землі, отруєння ґрунтових організмів на прилеглих ділянках
Робота наземного транспорту	Ущільнення ґрунту при русі поза дорогами, отруєння ґрунтів відпрацьованими газами та сипкими матеріалами
Стічні води	Зволоження ґрунтів, отруєння ґрунтових організмів, забруднення органічними та хімічними речовинами, зміна складу ґрунтів
Викиди в атмосферу	Забруднення ґрунтів хімічними речовинами, зміна їх кислотності та складу
Знищення лісів	Посилення вітрової та водної ерозії, посилення випаровування
Вивезення органічних відходів виробництва та фекалій на поля	Забруднення ґрунтів небезпечними організмами, зміна їх складу
Шум та вібрація	Сповільнення росту рослин, загибель живих організмів
Енергетичні випромінювання	Сповільнення росту рослин, забруднення ґрунтів

Втрата ґрунтами грудкуватої структури у верхньому горизонті відбувається внаслідок постійного зменшення вмісту органічних речовин, механічного руйнування структури різноманітними знаряддями обробітку, а також під впливом опадів, вітру, перепаду температур тощо.

Ще однією причиною втрати родючості є багаторазовий обробіток ґрунтів різними знаряддями за допомогою потужних і важких тракторів. Часто поле протягом року обробляється до 10—12 разів. Не враховується, що добрива, посівний матеріал, зерно і солому, коренеплоди і бульбоплоди завозять на поле та вивозять з причепами. Причому часто трапляється так, що автотранспорт, уникаючи розкислих доріг, їде полем, через посіви, утворюючи паралельні тимчасові дороги. Такого не буває в жодній іншій країні, де кожне поле має свого справжнього господаря. Висока частота обробітку пояснюється ще і тим, що наше сільське господарство не має знарядь для одночасного обробітку землі і догляду за посівами.

Через частий обробіток землі розпилюється поверхня ґрунту. Один трактор “Беларусь”, працюючи на сухих полях, здіймає по 13—14 тонн пилу на кожному гектарі, що і без пилових бур призводить до зносу мільярдів тонн родючого шару ґрунту щорічно.

Через ущільнення ґрунту колесами важких тракторів і комбайнів типу “Дон” різко знижується родючість. Нормальна об’ємна маса структурного ґрунту —  $1,1\text{—}1,2\text{ г/см}^3$  — на багатьох полях змінюється аж до  $1,6\text{—}1,7\text{ г/см}^3$ , що значно перевищує критичні величини. У таких ґрунтах майже вдвоє зменшується загальна пористість, різко знижується водопроникна і водоутримуюча здатність, зменшується опірність ґрунту до ерозійних процесів. Колеса трактора “Кировець-700” ущільнюють у колії ґрунт на глибину до 20 см, і врожай на таких смугах удвічі нижчий, ніж на ділянках між ними. Лише за рахунок цього фактора загальний врожай на полі зменшується на 20%.

Глобальною проблемою сьогодні є постійне зменшення вмісту гумусу, який відіграє провідну роль у формуванні ґрунту, його цінних агрономічних властивостей, забезпеченні рослин поживними речовинами. Однією із основних причин цього є споживацький підхід до землі, намагання якнайбільше з неї взяти і якнайменше їй повернути. А гумус витрачається не тільки на мінералізацію з вивільненням доступних для рослин поживних речовин, а й виноситься з ґрунту в процесі ерозії, з коренеплодами та бульбоплодами, на колесах транспортних засобів, руйнується під впливом різноманітних хімічних речовин.

Нині в Україні кількість гумусу в ґрунті зменшилася в середньому в шість разів і складає приблизно 3%. Щорічно ґрунти України втрачають за рахунок мінералізації 14 млн. т гумусу, за рахунок ерозії — 19 млн. т.

Сьогодні дедалі більш відчутними стають негативні наслідки хімізації сільського господарства — погіршуються властивості ґрунту, його стан через нагромадження в ньому великої кількості шкідливих хімічних речовин, що вносились без належних розрахунків і врахування екологічних законів. До таких хімічних речовин, в першу чергу, належать міңдобрива та різні отрутохімікати — пестициди.

Внаслідок внесення високих доз мінеральних добрив ґрунт забруднюється баластними речовинами — хлоридами, сульфатами.

Пестициди пригнічують біологічну активність ґрунтів, знищують корисні мікроорганізми, черв’яків, зменшують природну родючість. Крім цього, гинуть комахи — запилювачі, від чого теж різко знижується врожайність, наприклад, гречки, баштанних культур та ін.

Вже сьогодні внаслідок спровокованої людиною пестицидної еволюції близько 500 видів комах є стійкими проти застосовуваних інсектицидів. Така стійкість виникає у рослин, молюсків, гризунів, грибів.

Всі без винятку пестициди належать до отрут широкої дії, і тому, потрапляючи в продукти харчування, вони завдають великої шкоди здоров’ю людей. Дослідження в нашій країні засвідчили: там, де інтенсивно застосовуються сільськогосподарські отрутохімікати, у місцевого населення ушкоджуються структури спадковості, розладнюються діяльність центральної нервової системи, життєво важливих органів, у жінок частішають ускладнення вагітності, випадки народження неповноцінних або мертвих дітей, виникає алергія. Американські дослідники виявили, що 30% інсектицидів, 60% гербіцидів, 90% фунгіцидів, що застосовуються в США, здатні викликати рак. Також встановлено, що пестициди стимулюють розвиток у навколишньому середовищі вірусів, зокрема тих, які збуджують небезпечні захворювання людей, руйнують імунну систему. Площа земель, забруднених залишками отрутохімікатів, сягає 13 млн. га.

ґрунти також забруднюються відпрацьованими газами тракторів, комбайнів, автомобілів, мастилами та паливом, які з них виливаються під час роботи на полях. У ґрунти потрапляють і техногенні забруднення від промислових підприємств — сульфати, окиси азоту, важкі метали та інші сполуки.



Винятково гострою проблемою є вилучення орних земель під забудову різних промислових об'єктів, а також складування промислових та побутових відходів. За останні шістдесят років в Україні під різні види несільськогосподарського використання вилучено родючих земель, площа яких перевищує територію Одеської області (333 тис. кв. км, або 3,3 млн. га). Понад 700 тис. га родючих земель затоплено водоймищами на Дніпрі. Відвали промислових відходів поглинули 200 тис. га родючих земель.

Негативний бік мають і такі важливі для сільського господарства роботи як зрошення й осушення земель. Зрошувані землі дають близько 30% продукції рослинництва, але створення водойм і зрошення великих територій призводять до підняття рівня ґрунтових вод і зміни їх хімічного складу. Виникає засолення ґрунтів, заболочування, підвищується сейсмічність території. 50% зрошуваних земель у нашій країні підтоплено, втрачається чи перевитрачається на кожному гектарі 700 куб. м на рік. Перевитрата води, закладена в самій нормі поливу, перевищена на 30%. Взагалі довжина зрошувальних меліоративних водоводів України перевищує довжину екватора Землі, а площа затоплених угідь втричі перевищує площу такої держави, як Люксембург (2,6 тис. кв. м).

За двадцять років площа перезволожених земель в Україні збільшилась на 1 млн. га. Разом із введенням нових осушених площ понад 30% староорних ґрунтів виводиться із сільськогосподарського використання, тобто якщо щороку вводиться 135 тис. га, то 46 тис. га виводиться із числа меліоративних земель внаслідок їх деградації.

Внаслідок осушення зникають болота, міліють річки. Меліорація змінює склад рослинності, місця мешкання тварин, призводить до великих втрат лікарських та харчових рослин. Так, на початку шістдесятих років польські кооператори заготовляли 220 центнерів валеріани на рік, а нині — лише 5 центнерів. Із 47 видів лікарських трав, що зростали на Поліссі, тепер збирають 6—7 видів. 20 років тому на Поліссі було 80 тис. га журавлини, яка має надзвичайно цілющі властивості, а нині ця площа скоротилась до 23 тис. га. Катастрофічно знизилась і врожайність цієї цілющої ягоди. На початку шістдесятих заготівельники збирали по 900—950 кг журавлини з гектара, а сьогодні — по 100.

Таке використання та погіршення якості наших земель вимагає вжиття термінових науково обґрунтованих заходів, що сприятимуть значному підвищенню родючості ґрунтів та отриманню екологічно чистих продуктів харчування.

### 2.3.2. СУЧАСНИЙ СТАН ҐРУНТІВ УКРАЇНИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ПОКРАЩАННЯ

Найбільше природне багатство України — чорноземи. Вони складають майже 50% світового запасу чорноземів. Розорані землі в Україні становлять близько 85% від площі степів і лісостепів. Посівні площі займають 33,5 млн. га. Вже зіпсовано 60% чорноземів, щорічно втрачається 100 тисяч гектарів родючих ґрунтів.

Майже 50% урожаю сільськогосподарських культур вирощується на ґрунтах, оброблених хімічними добривами та отрутохімікатами. В Україні накопичено 12 тисяч тонн непридатних і заборонених для використання пестицидів.

Великої шкоди ґрунтам України завдала необґрунтована меліорація. Майже 50 тис. га орних земель підтоплені, крім того 3,7 млн. га землі знаходиться в зоні дії аварії на Чорнобильській АЕС.

Якщо узагальнити всі зміни, то 22% території України можна характеризувати як сильно і дуже сильно уражені і непридатні до повного використання.

Внаслідок екстенсивного розвитку сільського і лісового господарств, неефективного ведення заповідної та інших природоохоронних справ порушилося співвідношення площ ріллі, природних кормових угідь, лісових та водних ресурсів, і як наслідок — інтенсивний розвиток ерозійних процесів, ущільнення орного шару ґрунту, зниження його родючості, послаблення стійкості природних ландшафтів України.

Ситуація, яка склалася, зумовлена головним чином тим, що протягом багатьох десятиріч екстенсивне використання земельних угідь, і особливо ріллі, не компенсувалося рівнозначними заходами щодо відтворення ґрунтів. В цьому полягає головна причина низької ефективності засобів, які застосовуються з метою інтенсифікації землеробства, а комплекс деградаційних процесів виснажує ґрунтові виробничі ресурси, знижує врожаї сільськогосподарських культур. На значній частині площі сільськогосподарських угідь досягнуто межі екологічної збалансованості ґрунтових екосистем і агрофітоценозів. Найбільших збитків ґрунтам завдають водна і вітрова ерозії, безповоротні втрати гумусу і поживних речовин, засолення і закислення ґрунтів, висушування і перезволоження, в тому числі і заболочування, забруднення промисловими відходами і викидами, отрутохімікатами.

Проблема охорони та раціонального використання земель є одним із найважливіших завдань людства, бо 98% продуктів харчування, які



споживає людина, отримуються за рахунок обробітку землі. Агрокультурою людина займається майже 10 тисячоліть. За цей період у багатьох частинах планети розквітали і гинули цивілізації, колись квітучі краї перетворювались на пустелі. Низька культура землеробства та хижацька експлуатація земель призводили до руйнування ґрунтів. Французькі вчені підрахували, що за весь історичний період людство втратило близько 2 млрд. га родючих земель.

Заходи щодо підвищення продуктивності земель та їх охорони дуже різноманітні і повинні здійснюватись комплексно, як єдина система, взаємно доповнюючи один одного і посилюючи дію всіх інших. Тому передусім потрібно, щоб кожний клапчик землі, кожне поле мало дбайливого господаря, освіченого, розсудливого, щоб від стану поля залежала не тільки його доля, а й доля його дітей та онуків.

Сьогодні особливого значення набуває рекультивація земель — повне або часткове відновлення ландшафту та родючості ґрунту, порушених попередньою господарською діяльністю, добуванням корисних копалин, будівництвом і т. д. Вона передбачає вирівнювання земель, лісопосадок, створення парків і озер на місці гірських розробок та інші заходи.

Однак розрив між відпрацьованими і поновленими площами ще великий, незважаючи на зростання обсягів рекультивації порушених земель. Рациональне землекористування в сільському господарстві включає правильну організацію території, формування культурного агроландшафту. Екстенсивне землеробство призвело до розорювання лучних земель аж до зрізів русел рік, спадистих і крутих схилів, на яких повинні рости ліси, чагарники і трави. В кожному конкретному районі повинно бути своє, науково обґрунтоване співвідношення між полем, лісом, луками, болотами, водоймищами, що дасть найвищий господарський ефект і збереже навколишнє середовище.

Важливим напрямком є також організація і дотримання польових, кормових, протиерозійних та інших сівозмін. Необхідно оптимізувати розмір полів у сівозмінах, оскільки вони у нас часто завеликі. Поля сівозмін потрібно нарізати за контурами ґрунтових відмін, а не розбивати різноґрунтові ділянки на правильні прямокутники з метою полегшення механізованого обробітку. Адже кожна ґрунтова відміна дозріває для обробітку в певний час, і потребує різних форм обробітку, різних норм та сортів гною, добрив, вапна та гіпсу.

Для того, щоб зберегти фізичні властивості ґрунтів — структуру, пористість, оптимальний водно-повітряний режим — потрібно різко

скоротити повторність обробітку ґрунтів, перейти на прогресивні та ефективні його форми, легкі машини і механізми.

Рациональне землекористування в сільському господарстві потребує перегляду основного обробітку ґрунту. Досвід Полтавщини, народного академіка Т. С. Мальцева, а також Канади показує, що можна відмовитися від традиційного плуга. Нову безплужну систему обробітку ґрунту було розроблено українським агрономом І. Е. Овсинським ще в кінці XIX ст. Суть системи полягає у глибокому розпушуванні ґрунту спеціальними плоскорізами без перегортання пласта. Стерня і поживні рештки залишаються на поверхні. На такий спосіб обробітку витрачається менше пального, в 3—4 рази зменшується інтенсивність площинної ерозії на схилах, поліпшується капілярність ґрунту, збільшується вміст гумусу і не пересихає орний шар. Але побоювання новачій гальмує перехід на прогресивний шлях. В Канаді витрачено 20 років для переходу на безплужну систему обробітку, аж доки на зміну своїм консервативним батькам прийшли діти хліборобів, виховані у сільськогосподарських коледжах. Безплужний обробіток ґрунту є одним з елементів мінімального обробітку, який зберігає ґрунт, цінні властивості землі. На порядку денному постає ще один перспективний спосіб — нульовий обробіток, тобто механічне втручання буде здійснюватись раз на кілька років. Він можливий лише при високій культурі поля, коли можна сіяти або садити спеціальними навісними агрегатами у лунки, які робляться свердлами. Такі агрегати крокують по полю, опускаючи свердла для утворення лунок, закладання добрив і насіння у лунки, їх закриття. Технологія нульового обробітку ґрунту вдосконалюється і знайде у майбутньому широке застосування. Таке органічне землеробство, при якому повністю виключається застосування отрутохімікатів і неякісних мінеральних добрив і навіть повністю забороняється їх використання, є альтернативою ультра-хімізованого методу господарювання.

При органічному (біологічному) землеробстві спершу врожаї дещо нижчі (на 10—20%), але його продукція цінується на світовому ринку значно дорожче, ніж та, що вирощена із застосуванням мінодобрив та отрутохімікатів, іноді навіть в 2—3 рази.

Органічне землеробство базується на використанні органічних добрив, насамперед гною, торфу, сапропелів, щоб у ґрунті постійно зростав вміст гумусу — основи основ його родючості.

Щоб врятувати український чорнозем, треба щороку вносити на гектар по 30—40 тонн органіки. Раніше налічувалось більше десяти видів гною.

Нині ж гнійове господарство занедбане. На поля вивозиться переважно гнійка, сечовина, котрі отруюють ґрунт. Доведено, що свинокомплекс на 100 тис. голів свиней дає стільки забруднень, скільки місто з 400-тисячним населенням.

Але вихід знайдено, і існує технологічно відпрацьований процес. Гній, гнійка, інші органічні рештки переробляються у спеціальних установах на біогаз (метан) і цінне концентроване органічне добриво. У спеціальні металеві ємності закладають гній, гнійку, органічні рештки, герметично закупорюють і дещо підігрівують. У процесі бродіння виділяється метан, що використовується для опалення як екологічно чисте паливо, а органічні речовини, багаті на азот, фосфор, калій та мікроелементи, осідають на дно. Після припинення бродіння воду зливають, осад висушують і гранулюють. В такому органічному добриві концентрація поживних елементів у 10 разів вища, ніж у гної. І транспортувати на поля таке добриво набагато зручніше, ніж гній. Такий досвід є в ряді країн. В 1986 році в Китаї було отримано 100 млрд. куб. м біогазу і велику кількість якісних незаражених, без насіння бур'янів, органічних добрив.

Підвищенню вмісту гумусу в ґрунтах сприяє безплужний обробіток ґрунтів, а також ґрунтова фауна, яка здійснює гуміфікацію органічних решток. Особливо велика роль у цьому дощових черв'яків. В ряді країн Європи вирощують дощових черв'яків на спеціальних біофабриках. Фермери їх купують і завозять на поля для поліпшення властивостей ґрунту (за умови переходу на органічне землеробство).

Збільшення вмісту гумусу значно підвищує ефективність мінеральних добрив, знижує їх побічну негативну дію, сприяє закріпленню їх надлишків і нейтралізує шкідливі домішки.

Для постійного невинного підвищення врожайності ґрунтів необхідно здійснити ряд меліоративних заходів.

Меліорація — докорінне поліпшення природних умов ґрунтів з метою підвищення їх родючості.

За дією на ґрунт і рослини меліорація поділяється на декілька видів. Агротехнічні меліорації передбачають суттєве поліпшення агрономічних властивостей ґрунту шляхом оптимального обробітку із застосуванням спеціальних прийомів — переривчастого боронування, щілинування, лункування та інших прийомів для затримання снігу та стічних вод.

Лісотехнічні меліорації здійснюються з метою поліпшення водного режиму та мікроклімату, захисту ґрунтів від ерозії шляхом заліснення схилів, балок і ярів, вододілів і рухомих пісків, розведення лісів загального агрономічного призначення.

Хімічні меліорації поліпшують агрохімічні і агрофізичні властивості ґрунтів шляхом використання вапна, гіпсу, дефекації, торфу, сапропелів, компостів, гною та інших матеріалів, що збагачують ґрунт на органіку.

Гідротехнічні меліорації спрямовані на поліпшення водного режиму шляхом обводнення або осушення, правильним регулюванням водного режиму ґрунту.

Всі ці види меліорації потрібно застосовувати лише на основі науково обґрунтованих потреб, щоб не погіршити стан земель.

## 2.4. ВПЛИВ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ НА ГІДРОСФЕРУ

### 2.4.1. СВІТОВІ ПРОБЛЕМИ ПРІСНОЇ ВОДИ

Вода є однією з найбільш необхідних і найпоширеніших речовин. Вона необхідна для життя, оскільки бере участь у кожному процесі, що відбувається в рослинах та у живих організмах. Вона є потужним розчинником і живі організми використовують водні розчини для функціонування біологічних процесів. Загальний об'єм води на нашій планеті оцінюється вражаючою цифрою — 1385 мільйонів кубічних кілометрів. Якби Земля являла собою правильну сферу, цієї кількості було б достатньо, щоб покрити її на глибину 2650 метрів.

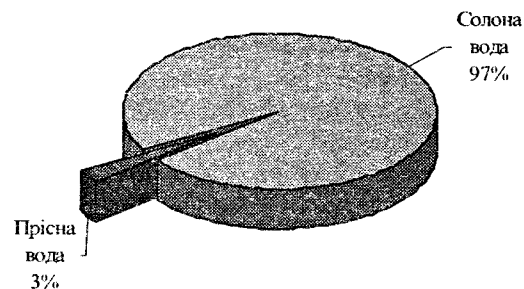
Лише незначна частина цієї води придатна для використання людиною. Абсолютна більшість цієї колосальної маси — це гіркувато-солоня морська вода, непридатна для життя та технічного використання (рис. 2.5). У 1990 році ми споживали майже 5000 куб. км води на рік, тобто в десять разів більше, ніж у 1900 році. І навіть у цьому випадку об'єм прісної води в нашому розпорядженні все ще становить близько 13 000 куб. км на рік.

Лише 2,5% води є прісною — придатною для життя. Близько 69% від цієї кількості знаходиться в шапках полярного льоду і гірських льодовиках або в підземних водоносних горизонтах, занадто глибоких для того, щоб відкачувати її при сучасній технології.

Об'єм прісної води, що є в розпорядженні людини для споживання, залежить від тієї швидкості, з якою джерела прісної води відновлюються або поновлюються в процесі глобального гідрологічного циклу, а не від загальної кількості запасів прісної води у світі. Щороку на континенті осідає 113 000 куб. км води, 72 000 куб. км з яких випаровується знову в атмосферу. Щорічно 41 000 куб. км поновлюють водоносні пласти і повертаються річками чи іншими зливами в океани. Якщо всю воду

світу вилити у ванну, то її порція, що може бути використана безперервно протягом року, ледве наповнить чайну ложку.

Розподіл прісної і солоної води на Землі



Розподіл на Землі прісної води

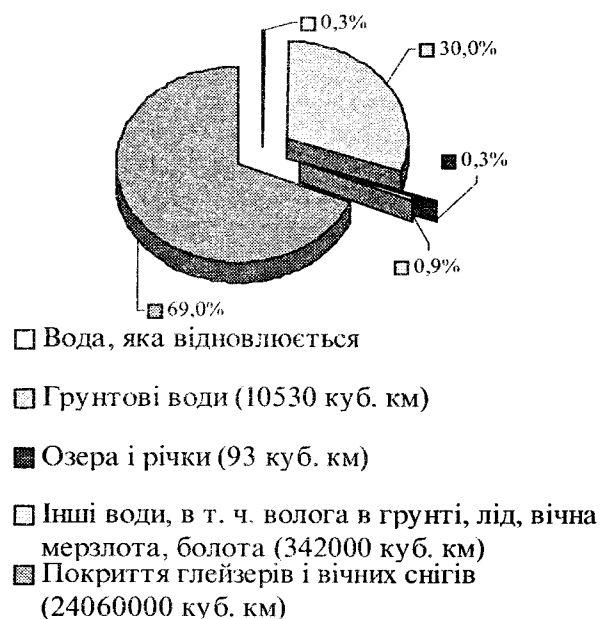


Рис. 2.5. Вода на Землі

Гідрологічний цикл є дуже ефективним виробником прісної води, однак він дуже неефективний як розподільник. Внаслідок цього складається така ситуація, коли така багата на воду країна як Канада має надмірні запаси прісної води, що становлять 122 000 куб. м на людину щорічно, а інші великі країни — лише 1200 куб. м на людину щорічно. Тому в багатих на воду країнах водні ресурси використовуються не повністю, в той час як інші частини земної кулі забезпечені нею недостатньо. Багато країн можуть затримувати лише деяку частину своїх потенційних водних ресурсів, що залежить від здатності їх землі затримувати воду у водосховищах і від ступеня та стану їх інфраструктури.

Соціоекологічні фактори значною мірою впливають на доступ до води. Країни, що розвиваються, можуть не мати капіталу і технології для початку використання потенційно наявних водних ресурсів.

Доступ ще більше ускладнюється конфліктами, що виникають у зв'язку з правами на воду в басейнах річок і озер, що належать двом або більше країнам і на воду у водоносних пластах, що перетинають міжнародні кордони. Території реальних або потенційних водних конфліктів — долини річок Ніл, Тигр, Євфрат, Ганг і Брахмапутра.

Експерти організації Об'єднаних Націй вважають, що до 2000 року населення світу становитиме близько шести мільярдів. Передбачається, що половина його буде мешкати в містах. Це, в свою чергу, спричинить величезний стрибок споживання води.

Найвищі показники зростання населення спостерігаються в засушливих країнах, багатьом з яких вже зараз не вистачає води. Очікується, що до кінця століття хронічна нестача прісної води буде спостерігатися в більшій частині країн Африки, Близького Сходу, в Північному Китаї, у частині Індії і Мексики, на Заході Сполучених Штатів і в колишніх радянських середньоазійських республіках.

#### 2.4.2. СТАЛИЙ РОЗВИТОК І ВОДА

Сутність сталого розвитку полягає в тому, що природні джерела повинні бути використані такими способами, які б забезпечували їх придатність для майбутніх поколінь. Сталый розвиток джерел вимагає, щоб ми не порушували гідрологічний цикл, споживаючи водні ресурси, які при такому користуванні не вичерпувалися б протягом тривалого часу.

Однак, усвідомлюючи важливість такої сталості, широкомасштабні водні системи все ще продовжують розробляти, не враховуючи потреби майбутніх

покоління, а вплив цих систем на навколишнє середовище може бути величезним.

Наприклад, хоча зараз Асуанська гребля надає вигоди, зокрема фермерам, її будівництво спричинило затоплення численних археологічних пам'яток, зруйнувало цінні екосистеми і риболовні угіддя, викликало появу хвороб, що переносяться москітами, ерозію ґрунтів, порушила баланс поживних елементів і річкових відкладень.

Опріснення морської води могло б стати постійним джерелом прісної води, принаймі для багатих країн, що мають доступ до морської води. Однак через високі енерговитрати опріснена вода коштує в декілька разів дорожче, ніж вода, що постачається звичайним способом.

#### 2.4.3. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОСФЕРИ

З розвитком промисловості річки й озера стали все більше забруднюватися викидами недостатньо очищених стічних вод, промисловими відходами і термічними водами гідроелектростанцій.

У більш пізній період забруднення річок і озер явно зросло внаслідок змивання добрив, пестицидів і гербіцидів з сільськогосподарських угідь, а також кислотних дощів. Забруднення людиною, промисловими відходами, сільськогосподарськими добривами і пестицидами стало реальною загрозою всій гідрографічній системі Землі та існуванню людини.

Особливим видом забруднення гідросфери є теплове забруднення, яке спричинене спуском у водойми теплих вод від енергетичних установок. Величезна кількість тепла, що надходить з нагрітими водами в річки й озера, істотно змінює їх термічний і біологічний режими. Серед теплових забруднювачів гідросфери перше місце посідають АЕС.

Як свідчать спостереження, у ріках, які розташовані нижче від діючих ТЕС і АЕС, порушуються умови нересту риб, гине зоопланктон, риби уражаються хворобами й паразитами.

Основними джерелами забруднення і засмічення водойм є:

- стічні води промислових та комунальних підприємств;
- відходи від розробок рудних і нерудних копалин;
- води рудників, шахт, нафтопромислів;
- відходи деревини при заготівлі, обробці, сплаві лісових матеріалів (кора, тирса, тріска, колоди, хмиз та ін.);
- викиди водного, залізничного та автомобільного транспорту;
- первинна переробка льону, коноплі та інших технічних культур.

Найінтенсивнішими забруднювачами поверхневих вод є великі целюлозно-паперові, хімічні, нафтопереробні, харчові і текстильні підприємства, гірничорудні і металургійні комбінати, а також сільськогосподарське виробництво.

Сільське господарство — один з найбільших споживачів і одночасно забруднювачів природних вод внаслідок використання міндобрив, пестицидів та інших хімікатів, функціонування тваринницьких комплексів, зрошування земель.

Щорічно лише азотних добрив вноситься в ґрунт понад 50 млн. тонн. Повсюдно відбувається забруднення вод добривами і пестицидами, небезпечними своєю токсичністю. В багатьох сільських районах з інтенсивним застосуванням азотних добрив вже сьогодні в 50% колодязів вода містить нітрати, а нітритів — понад норму — 20 мг/л; в переважній більшості випадків їх вміст сягає 100—1500, а подекуди — більше 2000 мг/л.

Сполуки азоту і нітратні іони належать до мутагенних речовин, які призводять до генетичних захворювань. За даними ВООЗ, з 1966 по 1980 рр. кількість людей, що народилася зі спадковими хворобами, збільшилася з 4 до 10,5%.

Дуже небезпечними є синтетичні миючі засоби, котрі потрапляють у водоймища, і навіть незначна їх кількість викликає неприємний смак і запах води та утворює піну і плівку на поверхні, що утруднює доступ кисню та призводить до загибелі водних організмів. До особливих видів забруднення належить також заростання водойм водоростями, особливо синьо-зеленими, гниття яких викликає захворювання і загибель риби. Ця дуже гостра проблема характерна для водоймищ басейну Дніпра.

Особливо небезпечним для здоров'я людини є забруднення природних вод побутовими стоками. Така забруднена вода містить збудники різноманітних інфекційних захворювань (паратиф, дизентерія, інфекційний вірусний гепатит, туляремія та ін.). Підраховано, що на нашій планеті майже 500 млн. людей щорічно хворіє через користування забрудненою водою.

До важких наслідків призводить забруднення вод важкими металами. В Японії масове забруднення вод морської затоки поблизу міста Мінамато викликало хворобу мінамато, при якій ртуть отруювалась риба, яка є основним джерелом білкової їжі населення даного міста. У хворих порушується мова, послаблюється зір, параліч сковує м'язи рук, ніг. Інша хвороба — ітай-ітай — викликана хронічним отруєнням кадмієм, що

знаходиться в рисі. А рис нагромаджував цю речовину через забруднення відходами гірничодобувної промисловості, розміщеної навколо полів. Смертність серед хворих досягла 50%.

Останнім часом великої шкоди природним водам завдають кислотні дощі. Чим частіше випадають кислотні дощі і чим більшу концентрацію кислоти вони містять, тим швидше зменшується кількість і видовий склад живих істот, у водоймах гинуть ікринки земноводних, равлики, прісноводні креветки, вимирають бактерії, а отруєні листки і стебла нагромаджуються на дні, зникає планктон. З донних залишків починається відтогування отруйних металів: алюмінію, ртуті, свинцю, кадмію, олова, берилію, нікелю та ін. Внаслідок цього багато риб гине від пошкодження зябер, викликаного отруйною дією алюмінію. Далі розвиваються мохи, гриби, нитчасті водорості, які пригнічують решту рослинності. Гине риба, в першу чергу щука і окунь. З подальшим зростанням концентрації кислоти у воді риби в озері чи в річці не залишаться. Вимирають жаби, комахи. Вода здається чистою, оскільки в ній відсутні майже всі мікроорганізми. Наявні лише анаеробні бактерії, котрі виділяють вуглекислий газ, метан, сірководень.

#### 2.4.4. АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ВОДИ СВІТОВОГО ОКЕАНУ

За останнє тридцятиріччя стан вод Світового океану значно погіршився. Його поверхня вкрита нафтою, пластиковим пакувальним матеріалом, іграшками, пляшками та іншим сміттям, котре багато років не розкладається у воді. Таких твердих відходів нагромадилося вже понад 20 млн. тонн.

До найбільш шкідливих забруднювачів Світового океану належить нафта та нафтопродукти. На шельфі видобувається майже 30% всієї нафти, сотні мільйонів тонн її перевозяться морськими шляхами, на яких щорічно втрачається не менше 1% нафти, тобто 5—10 млн. тонн. Особливу тривогу викликають випадки транспортних аварій великих танкерів.

Жертвами нафтового забруднення щорічно стають багато птахів, планктон, нектон, морські звірі. Нафтова плівка зустрічається навіть в антарктичних водах, де від неї гинуть тюлені і пінгвіни. Нафта пошкодила багато європейських курортів світового значення. Нині діє міжнародна конвенція щодо запобігання забруднення морських просторів нафтою, яку підписали найбільші морські держави. Згідно з конвенцією всі морські райони, в межах 50 миль від берега, є забороненими зонами, де не дозволяється вилив нафти у море.

Велику небезпеку становить забруднення Світового океану радіоактивними речовинами внаслідок випробування термоядерної зброї, захоронення радіоактивних відходів, роботи ядерних реакторів на військових підводних човнах і криголамах. Радіоактивність планктону може бути в 1000 разів вищою, ніж радіоактивність води, а деяких риб — вищою навіть в 50 тис. разів, ніж в ланцюгу живлення.

Щороку в Світовий океан з різних джерел потрапляє понад 4 млн. тонн летких органічних сполук (дихлоретан, фреон та ін.), близько 120 тис. тонн хлорованих вуглеводнів (ДДТ, альдрин, бензилгексахлорид, поліхлоровані біфеніли та ін.), понад 300 тис. тонн свинцю, понад 5 тис. тонн ртуті, понад 10 тис. тонн кадмію. Крім повітряного перенесення і забруднення внаслідок судноплавства та робіт на шельфі, велика кількість забруднюючих речовин виноситься річковим стоком, куди скидається близько 600 млрд. тонн промислових і побутових стоків. На розчинення стічних вод витрачається 40% об'єму світових ресурсів річкового стоку. Об'єм цих стічних вод обчислюється багатьма тисячами кубокілометрів і становить для різних морів від 0,1 до 20% і більше об'єму річкового стоку, що в них впадають. За деякими даними промислові стоки додають до природного виносу річок ще подвоєну кількість ртуті, у 12—13 разів більшу кількість свинцю, міді, цинку, у 30 разів більшу кількість сурми. За даними ЮНЕСКО, щороку з водами річок у море потрапляє понад 320 млн. тонн заліза, 2,3 млн. тонн свинцю, 6,5 млн. тонн фосфору. Крім того, річки несуть величезну кількість нафтопродуктів, пестицидів, синтетичних миючих засобів та інших забруднюючих речовин. Спостереження за забрудненням води деяких річок індустріальних районів показують, що процеси самоочищення забезпечують руйнування і нейтралізацію лише третини забруднювачів. Решта потрапляє в прибережну зону моря.

За глобальними оцінками, внаслідок забруднення за останні тридцять років інтенсивність життя в морях і океанах знизилось на 30%, а щорічна продукція нектону (плаваючого життя), в тому числі промислових риб — не менш як на 20 млн. тонн.

Сьогодні проблема захисту вод Світового океану стала однією із найактуальніших, бо стосується всіх країн світу. Через це в ООН розроблено і прийнято кілька важливих угод, що регулюють рибальство, судноплавство, видобуток корисних копалин з морських родовищ тощо. В 1982 р. була підписана більшістю країн світу відома угода "Хартія морів". Також створюється міжнародна служба моніторингу для постійного спостереження за станом Світового океану.

#### 2.4.5. ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД УКРАЇНИ

Для оцінки природних вод існують певні показники, головними серед яких є гігієнічні ГДК (гранично допустимі концентрації). Їх дотримання забезпечує добрий стан здоров'я населення. Вони також є критеріями оцінки ефективності заходів з охорони вод від забруднення. Ці гігієнічні нормативи використовуються також для оцінки комплексного забруднення поверхневих вод. Вони визначалися з урахуванням запаху, кількості завислих речовин, прозорості, кольору, окислюваності, вмісту розчинного кисню, біологічної потреби кисню (БПК), щільного залишку, кількості солей, хлоридів, фенолів, нафтопродуктів, жорсткості тощо.

Аналіз ситуації показав, що малі річки України забруднені на порядок більше, ніж великі. Це пояснюється не тільки їх малою водністю, але й недостатньою охороною. Найбільш забруднені Південний Буг, річки Донецької і Луганської областей, Чорноморського узбережжя півдня України.

Щороку до водоймищ України потрапляє 5 млн. тонн солей і значна частина стоків від тваринницьких комплексів. Майже половина мінеральних добрив і отрутохімікатів змивається з полів у ріки.

Рівень очищення води надзвичайно низький. Існуючі очисні споруди навіть при біологічному очищенні вилучають лише 10—40% неорганічних речовин (40% азоту, 30% фосфору, 20% калію) і практично не вилучають солі важких металів.

У басейні Дніпра — найбільшій водній артерії країни — крім Чорнобильської атомної електростанції діють також Запорізька, Південно-Українська, Хмельницька, Рівненська, Курська, і Смоленська АЕС. Через греблі косяки осетрових риб не можуть піднятися на свої природні нерестилища.

У Дніпро щорічно скидається 370 млн. кубометрів забруднених стоків, або 14% від їх обсягу по країні.

Значна частина річного стоку Дніпра використовується промисловими підприємствами при гранично допустимих 20%. Це дуже знижує якість води, а також рибопродуктивність і може призвести до втрати Дніпра як постачальника питної води.

36 мільйонів жителів України, що споживають води Дніпра, можуть залишитися без питної води вже в XXI столітті. Наслідки забруднення водного середовища можуть бути дуже різноманітними для здоров'я людини. Шкоди можуть завдати такі поширені забруднювачі як фторо-, хлоро- і фосфороорганічні забруднювачі, нітрати, нітроти, нітросполуки, пестициди, гербіциди тощо.

Ці та інші негативні явища відбуваються на тлі низьких запасів води в Україні, які складають 97,3 куб. км (у маловодні роки — 66 куб. км). Дефіцит води в Україні вже зараз складає 4 млрд. кубометрів.

Деградація, висихання малих річок невідворотно призведе до деградації великих рік, тому проблема їх збереження й оздоровлення є однією з найгостріших для України.

В країні проводиться значна робота з охорони вод від забруднення. Розробляються схеми комплексного використання і охорони вод, згідно з цими схемами здійснюється вибір ділянок під будівництво об'єктів, кожен проект будівництва і реконструкції промислових та інших об'єктів проходить екологічну експертизу.

Що стосується очищення стічних вод, то в Україні діє понад 2,8 тис. очисних споруд з самостійним випуском стічних вод у водні об'єкти. Серед них споруд біологічного очищення — 60%, механічного — 35% і фізико-хімічного — 5%. Понад 300 міст мають споруди повного біологічного очищення.

З метою охорони вод від забруднення потрібно прискорити введення нового порядку лімітування скидів, плати за скиди забруднюючих речовин.

#### 2.5. ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

##### 2.5.1. ДЖЕРЕЛА, МАСШТАБИ І НАСЛІДКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

Атмосфера завжди містить певну кількість домішок, котрі зумовлюються природними та антропогенними джерелами. До числа домішок, котрі виділяються природними джерелами, відносяться: пил (рослинного, вулканічного, космічного походження, внаслідок ерозії ґрунту, частинки морської солі тощо); туман, дим, гази від лісових та степових пожеж; гази вулканічного походження; різноманітні продукти рослинного, тваринного та мікробіологічного походження. Природні забруднювачі бувають розподіленими, наприклад, випадання космічного пилу, або короткочасними стихійними, наприклад, лісові та степові пожежі, виверження вулканів тощо. Рівень забруднення атмосфери природними джерелами є фоновим і несуттєво змінюється з плином часу.

Ще п'ятдесят років тому природа досить успішно ліквідовувала різноманітні забруднення, оскільки атмосфера має могутні властивості самоочищення, але нині вона з цим завданням вже не справляється.

Основними джерелами забруднення атмосфери є природні, промислові і побутові процеси. Їх об'єднують у такі групи.

— забруднювачі природного походження (мінеральні, рослинні, тваринні, мікробіологічні);

— забруднювачі, які утворюються при згоранні палива для потреб промисловості, опалення житлових будинків, при роботі всіх видів транспорту;

— забруднювачі, які утворюються в результаті промислових викидів;

— забруднювачі, зумовлені згоранням і переробкою побутових і промислових відходів.

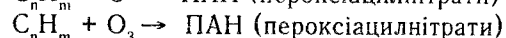
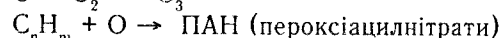
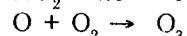
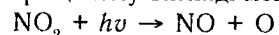
За останні кілька років в світі спалюється в середньому по 10 млрд. тонн палива на рік. При цьому викидається 22 млрд. тонн вуглекислого газу, 150 млн. тонн двоокису сірки, близько 300 млн. тонн оксиду вуглецю, 50 млн. тонн оксиду азоту, 200—700 млн. тонн пилу і диму та багато інших речовин, з якими надходять в атмосферу шкідливі, хвороботворні, в тому числі канцерогенні та мутагенні речовини.

Найбільш поширеними токсичними речовинами, котрі забруднюють атмосферу, є: оксид вуглецю  $\text{CO}$ , діоксид сірки  $\text{SO}_2$ , оксид азоту  $\text{NO}_x$ , вуглеводні  $\text{C}_n\text{H}_m$  та пил. Основні джерела забруднення атмосфери та їх щорічні викиди наведено в табл. 2.3.

Крім згаданих вище речовин та пилу, в атмосферу викидаються й інші, більш токсичні речовини (табл. 2.4). Зараз налічується більше 500 шкідливих речовин, котрі забруднюють атмосферу, і їх кількість зростає.

Високі концентрації домішок та їх міграція в атмосферному повітрі призводять до утворення більш токсичних речовин (смог, кислоти), або до таких явищ, як парниковий ефект та руйнування озонового шару.

Загальна схема реакцій утворення фотохімічного смогу досить складна і у спрощеному вигляді може бути подана наступними реакціями:



Смог досить токсичний, оскільки його склад знаходиться в наступних межах:  $\text{O}_3$  — 60...75%; ПАН,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , альдегіди тощо — 25...40%

Основна маса забруднень повітря припадає на спалювання органічних енергоносіїв (вугілля, нафти, газу, торфу, сланців, деревини), у містах до 60% забруднень дає автотранспорт. Забруднення повітря стало великою соціальною і економічною проблемою для багатьох розвинених країн, особливо для великих міст, промислових агломератів. Сьогодні в містах забруднення повітря

в 15 разів вище, ніж у сільській місцевості і в 150 разів вище, ніж над океаном. У промислових районах за добу випадає понад 1 тону пилу на  $1 \text{ км}^2$ , у забруднених містах за рік — більше  $1 \text{ кг}/\text{м}^2$  пилу і сажі.

Сажа являє собою частинки вугілля або інших видів палива, які не згоріли. Пил складається з частинок вугілля, попелу. Справжнім лихом для міст є автомобілі. Більш як 300 млн. автомашин щодня викидають в повітря 800 тис. тонн окису вуглецю, 1 тис. тонн свинцю. Більшість з 200 компонентів вихлопних газів автомашин згубно впливає на організм людини, а оксид азоту є одним із компонентів смогу.

Таблиця 2.3

Джерела викидів в атмосферу

Домішки	Основні джерела		Середньорічна концентрація в повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$
	природні	антропогенні	
Тверді частки (зола, пил тощо)	Вулканічні виверження, пилові бурі, лісові пожежі тощо	Спалювання палива в промислових та побутових установках	В містах — 0,04...0,4
$\text{SO}_2$	Вулканічні виверження, окислення сірки, сульфатів, розсіяних з морі	Те ж	В містах — до 1,0
$\text{NO}_x$	Лісові пожежі	Промисловість, автотранспорт, теплоелектростанції	В промислово розвинених регіонах — до 0,2
$\text{CO}$	Лісові пожежі, виділення океанів, окислення терпенів	Автотранспорт, промислові енергоустановки, чорна металургія	В містах — від 1 до 50
Леткі вуглеводні	Лісові пожежі, природний метан, природні терпени	Автотранспорт, допалювання відходів, випаровування нафтопродуктів	В промислово розвинених регіонах — до 3,0
Поліциклічні, ароматичні вуглеводні	—	Автотранспорт, хімічні заводи, нафтопереробні заводи	В промислово розвинених регіонах — до 0,01



Таблиця 2.4

## Кількість щорічних викидів до атмосфери Землі

Речовина	Викиди, млн. тонн		Частка антропогенних домішок від загальних надходжень
	природні	антропогенні	
Тверді частки	3700	1000	27
SO <sub>x</sub>	650	100	13,3
NO <sub>x</sub>	770	53	6,5
CO	5000	304	5,7
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	2600	8	3,3
CO <sub>2</sub>	485 000	18 300	3,6

Хімічні реакції, які відбуваються в повітрі, призводять до виникнення димних туманів — смогів. Смоги виникають за таких умов: по-перше, при великій кількості пилу і газів, які міста викидають у повітря, по-друге, при довгому існуванні антициклонних умов погоди, коли забруднювачі нагромаджуються в приземному шарі атмосфери. Смоги бувають декількох типів. Найбільш вивчений вологий смог. Він властивий для країн з морським кліматом, де дуже часті тумани і висока вологість повітря. Сухий, або лос-анджелеського типу, смог відрізняється від вологого смогу своїми властивостями. Клімат в Лос-Анджелесі (США) сухий, тому смог тут утворює не туман, а синювату імлу.

За чотири дні Лондонського смогу в 1952 році загинуло понад 4 тис. чоловік.

Американець Луїс Батонн у книзі “Чисте небо” писав: “Одне з двох, або люди зроблять так, що буде в повітрі менше диму, або дим зробить так, що на Землі стане менше людей”.

Третій вид смогу — льодяний смог, або смог аляскинського типу. Він виникає в Арктиці і Субарктиці при низьких температурах в антициклоні. Смоги характерні для таких міст, які розташовані в гірських котловинах, де застоюється повітря, наприклад, в Лос-Анджелесі, Нью-Йорку, Чикаго, Токіо, Мілані.

Особливо небезпечні сірчисті сполуки й оксиди азоту, які спричиняють кислотні дощі. Кислотні дощі стали дуже поширеним явищем, причому

вони можуть випадати на відстані багатьох сотень і тисяч кілометрів від джерела первісного викидання речовини.

Кислотні дощі призвели до закислення природного середовища на великих територіях Європи та Північної Америки. Тут показник кислотності опадів  $pH=4,5$ , тоді як його звичайне значення —  $5,6-5,7$ .

Кислотні дощі залишають на листі дерев чорні плями, закислюють озера і ґрунти, змінюють їх хімічний склад. Так, за останні десять років у Швеції з 90 тис. озер закислено 20 тис., у Канаді — 50 тис. Близько половини озер у Норвегії мертві, там загинула риба (тут  $pH=5$ ). Серйозно уражені кислотними дощами близько 1 млн. га вічнозелених лісів у Центральній Європі, близько 100 тис. га гинуть. Кислотні опади посилюють корозію різних матеріалів і конструкцій. Особливо небезпечні вони для унікальних історичних пам'яток, зокрема мармурових.

Процес закислення опадів триває. Розрахунки показують, що при сталих концентраціях оксиду сірки 80 мкг/м<sup>3</sup> і оксидів азоту 50 мкг/м<sup>3</sup>, що відповідає гранично допустимим концентраціям цих речовин у більшості промислово розвинених країнах,  $pH$  опадів становить 2,7. Якби такі дощі випадали постійно, то все живе загинуло б. Очевидно, це і є межею закислення.

Промислові викиди в атмосферу порушують озоновий шар, який, немов щит, прикриває Землю від сильного ультрафіолетового опромінення. Виявлено різке зменшення шару озону над Антарктидою — своєрідну “озонову дірку”. Вміст озону над Антарктидою дедалі зменшується, межі “озонової дірки” розширюються. “Озонова дірка” існує не постійно, а близько місяця на рік, переважно в жовтні. Вона розширюється в бік Австралії, Південної Америки й Африки, що викликає тривогу. “Озонова дірка” — це гігантський атмосферний вихор, який циркулює проти стрілки годинника. Щодо причин цього явища є три припущення:

- взаємодія оксидів азоту з озоном;
- реакція антропогенного хлору з озоном;
- антропогенні фреони реагують з озоном.

Фреон-12, фреон-11 містять вуглець, фтор і хлор. Вони працюють у холодильниках, балонах з лаком, дезодорантах і під впливом ультрафіолетових променів розкладаються, а молекулярний хлор руйнує озон каталітично. Якщо викиди фреону в атмосферу не припинити, то кількість озону в 2000 році зменшиться на 10%. Різко зросте ультрафіолетове опромінення, помітно зросте кількість захворювань на рак шкіри у людей і тварин.



Постійне збільшення кількості спалюваного органічного палива призводить до підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосферному повітрі. В 1860 році його вміст становив 0,027%, на початку ХХ ст. — 0,029%, а сьогодні — 0,034%. Прогнози показують, що до середини ХХІ ст. його вміст подвоїться. Це призведе до різкого посилення парникового ефекту. Моделювання на ЕОМ показало, що до цього часу середня температура на планеті підвищилася на 2—4 °С, у помірних широтах — на 10—15 °С, і в Арктиці — на 15—20 °С. У Львові середня температура січня — 5 °С буде сягати +5—+10 °С, липня — +18 °С, а може зрости до +28...33 °С.

Виникають ще дві не менш небезпечні проблеми: потепління в Арктиці і Антарктиці призведе до швидкого танення льодовиків. Якщо їх об'єм зменшиться на 50%, то рівень Світового океану підніметься на 25—35 м. Багато прибережних міст буде затоплено водою. Перебудова клімату супроводитиметься зміною погодних умов, які навіть важко передбачити. Справжнім екологічним катаклізмом на планеті стала посуха в Африці, де пустеля наступає на савану зі швидкістю 50 км на рік замість 1 км на рік в минулому.

Охорона природи нерозривно пов'язана також з боротьбою проти термоядерної війни. Адже вона загрожує людству не тільки фізичним винищенням, а й жахливими змінами клімату, що стануться після неї. Вчені багатьох країн світу провели моделювання наслідків термоядерної війни на ЕОМ, яке отримало назву "ядерної зими". Опубліковано кілька її сценаріїв. У перший день війни в північній півкулі (тут мешкає 85% населення світу) в атмосферу підніметься 300 млн. тонн диму і пилу. Протягом тижня на поверхню планети доходитиме менше 1% сонячного світла, а протягом наступних трьох тижнів — не більше 10%.

Вміст озону зменшиться на 50%, що збільшить надходження ультрафіолетового проміння до смертельних для людини доз. Якщо війна відбудеться навесні або влітку, температура на 20—30 °С знизиться, тобто літо перетвориться на зиму. Низька температура утримуватиметься кілька місяців, що порушить нормальний хід процесів фотосинтезу. Люди будуть гинути від голоду, отруйних газів, які утворюються під час пожеж, кислотних дощів і радіоактивного зараження.

Ядерну війну можна викликати за допомогою лазерних установок з термоядерною заправкою. Кілька сотень таких лазерів, спрямувавши на Землю тисячі смертоносних променів, можуть викликати гігантські пожежі міст і сіл. Ефект від цього може бути таким же катастрофічним, як від атомного вибуху.

## 2.5.2. СТАН ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА УКРАЇНИ

Основними забруднювачами повітря України є підприємства чорної металургії (33%), енергетики (30%), вугільної промисловості (10%), хімічної та нафтохімічної промисловості (7%).

Щорічно по всій Україні в атмосферу виділяється 17 мільйонів тонн шкідливих речовин, тобто на кожну людину — по 300 кг.

Понад третину всіх промислових викидів шкідливих домішок у повітрі припадає на теплові станції, які використовують паливо.

Найбільший внесок у викиди сірчистого ангідриду дають підприємства енергетики, чорної металургії та вугільної промисловості (їх частка складає 80% викидів).

У викиди оксидів азоту головний внесок — 72% — дають підприємства енергетики та металургії.

Підприємства хімічної, нафтохімічної і газової промисловості дають найбільший внесок — 43% — у викиди вуглеводнів.

Більше третини загального обсягу шкідливих викидів в атмосферу дає автотранспорт — 6,5 млн. тонн на рік. В Євпаторії та Ужгороді згаданий показник складає 91% від загальної кількості викидів.

Встановлено два нормативи забруднення повітря: максимально-разова і середньодобова гранично допустима концентрація (ГДК).

Максимально-разова ГДК необхідна для попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття запаху, зміни біоелектричної активності головного мозку, світлової чутливості очей тощо) при короткотривалому впливу забруднювачів (до 20 хв.), а середньодобова — з метою попередження їх резорбтивного (загальнотоксичного, канцерогенного, мутагенного та ін.) впливу.

Для оцінки впливу забруднювачів на здоров'я населення потрібно користуватися не лише максимально-разовими і середньодобовими ГДК, які регламентують вміст хімічних речовин у повітрі населених пунктів, але й показниками, які характеризують вміст шкідливих речовин за тривалий період (місяць, рік). Підставою для цього є те, що невеликі концентрації речовин при тривалій дії справляють такий же негативний ефект, що й висока концентрація за короткий проміжок часу.

Встановлено, що довготривале забруднення атмосферного повітря сірчистим газом, окислами вуглецю, азоту та іншими речовинами шкідливо впливає на здоров'я людей. При цьому може збільшуватися загальна захворюваність населення, яка обумовлена ураженням окремих органів і систем організму.

На території України функціонує 1500 підприємств зі шкідливими відходами. Загальна кількість відходів щороку збільшується на 12 мільйонів тонн.

Найбільш високе забруднення атмосферного повітря характерне для Донецького і Придністровського регіонів України, а також навколо обласних центрів.

В нашій державі вживаються заходи щодо зниження викидів в атмосферу шляхом оснащення джерел викидів шкідливих речовин пилогазоочисними установками. Здійснюється заміна або реконструкція морально та фізично застарілих пилогазоочисних установок, впровадження мало- та безвідходних технологічних процесів та інше. Одне з провідних місць у забрудненні атмосфери займає транспорт. Так, більше 40% оксиду вуглецю, 46% вуглеводнів і близько 30% окислів азоту від загальної кількості цих речовин, які потрапляють в атмосферу, припадає на транспорт. Загальний обсяг шкідливих викидів автотранспорту — 2,7 млн. тонн на рік. В Україні викиди автотранспорту становлять близько 27% від всього об'єму викидів забруднюючих речовин.

## 2.6. ЕНЕРГЕТИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

### 2.6.1. ШУМОВЕ ТА ВІБРАЦІЙНЕ ЗАБРУДНЕННЯ

Шумове забруднення сучасних міст і сіл є однією з найактуальніших проблем сьогодення. У зв'язку із зростанням кількості автомашин, індустріалізацією міст, зростанням транспортної рухливості населення, ростом технічного оснащення міського господарства розширюються контакти між техногенним середовищем міста і природного середовища. Сільські ландшафти, приміські території зазнають активного впливу шосейних доріг і залізниць, аеродромів, морських і річкових портів. До цих джерел шуму відносяться також залізничні вузли і станції, великі автовокзали і автотранспорту, мотелі і кемпінги, трейлерні парки, промислові об'єкти і великі бази будівельної індустрії, енергетичні установи.

Джерелами шумів є також гучномовні пристрої, ліфти, телевізори, радіоприймачі, музичні інструменти, юрби людей і окремі особи (табл. 2.5).

*Шум* — одна з форм фізичного (хвильового) забруднення навколишнього середовища. Під шумом розуміють усі неприємні та небажані звуки чи їх сукупність, які заважають нормально працювати, сприймати інформаційні звукові сигнали, відпочивати. Він виникає внаслідок стиснення і розрідження повітряних мас, тобто коливальних змін тиску

повітря. Розрізняють шум постійний, непостійний, коливний, переривчастий, імпульсний. Загалом *шум* — це хаотичне нагромадження звуків різної частоти, сили, висоти, тривалості, які виходять за межі звукового комфорту. Одиницею вимірювання шуму є Бел — відношення діючого значення звукового тиску до мінімального значення, котре сприймається вухом людини. На практиці використовується десята частина цієї фізичної одиниці — децибел (дБ).

Таблиця 2.5

Інтенсивність шуму різних джерел, дБА

Джерело шуму	Рівень шуму, дБА
Зимовий ліс за тихої погоди	0
Шепіт	20
Сільська місцевість	30
Читальня	40
Машбюро	65
Салон автомобіля	70
Відбійний молоток	90
Важкий самоскид	100
Концерт поп-музики	110
Блискавка	130
Реактивний літак на віддалі 25 м	140
Старт космічної ракети	150

Шум справляє шкідливу фізіологічну дію на людський організм, зумовлює професійні захворювання. Шкідлива фізіологічна дія шуму виявляється через пошкодження слухового апарату, травми нервової системи, сповільнену психічну реакцію. Внаслідок тривалого впливу шуму порушується ритм роботи серця, змінюється кров'яний тиск, погіршується робота органів дихання, послаблюється пам'ять, знижується увага. Розширення зіниць під дією шуму призводить до зниження гостроти зору, зменшується виразність усної мови, виникають неприємні відчуття.

В ряді міст домінуючими джерелами шуму є міський транспорт, промислові підприємства і будівельні майданчики. В різних за величиною містах України рівні шуму на транспортних магістралях досягають в середньому 75—80 дБА. Населення, яке проживає поблизу магістралей з інтенсивним рухом транспорту, піддається впливу еквівалентного рівня звуку 77—84 дБА. В зонах, які безпосередньо прилягають до транспортних магістралей, еквівалентні рівні звуку складають 80—85 дБА. Розташування аеропортів в межах міст призводить до значного акустичного дискомфорту в житлових районах, над якими проходять траси польотів, оскільки створюється шум з максимальними і еквівалентними рівнями відповідно 105—116 і 87—98 дБА, що значно перевищує гранично допустимі рівні. Шум від залізниці проникає на територію прилеглої житлової забудови і в 7,5 м від першої колії залізничного полотна максимальні рівні звуку при проїзді пасажирського електропотяга досягають 88 дБА, вантажного потяга — 90—93 дБА. За твердженнями фахівців Українського гігієнічного центру при МОЗ України, близько 40% загальної площі середньостатистичного міста (з населенням 750 тис. жителів) непридатні для нормального проживання через надмірне акустичне забруднення. У містах з мільйонним населенням жителі магістральних вулиць відчувають значне шумове навантаження, яке в ряді випадків сягає 83—90 дБА, причому на 54,8—86,5% джерелом підвищеного рівня шуму є автотранспорт. При цьому гранично допустимий рівень шуму на територіях, що прилягають до будинків, на протязі доби становить 70 дБА від 7 години до 23 години і 60 дБА — від 23 до 7 години. Все це свідчить про необхідність зниження шумового забруднення житлових районів сучасних міст до меж, які б відповідали санітарними нормам.

На пристосування до сильного шуму організм людини витрачає велику кількість енергії, перенапружується нервова система, виникають втома, нервовий і психічний розлади.

Особливо важко переносяться раптові різкі високочастотні звуки. При рівні шуму понад 80 дБА послаблюється слух, виникають нервово-психічні захворювання, виразка шлунку, гіпертонія, підвищується агресивність. Дуже сильний шум (понад 110 дБА) призводить до так званого шумового сп'яніння, а потім — до руйнування тканин тіла, перш за все — слухового апарату. Жінки більш чутливі до дії сильного шуму, і у них за умов звукового дискомфорту виникають ознаки неврастенії.

Шум шкідливий не лише для людини. Встановлено, що рослини під впливом шуму повільніше ростуть, у них спостерігається надмірне

(навіть повне, що призводить до загибелі) виділення вологи через листя, можливі порушення клітин. Гинуть листя і квіти рослин, що розміщені біля гучномовця.

Аналогічно діє шум на тварин. Від шуму реактивного літака гинуть личинки бджіл, самі вони втрачають здатність орієнтуватися, в пташиних гніздах виникають тріщини в шкарлупі яєць. Від шуму знижуються надої, приріст у вазі свиней, несучість курей. Хворобливо переносять шум риби, особливо у період нересту.

Вухом людини звукові хвилі частотою нижче 16 Гц сприймає не як звук, а як вібрацію. *Вібрації* — це тремтіння або струси всього тіла чи окремих його частин під час різних робіт (бетоноукладання, пневмо-електроподрібнення порід чи шляхового покриття, роботи в шахтах з відбійним молотком, розпилювання матеріалів тощо). Тривалі вібрації завдають великої шкоди здоров'ю — від сильної втоми й не дуже значних змін багатьох функцій організму до струсу мозку, розриву тканин, порушення серцевої діяльності, нервової системи, деформації м'язів і клітин, порушення чутливості шкіри, кровообігу тощо.

Соціальний характер проблеми віброакустичного забруднення середовища свідчить про те, що боротьба з цими явищами — завдання не тільки технічне, а й суспільне. В проблемі взаємодії людського суспільства і природи важливе місце посідає активна боротьба з шумовим та вібраційним забрудненням довкілля.

## 2.6.2. ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ЗАБРУДНЕННЯ

Інтенсивний розвиток електроніки та радіотехніки викликав забруднення природного середовища електромагнітними випромінюваннями (полями). Головними їх джерелами є радіо-, телевізійні і радіолокаційні станції, високовольтні лінії електропередач, електротранспорт. Поблизу кожного обласного центру, багатьох районних центрів, великих міст розташовані телевізійні центри, або ретранслятори, радіоцентри, засоби радіозв'язку різного призначення.

Рівень електромагнітних випромінювань у таких районах (діапазон радіочастот об'єктів може змінюватися від 50—100 Гц до 100 ГГц) часто перевищує допустимі гігієнічні норми й дуже шкодить здоров'ю людей, що мешкають поруч.

Мірою забруднення електромагнітними полями є напруженість поля (ВЧм). Ці поля завдають шкоди перш за все нервовій системі. Так,

напруженість поля 1000 ВЧм спричинює головний біль і сильну втому, більші значення зумовлюють розвиток неврозів, безсоння, важкі захворювання.

Існують розроблені на основі медико-біологічних досліджень санітарні норми та правила щодо радіотехнічних і електротехнічних об'єктів. Вони регламентують умови їх експлуатації з метою охорони населення від шкідливого впливу електромагнітних випромінювань.

Зростання енергетичних потужностей становить небезпеку для довкілля — розширюється мережа та зростає напруга повітряних ліній електропередач. Вони впливають на нормальний розвиток тваринного та рослинного світу. Спеціальні дослідження показали, що технічно найперспективнішими є лінії надвисокої та ультрависокої напруги (750—1150 кВ), котрі становлять небезпеку. Навколо них утворюються потужні електромагнітні поля, які негативно впливають на людину, порушують природну міграцію тварин, процеси росту рослин тощо.

### 2.6.3. РАДІОАКТИВНЕ ЗАБРУДНЕННЯ

Вплив радіоактивного випромінювання на організм людини особливо небезпечний. За результатами експериментів на тваринах та вивчення наслідків опромінення людей під час атомних вибухів у Хіросімі та Нагасакі, а пізніше в Чорнобилі, було виявлено, що гостра біологічна дія радіації проявляється у вигляді променевої хвороби і здатна призвести до смерті, до локальних уражень шкіри, кристалика ока, кісткового мозку. Нині захист організму людини та живої складової біосфери від радіоактивного опромінення в зв'язку зі зростаючим радіоактивним забрудненням планети — одна з найактуальніших проблем екології.

Всі види флори та фауни Землі протягом мільйонів років виникали та розвивалися під постійним впливом природного радіоактивного фону й пристосувалися до нього. Але штучно створені радіоактивні речовини, ядерні реактори, устаткування сконцентрували незнані раніше в природі обсяги іонізуючого випромінювання, до чого природа виявилася непристосованою.

Зв'язки між життям, здоров'ям людей, станом флори та фауни й сучасним рівнем радіаційного забруднення всієї планети та окремих її регіонів дуже складні. Нині головними джерелами радіоактивних забруднень біосфери є радіоактивні аерозолі, які потрапляють в атмосферу

під час випробувань ядерної зброї, аварій на АЕС та радіоактивних виробництвах, а також радіонукліди, що виділяються з радіоактивних відходів, захоронених на суші й на морі, з відпрацьованих атомних реакторів і устаткування. Радіоактивні опади залежно від розміру часток і висоти їх виносу в атмосферу мають різний час осідання та радіус поширення.

Під час аварій атомних реакторів, розгерметизації захоронень радіоактивних відходів радіаційний бруд поширюється на десятки й сотні кілометрів, внаслідок вибухів ядерних бомб — по всій планеті.

За силою та глибиною впливу на організм іонізуюче випромінювання вважається найсильнішим. Різні організми мають неоднакову стійкість до дії радіоактивного опромінення, навіть клітини одного організму мають різну чутливість. Кінцевий результат опромінення (крім віддалених наслідків) залежить не стільки від повної дози, скільки від її потужності, тобто часу, протягом якого вона накопичена, а також від характеру її розподілу. Це пов'язано з тим, що в живих організмах у відповідь на опромінення, як і на інші подразники середовища, включаються захисні механізми системи адаптації (компенсації), які мають забезпечити стабільність функціонування організму і відновити зруйновані функції. Результат залежить від співвідношення кількості ушкоджених тканин і захисно-відновної здатності організму.

Трагічні наслідки Чорнобильської катастрофи спричинили загрозу генетичному здоров'ю нації. Радіоактивні продукти створили високий радіаційний фон і сприяли зовнішньому опроміненню людей. Багато з них потрапили в організм через органи дихання, травлення, шкіру. Після аварії основним радіонуклідом був радіоактивний йод, що нагромаджується у щитовидній залозі, а потім здійснює кругообіг в організмі, відщеплюється в печінці і частково виводиться через нирки. Радіоактивний цезій відкладається переважно в м'язах, проникає в клітини і рівномірно опромінює організм. Плутоній є дуже небезпечним елементом, він переходить в америцій і поглинається організмом, викликаючи дуже важкі захворювання.

Проблема переробки радіоактивних відходів виникла понад 40 років тому одночасно з початком освоєння атомної енергії, але до цього часу не знайдено промислових методів утилізації найбільш небезпечних видів радіоактивних відходів.

Перед Чорнобильською аварією в 30 країнах світу діяло 272 атомні електростанції (АЕС) і на стадії спорудження знаходилося ще 236.

Радіоактивні відходи, котрі утворюються в процесі експлуатації АЕС, складають значну частину всіх радіоактивних відходів.

Важливість знезараження та переробки радіоактивних відходів пов'язана з їхньою особливою небезпекою для біосфери, і перш за все — для людини. На відміну всіх інших відходів, токсичність котрих залежить від їх хімічних та бактеріологічних властивостей, радіоактивні відходи не можуть перероблятися з метою зниження їх токсичності. Якщо активність радіоактивних відходів перевищує рівень, котрий допускає їх скидання, вони підлягають захороненню таким чином, щоб запобігти їх проникненню в навколишнє середовище та доступу до них людей без спеціального захисту.

Найважливіша проблема, котра виникає при переробці радіоактивних відходів — тривала потенційна небезпека певних категорій радіоактивних відходів. Технічна можливість безпечного зберігання відходів протягом десятих та сотень років існує, але під постійним наглядом спеціального персоналу.

Джерелами радіоактивних відходів АЕС є продукти нейтронної активації, котрі утворюються поза ТВЕЛами-тепловидільними елементами ядерного реактора, в котрих відбувається процес поділу та відновлення ядерного палива, і продукти поділу, котрі частково виділяються з ТВЕЛів в теплоносій. Частина цих радіоактивних відходів безперервно або періодично виводиться з реактора в систему обробки та збереження радіоактивних відходів АЕС. Решта — радіоактивні речовини, котрі утворюються в незмінюваних частинах обладнання реактора, — стає відходами лише після зупинки станції на демонтаж або консервацію після закінчення терміну експлуатації.

Викиди радіоактивних відходів АЕС призводять до забруднення довкілля та опромінення населення.

Джерелами радіоактивних відходів є також численні науково-дослідні організації, промислові підприємства, медичні заклади, котрі розташовані у великих містах та промислових центрах, де сконцентровані промисловість та населення. В зв'язку з цим необхідно забезпечувати радіаційну безпеку не лише персоналу, котрий працює з радіонуклідами, але й всього населення цих промислових зон шляхом навчання безпечному поводженню з радіоактивними відходами (їх збирання, тимчасове зберігання, транспортування, переробка та надійне остаточне захоронення). Це є важливою складовою захисту природного середовища та людини від радіоактивних забруднень.

## 2.7. МІЖНАРОДНІ ПРИРОДНІ РЕСУРСИ ТА СПІВРОБІТНИЦТВО В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

### 2.7.1. МІЖНАРОДНІ ПРИРОДНІ РЕСУРСИ

Природоохоронні проблеми не знають національних кордонів. Через кордони держав повітряними масами перекидаються десятки тисяч тонн забруднюючих речовин, зокрема сірчистий ангідрид — джерело кислотних дощів. Транскордонні ріки, котрі протікають по території кількох держав, також є джерелами перекидання забруднень з однієї країни в іншу. Промислова або інша діяльність суміжних країн тією чи іншою мірою впливає на стан природи: захворювання лісів, забруднення морів тощо. Широке використання в промисловості та в побуті фреонів руйнує озоновий шар всієї планети. Вирубання лісів, нафтове забруднення Світового океану та масове спалювання органічного палива є причиною порушення газового балансу в атмосфері, збільшення вмісту в ній вуглекислого газу, а в перспективі — зниження вмісту кисню, що може зумовити глобальну зміну клімату та інші негативні наслідки. При цьому страждають не лише винуватці цих змін, але й все населення Землі.

Таким чином, екологічні проблеми є міжнародними і вимагають міжнародного співробітництва.

Переважна більшість природних ресурсів, таких як вода, корисні копалини, ліс, тепло, опади тощо, розподіляються вкрай нерівномірно, і без взаємовигідного обміну ними жодна країна світу, навіть найбільша і найбагатша, не може нормально розвиватися.

Крім національних ресурсів, котрі повністю знаходяться під суверенітетом тієї чи іншої країни, існують багатонаціональні ресурси, тобто ресурси прикордонних рік, мігруючих тварин та птахів, внутрішніх морів та озер, на берегах котрих мешкають народи різних країн.

Існує також багато міжнародних природних ресурсів, котрі не належать якійсь конкретній країні, а є спільними. До них відносяться ресурси світового океану за межами територіальних вод, атмосферного повітря, Антарктиди та Космосу. Особливо велике значення мають для людства ресурси світового океану, тобто сукупність океанів та пов'язаних з ними морів.

Значення Світового океану величезне і невпинно зростає в зв'язку з виснаженням природних ресурсів суші. Світовий океан формує клімат планети, є джерелом атмосферних осадів та поглинає надлишок

вуглекислого газу в атмосфері. Внаслідок життєдіяльності океанських рослинних організмів, переважно фітопланктону (сукупність рослин, завислих в повітрі, переважно мікроскопічних водоростей), утворюється понад 50% кисню. Риба та інші морські істоти складають 1% продовольства, що споживається людством.

Океан є зручним транспортним шляхом, що зв'язує країни та континенти, він забезпечує чудові умови для відпочинку та туризму.

З кожним роком поширюється видобуток корисних копалин, зокрема нафти, сірки, золота з дна шельфової зони. Є можливість видобувати фосфорити, кам'яне вугілля та інші ресурси.

З плином часу буде зростати значення світового океану як сховища води, використовуваної для санітарно-гігієнічних та виробничих потреб після опріснення, а також джерела енергії. Приливи та відливи, різниця температур на поверхні та в глибині океану в екваторіальній зоні, морські течії та хвилі є нескінченним джерелом відносно чистої енергії, котра, однак, за існуючих технологій є ще дорогою.

Вода містить понад 60 хімічних елементів, хоча більшість з них — малої концентрації, що робить поки що економічно нерентабельним їх видобуток, однак, коли ці елементи вичерпаються на суші, доведеться розпочинати видобування морських запасів, особливо якщо використовувати здатність морських організмів до їх концентрації в своїх тілах. Наприклад, у водоростях накопичується залізо та йод, в кістках риб — свинець, цинк, мідь тощо.

Нині третина кухонної солі, що видобувається у всьому світі, отримується з морської води. З неї видобувають також бром, магній. Якщо ж вчені зможуть знайти економічно прийнятні способи розробки марганцевих конкрецій (мінеральних утворень у вигляді грудок круглої форми, поширених на дні океану і котрі містять, крім марганцю, ряд інших металів), то загроза сировинного голоду буде відсунута на декілька тисячоліть.

Значні багатства містяться в надрах Антарктиди, однак важливіше зберегти її у недоторканому вигляді для наукових досліджень вченими всіх країн.

Можна передбачити, що в майбутньому все більш широко будуть використовуватися не лише енергетичні, але й матеріальні ресурси космосу, зокрема Місяця, астероїдів, метеоритів тощо. Проте всі ці океанські, космічні та інші широкомасштабні проекти можуть бути перетворені в життя лише за умови розв'язання енергетичної проблеми, пов'язаної з необхідністю попередження теплової кризи та порушення екологічної рівноваги в біосфері.

### 2.7.2. МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ПРИРОДИ

Глобальний характер сучасних екологічних проблем обумовлює необхідність спільних зусиль всіх країн для їх вирішення. Знаходячись в єдиній взаємозалежній природній системі Європи, Україна не може відгородитися стіною від забруднення і деградації біосфери на континенті. Не здатні це зробити, як свідчить важливий досвід чорнобильської трагедії і наші сусіди у загальноєвропейському домі, розбудова якого зараз активно здійснюється.

При використанні міжнародних ресурсів особливо важливою є наявність та дотримання міжнародних домовленостей, щоб їх спільне використання супроводжувалось співробітництвом, а не протидією. Та й розвідка, раціональний видобуток і використання невідновлюваних ресурсів, охорона та відтворення відновлюваних ресурсів, в міру їх вичерпання та забруднення, все більше будуть перетворюватися з внутрішньої справи кожної країни в загальнолюдську проблему забезпечення виживання.

Розв'язання проблем оптимізації природокористування вимагає наявності високого наукового потенціалу, коштів для проведення експериментів, обладнання, котрих багато країн, особливо ті, що розвиваються, не мають. Багатьом країнам є чому вчитися одна в одній.

Найбільші проблеми постають при сумісному використанні запасів риби та мігруючих тварин і птахів, адже для біогеоценозів не існує державних кордонів.

Внаслідок цього виникає багато проблем, коли тварини, котрі знаходяться під охороною на території однієї країни, стають об'єктом промислу на території іншої.

Це проблема не лише екологічна, але й економічна, оскільки виходить, що країна-споживач отримує додатковий прибуток за рахунок того, що країна-охоронець витрачає кошти на охорону і відмовляється від здобичі заради збереження гаснучого виду. Внаслідок цього зростає і політична напруженість у стосунках між країнами. Розв'язати конфлікт можна прийняттям відповідної двосторонньої угоди.

Часто виникають конфлікти, викликані бракон'єрством в так званих економічних зонах тих чи інших країн. В 60-х роках прибережні країни стали встановлювати, крім територіальних вод (12 миль від берега), що знаходяться під повним державним суверенітетом, ще й 200-мильну економічну зону з вільним судноплавством, але обмеженим видобутком

біологічних ресурсів за ліцензіями, що містять квоти, тобто допустиму кількість улову.

Не менш важливою проблемою, що вимагає міжнародного співробітництва та відповідних домовленостей, є забруднення, котрому підлягають абсолютно всі міжнародні та міжнаціональні ресурси. Навіть у пінгвінів Антарктиди в печінці виявлено ДДТ — дуже стійку отруту, майже всюди заборонену для використання.

В навколосезонному просторі за останні роки різко зросла кількість відходів земного походження — контейнерів зі сміттям, відпрацьованих космічних апаратів тощо, котрі спричиняють труднощі в роботі астрономів, зв'язківців, метеорологів, підвищують небезпеку космічних польотів.

Космічна техніка завдає значної шкоди озоновому шару. За деякими розрахунками виходить, що американському апарату багаторазового використання "Спейс Шаттл", котрий працює на твердому паливі, достатньо кілька сот разів за 4—5 років полетіти в космос, щоб озоновий шар повністю зник. Найбільш екологічно чистим з усіх космічних засобів є російська ракета-носіє "Енергія", котра в якості пального використовує кисень, вуглеводневе паливо та водень. Вона в декілька тисяч разів слабше впливає на озоновий шар, ніж "Спейс Шаттл".

Може статися занесення земних мікроорганізмів в планетне середовище, сприятливе для існування життя (Марс, Венера), що призведе до видозмін поверхневих оболонок планет та зробить неможливим подальше вивчення природи цих планет вченими всіх країн.

Внаслідок вивчення Місяця та навколomisячного простору за допомогою американських космічних кораблів "Аполлон" сталося забруднення місячної атмосфери вихлопними газами. Їх маса стала порівняною з масою місячної атмосфери (близько 10 т), тобто можна стверджувати, що утворився новий атмосферний шар. Безумовно, таке втручання в розвиток планет та їх супутників може мати найнесподіваніші наслідки в майбутньому.

Важливою проблемою сьогодення є забруднення світового океану нафтою, промисловими стічними водами, побутовими відходами з кораблів, контейнерами з радіоактивними відходами та затонулими реакторами і боезарядами атомних підводних човнів.

Нарешті, існування всієї біосфери залежить від того, чи зможуть люди запобігти початку атомної, бактеріологічної, хімічної та екологічної (існують проекти навмисного знищення озонового шару над територією ворога) воєн. Кожна з цих воєн може викликати незворотні екологічні зміни.

Таким чином, зростаючий вплив людської діяльності на довкілля викликає небажані зміни в природному середовищі: забруднення повітряного басейну, океанів, виснаження природних ресурсів у всесвітньому масштабі. А порушення екологічної рівноваги завдає величезної шкоди генофонду усього живого, зокрема і людини. Тому проблема гармонізації відносин суспільства і природи, охорони навколишнього середовища набула глобального значення. Виникла потреба розробки ефективних міжнародних механізмів, які забезпечували б розумне використання ресурсів планети, їх охорону, сприяли б збереженню екологічної рівноваги.

Рішення всіх цих проблем можливе лише на базі міжнародного співробітництва, здійснюваного на двосторонній та багатосторонній основі. Формами такого співробітництва є організація наукових та практичних зустрічей; створення міжнародних організацій, що координують спільні зусилля з охорони природи; укладання офіційних договорів та угод, а також діяльність міжнародних громадських партій та організацій ("зелених" та "екологів").

Історія міжнародної екологічної співпраці почалась понад 100 років тому. У 1875 році Австро-Угорщина та Італія прийняли Декларацію про охорону птахів. В 1897 році Росія, Японія, США уклали угоду про спільне використання і охорону морських котиків у Тихому океані.

Перша міжнародна конвенція була укладена деякими європейськими країнами в 1902 році в Парижі для охорони птахів, корисних сільському господарству. На жаль, ця Конвенція давала дозвіл на знищення деяких видів "шкідливих" птахів. В 1950 р. в Парижі була підписана нова Конвенція про охорону всіх видів птахів. В межах міжнародного співробітництва в галузі охорони навколишнього природного середовища розв'язуються найбільш складні проблеми і конкретні проекти. До їх числа належать спільні інженерні і технічні розробки з питань охорони атмосфери від промислових викидів, запобігання забруднень під час сільськогосподарських робіт, збереження дикої флори і фауни, створення заповідників та ін.

Особливу групу проектів складають наукові дослідження впливу діяльності людини на клімат, передбачення землетрусів і цунамій, роботи в галузі біологічних та генетичних наслідків забруднення оточуючого середовища.

Реалізацією цих проектів займаються різноманітні міжнародні спеціалізовані як урядові, так і громадські організації, в тому числі ЮНЕП (Програма ООН з навколишнього середовища), створена в 1973 р., котра



координує всі види діяльності в галузі захисту навколишнього природного середовища, розробляє програми подальших спільних дій в цій галузі. Ефективність природоохоронної діяльності організацій системи ООН великою мірою залежить від роботи ЮНЕП. Співробітництво України з цим міжнародним органом почалося у 1975 р. коли країна зробила свій перший добровільний внесок у Фонд навколишнього середовища.

Протягом останнього десятиріччя Україна доклала чимало зусиль по розширенню своєї участі в багатосторонньому співробітництві, активно виступила за розгляд екологічної проблематики в ООН та її органах. Зокрема, вона стала одним з ініціаторів розробки концепції міжнародної екологічної безпеки, яку було висунуто в рамках діяльності цієї міжнародної організації. Ця ідея дістала підтримку ряду країн. При активному сприянні України на 44-й сесії Генеральної Асамблеї ООН була прийнята резолюція про міжнародне співробітництво в галузі моніторингу та прогнозування екологічних загроз і надання допомоги у випадках надзвичайних екологічних ситуацій.

Активне співробітництво здійснюється з Європейською Економічною Комісією (ЄЕК). Розширюються двосторонні зв'язки України з проблем екології з багатьма країнами Східної і Західної Європи, Канади, США як на міждержавному, так і на міжвідомчому рівнях.

ВМО (Всесвітня метеорологічна організація), ЮНЕСКО (Організація об'єднаних націй з питань освіти, науки і культури), ВООЗ (Всесвітня організація охорони здоров'я), ЄЕК (Європейська економічна комісія), ММО (Міжнародна морська організація), МАГАТЕ (Міжнародна організація з радіологічного захисту), МСОП (Міжнародна спілка охорони природи, природних ресурсів).

З громадських організацій велику роботу щодо охорони довкілля проводить Greenpeace — Зелений світ, з котрою співпрацюють представники громадськості і нашої країни. Її головним завданням є недопущення радіоактивного забруднення біосфери. Ця організація утворена в 1971 р. в Північній Америці. Вона діє в 30 країнах світу. В Україні почала працювати в 1990 році.

Розвитку природоохоронного співробітництва сприяє проведення міжнародних форумів — Стокгольмської конференції ООН з навколишнього середовища (1972 рік), день відкриття котрої — 5 червня — був оголошений Всесвітнім днем навколишнього середовища; Наради за безпеку та співробітництво в Європі (Хельсинкі, 1975 рік); Глобального форуму з проблем виживання (Москва, 1990 рік); Конференції ООН

з навколишнього середовища та розвитку (ЮНСЕД або КОСР-92) (Ріо-де-Жанейро, 1992 рік).

Одне з перших починань ЮНЕП — створення всесвітньої системи станцій спостереження (моніторингу) за станом і змінами біосфери. Під егідою ЮНЕП разом з ВМО та ЮНЕСКО було проведено в 1979 році в Ризі, в 1981 році в Тбілісі, а в 1983 році в Таллінні міжнародні симпозиуми з комплексного глобального моніторингу забруднення навколишнього середовища. Роботи щодо проекту “Біосферні заповідники” передбачають спостереження за станом біосфери на фоновому рівні. Перший Міжнародний конгрес у справі біосферних заповідників було проведено у Мінську в 1983 році. У світову мережу було включено 17 великих заповідників колишнього СРСР.

Важливими документами в міжнародних природоохоронних відносинах є Всесвітня хартія охорони природи, котра проголосила та взяла під захист право всіх форм життя на виживання; Конвенція про заборону воєнного та ворожого використання засобів впливу на природне середовище; Декларація про оточуюче людину середовище, котра є зведенням основних принципів міжнародного співробітництва; конвенція про зміну клімату; Конвенція про біологічну різноманітність, Конвенція про боротьбу зі спустелюванням. Особливе значення має головний документ, прийнятий ЮНСЕД — “Порядок денний на XXI століття” — всесвітній план дій з метою сталого розвитку, під котрим слід розуміти таку модель соціально-економічного розвитку суспільства, при котрому життєві потреби людей будуть задовольнятися з врахуванням прав майбутніх поколінь на життя в здоровому та невиснаженому природному середовищі. Крім того, досягнення сталого розвитку неможливе без більш справедливого використання ресурсів природи, боротьби з бідністю, з одного боку, та неприпустимими розкошами — з другого.

Таким чином, екологічна проблематика все частіше виходить на перше місце в міжнародних відносинах.

Українська держава з перших днів незалежності бере активну участь у міжнародних природоохоронних заходах та реалізації екологічних програм та проектів. Так, відповідно до закону “Про природно-заповідний фонд України” від 26. 11. 1993 року видано Указ Президента України “Про біосферні заповідники”, яким затверджено перелік біосферних заповідників в Україні, що включені в Бюро міжнародної координаційної ради з програми ЮНЕСКО “Людина та біосфера”, до міжнародної мережі біосферних заповідників. Станом на листопад 1993 року таких заповідників



було три: Асканія Нова (Херсонська обл.), Чорноморський (Херсонська, Миколаївська обл.), Карпатський (Закарпатська обл.). Міністерству закордонних справ України і Академії наук України доручено підготувати матеріали, необхідні для підписання угоди з Республікою Польща та Словацькою Республікою про створення міжнародного біосферного заповідника "Східні Карпати".

Міжнародне співробітництво у галузі охорони навколишнього природного середовища займає одне з важливих місць у зовнішньополітичному курсі України.

Україна як член ООН є суверенною стороною багатьох міжнародних природоохоронних угод і продовжує активно працювати з іншими країнами світу над врятуванням нашої планети від екологічного лиха.

Українські вчені підтримують ділові стосунки зі своїми колегами з Угорщини, Чехії, Словаччини, Польщі, Болгарії та інших країн. Спільними силами ведуться дослідження екосистем Карпат, Полісся, Чорного моря, розробляються заходи щодо збереження рекреаційних ресурсів, рідкісної флори і фауни.

Нині настав час серйозного переосмислення людством ставлення до природи, час об'єднання зусиль націй і народів у боротьбі за врятування біосфери планети, здійснення нових локальних, регіональних і міжнародних програм подальшого розвитку та виживання, які повинні базуватися на нових соціально-політичних засадах, екологічній основі, глибоких екологічних знаннях і підвищеній загальнолюдській екологічній свідомості.

Існування й благополуччя людини сьогодні залежить від того, чи вдасться нам піднести принципи довгострокового розвитку до рівня всесвітньої етики. Для цього слід докласти великих зусиль і підвищити готовність до співробітництва націй в таких сферах, як глобальна ліквідація бідності, активна підтримка миру в усьому світі, підвищення міжнародної безпеки, раціональне, дбайливе використання глобальних загальних природних ресурсів, регулювання народонаселення, вирішення проблем енергетики (максимальне залучення альтернативних видів енергії, підвищення ефективності, надійності та безпечності існуючих), харчування, урбанізації, охорони флори та фауни.

## **Розділ 3**

### **ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

#### **3.1. КОНТРОЛЬ І МОНІТОРИНГ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В УКРАЇНІ**

##### **3.1.1. СТАН НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В УКРАЇНІ**

Україна через високий рівень концентрації промислового виробництва та сільського господарства, внаслідок хвилястого використання природних ресурсів протягом десятиріч перетворилася в одну з найнебезпечніших в екологічному відношенні країн. Нинішня екологічна ситуація в Україні характеризується як глибока еколого-економічна криза, котра зумовлена закономірностями функціонування адміністративно-командної економіки колишнього СРСР. Нарощування продуктивних сил здійснювалося практично без врахування екологічних наслідків, панував відомчий, споживацький підхід до розміщення нових виробництв. Було допущено серйозних помилок в організації комплексного використання природних ресурсів, недостатня увага приділялася управлінню охороною природи та контролю якості природного навколишнього середовища.

Україні притаманні такі екологічні проблеми, як кислотні дощі, трансграничне забруднення, руйнування озонового шару, потепління клімату, накопичення відходів, особливо токсичних та радіаційних, зниження біологічного різноманіття. Аварія на Чорнобильській атомній електростанції 1986 року з її величезними медико-біологічними наслідками спричинила в Україні ситуацію, що наближається до рівня глобальної екологічної катастрофи.

Глибоке занепокоєння викликає стан природних ресурсів.

**Стан земельного фонду.** Загальний земельний фонд України становить 60 млн. га і представлений переважно різновидами чорноземів, котрі займають 57% всіх сільськогосподарських угідь і становлять 68% орних земель. В середньому на одного мешканця України припадає 0,8 га сільськогосподарських угідь.

Протягом 50—60-х років було необґрунтовано розорано 2 млн. га малопродуктивних природних угідь та схилових земель, а також значно

розширена площа просапних культур. Розораність земель досягла 81%, всієї території — 57%. Лише 8% території України перебуває нині у природному стані (болота, озера, гірські масиви, покриті та непокриті лісом). Змінилося екологічно допустиме співвідношення між площами ріллі, природних угідь, лісових і водних ресурсів. Це негативно вплинуло на стійкість агроландшафту, зросли ерозійні процеси. Так, площа еродованої ріллі за останні 25 років збільшилася на 33% і досягла 123,1 млн. га, а дефляційно небезпечної — 19,8 млн. га (55,2%), вміст гумусу зменшився з 3,5 до 3,2%. Щорічно площа еродованих земель зростає на 70—80 тис. га. Значної екологічної шкоди земельні та інші ресурси зазнають внаслідок забруднення викидами промисловості, відходами, транскордонного переносу, а також недосконалого використання засобів хімізації в аграрному секторі.

Найбільш інтенсивними забруднювачами сільгоспугідь були хлорорганічні пестициди, а найвищий рівень забруднення ґрунтів спостерігався в Костянтинівці, Маріуполі та в Алчевську. В житловому фонді міст та селищ міського типу України щорічно нагромаджується близько 40 млн. м<sup>3</sup> сміття, яке знешкоджується на 656 міських сміттєзвалищах та на 4-х сміттєспалювальних заводах, котрі, на жаль, не відповідають сучасним вимогам.

Великої гостроти набула проблема радіоактивних відходів. На атомних електростанціях накопичено тисячі тонн відпрацьованого ядерного палива, десятки тисяч кубометрів твердих і десятки мільйонів літрів рідких радіоактивних відходів. В промисловості, сільському господарстві, медицині та в наукових закладах накопичено більше ста тисяч відкритих та закритих радіоактивних джерел. Понад 70 млн. м<sup>3</sup> радіоактивних відходів (РАВ) зосереджено у відвалах та хвостосховищах уранової, гірничодобувної та переробної промисловості.

З Чорнобильською аварією пов'язана величезна кількість РАВ, точний обсяг котрих ще не визначений.

Незадовільно здійснюється відновлення відпрацьованих промисловістю земель. При цьому якість рекультивациі низька, мало земель повертається у сільськогосподарське виробництво, а їх родючість майже наполовину нижча від природної.

**Використання та охорона надр.** Сьогодні немає чіткого механізму управління та державного контролю у використанні та охороні надр. Розробка корисних копалин здійснюється без належного комплексного освоєння. В надрах залишається і губиться розвіданих запасів нафти — 70%, солей — 50%, вугілля — 40%, металів — 25%. Крім

цього, щорічно вилучається з землі 2,3 млрд. тонн копалин, а використовується лише третина. Решта йде до відвалів, шламо-накопичувачів, на підсипку. Обсяг накопичених відвальних порід, відходів енергетики та промисловості перевищує 20 млрд тонн, ними зайнято 130 тис. га сільгоспугідь. Після аварії на Чорнобильській АЕС радіонуклідами було забруднено 4,6 млн. га, з використання вилучено 119 тис. га сільськогосподарських угідь.

**Використання та охорона водних ресурсів.** Зростають обсяги скидання забруднених стічних вод у водоймища України. У 1993 році їх кількість становила 4,7 млрд. м<sup>3</sup> проти 4,3 млрд. м<sup>3</sup> в 1991 році. Всього в 1993 році в природні об'єкти скинуто 15,8 млрд. м<sup>3</sup> з забраних 28,8 млрд. м<sup>3</sup>. На Донецько-Придніпровський регіон припадає 38% забраної води та 63% скинутих забруднених вод від загального обсягу по Україні.

Основними забруднювачами водних джерел залишаються підприємства та організації металургії, енергетики, вугільної промисловості, лісохімічного та агропромислового комплексів, а також комунальне господарство, частка котрого складає майже половину забруднених стоків країни.

В Україні склалася диспропорція в розвитку водогінних та каналізаційних мереж. Встановлена потужність міських водогонів становить 23 млн. м<sup>3</sup>/добу, очисних споруд водопостачання — 13,8 млн. м<sup>3</sup>/добу. На сьогодні всі 439 міст, 819 селищ міського типу, а також 5003 сільських населених пунктів мають централізовані водогони або окремі водогінні мережі. Централізованим водопостачанням забезпечено 70% населення. Однак не мають централізованих систем каналізації 31 місто і 317 селищ міського типу, а в 110 міських населених пунктах очисні споруди перевантажені і працюють неефективно. Крім цього, лише на міських мережах в аварійному стані знаходиться 4,5 тис. км каналізаційних мереж. Витоки та невраховані витрати води становлять понад 10%, що обтяжується відсутністю поквартирного обліку у житловому фонді надмірним (325 л/чол.) питомим середньодобовим водоспоживанням.

Річкову мережу України складає понад 22 тисячі річок загальною довжиною більше 170 тис. км. Середня її густота складає 0,25 км/км<sup>2</sup>, переважна більшість річок належить до басейну Чорного та Азовського морів, а 4% несуть свої води до Балтійського моря. Водні ресурси формуються переважно за рахунок стоку річок Дніпро, Дністер, Південний Буг, Сіверський Донець, Тиса, на яких створені водосховища з корисним об'ємом 55,1 млрд. м<sup>3</sup>. До 40% річкового стоку є транзитним. Питома забезпеченість річковим стоком складає близько 1,0 тис. м<sup>3</sup>/рік на людину.

Малі річки формують 60% водних запасів, і їх стан продовжує погіршуватися. Багато гумусу, добрив та хімічних засобів захисту рослин змивається в них з полів. Сюди також потрапляють відходи тваринницьких комплексів, цукрових та інших заводів. Вимагає очищення понад 25 тис. км річок. Річки псується також внаслідок бездумного вирубування лісів, розорювання прибережних смуг, схилів, внаслідок осушення боліт.

За даними гідробіологічних спостережень з 59 контрольованих водних об'єктів України немає жодного водотоку або водойми, котрі відповідали б фоновому стану та характеризувалися б як чисті води. Водні об'єкти забруднені переважно нафтопродуктами, фенолами, органічними речовинами, сполуками азоту та важкими металами.

В Україні виявлено понад двохсот осередків стійкого забруднення підземних вод. Виведено з ладу 10 водозаборів загальною потужністю 80 млн. м<sup>3</sup>/рік.

Високий антропогенний тиск на водні ресурси та значне їх використання позначилися на якісному стані Чорного та Азовського морів.

**Забруднення повітряного басейну.** На стан повітряного басейну впливають внутрішні стаціонарні та пересувні джерела і повітряні потоки з території Західної Європи. Викиди шкідливих речовин від стаціонарних джерел забруднення в 1993 році склали 7,3 млн. тонн. Вловлюється та знешкоджується лише 3/4 шкідливих речовин, котрі викидаються стаціонарними джерелами забруднення, в тому числі газоподібних та рідких — менше 1/3. Викиди автотранспорту склали 2,7 млн. тонн (27% від загальних викидів). Питома вага викидів від стаціонарних джерел та автотранспорту по Дніпропетровській, Донецькій, Запорізькій, Луганській областях від загальних по Україні складає відповідно 68 та 45%. Серед основних забруднювачів — енергетика, металургія, хімія, промисловість будівельних матеріалів, автотранспорт. В більш ніж половині областей автотранспорт — основне джерело забруднення повітряного середовища. Високий рівень забруднення спостерігається у 13 містах України, котрі знаходяться в Донецько-Придніпровському промисловому регіоні: Донецьку, Краматорську, Єнакієво, Горлівці, Макіївці, Маріуполі, Алчевську, Слов'янську, Луганську, Дзержинську, а також в Запоріжжі, Одесі, Кривому Розі. Такий рівень зумовлений підвищеним вмістом специфічних шкідливих речовин, а також вмістом діоксиду азоту і пилу.

**Рівень лісистості та якісний стан лісів.** Стан навколишнього природного середовища значною мірою визначається рівнем лісистості та якісним станом лісів. Україна — малолісна країна (лісистість території

складає близько 14%). Площа земель лісового фонду складає 9,9 млн. га, в тому числі вкрита лісом — 8,6 млн. га. За останні 50 років лісистість збільшилася на 4%, але ліси розташовані нерівномірно. Ліси переважно виконують захисні водоохоронні та санітарно-гігієнічні функції. Однак вони інтенсивно експлуатуються, гинуть від промислових викидів та пожеж, внаслідок недбалої відведення земель з вирубкою під різного роду будівництво. Їх стан зумовлений не лише рівнем та інтенсивністю антропогенного впливу, але й зростаючим техногенним навантаженням, що порушує природну стійкість і функції, котрі формують середовище лісових екосистем. Протягом останнього десятиріччя в Україні загинуло від промислових викидів 2,5 тис. га лісових насаджень. Радіаційного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС зазнали 3,3 млн. га лісів. Вирубка лісового фонду перевищує його відновлення. Обсяги захисного лісорозведення не забезпечують повного заліснення непридатних для сільськогосподарського виробництва земель. Недостатніми залишаються обсяги робіт щодо створення полезахисних лісових смуг.

Викликає стурбованість інтенсивна експлуатація лісів, особливо в карпатському та поліському регіонах, де зосереджено відповідно 29 та 33% запасів деревини. Значних збитків завдають лісові пожежі. В 1993 році було зафіксовано близько 3 тис. пожеж, вони охопили 2,7 тис. га лісів. На корені згоріло та пошкоджено 174,4 тис. м<sup>3</sup>. П'ята частина лісової площі та майже 90% збитків припадає на Республіку Крим.

Порушення природної стійкості лісів призводить до зростання уразливості насаджень, визначає подальше збереження напруженого санітарного стану лісів. Екстенсивне природокористування, нехтування екологічним обґрунтуванням при розвитку агропромислового та лісохімічного комплексів, зарегулювання стоку річок, осушення боліт та стихійний розвиток колективного садівництва призвели до зниження природного потенціалу майже 70% цінних природних комплексів і ландшафтів України. Внаслідок цього процес деградації генетичного фонду живої природи спостерігається практично у всіх регіонах України.

На території України нараховується близько 45 тис. видів тварин, серед них 17 видів земноводних, 20 — плазунів, 344 — птахів, 101 — ссавців, 200 — риб, решта — безхребетні. До Червоної книги України занесено 531 вид рослин і грибів (12% дикоростучої флори) та 281 вид тварин. Площа природно-заповідного фонду України зростає повільно і становить 1,3 млн. га, або 2,2% території країни, що в 2—3 рази менше від норми, що рекомендується вченими. Природоохоронні території через

недостатнє фінансування, слабку матеріально-технічну та лабораторну базу не забезпечують в повному обсязі виконання функцій щодо збереження та відновлення рідкісних і типових видів флори і фауни.

### 3.1.2. ПРАВОВІ АСПЕКТИ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Роль права у регулюванні взаємодії природи і суспільства полягає у встановленні науково обґрунтованих правил поведінки людини по відношенню до природи. Найбільш суттєві правила такої поведінки закріплюються державою в законодавстві і стають загальнообов'язковими для виконання і дотримання нормами права, забезпеченими державним примусом на випадок їх невиконання.

Беручи до уваги комплексний характер проблем екології, їх органічний зв'язок з усіма політичними, соціальними та економічними факторами, стратегія природокористування в Україні має бути однією з фундаментальних складових стратегії розбудови правової, демократичної держави з розвинутою ринковою економікою. Одним з таких незаперечних прав є право громадян на екологічну безпеку. Воно забезпечується комплексом юридичних, економічних, технологічних і гуманітарних чинників.

Серйозною вадою чинного до сьогодні природоохоронного законодавства є той факт, що формувалося воно за поресурсною ознакою, тобто окремому регулюванню підлягають земельні, водні, гірничі, лісові, атмосфероохоронні та інші відносини. Такий підхід не забезпечував комплексності в регулюванні відносин щодо природного середовища як єдиного організму.

Вже з перших законотворчих кроків суверенної України визначено основи забезпечення екологічних прав людини. Важливим актом нової держави став **Закон "Про охорону навколишнього природного середовища"** від 25 червня 1991 року. Даний закон не лише проголошує, але й передбачає систему гарантій екологічної безпеки людини, вносить певну упорядкованість в систему управління в галузі природо-користування. Він закріплює право громадян України на безпечне для життя навколишнє середовище. Це невід'ємне право людини реалізується шляхом участі в обговоренні проектів законодавчих актів та інших рішень у галузі охорони навколишнього середовища; участі в розробці та здійсненні заходів щодо охорони природного середовища, раціонального використання природних ресурсів;

об'єднання в громадські природо-охоронні організації; отримання повної і достовірної інформації про стан навколишнього природного середовища.

Закон надає громадянам України право звертатися до суду з позовом до підприємств, установ і організацій щодо відшкодування шкоди, заподіяної здоров'ю та майну внаслідок негативного впливу на навколишнє середовище. Він зобов'язує державні органи надавати всебічну допомогу громадянам у здійсненні природоохоронної діяльності та враховувати їхні пропозиції в цій галузі.

Згідно з цим Законом громадяни України мають не лише права, але й обов'язки щодо збереження природи, раціонального використання її багатств, дотримання законодавства про охорону навколишнього природного середовища. В Законі встановлені принципи охорони навколишнього природного середовища:

- пріоритетність вимог екологічної безпеки;
  - гарантування екологічно безпечного становища для життя та здоров'я людей;
  - екологізація матеріального виробництва;
  - науково обґрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства;
  - збереження просторової та видової різноманітності і цілісності природних об'єктів і комплексів;
  - гласність і демократизм при прийнятті рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього середовища, формування у населення екологічного світогляду;
  - науково обґрунтоване нормування впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє середовище;
  - стягнення плати за спеціальне використання природних ресурсів, за забруднення навколишнього природного середовища та зниження якості природних ресурсів;
  - вирішення проблем охорони навколишнього природного середовища на основі широкого міжнародного співробітництва.
- Закон закріплює екологічні права та обов'язки громадян України:
- право на безпечне для життя і здоров'я навколишнє природне середовище;
  - участь в обговоренні проектів законодавчих актів, матеріалів щодо розміщення та реконструкції об'єктів, які можуть негативно вплинути на стан навколишнього природного середовища;

- участь у проведенні громадської екологічної експертизи;
- одержання повної і достовірної інформації про стан навколишнього природного середовища та його вплив на здоров'я населення;
- право на подання до суду позовів до державних органів, підприємств, установ, організацій і громадян про відшкодування шкоди, заподіяної їм здоров'ю та майну внаслідок негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Громадяни України зобов'язані:

- берегти природу, охороняти, раціонально використовувати її багатства, здійснювати діяльність із додержанням вимог екологічної безпеки, екологічних нормативів;
- не порушувати екологічні права та законні інтереси інших суб'єктів;
- вносити плату за спеціальне природокористування;
- компенсувати шкоду, заподіяну забрудненням та іншим негативним впливом на навколишнє природне середовище.

Закон визначає повноваження Верховної та місцевих Рад народних депутатів, органів управління (Кабінету Міністрів України, виконавчих і розпорядчих органів місцевих Рад народних депутатів) в галузі охорони навколишнього природного середовища. Спеціально уповноваженим органом управління в цій галузі є Міністерство охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки (Мінекобезпеки України), створене в 1995 році.

Закон надає широкі повноваження громадським об'єднанням, зокрема:

- брати участь у проведенні спеціально уповноваженими органами в галузі охорони навколишнього природного середовища перевірок виконання підприємствами, установами та організаціями природоохоронних планів і заходів;

— проводити громадську екологічну експертизу і обнародувати її результати;

— одержувати інформацію про стан навколишнього природного середовища і джерела його забруднення;

— виступати з ініціативою проведення республіканського та місцевих референдумів з питань охорони навколишнього природного середовища;

— подавати до суду позови про відшкодування шкоди, заподіяної внаслідок порушення екологічного законодавства.

Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" визначає поняття екологічної безпеки та заходи щодо її забезпечення, екологічні вимоги до розміщення, проектування, будівництва, реконструкції,

введення в дію підприємств та інших об'єктів, про застосування мінеральних добрив, засобів захисту рослин, токсичних хімічних речовин; передбачає заходи щодо охорони навколишнього природного середовища від шкідливого біологічного впливу, шкідливого впливу фізичних факторів та радіоактивного забруднення, від забруднення виробничими, побутовими та іншими відходами.

В Законі наводиться поняття зон надзвичайних екологічних ситуацій (екологічної катастрофи, підвищеної екологічної небезпеки). Встановлена дисциплінарна, адміністративна, цивільна і кримінальна відповідальність за екологічні правопорушення.

Основними з них є:

— порушення прав громадян на екологічно безпечне навколишнє природне середовище;

— порушення норм екологічної безпеки;

— порушення вимог законодавства при проведенні екологічної експертизи;

— допущення наднормативних, аварійних, залпових викидів і скидів у навколишнє природне середовище;

— самовільне використання природних ресурсів, перевищення лімітів та порушення інших вимог використання природних ресурсів;

— невжиття заходів щодо попередження та ліквідації екологічних наслідків аварій та іншого шкідливого впливу на навколишнє природне середовище;

— порушення природоохоронних вимог при зберіганні, транспортуванні, використанні, захороненні хімічних, токсичних та радіоактивних речовин, виробничих, побутових та інших відходів;

— відмова від надання своєчасної, повної та достовірної інформації про стан навколишнього природного середовища, джерела його забруднення та інше.

Важливим є розділ про екологічну експертизу. Законодавчо закріплена її обов'язковість. Позитивний висновок державної екологічної експертизи є підставою для відкриття фінансування за всіма проектами і програмами, реалізація яких без такого позитивного висновку забороняється. Крім державної, Закон передбачає інші форми екологічної експертизи — громадську, наукову, які проводяться незалежно від державної. Державні стандарти в галузі охорони навколишнього середовища проголошуються обов'язковими. Визначена система екологічних нормативів: гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин у навколишньому середовищі, гранично допустимі й тимчасово узгоджені викиди і скиди

забруднюючих речовин; гранично допустимі рівні шуму, електромагнітного випромінювання та інших шкідливих впливів, а також норми і правила радіаційної безпеки; норми і правила природокористування, які встановлюються і вводяться в дію Міністерством охорони здоров'я та Мінекобезпеки України.

Закон передбачає, що в Україні громадянам гарантується право загального використання природних ресурсів для задоволення життєво необхідних потреб (естетичних, оздоровчих, рекреаційних, матеріальних тощо).

Природні ресурси поділяються на республіканські (загальнодержавні) та місцеві. До республіканських природних ресурсів віднесено територіальні води, природні ресурси континентального шельфу та економічної (морської) зони і поверхневі води, що розташовані або використовуються на території більш, ніж однієї області; лісові ресурси; види рослин і тварин, занесені до Червоної книги України; природні ресурси в межах об'єктів природно-заповідного фонду республіканського значення; корисні копалини, за винятком загальнопоширених.

Законом передбачено, що Україна приєднується до всіх видів міжнародного співробітництва у галузі охорони природи та раціонального використання природних ресурсів, яке здійснюється шляхом укладання договорів, угод, а також участі в природоохоронній діяльності ООН, інших урядових і неурядових організацій.

**Земельний кодекс України**, прийнятий 13 березня 1992 року, регулює охорону і раціональне використання земель. В цьому кодексі встановлено три форми власності на землю: державна, колективна і приватна. Право на одержання земельної ділянки у приватну власність за плату або безоплатно мають громадяни України. Земельні ділянки можуть надаватись в постійне або тимчасове користування, в тому числі на умовах оренди.

Земельний Кодекс встановив переважне надання земель для потреб сільського господарства з метою забезпечення раціонального використання родючих земель.

Охорона цінних і продуктивних земель (ріллі, ділянок зайнятих багаторічними насадженнями, земель природоохоронного, рекреаційного призначення, курортів тощо) досягається встановленням особливого порядку їх вилучення для державних і громадських потреб. Вилучення особливо цінних продуктивних земель, земель науково-дослідних сільськогосподарських установ, заповідників, національних, дендрологічних, меморіальних парків, поховань та археологічних пам'яток не допускається.

З метою охорони земель Земельний Кодекс встановлює обов'язки власників земельних ділянок та землекористувачів:

— використовувати землю ефективно і відповідно до цільового призначення;

— підвищувати її родючість, застосовувати природоохоронні технології виробництва, не допускати погіршення екологічної обстановки внаслідок своєї господарської діяльності;

— здійснювати захист земель від водної та вітрової ерозії, забруднення та інших процесів руйнування, для збереження і підвищення родючості землі.

При розміщенні, проектуванні, будівництві та введенні в дію нових та реконструйованих об'єктів і споруд повинно передбачатися дотримання екологічних та санітарних вимог щодо охорони земель.

В разі порушення вимог земельного законодавства (самовільного зайняття земельних ділянок, псування, забруднення земель, невиконання вимог природоохоронного режиму використання земель, розміщення, проектування, будівництва та введення в експлуатацію об'єктів, котрі негативно впливають на стан земель та інших) настає адміністративна, кримінальна або цивільна (відшкодування заподіяної шкоди) відповідальність згідно із законодавством України.

**Водний кодекс Української РСР (1972 рік)** забезпечує правову охорону вод від забруднення, засмічення і виснаження та регулює порядок їх використання.

Водний кодекс встановлює пріоритет питного і побутового водокористування. З метою охорони вод, які використовуються для питних і побутових, курортних, лікувальних і оздоровчих потреб, встановлюються округи та зони санітарної охорони із суворим режимом використання, а також водоохоронні зони лісів.

У Водному кодексі закріплені обов'язки водокористувачів щодо раціонального використання водних об'єктів, економічного використання води, відновлення і покращання якості вод. Власники засобів водного транспорту, лісосплавні організації повинні не допускати забруднення і засмічення вод внаслідок втрати масел, хімічних речовин і нафтопродуктів, деревини.

Сільськогосподарські підприємства повинні попереджувати забруднення вод мінеральними добривами і отрутохімікатами. У Водному кодексі встановлено кримінальну або адміністративну відповідальність за порушення водного законодавства (самовільне захоплення водних об'єктів, забруднення

і засмічення вод, безгосподарне використання вод, введення в експлуатацію підприємств та інших об'єктів без споруд, які попереджують забруднення і засмічення вод та ін.), а також передбачено відшкодування збитків, які заподіяні порушенням водного законодавства.

**Лісовий кодекс України**, прийнятий 21 січня 1994 року, регулює відносини з охорони і відтворення лісів, посилення їх корисних властивостей та підвищення їх продуктивності, раціонального використання лісів з метою задоволення потреб суспільства у лісових ресурсах.

В Лісовому кодексі визначені основні завдання, вимоги і зміст організації лісового господарства, критерії поділу лісів на дві групи за їх екологічним і господарським значенням; встановлені порядок та види загального і спеціального використання лісових ресурсів, права і обов'язки лісокористувачів; порядок охорони і захисту лісів; плата за використання ресурсів, економічне стимулювання охорони, захисту, раціонального використання та відтворення лісів.

Відповідальність (дисциплінарну, адміністративну, цивільно-правову, або кримінальну) за порушення лісового господарства несуть особи, винні в:

- незаконному вирубуванні та пошкодженні дерев і чагарників;
- порушенні вимог пожежної безпеки в лісах, знищенні або пошкодженні лісу внаслідок підпалу або необережного поводження з вогнем, внаслідок забруднення лісу хімічними та радіоактивними речовинами, виробничими і побутовими відходами, стічними водами та іншими видами шкідливого впливу;
- порушенні строків лісовідновлення та інших вимог щодо визначення лісового господарства;
- знищенні або пошкодженні лісових культур, сіянців або саджанців у лісових розсадниках і на плантаціях, а також природного підросту та самосіву на землях, призначених для відновлення лісу тощо.

**Кодекс України про надра**, прийнятий 24 липня 1994 року, регулює гірничі відносини з метою забезпечення раціонального, комплексного використання надр для задоволення потреб суспільства у мінеральній сировині, охорони надр, гарантування безпеки людей, майна, навколишнього природного середовища при користуванні надрами.

Кодекс визначає поняття про надра, порядок і види користування надрами, основні вимоги в галузі охорони надр. Такими вимогами, зокрема, є:

- забезпечення повного і комплексного геологічного вивчення надр;
- додержання встановленого законодавством порядку надання надр у користування;

— раціональне вилучення і використання корисних копалин і наявних у них компонентів;

— недопущення шкідливого впливу робіт, пов'язаних з користуванням надрами;

— охорони родовищ корисних копалин від затоплення, обводнення, пожеж та інших факторів, що впливають на якість корисних копалин і промислової цінності родовищ або ускладнюють їх розробку тощо.

В Кодексі про надра встановлений перелік правопорушень законодавства про надра, які тягнуть за собою дисциплінарну, адміністративну, цивільно-правову та кримінальну відповідальність згідно з законодавством України:

- самовільне користування надрами;
- порушення норм, правил і вимог щодо проведення робіт з геологічного вивчення надр;
- вибіркове вироблення багатих ділянок родовищ, що призводить до наднормативних витрат корисних копалин;
- наднормативні витрати і пошкодження якості корисних копалин при їх добуванні;
- пошкодження родовищ корисних копалин;
- невиконання правил охорони надр та вимог щодо безпеки людей, майна і навколишнього природного середовища від шкідливого впливу робіт, пов'язаних з користуванням надрами тощо.

**Закон України про охорону атмосферного повітря**, прийнятий 16 жовтня 1991 року, спрямований на збереження нормального стану атмосферного повітря, його відновлення і поліпшення для забезпечення екологічної безпеки людини, а також відвернення шкідливого впливу на навколишнє природне середовище.

Закон встановлює екологічні нормативи в галузі охорони атмосферного повітря, екологічної безпеки атмосферного повітря (гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, гранично допустимих викидів забруднюючих речовин для кожного стаціонарного та пересувного джерела викиду).

Підприємства, установи, організації, діяльність котрих пов'язана з шкідливим впливом на атмосферне повітря, повинні вживати заходів щодо зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин і зниження шкідливого впливу фізичних і біологічних факторів, здійснювати контроль за обсягом та складом забруднюючих речовин, забезпечувати безперебійну та ефективну роботу очисного обладнання.



Закон регулює діяльність, що впливає на погоду і клімат. Підприємства повинні скорочувати і в подальшому повністю припиняти виробництво і використання речовин, які шкідливо впливають на озоновий шар або можуть призвести до негативних змін клімату. Закон встановлює вимоги щодо охорони атмосферного повітря при видобуванні корисних копалин, при застосуванні засобів захисту рослин, міндобрих та інших препаратів; при розміщенні і розвитку міст та інших населених пунктів; при погодженні місць забудови, проектів будівництва і реконструкції підприємств та інших об'єктів, які впливають на стан атмосферного повітря.

В Законі встановлено перелік порушень законодавства про охорону атмосферного повітря:

- порушення прав громадян на екологічно безпечний стан атмосферного повітря;
- перевищення лімітів та нормативів гранично допустимих викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря, гранично допустимих рівнів шкідливого впливу на атмосферу повітря фізичних і біологічних факторів;
- здійснення незаконної діяльності, яка негативно впливає на погоду і клімат;
- невиконання розпоряджень і приписів, які здійснюють контроль за станом атмосферного повітря тощо.

Особи, винні у порушенні законодавства про охорону атмосферного повітря, несуть адміністративну чи кримінальну відповідальність, а також повинні відшкодовувати збитки, заподіяні внаслідок правопорушень.

**Закон "Про природно-заповідний фонд України"**, прийнятий 16 червня 1992 року, визначає правові основи організації, охорони і використання природно-заповідного фонду, відтворення його природних комплексів і об'єктів. До природно-заповідного фонду належать природні заповідники, біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища, ботанічні сади, дендрологічні парки, парки — пам'ятки садово-паркового мистецтва.

Природно-заповідні фонди становлять ділянки суші і водного простору, природні комплекси та об'єкти котрих мають особливу природоохоронну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність і виділені з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду рослинного і тваринного світу, підтримання загального екологічного балансу та забезпечення фонових моніторингу навколишнього природного середовища.

Природно-заповідний фонд охороняється у відповідності з цим законом як національне надбання, щодо якого встановлюється особливий режим охорони, відтворення і використання.

**3.1.3. ОРГАНІЗАЦІЯ СЛУЖБ ОХОРОНИ  
НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Міністерство навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України (Мінекобезпеки України) є центральним органом державної виконавчої влади, підвідомчим Кабінету Міністрів України.

Міністерство реалізує державну політику в галузі охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, захисту населення і навколишнього природного середовища від негативного впливу господарської діяльності шляхом регулювання екологічної, ядерної та радіаційної безпеки на об'єктах усіх форм власності (Витяг з Положення про Міністерство навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України, затвердженого Указом Президента України від 10. 02. 1995 року).

Мінекобезпеки України проводить державну екологічну, науково-технічну та економічну політику, спрямовану на збереження та відтворення безпечного для існування живої та неживої природи навколишнього середовища, забезпечення безпеки функціонування та розвитку ядерного комплексу в мирних цілях, захист життя і здоров'я населення від негативного впливу, зумовленого забрудненням навколишнього природного середовища, досягнення стійкого соціально-економічного розвитку та гармонійної взаємодії суспільства і природи. Серед головних завдань Міністерства є також захист екологічних інтересів України на міжнародній арені, державний контроль за додержанням вимог законодавства України з питань охорони навколишнього природного середовища, ядерної та радіаційної безпеки. Крім того, Мінекобезпеки України здійснює нормативно-правове регулювання щодо використання природних ресурсів, організовує і проводить державну екологічну експертизу, обґрунтовує доцільність розроблення державних і регіональних екологічних програм.

До складу Мінекобезпеки України входить ряд структурних підрозділів.

**Адміністрація ядерного регулювання** здійснює функції органу державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки, реалізує покладену на Мінекобезпеки державну політику щодо захисту населення та навколишнього природного середовища від впливу іонізуючих випромінювань техногенного і природного походження.



**Управління міжнародних відносин** здійснює організаційно-процедурне забезпечення міжнародного співробітництва Мінекобезпеки України із зарубіжними національними та міжнародними організаціями.

**Управління науки** проводить спільно з НАНУ, ДКНТ України, іншими зацікавленими відомствами та науковими установами єдину науково-технічну політику, спрямовану на збереження та відтворення безпечного для існування живої та неживої природи навколишнього середовища, забезпечення безпеки функціонування та розвитку ядерного комплексу в мирних цілях. Сферою діяльності управління також є визначення головних напрямків проведення в Україні фундаментальних, пошукових та прикладних досліджень з питань екології та ядерної безпеки; координація наукової діяльності міністерств, відомств та наукових установ України з питань екології та ядерної безпеки з метою підвищення ефективності використання відповідного науково-технічного потенціалу.

**Юридичне управління** працює за наступними напрямками: організація законотворчої роботи з нормативно-правового регулювання використання природних ресурсів, встановлення критеріїв і норм забезпечення екологічної, ядерної та радіаційної безпеки, формування системи права України з цих питань; організація нормативно-правового регулювання діяльності Міністерства тощо.

Робота **відділу зі спеціальної роботи** спрямована на формування механізму здійснення та безпосередню реалізацію державної екологічної політики в оборонній сфері, забезпечення в ній екологічної, ядерної та радіаційної безпеки, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, а також на функціональне забезпечення діяльності центрального апарату Мінекобезпеки України.

**Управління економіки.** Головними напрямками діяльності управління є: підвищення дієвості плати за забруднення навколишнього природного середовища; удосконалення плати за використання природних ресурсів, розширення бази платежів, введення механізму їх індексації; визначення основних напрямків ефективного використання коштів на природоохоронні заходи, що виділяються з Державного бюджету по розділу "Охорона навколишнього природного середовища та ядерна безпека"; визначення переліку природоохоронних робіт з метою стимулювання природоохоронної діяльності та ін.

**Управління регіональної політики і територіального розвитку.** Головними напрямками його діяльності є: виконання доручень Уряду України щодо вирішення екологічних проблем, які мають міждержавне

і регіональне значення, а також проблем сталого територіального розвитку; організація розробки та реалізації регіональних екологічних програм для основних природно-господарських мезорегіонів України; співпраця з організаторами міжнародних екологічних програм, які поширюються на територію України; організація створення системи управління природокористуванням в окремих економічних зонах; організація впровадження принципів сталого розвитку України до державних програм та заснування інституцій сприяння сталому розвитку.

**Управління державної екологічної експертизи** здійснює комплексне методичне забезпечення еколого-експертної діяльності органів Мінекобезпеки України, організовує виконання і, при потребі, безпосереднє виконання державної екологічної експертизи за документацією і матеріалами, віднесеними до його компетенції відповідно до "Інструкції про здійснення державної екологічної експертизи", сприяє підвищенню кваліфікації спеціалістів еколого-експертних підрозділів місцевих органів Мінекобезпеки України.

Головними напрямками діяльності **управління відходів та вторинних ресурсів** є організація та координація робіт, спрямованих на зведення до мінімуму утворення та негативного впливу на навколишнє природне середовище небезпечних та інших відходів, сприяння їх екологічно обґрунтованому використанню, здійснення державного регулювання у сфері утворення, використання, знешкодження та видалення відходів, а також транскордонних перевезень небезпечних та інших відходів.

Головними напрямками діяльності **управління техногенно-екологічної безпеки** є: формування нормативно-правової бази регулювання техногенно-екологічної безпеки; організація та координація науково-дослідних робіт у галузі техногенно-екологічної безпеки; розробка та впровадження заходів щодо підвищення екологічної безпеки потенційно небезпечних виробництв основних галузей промисловості; організація та координація робіт щодо запобігання надзвичайних ситуацій, які можуть здійснювати негативний вплив на навколишнє середовище; підготовка пропозицій щодо організації та здійснення екологічного контролю в галузі поводження з відходами; підготовка пропозицій щодо організації робіт по створенню необхідного парку метрологічного і технічного обладнання для контролю чинників шкідливого впливу на стан навколишнього природного середовища об'єктів розміщення, перероблення та знешкодження відходів та ін.

**Управління моніторингу** працює за такими напрямками: розробка системи державного моніторингу навколишнього природного середовища

як єдиної системи збирання, обробки, збереження та аналіз інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін та підготовки рекомендацій для прийняття управлінських рішень; керівництво створенням та веденням системи державного моніторингу навколишнього природного середовища національного та регіонального рівнів; забезпечення проведення у житті державної політики у створенні і веденні системи державного моніторингу навколишнього природного середовища України та ін.

Головними напрямками діяльності **управління нормативно-технічної політики та енергозбереження** є: розробка нормативних документів щодо врахування питань енергозбереження при проведенні екологічної експертизи; визначення політики та стратегії діяльності природоохоронних органів у сфері енергозбереження; формування структури системи нормативних документів галузі; організація та координація робіт з розроблення стандартів у галузі охорони навколишнього природного середовища; формування метрологічної системи Міністерства та підтримка зв'язків з органами Державної метрологічної служби; формування загальних принципів розробки та затвердження екологічних нормативів.

**Управління охорони атмосферного повітря.** Головними напрямками його діяльності є: формування і організаційне забезпечення проведення на території України науково обгрунтованої політики в галузі охорони атмосферного повітря; організація розробки проектів законів України, постанов і розпоряджень Уряду, положень, методик, інструкцій, пов'язаних з впровадженням механізму управління та регулювання повітроохоронної діяльності; координація діяльності органів Мінекобезпеки, підприємств, установ і організацій з питань охорони атмосферного повітря; організація розробки і впровадження екологічних нормативів, стандартів, норм і правил у галузі охорони атмосферного повітря; підготовка пропозицій щодо встановлення лімітів викидів забруднюючих речовин у навколишнє природне середовище на території Автономної Республіки Крим, областей, міст Києва та Севастополя.

**Управління водних ресурсів та надр** здійснює свою діяльність за такими напрямками: формування і організаційне забезпечення проведення на території України науково обгрунтованої діяльності в галузі регулювання водоохоронної діяльності та раціонального використання надр; організація розробки проектів законів України, постанов і розпоряджень Уряду, положень, методик, інструкцій та іншої нормативної документації, пов'язаної з впровадженням та удосконаленням механізму регулювання водоохоронної діяльності та раціонального використання надр; координація діяльності

органів Мінекобезпеки, підприємств, установ та організацій з питань охорони та раціонального використання водних ресурсів і надр та ін.

**Управління біологічних та земельних ресурсів** проводить державну екологічну, науково-технічну та економічну політику, спрямовану на збереження, раціональне використання і відтворення природних ресурсів; здійснює нормативно-правове регулювання щодо використання природних ресурсів, встановлення критеріїв і норм забезпечення екологічної безпеки; формує та організаційно забезпечує науково обгрунтовану екологічну політику з питань охорони, відтворення і раціонального використання земельних ресурсів, тваринного і рослинного світу, розробляє заходи та координує роботи, спрямовані на збереження видів тварин і рослин, занесених до Червоної книги України, особливо цінних продуктивних земель та земель, зайнятих природними об'єктами тощо.

Серед структурних підрозділів Мінекобезпеки України функціонують також управління бюджету та інвестицій, інформаційне управління (формування механізму здійснення та безпосередньої реалізації державної політики в галузі охорони навколишнього природного середовища, гарантування екологічної безпеки, раціонального використання та відтворення природних ресурсів, поширення екологічних знань і утвердження природоохоронного світогляду), управління кадрів та адміністративно-господарське управління.

### 3.1.4. МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Дієвим стимулом щодо турботи про стан навколишнього природного середовища стала започаткована в 1972 році міжнародна програма UNEP (United Nations Environment Protection — Охорона навколишнього середовища ООН), яка передбачає глобальний моніторинг навколишнього середовища. Під екологічним моніторингом слід розуміти систему спостереження, контролю, прогнозу та управління екологічними процесами. Моніторинг дозволяє виявляти критичні та екстремальні ситуації, фактори антропогенного впливу на довкілля, здійснювати оцінку та прогноз стану об'єктів спостереження, керувати процесами взаємовпливу об'єктів гідросфери, літосфери, атмосфери, біосфери та техносфери.

**Моніторинг** — це інформаційна система. Часто таку систему називають системою спостереження і контролю. Основними завданнями системи моніторингу антропогенних змін навколишнього середовища є:

- спостереження за фактичним станом біосфери та її змінами;
- виявлення змін, зумовлених діяльністю людини і узагальнення результатів спостережень;
- оцінка змін біосфери та їхніх тенденцій;
- виявлення змін, зумовлених антропогенною діяльністю;
- прогнози тенденцій у зміні стану біосфери.

Ці завдання формують систему моніторингу, блок-схема якої подана на рис. 3.1.

Блоки “Спостереження” і “Прогноз стану” тісно пов’язані між собою, тому що прогноз стану навколишнього середовища можливий лише за наявності достатньої репрезентативної інформації про фактичний стан (прямий зв’язок). Прогнозування, з одного боку, передбачає знання закономірностей змін стану природного середовища, наявність схеми і можливості чисельного розрахунку, з іншого боку — спрямованість прогнозу в значній мірі повинна визначати структуру і склад спостережної мережі (зворотний зв’язок).

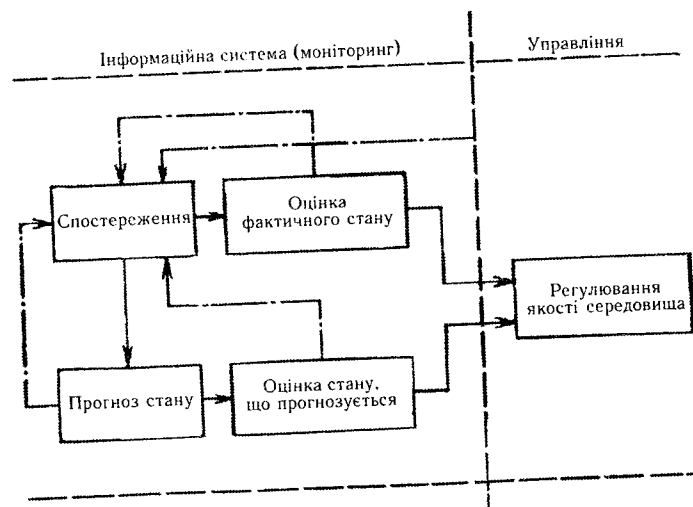


Рис. 3.1. Блок-схема системи моніторингу

Дані, що характеризують стан природного середовища, отримані в результаті спостережень або прогнозу, повинні оцінюватися в залежності від того, в якій області людської діяльності вони використовуються.

Оцінка передбачає, з одного боку, визначення збитку від впливу, з іншого боку — вибір оптимальних умов для людської діяльності, визначення існуючих екологічних резервів. При проведенні таких оцінок необхідно знати допустимі навантаження на навколишнє природне середовище.

Інформаційні геофізичні системи, як і інформаційна система моніторингу антропогенних змін, є складовою частиною системи керування, взаємодії людини з навколишнім середовищем (системи керування станом навколишнього середовища), оскільки інформація про існуючий стан природного середовища і тенденції його зміни повинна бути покладена в основу розробки заходів з охорони природи і враховуватися при плануванні розвитку економіки. Результати оцінки існуючого і прогнозованого станів біосфери у свою чергу дають можливість уточнити вимоги до підсистеми. Це є науковим обґрунтуванням моніторингу, обґрунтуванням складу і структури мережі і методів спостережень.

На рис. 3.2 показано місце моніторингу в системі керування (регулювання) станом навколишнього природного середовища. На схемі умовно суміщено енергетичні та інформаційні потоки.

Елемент біосфери з рівнем стану Б, зазнаючи антропогенного впливу А, змінює свій стан ( $B \rightarrow B'$ ).

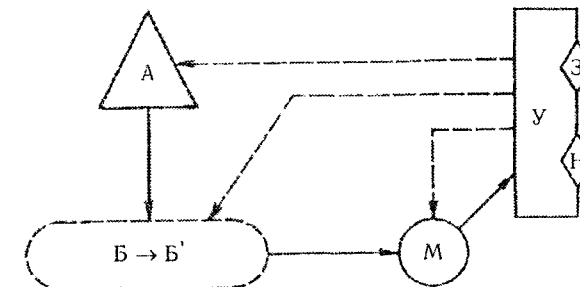


Рис. 3.2. Місце моніторингу в системі керування станом природного середовища

За допомогою системи моніторингу М можна отримати інформацію про змінений, а в деяких випадках і про початковий стани, проводиться узгодження даних, аналіз та оцінка фактичного і прогнозованого станів. Отримана інформація передається у двох скеруваннях У (ухвалення рішення).

На підставі цієї інформації в залежності від рівня науково-технічних розробок (Н) та економічних можливостей (з урахуванням еколого-

економічних оцінок) Е вживаються заходи щодо обмеження антропогенних впливів.

Спостереження за станом навколишнього природного середовища повинні включати спостереження за джерелами і чинниками антропогенного впливу, за станом елементів біосфери (у тому числі за реакцією живих організмів на негативний вплив), за зміною їх структурних і функціональних показників.

Передбачається спостереження за всім циклом антропогенних впливів — від джерел впливу до впливу і реакцій окремих природних середовищ і складних екологічних систем. На рис. 3.3 показана також класифікація послідовних “шаблів” моніторингу.

У системі моніторингу реалізуються три специфічні функції: спостереження, оцінка і прогноз. Об'єктами спостереження можуть бути окремі точки і зони, розміри яких не перевищують десятків кілометрів (локальний моніторинг). Якщо об'єктами спостереження є локальні джерела підвищеної небезпеки, наприклад території поблизу місць поховання радіоактивних відходів, хімічні заводи тощо, то такий моніторинг називається імпактним. При збільшенні масштабів спостереження до тисяч квадратних кілометрів здійснюється регіональний моніторинг. Спостереження за загальносвітовими процесами і явищами в біосфері Землі та в її екосфері є предметом глобального моніторингу.

Види моніторингу та їхні параметри стосовно поверхневих вод подано в табл. 3.1.

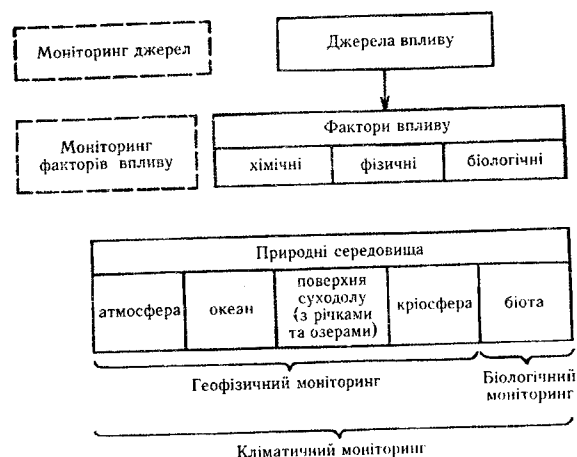


Рис. 3.3. Класифікація моніторингу

В промисловій екології найбільш важливим є локальний моніторинг.

За компонентами біосфери можна виділити окремі види моніторингу різних середовищ — моніторинг атмосфери, моніторинг гідросфери, моніторинг літосфери тощо. За чинниками впливу — інгредієнтний моніторинг, до якого відноситься контроль за забруднюючими речовинами й агентами (у тому числі електромагнітним випромінюванням), тепловим забрудненням, шумом, токсичними речовинами і т. д.

Таблиця 3.1

Види моніторингу

Параметр	Локальний	Регіональний	Глобальний
Площа, охоплювана системою, км²	10...100	20...2·10⁶	До 10⁷...10⁸
Відстань між пунктами добору проб, км	0,01...10	10...500	До 3000...5000
Періодичність досліджуваних процесів	Дні — місяці	Роки	Десятиліття — сторіччя
Частота спостережень	Хвилини — години	Декада — місяць	2...6 разів на рік
Кількість компонент, що спостерігаються	3...30	120...1500	10³...10⁶
Точність	Частки ГДК	До 30%	Десяті частки, %
Оперативність видачі інформації	У реальному масштабі часу	Через 1...3 міс із дня добору проб	Роки з дня добору проб

Моніторинг джерел забруднення передбачає спостереження за різноманітними типами джерел: точковими стаціонарними (заводські труби, зосереджені місця скидання відходів промислових підприємств, тваринницьких ферм тощо), точковими рухомими (транспорт), лінійними або майданними (стік із сільськогосподарських полів, випадання атмосферних опадів, розсіювання добрив та їх змивання тощо).

За методами спостережень моніторинг класифікується більш різноманітно. Супутниковий моніторинг використовує дистанційні (незбурювальні) методи і дозволяє за космічними знімками стежити за змінами, що відбуваються на поверхні Землі та в атмосфері. Геофізичний моніторинг передбачає виконання спостережень за забрудненням, ступенем прозорості атмосфери, метеорологічними і гідрологічними характеристиками середовища та інтерпретацію отриманих даних. Проводиться також моніторинг неживої складової біосфери, конструкцій і будинків.

Кліматичний моніторинг включає в себе моніторинг стану кліматичної системи (атмосфера — океан — поверхня суші — криосфера — біота). Його метою є оцінка можливих змін клімату.

Біологічний моніторинг передбачає визначення стану біоти, реакції на антропогенний вплив, а також функцію стану і відхилення цієї функції від нормального природного стану на різноманітних рівнях: молекулярному, клітинному, організмівому, популяційному, на рівні спільноти. Як підсистеми сюди відносяться санітарно-гігієнічний моніторинг (визначення стану здоров'я людини під впливом навколишнього середовища) і генетичний моніторинг (спостереження за можливими змінами спадкових ознак у різних популяцій).

Під екологічним моніторингом розуміють визначення стану абіотичної складової біосфери й антропогенних змін в екосистемах, пов'язаних із впливом забруднення, сільськогосподарським використанням земель, урбанізацією і т. п. Цей тип моніторингу є комплексним, він пов'язаний із системним підходом і саме тому одержав таке широке визнання і є основним при плануванні спостережень, здійснюваних у біосферних заповідниках. Цей тип моніторингу також можна підрозділити на біоекологічний, геосистемний та біосферний види в залежності від рівня аналізованої екосистеми (організм або популяція, геосистема, біосфера).

Часто виникає потреба в екстрених видах моніторингу, котрі пов'язані з розв'язанням специфічних проблем. До таких важливих світових проблем відноситься підвищення концентрації діоксиду вуглецю в атмосфері, виснаження озонового прошарку, аварії нафтових танкерів і т. д.

Згадані вище системи класифікації узагальнено в табл. 3.2.

Основною базою для формування блоку "Спостереження" у блок-схемі системи моніторингу (рис. 3.1) є дані вимірювань тих або інших екологічно значимих параметрів: температури, рівня радіації, вмісту токсичних речовин в аналізованому середовищі (повітрі, ґрунті, воді). Для визначення вмісту хімічних речовин у цих середовищах використовуються хімічні і фізико-хімічні методи, подані в табл. 3.3.

Таблиця 3.2

## Класифікація систем моніторингу

Принципи класифікації	Існуючі або розроблювані системи (підсистеми) моніторингу
Універсальні системи	Глобальний моніторинг (базовий, регіональний, імпактний рівні), включаючи фоновий і палеомоніторинг. Національний моніторинг (Загальнодержавна служба спостережень і контролю за рівнем забруднення навколишнього середовища) Міжнародний моніторинг (моніторинг трансграничного переносу забруднюючих речовин)
Реакція основних складових біосфери	Геофізичний моніторинг Біологічний моніторинг (включаючи генетичний) Екологічний моніторинг (включаючи вище-згадані види)
Різні середовища	Моніторинг антропогенних змін (включаючи забруднення і реакцію на нього) в атмосфері, гідросфері, ґрунті, криосфері, біоті
Чинники і джерела впливу	Моніторинг джерел забруднень Інгрідієнтний моніторинг (окремих забруднюючих речовин, радіоактивних випромінювань, шумів і т. д.)
Гострота і глобальність проблеми	Моніторинг океану, моніторинг озоносфери
Методи спостережень	Моніторинг за фізичними, хімічними і біологічними показниками Супутниковий моніторинг (дистанційні методи)
Системний підхід	Медико-біологічний (стан здоров'я), екологічний, кліматичний, біоекологічний, гео-екологічний, біосферний

У системах регіонального і глобального (фоновому) моніторингу часто застосовують дистанційні методи.

В основу організації спостережної мережі покладено принцип системності, комплексності спостережень. Це означає, що поряд із спостереженнями за рівнем забруднення атмосферного повітря, вод і ґрунтів проводяться метеорологічні, гідрологічні спостереження з метою інтерпретації отриманих результатів.

Спостережні пункти організуються в першу чергу в містах, промислових районах, на водних об'єктах і в сільськогосподарських районах, де спостерігається найсуттєвіший вплив господарської діяльності людини. У районах з мінімальним забрудненням створюється спеціальна мережа фонових спостережень.

Таблиця 3.3

## Деякі методи аналізу забруднюючих речовин

Метод	Чутливість, %	Точність аналізу, %	Примітка
Гравіметрія	0,1...1 г	0,005... 0,01	Основні компоненти
Титрування	1...10 мкг $10^{-2}$ моль/л	0,1 0,01	Основні і напівмікро-компоненти
Атомно-абсорбційна спектроскопія (ААС)	$10^{-5}$ моль/л $10^{-6}$ ... $10^{-7}$ моль/л $10^{-5}$ ... $10^{-3}$ $10^{-7}$ ... $10^{-5}$	0,1 0,2...1,0 0,5...3 5...10	Мікрокомпоненти для перехідних і деяких напівметалів
Газова хроматографія	Основний компонент 1...2 0,1...1 0,01...0,1 $10^{-3}$ ... $10^{-2}$ $10^{-3}$	0,1 0,2...0,5 0,5...1,0 1...5 5...10 10	Від основних до мікрокомпонентів: органічні і металорганічні з'єднання
Вольтамперометрія	$10^{-3}$ ... $10^{-2}$ $10^{-8}$ ... $10^{-3}$ $10^{-7}$	1...2 3 5	Мікрокомпоненти (сліди металів): Ag, Bi, Cd, Fe, In, Pb, Sb, Sn, Zn
Спектрофлуориметрія	$10^{-7}$ ... $10^{-3}$	0,5...10	Мікрокомпоненти для органічних і неорганічних домішок
Рентгено-флуоресцентна спектроскопія	$10^{-3}$ ... $2 \cdot 10^{-2}$	1...2	Напівмікрокомпоненти для елементів у ґрунтах
Рідинна хроматографія	$10^{-7}$ ... $10^{-4}$	2...20	Мікрокомпоненти в основному для органічних речовин
Полярографія	$10^{-3}$ ... $10^{-2}$ $10^{-5}$ ... $10^{-3}$	1...2 3	Напівмікро- і мікрокомпоненти; органічні речовини

У повітрі більшості міст проводяться спостереження за найбільш поширеними шкідливими домішками.

Спостереження за забрудненням поверхневих вод на водних об'єктах проводяться на базі існуючих спостережних пунктів.

В узятих пробах води визначають газовий та іонний склад, вміст біогенних речовин, нафтопродуктів, фенолів, миючих засобів, важких металів, пестицидів та інших речовин у залежності від специфіки стічних вод.

Для гідробіологічного контролю забруднення поверхневих вод створена мережа гідробіологічних спостережень. Головними завданнями гідробіологічних лабораторій є вивчення і контроль біологічних показників забруднення поверхневих вод. Ці лабораторії дозволяють визначати реакцію біоти на забруднення зовнішнього середовища і характеризують стан водойми в цілому.

Крім стаціонарних спостережень забруднення водних об'єктів на найбільш важливих для об'єктів господарювання ділянках ведуться періодичні експедиційні обстеження.

Служба спостереження і контролю забруднення морських вод здійснюється на морях, що омивають територію України. Мережа станцій і обсерваторій розміщується на узбережжях морів і здійснює систематичні спостереження за вмістом:

- найбільш шкідливих речовин нафти і нафтопродуктів;
- з'єднань важких металів — ртуті, свинцю, хлорорганічних пестицидів у прибережних і відкритих районах морів.

Крім того, у Світовому океані проводяться експедиційні дослідження з метою оцінки стану хімічного забруднення вод окремих, насамперед рибпромислових, районів, для розробки наукових рекомендацій щодо здійснення глобальних спостережень за станом забруднення вод Світового океану.

Існує також система спостережень і контролю за рівнем забруднення ґрунтів сільськогосподарських угідь отрутохімікатами, а також сільськогосподарських угідь, розташованих у промислових районах і поблизу наземних транспортних магістралей, важкими металами і канцерогенними речовинами.

При організації систем моніторингу виходять із встановлення пріоритетів на основі певної сукупності критеріїв. Так, для моніторингу забруднень був рекомендований (Найробі, 1974 р.) такий перелік:

- величина фактичного або потенційно можливого впливу на здоров'я і добробут людини, на клімат або екосистеми;
- схильність до деградації в навколишньому природному середовищі і накопичення в організмі людини і харчових ланцюгах;
- можливість хімічної трансформації у фізичних і біологічних системах, внаслідок чого повторні (дочірні) речовини можуть виявитися більш токсичними або шкідливими;
- мобільність (рухливість);
- фактичні або можливі тренди (тенденції) концентрацій у навколишньому середовищі й в організмі людини;
- частота і/або розмір впливу;
- можливість замірів на даному рівні в різноманітних середовищах;

— значення для оцінки положення в навколишньому природному середовищі;

— придатність із точки зору загального поширення.

Велике число забруднень було оцінено в балах (від 0 до 3) по кожному з вироблених критеріїв. За найбільшими сумами балів були визначені пріоритети (чим вища сума, тим вищий пріоритет). Знайдені в такий спосіб пріоритети потім були розбиті на вісім класів (чим вищий клас, тобто менший його порядковий номер, тим вищий пріоритет). При цьому вказується середовище і тип програми вимірювань (імпактний, регіональний і "базовий", глобальний). Нижче наводиться класифікація пріоритетних забруднюючих речовин та пріоритети і програми вимірювань (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Класифікація пріоритетних забруднювальних речовин  
та програми вимірювань**

Клас пріоритетності	Забруднююча речовина	Середовище	Тип програми вимірювання
I	Діоксид сірки + зважені частки	Повітря	I, P, Б
	Радіонукліди ( $^{137}\text{Cs}$ + $^{90}\text{Sr}$ )	Їжа	I, P
II	Озон	Повітря	I, Б (у стратосфері)
	ДДТ та інші хлороорганічні з'єднання	Біота, людина	I, P
	Кадмій і його з'єднання	Їжа, людина, вода	I
III	Нітрати, нітроти	Питна вода, їжа	I
IV	Оксиди азоту	Повітря	I
	Ртуть та її з'єднання	Їжа, вода	I, P
	Свинець	Повітря, їжа	I
V	Діоксид вуглецю	Повітря	Б
	Оксид вуглецю	Повітря	I
	Вуглеводні нафти	Морська вода	P, Б
VI	Флуориди	Свіжа вода	I
VII	Азбест	Повітря	I
	Мині'як	Питна вода	I
VIII	Мікротоксини	Їжа	I, P
	Мікробіологічне зараження	Їжа	I, P

Примітка: Б — базовий (глобальний), P — регіональний, I — імпактний.

В системах моніторингу передбачається порівняння показника, що спостерігається, із нормативним значенням. При цьому на етапі оцінки важливо виявити можливість спільної дії декількох різних чинників, їхню адитивність, посилення або послаблення внаслідок спільної дії. При визначенні впливу різних чинників на окремі організми, елементи біосфери, екосистеми в цілому важливим є отримання інформації про те, чи володіє даний чинник певним порогом впливу, вище котрого ефект має місце, а нижче — відсутній.

У випадку визначення ступеня впливу токсичних речовин в якості нормативних критеріїв оцінки використовуються значення ГДК, а для оцінки рівнів фізичних чинників — ГДР.

Важливим елементом моніторингу є визначення фактичної концентрації шкідливих речовин і порівняння з гранично допустимими концентраціями (ГДК) шкідливих домішок у повітрі, воді, ґрунті, продуктах харчування.

Однією з функцій системи моніторингу є прогнозування перспектив розвитку того чи іншого явища. Всі прогнози мають ймовірнісний характер.

В основі прогнозування лежать три джерела інформації про майбутнє, котрі взаємно доповнюються:

— оцінка перспектив розвитку майбутнього стану прогнозованого явища на основі досвіду (перш за все за допомогою аналогії з добре відомими явищами і процесами);

— умовне продовження в майбутнє (екстраполяція) тенденцій, закономірності розвитку котрих у минулому і в теперішній час добре відомі;

— модель майбутнього стану того або іншого явища, процесу, побудована згідно з очікуваними або бажаними змінами ряду умов, перспективи розвитку котрих добре відомі.

Відповідно до цього існують три способи розробки прогнозів:

— анкетування (інтерв'ювання, опитування) населення, експертів з метою впорядкування, об'єктивізації суб'єктивних оцінок прогнозного характеру;

— екстраполяції (поширення висновків, отриманих із спостереження над однією частиною явища, на іншу його частину) та інтерполяції (виявлення проміжного значення між двома відомими моментами процесу) — побудова динамічних рядів розвитку показників прогнозованого явища (ретроспекція і проспекція прогнозних розробок);

— моделювання — побудова пошукових і нормативних моделей з урахуванням ймовірної або бажаної зміни прогнозованого явища на прогнозований період за наявними прямими або непрямыми даними про масштаби і напрямки змін.



### 3.2. ВИДИ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА НАПРЯМКИ ЇГО ОХОРОНИ

Втручання людини в природні процеси в біосфері, котре викликає небажані для екосистем антропогенні зміни, можна згрупувати за наступними видами забруднень:

— *інзредієнтне забруднення* — забруднення сукупністю речовин, якілісно або якісно ворожих природним біогеоценозам (інгредієнт — складова частина складної сполуки або суміші);

— *параметричне забруднення* пов'язане зі зміною якісних параметрів навколишнього середовища (параметр навколишнього середовища – одна з його властивостей: наприклад, рівень шуму, радіації, освітленості);

— *біоценологічне* забруднення полягає у впливі на склад та структуру популяції живих організмів;

— *стаціонально-деструкційне* збурювання (стація — місце існування популяції, деструкція — руйнування) викликає зміну ландшафтів та екологічних систем в процесі природокористування.

Детальніше ці види забруднень подано на рис. 3.4.

До 60-х років XX століття під охороною природи розуміли переважно захист тваринного та рослинного світу від знищення. Відповідно і формами цього захисту було створення територій, котрі охоронялися, обмеження промислу окремих тварин тощо. Вчених та громадськість турбували перш за все біоенотичний та частково стаціонально-деструкційний вплив на біосферу Інтрעדентне та параметричне забруднення існувало також, але воно не було настільки багатогранним та масованим, як тепер, практично не містило штучно створених сполук, котрі не підлягають природному розкладанню, тому природа з таким забрудненням справлялася самостійно. Наприклад, в річках з не порушеним біоенозом та з нормальною швидкістю течії, котра не сповільнювалася підротехнічними спорудами, під впливом перемішування, окислення, осадження, поглинання та розкладання редуцентами, дезинфекції сонячним випромінюванням забруднена вода повністю відновлювала свої властивості на відстані 30 км від джерел забруднення. До середини XX століття темпи інтрעדентного та параметричного забруднень зросли і їх якісний склад змінився настільки різко, що на значних територіях затишність природи до самоочищення була втрачена.

Здатність ґрунту самоочищатися підривається різким зменшенням в ньому кількості редуцентів, що відбувається під впливом нестримного застоювання пестицидів та мінеральних добрив, вирощування монокультур.



Рис. 3.4. Класифікація забруднення екологічних систем (за Г. В. Стадницьким та А. І. Родіоновим)

повного прибирання з полів всіх частин вирощених рослин тощо. А відтак новим змістом наповнилося і поняття охорони природи. Основні зусилля тепер скеровано на зниження рівня її матеріального та енергетичного забруднення. Схеми обміну речовинами промислових та сільськогосподарських підприємств з навколишнім середовищем, внаслідок котрого відбувається його забруднення, наведено на рис. 3.5 та 3.6.



Рис. 3.5. Класифікація шкідливих речовин за ознаками очищення та використання

Вплив шкідливих хімічних, фізичних, біологічних факторів на біоценоз характеризується чотирма рівнями:

I рівень — забруднення природного середовища не викликає змін в біоценозі, тобто

$$\frac{dP_{mg}^I}{dt} < \frac{dP_{самооч}}{dt} \quad (3.1)$$

II рівень — забруднення природного середовища викликає навантаження на біоценоз в межах його пристосувальних можливостей:

$$\frac{dP_{mg}^{II}}{dt} = \frac{dP_{самооч}}{dt} \quad (3.2)$$

III рівень — забруднення в природному середовищі викликає в біоценозі незворотні зміни, його види хворіють, скорочується термін їх життя, тобто

$$\frac{dP_{mg}^{III}}{dt} > \frac{dP_{самооч}}{dt} \quad (3.3)$$

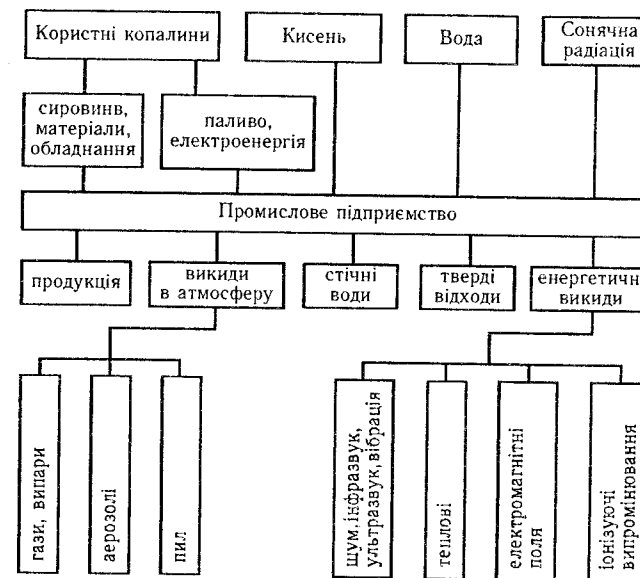


Рис. 3.6. Обмін речовинами та енергією сучасного промислового підприємства з навколишнім середовищем

IV рівень — забруднення в природному середовищі викликають загибель та зникнення окремих видів біоценозу:

$$\frac{dP_{mg}^{IV}}{dt} \gg \frac{dP_{самооч}}{dt} \quad (3.4)$$

З метою захисту біоценозу від хімічних, фізичних та біологічних факторів забруднення необхідно встановлювати норми допустимих забруднень.

Вилучення з природного середовища відновлюваних ресурсів або видів біоценозу також має чотири рівня впливу на флору та фауну:

I рівень — вилучення з природи ресурсів або видів біоценозу менше рівня їх відновлювальної здатності — природа не зазнає змін, тобто

$$\frac{dP_{mg}^a}{dt} < \frac{dP_{відновл}}{dt} \quad (3.5)$$

II рівень — вилучення з природи ресурсів або видів біоценозу на рівні їх відновлювальної здатності — природне середовище знаходиться в умовах нестійкої рівноваги:

$$\frac{dP_{mg}^a}{dt} = \frac{dP_{відновл}}{dt} \quad (3.6)$$

III рівень — вилучення з природи ресурсів або видів біоценозів перевищує її природні відновлювальні здатності — природне середовище починає деградувати, окремі види біоценозу можуть зникнути, ресурси починають вичерпуватися, тобто

$$\frac{dP_{mg}^a}{dt} > \frac{dP_{відновл}}{dt} \quad (3.7)$$

IV рівень — вилучення з природи ресурсів або видів біоценозу призводить до порушення рівноваги в природі, її деградації, до кризових явищ, екологічної небезпеки і навіть катастрофи:

$$\frac{dP_{mg}^a}{dt} \gg \frac{dP_{відновл}}{dt} \quad (3.8)$$

При нормуванні якості навколишнього середовища передбачено гранично допустимі норми впливу на навколишнє середовище, що гарантує екологічну безпеку населення та збереження генетичного фонду. До цих норм відносяться:

- гранично допустимі або тимчасово погоджені норми викидів в атмосферу шкідливих речовин (ГДВ, ТПВ);
- гранично допустимі або тимчасово погоджені норми стоків у водоймища (ГДС, ТПС);
- гранично допустимі навантаження відходів виробництва на землі та ґрунти (ГДН) тощо;
- гранично допустимі норми та ліміти щодо вилучення та відновлення природних ресурсів, виходячи з необхідності підтримання рівноваги в природному середовищі;

— гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі, воді, ґрунтах (ГДК), орієнтовно безпечні рівні впливу їх на людей (ОБРВ) або гранично допустимі дози впливу шкідливих речовин на людей (ГДД);

— норми гранично допустимої кількості мікроорганізмів та інших біологічних факторів в атмосфері, воді, ґрунті;

— норми гранично допустимих або орієнтовно допустимих рівнів (ГДР, ОДР), гранично допустимих доз (ГДД) для шуму, вібрації, електричних та електромагнітних полів та інших фізичних факторів, котрі можуть справляти вплив на здоров'я людей та їх працездатність;

— норми гранично допустимих залишкових кількостей хімічних речовин в продуктах харчування, котрі встановлюють мінімально допустимі дози (МДД), які нешкідливі для людини за кожною використовуваною хімічною речовиною і при їх сумарному впливі;

— норми гранично допустимого рівня або гранично допустимої дози безпечного вмісту радіоактивних речовин у навколишньому середовищі та в продуктах харчування, а також ГДР та ГДД радіаційного опромінення людей;

— нормативи на санітарно-захисні зони та смуги.

В основі нормування впливу різних факторів на людей та живу природу лежать гігієнічні, санітарні, ветеринарні підходи, сутність котрих полягає в тому, що на експериментах з тваринами визначаються межі впливів, котрі протягом всього життя людей не будуть справляти негативного впливу на стан їх здоров'я.

За станом навколишнього середовища повинен здійснюватися постійний контроль, котрий реалізується наступними методами: органолептичним (використання органів відчуття людини); аналітичним; соціологічним; експертним; хімічним аналізом; приладо-метричним; біотестуванням та їх поєднанням.

### 3.3. ПРИРОДООХОРОННА ДІЯЛЬНІСТЬ ПІДПРИЄМСТВ

Природоохоронною є будь-яка діяльність, спрямована на збереження якості навколишнього середовища на рівні, що забезпечує стійкість біосфери. До неї відноситься як крупномасштабна, здійснювана на загальнодержавному рівні, діяльність щодо збереження еталонних взірців незайманої природи та збереження різноманітності видів на Землі, з організації наукових досліджень, підготовки фахівців-екологів та виховання населення, та діяльність окремих підприємств з очищення від шкідливих речовин стічних вод і газів, що викидаються в атмосферу, зниження норм використання природних ресурсів тощо. Така діяльність здійснюється переважно інженерними методами.

Існує два напрямки природоохоронної діяльності підприємств. Перший — *очищення шкідливих викидів*. Однак цей шлях недостатньо ефективний, оскільки за його допомогою не завжди вдається повністю припинити надходження шкідливих речовин в біосферу. До того ж скорочення рівня забруднення одного компонента навколишнього середовища призводить до посилення забруднення інших. Наприклад, встановлення вологих фільтрів для газоочищення дозволяє скоротити забруднення повітря, але призводить до збільшення ступеня забруднення води. Вловлені з газів та стічних вод речовини отруюють значні площі землі.

Використання очисних споруд, навіть найефективніших, різко скорочує рівень забруднення навколишнього середовища, однак не розв'язує цієї проблеми повністю, оскільки в процесі функціонування цих установок також утворюються відходи, хоча і в меншому обсязі, але з підвищеною концентрацією шкідливих речовин. Поряд з цим робота переважної більшості очисних споруд вимагає значних енергетичних затрат, що, в свою чергу, також є небезпечним для довкілля.

Крім цього, забруднювачі, на знезараження яких витрачаються значні кошти, є речовинами, в які вже вкладено працю і котрі, за незначним винятком, можна було б використати.

Для досягнення високих еколого-економічних результатів необхідно процес очищення шкідливих викидів сумістити з процесом утилізації вловлених речовин, що зробить можливим об'єднання першого напрямку з другим — *усунення причин забруднення*.

Реалізація цього напрямку вимагає розробки маловідходних, а в перспективі і безвідходних технологій виробництва, котрі дозволяли б комплексно використовувати вихідну сировину та утилізувати максимальну кількість шкідливих для біосфери речовин.

Однак не для всіх виробництв існують прийнятні техніко-економічні рішення щодо різкого скорочення кількості відходів та їх утилізації, тому в реальних умовах доводиться працювати за двома вказаними напрямками.

Разом з тим ніякі очисні споруди та безвідходні технології не зможуть відновити стійкість біосфери, якщо будуть перевищені допустимі (порогові) значення скорочення природних, не перетворених людиною, систем. Саме тут проявляється дія закону незамінності біосфери. Таким порогом може стати використання більше 1% енергетики біосфери та глибоке перетворення більше 10% природних територій (правило одного та десяти відсотків). Тому технічні досягнення не звільняють від необхідності розв'язання проблем зміни пріоритетів суспільного розвитку, стабілізації народонаселення, створення достатньої кількості заповідних територій.

### 3.3.1. ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ПРОЕКТІВ ПІДПРИЄМСТВ

Основною метою експертних оцінок, котрі мають назву "інженерно-екологічна експертиза", є всебічна оцінка впливу підприємства на природне середовище:

- на стадії затвердження проекту;
- при функціонуванні підприємства та при його розширенні;
- при складанні заключення та при виробленні рішення щодо затвердження або відхилення проекту;
- на стадії визначення можливості подальшого функціонування підприємства;
- при обмеженні обсягу випуску, або при припиненні випуску того чи іншого виду продукції;
- при визначенні необхідності установки або застосування нових природоохоронних заходів;
- при модернізації існуючих підприємств.

Інженерно-екологічна експертиза дозволяє виявити найбільш ймовірні екологічні наслідки будівництва, функціонування та розширення підприємства порівняно з бажаним та допустимим станом природного та оточуючого людину середовища.

Підприємство не повинно: наднормативно впливати на природне та оточуюче людину середовище; перешкоджати власній роботі та функціонуванню розташованих поряд підприємств, порушуючи через оточуюче їх природне середовище хід технологічних процесів; завдавати шкоди здоров'ю населення.

Інженерно-екологічна експертиза полягає в оцінці довготривалого впливу підприємства на природні ресурси, природні умови, умови подальшого розвитку промисловості регіону та умови життя мешканців локальної ділянки місцевості.

Згідно з діючими законодавчими актами інженерно-екологічній експертизі підлягають наступні матеріали:

- проекти регіональних комплексних схем охорони природного середовища в містах та промислових центрах (міністерства та відомства за участю місцевих органів управління і територіальних органів контролю природного середовища);
- проекти планування та забудови міст та інших населених пунктів (органи державного санітарного нагляду та територіального контролю за станом природного середовища за участю місцевих органів управління);
- проекти будівництва великих регіональних та міжрегіональних народногосподарських об'єктів, пов'язаних з впливом на природне середовище (міжвідомчі комісії за участю міністерств, відомств та наукових установ);

— технічна документація на нові види сировини, виробів, матеріалів для об'єктів господарювання (органи охорони здоров'я спільно з зацікавленими органами нагляду).

Проекти локального рівня (будівництво окремих невеликих підприємств, електростанцій, висушування боліт, розорювання земель тощо) підлягають галузевій або територіальній експертизі лише в частині розділів "Охорона природи". Метою цієї експертизи є оцінка повноти поданого матеріалу, правильності та точності виконаних обґрунтувань та розрахунків, переконливості прийнятих рішень.

Загалом інженерно-екологічна експертиза складається з трьох етапів:

— розгляд завдання на проектування об'єкта та результати пошукових робіт, проведених на місці передбачуваного будівництва. Результатом першого етапу є оцінка вихідних даних, що містяться в проекті будівництва. При цьому передбачається також оцінка вихідних даних, покладених в основу проекту при розрахунках передбачуваного впливу на природне та оточуюче людину середовище;

— оцінка технологічних рішень, характеристик обладнання та властивостей матеріалів; встановлення можливості їх використання в природних умовах місця будівництва об'єкта;

— оцінка проекту загалом. При проведенні інженерно-екологічної експертизи проекту найбільш доцільною є наявність двох-трьох альтернативних рішень для передбачуваного об'єкта будівництва. Здійснюється аналіз природоохоронних заходів та засобів щодо відновлення природного середовища по кожному альтернативному рішення, оцінка їх ефективності.

З метою отримання вірогідних експертних оцінок під час проведення інженерно-екологічної експертизи беруть участь працівники реконструйованих, діючих подібних підприємств та тих, що будуються, місцеві органи влади і громадські організації, населення району будівництва.

Матеріали екологічних обґрунтувань щодо збереження чистоти природного та оточуючого людину середовища при будівництві нових підприємств повинні бути достатньо переконливими не лише для інстанцій та фахівців, що їх затверджують, але й для широких верств населення. В іншому випадку втручання громадськості може призвести до затримки будівництва або навіть до відхилення проектів.

### 3.3.2. ЕКОЛОГІЧНА ПАСПОРТИЗАЦІЯ ПІДПРИЄМСТВ

Екологічну паспортизацію було запроваджено з метою оздоровлення екологічної ситуації. Згідно з ГОСТ 17.0.0.04-90 "Екологічний паспорт промислового підприємства" метою екологічної паспортизації є наступне:

— встановлення кількісних та якісних характеристик природо-користування (сировини, палива, енергії), а також кількісних та якісних характеристик забруднення природного середовища викидами, стоками, відходами, випромінюваннями;

— отримання питомих показників природокористування та забруднення довкілля підприємством, котрі дозволяють аналізувати використовувані підприємством технології та обладнання порівняно з кращими вітчизняними і зарубіжними взірцями, а також відомості про шкоду, що завдається підприємством.

За результатами екологічної паспортизації підприємств оцінюють вплив викидів, відходів забруднюючих речовин на навколишнє середовище та здоров'я населення, а також визначають плату за природокористування та плату за забруднення довкілля; встановлюють підприємству гранично допустимі норми викидів, скидів, відходів забруднюючих речовин, планують природоохоронні заходи та оцінюють їх ефективність; здійснюють експертизу проектів реконструкції підприємств; контролюють та оцінюють рівень дотримання підприємствами законодавства, норм та правил у галузі охорони природи; реалізують заходи щодо підвищення ефективності використання природних ресурсів, енергії та вторинних ресурсів.

При проектуванні нових підприємств або при реконструкції існуючих екологічний паспорт складає проектна організація. Екологічний паспорт погоджують з місцевими органами охорони природи та його відділами (охорони атмосферного повітря, водних ресурсів, земельних ресурсів, рослинного та тваринного світу).

Паспорт затверджує керівник підприємства, котрий відповідає за його оформлення та достовірність даних, що містяться в ньому. Процес екологічної паспортизації неперервний. Вона проводиться періодично за будь-яких змін технології, під час реконструкції підприємств та при освоєнні нової продукції.

При складанні екологічного паспорта використовують основні показники виробництва, результати інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферу, норми гранично допустимих або тимчасово погоджених викидів, дозволів на природокористування, результати інвентаризації стоків, норми гранично допустимих або тимчасово погоджених стоків, паспорт газоочисного обладнання, паспорт водоочисного обладнання, класифікатори галузей, підприємств, статистичні звітні документи (звіти про охорону атмосферного повітря, про використання води, звіт про рекультивацию земель, зняття та використання природоохоронного шару землі, відомості інвентаризації токсичних промислових викидів, що підлягають використанню, незараженню та захороненню, про утворення, використання вторинної сировини, про виконання плану перевезення або виробництва продукції, про поточні видатки на охорону та раціональне використання природних ресурсів; журнали обліку роботи котелень, газоочисного, та водоочисного обладнання

тощо), стандарти в галузі охорони природи і поліпшення використання природних ресурсів та інші нормативно-технічні документи.

Структура та зміст екологічного паспорта наступні: титульний лист; загальні відомості про підприємство та його реквізити; короткі природно-кліматичні характеристики району розташування підприємства, опис технології виробництва, відомості про продукцію; балансова схема матеріальних потоків; відомості про використання матеріальних та енергетичних ресурсів, викидів в атмосферу, водоспоживання та водовідведення, відходів; відомості про рекультивуацію порушених земель; про транспорт підприємства; про еколого-економічну діяльність підприємства.

Розробка екологічного паспорта на підприємстві складається з наступних етапів:

- призначення робочої групи та видання наказу про складання екологічного паспорта;
  - розробка плану роботи групи та розподіл функцій між виконавцями і лінійними підрозділами з його складання;
  - збирання нормативно-технічної та звітної документації;
  - розробка балансової схеми виробництва, кількісний та якісний аналіз матеріальних потоків, визначення джерел забруднення природного середовища;
  - проведення інвентаризації викидів, встановлення ГДВ або ТПВ;
  - інвентаризація водокористування та водовідведення, а також визначення ГДС або ТПС;
  - інвентаризація природокористування та визначення кількісних показників сировини, матеріалів, енергії за видами продукції та питомих показників на одиницю продукції, що випускається;
  - інвентаризація відходів та визначення кількісних показників відходів за видами продукції і питомих показників на одиницю продукції, що випускається;
  - інвентаризація використовуваних земельних ресурсів та обсягів рекультивації земель;
  - заповнення форм екологічного паспорта.
- Екологічна паспортизація передбачає:
- складання карти-схеми підприємства з нанесенням на неї джерел забруднення атмосфери, поверхневих вод, місць складування відходів, водозабірних, меж санітарно-захисної зони, транспортних магістралей, зон відпочинку, пам'яток архітектури, постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря та скидів стічних вод;
  - отримання в органах охорони природи метеорологічних характеристик та коефіцієнтів розсіювання забруднюючих речовин в атмо-

фері міста (коефіцієнта стратифікації речовин в атмосфері, коефіцієнта рельєфа місцевості, температури зовнішнього повітря, рози вітрів, швидкості вітру);

— отримання в органах Держгідромету або в місцевих органах охорони природи характеристик стану навколишнього середовища за фоновими концентраціями забруднюючих речовин;

— отримання у Водоканалі або в місцевих органах охорони природи характеристик водокористування за якістю води та приймачів стічних вод;

— складання короткої характеристики виробництва з розробкою балансових схем матеріальних потоків з вказівкою на види вихідної сировини та проміжних продуктів (наводяться всі джерела виділення забруднень і точки їх контролю);

— визначення даних щодо використання земельних ресурсів за результатами інвентаризації або статистичної звітності. Характеристики використання землі визначають окремо (будівлі та споруди, допоміжні виробництва, адміністративно-побутові приміщення і майданчики, сховища, звалища, накопичувачі стічних вод, озеленення, санітарно-захисні зони та інші потреби);

— визначення загальної та питомої витрати сировини і допоміжних матеріальних ресурсів на кожний вид продукції виходячи з балансових схем матеріальних потоків та статистичних звітів;

— складання відомостей за загальною та питомою витратою енергоресурсів на кожний вид продукції за даними статистичних звітів або інвентаризації.

До екологічного паспорта додають розрахунок ГДВ або ТПВ, в котрому наводять характеристики, отримані за результатами інвентаризації та розрахунків викидів в атмосферу. Організованим джерелам забруднення атмосфери присвоюють номери від 0001 до 5999, а неорганізованим джерелам — від 6001 до 9999, забруднюючим речовинам присвоюють коди.

Характеристики водоспоживання, водовідведення та очищення стічних вод на підприємстві визначають за даними інвентаризації, розрахунків ГДС або ТПС, статистичних звітів. До таблиць додають балансові схеми водоспоживання та водовідведення з посиланням на витрату та втрати води на кожному виробництві протягом години. Поряд з загальними показниками водоспоживання розраховують питомі норми водоспоживання та водовідведення на одиницю продукції. Наводяться показники складу та властивості стічної води, температура, біологічне та хімічне споживання кисню БПК<sub>повне</sub>, ХСК, водневий показник, завислі речовини, мінералізація, токсичність. Вказуються характеристики очисних споруд та водооборотних систем, а також характеристики відходів, що утворюються на підприємстві за даними інвентаризації, балансових схем матеріальних потоків,

статистичних звітів та даних про полігони та накопичувачі, призначені для захоронення (складування) відходів, коди відходів.

Екологічний паспорт затверджується після погодження з органами охорони природи.

За результатами екологічної паспортизації підприємства видається наказ з додатком, в котрому міститься комплекс природоохоронних заходів на підприємстві.

### 3.4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ ЗБИТКІВ

#### 3.4.1. МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ПРИРОДООХОРОННОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ

Незважаючи на досконалість інженерних методів охорони природи та природоохоронного законодавства, підприємства не будуть їх використовувати, якщо це буде їм невигідним. Слід зауважити, що власне природоохоронна діяльність не дає прибутку підприємствам, за винятком утилізації відходів, отриманих внаслідок процесу очищення стічних вод та газів, що викидаються в атмосферу. Більшість вловлених речовин є цінною сировиною (сірка, пил кольорових металів тощо) і можуть бути використані при виробництві продукції, сприяючи отриманню додаткового прибутку. Однак обладнання для вловлювання цих речовин та підготовка їх до подальшого використання часто вимагають таких видатків на придбання, монтаж та експлуатацію, котрі перевищують весь прибуток від продажу виготовленої продукції.

Іншою причиною відсутності зацікавленості підприємств в природоохоронній діяльності є часта розбіжність часу забруднення або завдання шкоди навколишньому середовищу в іншій формі з моментом відшкодування збитків. Наприклад, надмірний вилов риби або перерубування деревини найсильніше відіб'ються на економіці галузі в майбутньому, а в поточному році навіть можуть дати прибуток. Забруднення повітря, води та продуктів харчування, особливо радіаційне, може відбитися на нашому здоров'ї через декілька років або десятиріч. А люди схильні більше клопотатися про нинішній день, ніж про майбутній, не замислюючись, що для усунення збитків в майбутньому будуть потрібні кошти, котрі набагато перевищують прибутки, отримані шляхом порушення законів екології. Це явище має назву принципу віддаленості подій.

Ще однією важливою причиною того, що підприємства не дуже зацікавлені реалізовувати заходи з охорони навколишнього природного середовища, є неузгодженість між підприємствами-отруйувачами та підприємствами-

реципієнтами, котрі зазнають найбільших збитків від забруднення навколишнього середовища. Основними забруднювачами є хімічна, нафтохімічна, металургійна, целюлозно-паперова галузі, енергетичний комплекс тощо. Разом з тим найбільших збитків зазнають охорона здоров'я, комунальне, сільське, лісове та рибне господарства, оскільки зростають видатки на лікування хворих, ремонт будівель, висаджування дерев замість загинув, знижується врожайність та якість продуктів рослинництва, продуктивність тваринництва. Галузі-забруднювачі також зазнають збитків, принаймі через зростання захворюваності своїх працівників, однак вони значно менші, ніж видатки, котрі необхідні для здійснення повноцінної природоохоронної діяльності, з одного боку, та збитки, що завдаються підприємствам-реципієнтам — з другого.

В зв'язку з цим поряд з покращанням екологічного виховання та освіти важливим завданням держави є створення таких умов діяльності підприємств, щоб вони були змушені займатися природоохоронною діяльністю або були матеріально зацікавленими у реалізації заходів у цій галузі.

Перший шлях стосується адміністративного механізму управління, котрий базується на встановленні норм, стандартів, правил природо-користування та відповідних планових показників підприємствам з охорони навколишнього природного середовища та покарань від догани до тюремного ув'язнення або зняття з роботи та виплати штрафів підприємством та його керівниками. Однак цей шлях дорогий та малоефективний, оскільки вимагає постійного контролю та значного числа контролерів.

Значно ефективнішим є шлях економічного стимулювання, коли за допомогою різноманітних важелів (цін, платежів, податкових пільг та покарань) держава робить більш вигідним матеріально, більш прибутковим, дотримання природоохоронного законодавства, ніж його порушення.

Отже, адміністрування, не пов'язане з матеріальною зацікавленістю, не може змусити підприємство постійно, ефективно і дбайливо ставитись до довкілля. З другого боку, економічні методи, не підсилені безпосереднім примусом у найбільш важливих екологічних проблемах, теж не завжди забезпечують необхідний якісний рівень та терміни здійснення природоохоронної діяльності. При цьому слід врахувати, що деякі адміністративні та економічні методи переплітаються. Наприклад, штраф — це і адміністративний, і економічний захід, а встановлення лімітів користування та забруднення природних ресурсів спирається на такий адміністративний захід, як нормування.

Тому найкращих результатів досягають при розумному поєднанні економічної зацікавленості з достатньо жорстким контролем та поза-економічним примусом (рис. 3.7).



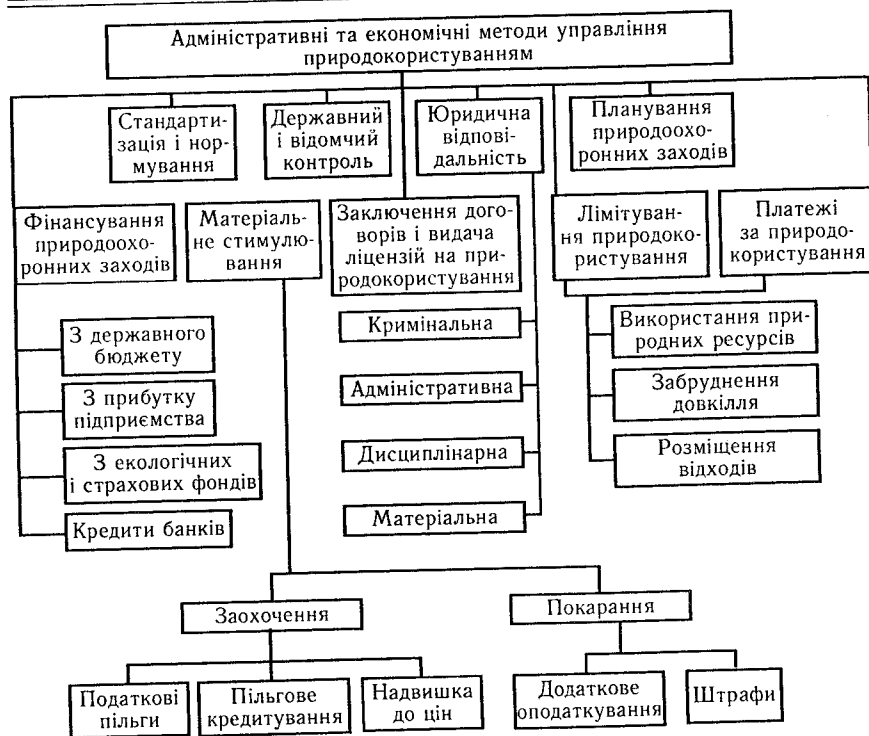


Рис. 3.7. Поєднання адміністративних та економічних методів управління природокористуванням

### 3.4.2. ЕКОНОМІЧНИЙ МЕХАНІЗМ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Економічний механізм охорони навколишнього природного середовища містить цілий ряд інструментів впливу на матеріальні інтереси підприємств та окремих працівників.

*Лімітування природокористування* — дієвий елемент механізму охорони навколишнього природного середовища. Існують підприємства, котрі з екологічної точки зору краще було б закрити або перепрофілювати, тобто перевести на випуск іншої продукції, що завдавало б менше шкоди навколишньому середовищу. Наприклад, целюлозопаперовий комбінат можна перепрофілювати в меблеву фабрику. Проте з економічної точки зору, а часом і з соціальної, це не завжди

реально, оскільки підприємство може бути постачальником потрібних суспільству товарів та робочих місць. В цьому випадку його діяльність у галузі природокористування деякий час регулюється не нормативами ГДС та ГДВ, а індивідуальними лімітами, тобто ТПВ.

Довгий час природокористування в країні було безкоштовним, тобто підприємства використовували землю, воду та інші природні ресурси, а також забруднювали навколишнє природне середовище безкоштовно. Лише у випадку сильного забруднення з катастрофічними наслідками для навколишнього середовища підприємства виплачували штрафи, але не завжди. Така безвідповідальність зумовлювала нерациональне використання природних ресурсів.

З метою заохочення дбайливого використання природних ресурсів та відшкодування державі частини витрат на охорону та відновлення природних ресурсів навколишнього середовища, з 50-х років поступово впроваджується плата за окремі види ресурсів, котрі вилучаються з природи.

На початку 90-х років була запроваджена *платність природокористування*, що передбачає плату за практично всі природні ресурси, за забруднення навколишнього природного середовища, розташування в ньому відходів виробництва та за інші види впливів. При цьому плата за понадлімітне використання та забруднення в декілька разів перевищує плату за використання та забруднення в межах встановлених нормативів (лімітів). Однак внесення плати за використання та забруднення не звільняє природокористувача від виконання заходів з ОНПС та відшкодування збитків.

Одним з важливих методів економічного управління є *фінансування*, тобто надання грошових коштів на чітко визначені природоохоронні заходи. Джерелами фінансування можуть бути бюджетні кошти, власні кошти підприємств (собівартість продукції або прибуток), банківські кредити та різні екологічні фонди.

Створення екологічних фондів також є одним з економічних методів управління в природокористуванні. Під фондами слід розуміти установи, покликані надавати будь-яку матеріальну допомогу, та самі грошові матеріальні кошти, а також їх джерела. Наприклад, в екологічні фонди надходять платежі всіх підприємств за природокористування. А потім ці кошти видаються на проведення невідкладних та дорогих природоохоронних заходів. Крім цього, підприємства можуть робити внески у фонди екологічного страхування.

Важливим економічним методом управління є правильне застосування *матеріального стимулювання* — забезпечення зацікавленості, вигідності для підприємства та його працівників природоохоронної діяльності. При цьому передбачається застосування не лише заохочувальних заходів, але й покарань.

До заохочувальних заходів належать:

— встановлення *податкових пільг* (сума прибутку, з якого стягається податок, зменшується на величину, що повністю або частково відповідає природоохоронним видаткам;

— звільнення від оподаткування екологічних фондів та природоохоронного майна;

— застосування заохочувальних цін та надвишок на екологічно чисту продукцію;

— застосування *пільгового кредитування* підприємств, котрі ефективно здійснюють ОНПС (зниження процента за кредит або безпроцентне кредитування).

До заходів матеріального заохочення належать:

— запровадження спеціального додаткового оподаткування екологічно шкідливої продукції та продукції, що випускається із застосуванням екологічно небезпечних технологій;

— штрафи за екологічні правопорушення.

Підприємства будуть активно працювати в галузі природо-охоронної діяльності, коли буде розроблено та широко впроваджено такий механізм стимулювання, при котрому дотримується наступна нерівність:

$$Z_{\text{под}} < (P_{\text{ут}} + P_{\text{п}} + K_{\text{п}} + Ц_{\text{п}}); \quad (3.9)$$

$$Z_{\text{под}} < (P_{\text{н.в.}} + P_{\text{н.з.}} + P_{\text{с.р.}} + Ш + D_{\text{п}}), \quad (3.10)$$

де  $Z_{\text{под}}$  — видатки підприємства на природоохоронну діяльність;

$P_{\text{ут}}$  — прибуток від утилізації відходів;

$P_{\text{п}}$  — пільги оподаткування;

$K_{\text{п}}$  — кредитні пільги;

$Ц_{\text{п}}$  — надвишка до ціни;

$P_{\text{н.в.}}$  — плата за понаднормативне використання ресурсів природи;

$P_{\text{н.з.}}$  — плата за понаднормативне забруднення навколишнього

середовища;

$P_{\text{с.р.}}$  — плата за розташування відходів у навколишньому середовищі;

$Ш$  — штрафи;

$D_{\text{п}}$  — додаткове оподаткування.

Елементи формули (3.9) повинні збільшувати прибуток, котрий залишається у розпорядженні підприємства за умови реалізації ефективної природоохоронної діяльності, а елементи формули (3.10) — знижувати його, коли підприємство намагається заощаджувати на природоохоронних видатках.

Заходи щодо стимулювання за результатами природоохоронної діяльності повинні бути передбачені і для окремих працівників підприємства, котрі беруть безпосередню участь у ній.

### 3.4.3. ВИДИ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗБИТКІВ ТА ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ

Розрізняють прямі та опосередковані екологічні збитки, котрі виникають внаслідок зміни природного середовища або його забруднення.

*Прямі збитки* виникають внаслідок безпосереднього знищення матеріальних цінностей, погіршення умов господарювання або впливу на здоров'я людини. Існують збитки різних часових інтервалів та ступенів впливу, наприклад, крім одномоментного збитку може виникати перманентний збиток (наприклад, ерозія та засолення ґрунтів). Можливе виникнення латентних (прихованих) збитків, котрі проявляються лише з плином часу.

*Опосередковані збитки* виникають внаслідок негативного впливу на продуктивні сили суспільства і на людину зокрема. Такі збитки спричиняють зростання захворюваності та інвалідності.

Частковим випадком збитків, що завдаються природному середовищу, є збитки, котрі завдаються середовищу, що оточує людину. Універсальних критеріїв оцінки цього виду збитків не існує. Соціальною межею збитків, що завдаються середовищу, котре оточує людину, є дискомфорт хоча б одній людині, супроводжуваний порушенням її нормальної діяльності. В економічному аспекті такий поріг — це руйнування або перешкоди щодо функціонування важливих у господарському значенні об'єктів. Такий вид збитку може бути непомітним потягом короткого періоду часу, але може стати значним і навіть катастрофічним протягом тривалого часу.

*Економічний збиток* виражається в грошовій формі і може бути фактичним (розрахунковим), можливим та таким, котрого вдалося запобігти.

*Фактичний (розрахунковий) збиток* — це фактичні втрати, збитки, котрі завдаються об'єктам господарювання внаслідок забруднення навколишнього середовища.

*Можливий збиток* — це збиток, котрий міг би бути завданий об'єктам господарювання через відсутність природоохоронних заходів.

*Збиток, котрого вдалося запобігти* — це різниця між можливим та фактичним збитками протягом певного періоду часу.

Таким чином, *економічний збиток*, що завдається навколишньому середовищу — це виражені у вартісній формі фактичні та можливі збитки,

котрі завдаються об'єктам господарювання забрудненням навколишнього середовища, або додаткові видатки на компенсацію цих збитків. Економічний збиток є не лише засобом економічних розрахунків, але і єдиною мірою комплексної оцінки впливу промислових забруднень на зовнішнє середовище.

Економічний збиток формується під впливом трьох груп факторів:

- впливу (характеризують ступінь забруднення того чи іншого елемента навколишнього середовища);
- сприйняття (представляють об'єкти, котрі сприймають негативний вплив забруднення);
- стану (відбивають рівень нормативних економічних показників, котрі переводять натуральні показники у вартісні).

Кількісна оцінка економічного збитку здійснюється трьома основними методами:

- метод прямого розрахунку, котрий ґрунтується на порівнянні показників забрудненого та умовно чистого (контрольного) районів;
- аналітичний, котрий базується на отриманні математичних залежностей між показниками стану відповідної економічної системи та рівнем забруднення навколишнього середовища;
- емпіричний, котрий полягає в тому, що залежність збитків від рівня забруднення, отримана на підставі двох перших методів на окремих об'єктах, узагальнюється і переноситься на однорідні досліджувані об'єкти.

При розрахунку економічного збитку методом прямого розрахунку враховують локальні збитки:

$$Z = Z_a + Z_k + Z_n + Z_c + Z_p + Z_n, \quad (3.11)$$

- де  $Z_a$  — збиток від погіршення здоров'я населення;  
 $Z_k$  — збиток, завданий житлово-комунальному господарству;  
 $Z_n$  — збиток, завданий лісовому господарству;  
 $Z_c$  — збиток, завданий сільському господарству;  
 $Z_p$  — збиток, завданий рибному господарству;  
 $Z_n$  — збиток, завданий промисловості.

Збиток від погіршення здоров'я населення є матеріальним збитком і складається з додаткових витрат на лікування і витрат на створення основних фондів охорони здоров'я в розширеному обсязі. Збиток у житлово-комунальному господарстві можна розглядати як додаткові витрати на машинне прибирання вулиць від пилу, більш часте фарбування металоконструкцій і т. ін.

В практичній діяльності промислових підприємств розрахунок збитку частіше здійснюють емпіричним методом. Відповідно до усередненої оцінки

збитку при викиді забруднюючих речовин в атмосферу збиток  $Z_a$  залежить від декількох складових:

$$Z_a = f(d, \sigma, M, A, \varphi, \gamma), \quad (3.12)$$

де  $d$  — безрозмірна константа, що характеризує географічний район розміщення підприємства (виробництва);

$\sigma$  — безрозмірний показник відносної небезпеки забруднення атмосферного повітря, що враховує характер використовуваної території (території курортів мають значно вищий показник, ніж території пасовищ);

$M$  — річна маса викиду домішки, т;

$A$  — показник відносної агресивності домішки, рівний  $1/\text{ГДК}_{\text{нм}}$  домішки ( $\text{ГДК}_{\text{нм}}$  — ГДК в повітрі населених місць), ум. т/т;

$\varphi$  — параметр, що враховує особливості розсіювання домішки;

$\gamma$  — коефіцієнт, за допомогою якого бальна оцінка збитку переводиться в економічну (вартісну), обумовлений рівнем інфляції.

При розрахунку економічного збитку від забруднення водних джерел  $Z_a$  використовується формула:

$$Z_a = E_{\text{нм}} \cdot \Pi, \quad (3.13)$$

де  $E_{\text{нм}}$  — питомий збиток на одиницю приведенного об'єму стічних вод, грн/млн. м<sup>3</sup>;

$\Pi$  — приведений об'єм стічних вод, млн. м<sup>3</sup>.

Приведений об'єм стічних вод — це умовна величина, що дозволяє в порівняльному вигляді (шляхом розведення до норм ГДК) виразити шкідливість забруднюючих інгредієнтів, які містяться в стічних водах різних виробництв. Розрахунок виконується за формулою

$$\Pi = \sum_{i=1}^n [(C_i - \text{ГДК}_i) / \text{ГДК}_i] V_g, \quad (3.14)$$

де  $C_i$  — концентрація інгредієнта в стічній воді, мг/л;

$V_g$  — об'єм стічних вод, млн. м<sup>3</sup>/год;

$n$  — кількість забруднюючих речовин (інгредієнтів) у стічних водах.

Збиток від забруднення навколишнього середовища твердими відходами виробництва визначається за формулою

$$Z_{відх} = Z_{відх}^{\cdot} + Z_{тер} + Z_{атм}^{ст} + Z_{вод}^{ст}, \quad (3.15)$$

де  $Z_{відх}^{\cdot}$  — витрати на проведення завантажувально-розвантажувальних операцій, транспортування відходів від підприємства до місця їхньої ліквідації, приведені затрати на створення й експлуатацію систем знищення, складування або поховання відходів;

$Z_{тер}$  — збиток, який завдається народному господарству вилученням території під складування, створення відвалів, поховання відходів;

$Z_{атм}^{ст}$  — збиток, пов'язаний із вторинним забрудненням атмосфери;

$Z_{вод}^{ст}$  — збиток, пов'язаний із вторинним забрудненням водойм.

Збиток від забруднення ґрунту визначається за формулою

$$Z_{г} = q \cdot Z_n^{\cdot} M_n, \quad (3.16)$$

де  $q$  — коефіцієнт, що враховує цінність земельних ресурсів;

$Z_n^{\cdot}$  — питомий збиток від викиду 1 т забруднюючих речовин у ґрунт, грн/т;

$M_n$  — маса викидів у ґрунт, т/рік.

## Розділ 4

### ВИЗНАЧЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

#### 4.1. ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ

##### 4.1.1. ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ

За величиною зон та рівнем забруднення ґрунтів поділяється на фонове, локальне, регіональне, глобальне.

*Фоновим* вважається такий вміст забруднюючих речовин в ґрунті, котрий відповідає або близький до його природного складу.

*Локальним* вважається забруднення ґрунту поблизу одного або сукупності декількох джерел забруднення.

*Регіональним* є таке забруднення ґрунту, котре виникає внаслідок переносу забруднюючих речовин на віддаль не більше 40 км від техногенних та більше 10 км від сільськогосподарських джерел забруднення.

*Глобальними* називають забруднення ґрунту, котрі виникають внаслідок дальнього переносу забруднюючої речовини на віддаль більше 1000 км від будь-яких джерел забруднення.

Найбільш небезпечними для ґрунтів є хімічні забруднення, ерозія, засолення. За ступенем небезпеки хімічні речовини поділяються за ГОСТ 17.4.1.02-83 на три класи:

- 1 клас — високонебезпечні речовини;
- 2 клас — помірно небезпечні речовини;
- 3 клас — малонебезпечні речовини.

Клас небезпеки встановлюється за показниками наведеними в табл 4.1.

За ступенем забруднення ґрунту поділяються на сильнозабруднені, середньозабруднені, слабозабруднені.

В сильнозабруднених ґрунтах кількість забруднюючих речовин в декілька разів перевищує ГДК. Вони мають низьку біологічну продуктивність та істотні зміни фізико-хімічних, хімічних та біологічних характеристик, внаслідок чого вміст хімічних речовин у вирощуваних культурах перевищує норми.

Таблиця 4.1

## Показники та класи небезпеки хімічних речовин

Показник	Норми концентрації		
	1 клас	2 клас	3 клас
Токсичність, $LD_{50}$	До 200	200—1000	Понад 1000
Персистентність в ґрунті, міс.	Понад 12	6—12	Менше 6
ГДК в ґрунті, мг/кг	Менше 0,2	0,2—0,5	Понад 0,5
Персистентність в рослинах, міс.	3 і більше	1—3	Менше 1
Вплив на харчову цінність сільсько-господарської продукції	Сильний	Помірний	Немає

В середньозабруднених ґрунтах перевищення ГДК незначне, що не призводить до помітних змін його властивостей.

У слабкозабруднених ґрунтах вміст хімічних речовин не перевищує ГДК, але перевищує фонову концентрацію.

Для визначення ступеня забрудненості використовують наступні характеристики:

1. Коефіцієнт концентрації забруднення ґрунту

$$k_c = C / C_{cp} \text{ або } k_c = C / C_{ГДК}, \quad (4.1)$$

де  $C$  — загальний вміст забруднюючих речовин;

$C_{cp}$  — середній фоновий вміст забруднюючих речовин;

$C_{ГДК}$  — гранично допустима кількість забруднюючих речовин.

2. Інтегральний показник поелементного забруднення ґрунту

$$k_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{\phi i}}, \quad (4.2)$$

де  $C_i$  — сума контрольованих забруднюючих речовин;

$C_{\phi i}$  — сума фонових вміст забруднюючих речовин.

3. Коефіцієнт зворотної реакції ґрунтів на динаміку забруднення

$$k_p = (A - A_{\phi}) / A_{\phi}, \quad (4.3)$$

де  $A$ ,  $A_{\phi}$  — параметри, які контролюються в забрудненій і фоновій пробах.

За ступенем стійкості до хімічних забруднень та характером зворотної реакції ґрунти поділяються на дуже стійкі, середньостійкі, малостійкі. Ступінь стійкості ґрунтів до хімічних забруднень характеризується такими показниками, як гумусний склад ґрунту, кислотно-основні властивості, окислювально-відновлювальні властивості, катіонно-обмінні властивості, біологічна активність, рівень ґрунтових вод, частка речовин, що знаходяться в розчиненому стані.

При оцінці стійкості ґрунтів до хімічних забруднень слід враховувати показники, що характеризують короткотермінові (2—5 років), довготермінові (5—10 років) зміни ґрунтів та показники ранньої діагностики розвитку змін в ґрунтах.

Короткотермінові зміни властивостей ґрунтів діагностуються за динамікою вологості, величиною водневого показника pH, складом ґрунтових розчинів, вмістом поживних речовин.

Довготермінові зміни властивостей ґрунтів діагностуються за складом та запасом гумусу, відношенням вуглецю гумінових кислот до вуглецю фульвокислот, втратами ґрунтів внаслідок ерозії, загальною лужністю, кислотністю, вмістом солей.

Функціонування промислових підприємств, транспорту та енергетичних установок викликає регіональне і навіть глобальне забруднення ґрунтів. Регіональне забруднення ґрунтів може викликатися кислотними дощами, що випадають поблизу великих промислових підприємств, котрі викидають в атмосферу шкідливі гази. Природні процеси (міграція, перетворення, розклад, вимивання, вивітрювання, сонячна радіація, клімат) сприяють самоочищенню ґрунтів. Захисна здатність ґрунтів щодо самоочищення має певні межі, котрі слід враховувати при організації виробничої та господарсько-побутової діяльності.

Основними характеристиками ґрунтів щодо самоочищення є час самоочищення та захисна здатність ґрунтів, котра характеризує їхню здатність суттєво знижувати токсичність забруднюючих речовин. Час самоочищення — інтервал, протягом якого відбувається зменшення масової частки речовини, що забруднює ґрунт, на 96% від початкового значення або до його фонових значення. Для самоочищення ґрунтів, а також для їх відновлення потрібно багато часу, котрий залежить від характеру забруднення та природних умов. Процес самоочищення ґрунтів триває від декількох днів до декількох років, а процес відновлення порушених земель — сотні років.

## 4.1.2. ВПЛИВ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ ТА ЙОГО НОРМУВАННЯ

В мінеральній частині ґрунтів присутні близько 50 елементів. Хімічні елементи знаходяться в ґрунті в окисненому стані або у вигляді солей.

Органічна складова ґрунтів являє собою продукти розкладу тваринного або рослинного походження (гумус), а також білки, вуглеводні, органічні кислоти, жири, дубильні речовини тощо. В ґрунтах знаходиться велика кількість живих організмів, котрі мають велике значення для ґрунтоутворення.

З ґрунту хімічні речовини частково переходять у рослини, а з рослин з їжею потрапляють в організми тварин та людей. Хімічні мікроелементи мають велике значення для розвитку рослинного і тваринного світу, в тому числі і людини. Нестача або надлишок мікроелементів у ґрунті призводить до порушення обмінних процесів не лише в травоядних, але і м'ясоїдних тварин та в організмі людини. Це викликає ендемічні захворювання. Ґрунти мають здатність накопичувати радіоактивні речовини, котрі уражають живі організми, а потрапляючи з їжею в організм тварин та людей, викликають захворювання різних органів.

Найбільш поширеними є забруднення ґрунтів канцерогенами типу поліциклічних ароматичних вуглеводнів. Основними джерелами канцерогенних забруднень є вихлопні гази двигунів автомобілів, тракторів, тепловозів, літаків, а також викиди котелень та промислових підприємств. Забруднення ґрунту канцерогенами фіксується на віддалі до 5 км від доріг та джерел викидів.

Патогенні мікроорганізми, котрі потрапляють у ґрунт та розмножуються в ньому, можуть бути збудниками інфекційних захворювань. До патогенних бактерій відносяться збудники таких інфекційних захворювань як сибірська виразка, газова гангрена, правець, ботулізм, холера, черевний тиф, дизентерія, бруцельоз, чума тощо. Забруднення ґрунтів патогенними організмами відбувається від тваринних та людських фекалій. Зараження тварин та людини патогенними мікроорганізмами відбувається внаслідок вживання неочищеної сирової рослинної, погано провареної тваринної їжі, шляхом контакту з зараженим ґрунтом, котрий є місцем існування та розмноження мух.

Особливу групу паразитарних хвороб, що поширюються через ґрунти, складають гельмінти (паразитні черв'яки).

Таким чином, ґрунти можуть бути джерелами порушення здоров'я тварин та людей.

Важливим елементом комплексу заходів щодо збереження ґрунтів є гігієнічне регламентування їх забруднення. Нормування хімічних речовин

у ґрунтах розпочалося лише в 1976 році. Розроблено методичні рекомендації щодо встановлення ГДК хімічних речовин у ґрунтах. При цьому термін "гранично допустима кількість забруднюючих ґрунти речовин (ГДК)" означає частку хімічної речовини, що забруднює ґрунти, мг/м<sup>3</sup> і не справляє прямої або опосередкованої дії, включаючи віддалені наслідки для навколишнього середовища та здоров'я людини. Значення ГДК деяких хімічних речовин в ґрунтах наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Значення ГДК хімічних речовин в ґрунті

Назва речовини	ГДК, мг/кг
<b>Метали</b>	
Ванадій	150
Кобальт	5,0
Марганець, вилучений з:	
— чорнозему	
— дерново-підзолистого ґрунту:	700
pH = 4	300
pH = 5,1–5,9	400
pH = 6	500
Мідь (рухлива форма)	3,0
Нікель	4,0
Ртуть	2,1
Свинець	32
Свинець (рухлива форма)	6,0
Хром	6,0
Цинк	23
<b>Неорганічні сполуки</b>	
Нітрати	130
Миш'як	20
Сірководень	0,4
Фосфор (суперфосфат)	200
Фториди — водорозчинна форма	10
<b>Ароматичні вуглеводні</b>	
Бензол	0,3
Ізопропілбензол	0,5
Ксилоли	0,3
Стирол	0,1
Толуол	0,3
<b>Добрива та ПАР</b>	
Рідкі комплексні добрива з додаванням марганцю	80
Азотно-калійні добрива	120
Поверхнево активні речовини	0,2

Номенклатура регламентованих ГДК хімічних речовин в ґрунті складає декілька десятків найменувань. За ступенем шкідливості хімічні речовини за умови їх систематичного проникнення до ґрунту розташовуються в такій послідовності: пестициди та їх метаболіти, важкі метали, мікроелементи, нафтопродукти, сірчисті сполуки, речовини органічного синтезу тощо. Крім ГДК застосовується показник орієнтовно допустимої кількості забруднюючої ґрунти хімічної речовини (ОДК), котрий визначається розрахунковим методом. Санітарна оцінка стану ґрунтів здійснюється за спеціальними показниками. В якості основного хімічного показника використовується санітарне число — частка від ділення кількості ґрунтового білкового азоту в міліграмах в 100 г абсолютно сухого ґрунту до кількості органічного азоту в тих же одиницях. Показником бактеріального забруднення ґрунту є титр кишкової палички та титр одного з анаеробів. Санітарно-гельмінтологічним показником ґрунту є число яєць гельмінтів в 1 кг ґрунту. Ентомологічний показник визначається за наявністю личинок та лялечок мух в 0,25 м<sup>2</sup> поверхні ґрунту (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Показники санітарного стану  
ґрунтів населених пунктів та сільськогосподарських угідь

Ґрунт	Число личинок та лялечок мух	Число яєць гельмінтів	Титр калі	Титр анаеробів	Санітарне число
Чистий	0	0	1 і вище	0,1 і вище	0,98—1
Мало забруднений	Одиниці	До 10	1—0,01	0,1—0,001	0,85—0,98
Забруднений	10—25	11—100	0,01—0,001	0,001—0,0001	0,7—0,85
Сильно забруднений	25	Понад 100	0,001 і менше	0,0001 і менше	0,7 і менше

Для земель єдиного державного земельного фонду встановлюється номенклатура показників ґрунтів згідно з ГОСТ 17.4.2.01-81. Ця номенклатура показників повинна застосовуватися при розробці нормативно-технічної документації з охорони ґрунтів від забруднень, а також при контролі стану ґрунтів.

Контроль стану ґрунтів здійснюється за спеціальними методиками санітарними лікарями, санітарно-епідеміологічними станціями, а контроль хімічних забруднень, котрі викликають підкислення та підлужнення ґрунтів — агрохімічними лабораторіями, СЕС та органами охорони природи.

### 4.1.3. ПОРУШЕННЯ ТА РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ

Порушення земель відбувається при виконанні пошукових робіт, видобуванні та переробці корисних копалин, при будівництві підприємств та доріг. Воно викликає зміни ґрунтового покриву, гідрологічного режиму, утворення техногенного рельєфу та інші якісні зміни. Порушені землі втрачають свою початкову цінність та є джерелом негативного впливу на навколишнє середовище.

При виконанні земляних робіт верхні родючі шари, котрі містять гумус, підлягають зніманню та подальшому використанню на малопридатних і рекультивованих землях. Норми знімання родючого та потенційно родючого шарів ґрунтів

$$H = h \cdot F, \text{ м}^3; H = h \cdot F \cdot g, \text{ т}, \quad (4.4)$$

де  $h$  — глибина родючого шару;

$F$  — площа ґрунтового контура;

$g$  — питома вага родючого шару.

Глибина знімання родючих шарів ґрунтів регламентується ГОСТ 17.5.3.06-85. Норми знімання родючого шару ґрунту наводяться в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Норми знімання родючого шару ґрунту

Тип та підтип ґрунтів	Діапазон глибини знімання, см
Дерново-підзолисті	20 або на глибину орного шару
Буроземно-підзолисті	20—50
Бурові лісові	20—30
Чорноземи типові	50—120
Лугові	40—50
Сіроземи	40
Жовтоземи	30
Гірсько-лугові	30—80
Торф'яні болотні	На всю глибину торф'яного шару

Порушені землі підлягають рекультивації, під котрою розуміють комплекс робіт, скерованих на відновлення їхньої продуктивності та господарської цінності, а також поліпшення якості навколишнього середовища згідно з інтересами суспільства (рис. 4.1).



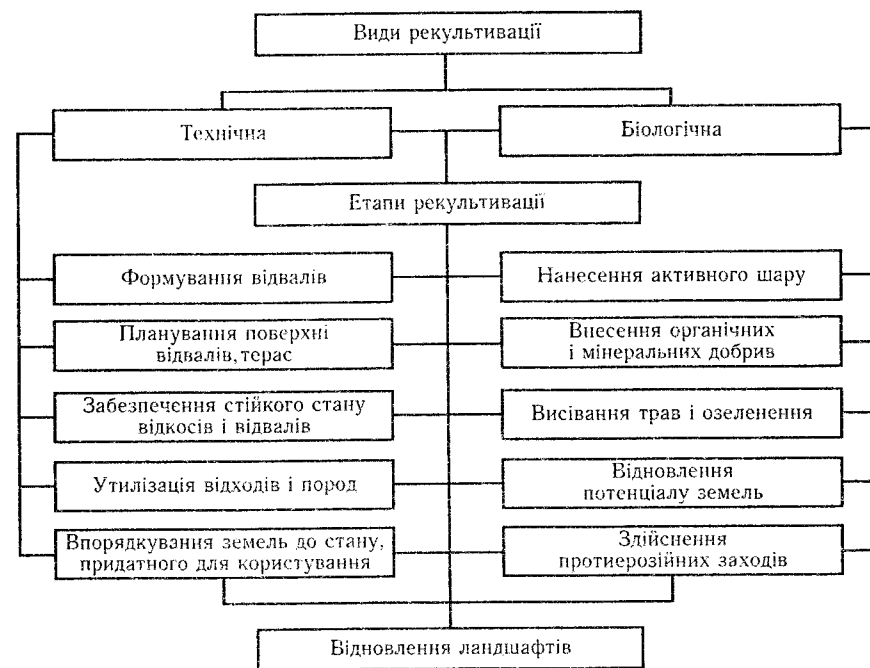


Рис. 4.1. Види та етапи рекультиваци землі

Загальні вимоги до рекультиваци земель регламентуються ГОСТ 17.5.3.04-83. Найважливішим етапом рекультиваци є землювання — комплекс робіт зі зняття, транспортування та нанесення родючого та потенційно придатного шару ґрунту на рекультивовані ділянки землі. Технологія землювання вибирається з розрахунку мінімального проходу транспортних та планувальних машин по ділянці з метою недопущення надмірного ущільнення нових шарів ґрунту. Загальні вимоги до землювання викладено в ГОСТ 17.5.3.05-84. Родючий шар ґрунту для землювання повинен відповідати вимогам ГОСТ 17.4.2.02-83, а для сільськогосподарського напрямку рекультиваци — ГОСТ 17.5.1.03-78. Основною характеристикою землювання є величина родючого шару, що наноситься на рекультивовану землю, котрий визначається виходячи з призначення ділянки, особливостей природної зони, економічних можливостей тощо. Землювання може бути суцільним і вибіркоким, звичайним і комбінованим.

Звичайне землювання здійснюється за один раз без перемішування основного шару та того, що наноситься.

Комбіноване землювання здійснюється у два етапи: нанесення родючого шару товщиною 10—15 см та перемішування його з ґрунтом або породою, які поліпшуються; повторне нанесення родючого шару ґрунту до запроєктованої норми.

## 4.2. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТА ОХОРОНА ВОДНИХ РЕСУРСІВ

### 4.2.1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Проблема забезпечення належної кількості та якості води є однією з найбільш важливих і має глобальне значення. Ще до нашої ери Арістотель вказував на необхідність раціонального використання чистої води та відділення її від тієї, котра використовується для господарських потреб.

Стан 2/3 водних джерел за якістю води не відповідає нормативним вимогам. Через використання неякісної води в 4—5 разів зросла захворюваність людей.

Вода використовується для охолодження машин і механізмів, функціонування технологічних процесів та входить до складу продукції, що виробляється. Питомі норми водоспоживання для виробництва 1 тонни готової продукції складають, м<sup>3</sup>: чавун — 160—200; сталь — 150; прокат — 10—15; нікель — 4000; мідь — 500; синтетичний каучук — 2000—3500; папір — 400—800; пластмаси — 500—1000; нафта — 20.

Велику кількість води споживають теплові та атомні електростанції. На 1 млн. кВт потужності теплові станції витрачають 1,2—1,6 км<sup>3</sup> води на рік, а атомні — в 1,5—2 рази більше.

Охорона вод — це система заходів, спрямованих на запобігання та усунення наслідків забруднення, засмічування і виснаження вод. Охорона води передбачає встановлення видів та значень показників водоспоживання та водовідведення, а також якості води. Вона передбачає розробку методів і засобів очищення стоків, контроль якості води та стоків.

В природі відбувається постійний кругообіг води, котрий забезпечується за рахунок випаровування, транспірації води рослинами, випадання опадів. Швидкість водообміну характеризується наступними даними, роки: світовий

океан — 2500 (перемішування — 63); підземні води — 400; води озер — 17, води болотні — 5. В річках водообмін відбувається за декілька днів, а в організмі людини — за декілька годин.

В процесі кругообігу вода транспортує тепло, розчиняє та переносить природні елементи, руйнує та перетворює літосферу, бере участь у метеорологічних та гідрологічних процесах, є середовищем існування водних організмів та рослин, котрі забезпечують виробництво значної частини кисню. Кількість та якість води відновлюються, якщо забезпечуються необхідні для цього умови. Однак розвиток промисловості, транспорту, сільського господарства, урбанізація призвели до того, що природні водойми вже не можуть самоочишатися, тому потрібні штучні споруди для очищення води.

Водоймища характеризуються площею дзеркала, довжиною, глибиною, об'ємом та витратою води, швидкістю течії та рівнем води, її температурою, тривалістю несприятливих за шкідливістю та умовами водообміну періодів (межень, льодостав, відсутність стоку тощо), показниками водообміну, фільтрувальними властивостями ґрунтів.

В залежності від ступеня забруднення водні об'єкти бувають допустимого, помірного, високого та надзвичайно високого ступенів забруднення (табл. 4.5). Це слід враховувати при організації водоспоживання.

Таблиця 4.5

Показники забруднення  
для водних об'єктів I та II категорії

Ступінь забруднення	Органолептичний режим		Токсикологічний режим	Санітарний режим			Бактеріологічний режим	Індекс забруднення
	Запах, присмак, балів	ГДК <sub>орг.</sub> , ступінь перевищення		БСК <sub>20</sub> , мг/дм <sup>3</sup>		Розчинений кисень, мг/дм <sup>3</sup>		
				I	II			
Допустимий	2	1	1	3	6	4	Менше 1·10 <sup>4</sup>	0
Помірний	3	4	3	6	8	3	1·10 <sup>4</sup> —1·10 <sup>5</sup>	1
Високий	4	8	10	8	10	2	1·10 <sup>5</sup> —1·10 <sup>6</sup>	2
Надзвичайно високий	>4	>8	>100	>8	>10	1	Більше 1·10 <sup>6</sup>	3

Примітка. ГДК<sub>орг.</sub> — гранично допустимі концентрації речовин, встановлені за органолептичною ознакою шкідливості; ГДК<sub>токс.</sub> — гранично допустимі концентрації речовин, встановлені за токсикологічною ознакою шкідливості; БСК<sub>20</sub> — біологічне споживання кисню за 20 діб для водоймищ I та II категорій водокористування.

#### 4.2.2. ВОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ВОДОСПОЖИВАННЯ

Водокористування — це використання водних об'єктів для задоволення потреб населення та об'єктів господарської діяльності.

Згідно з ГОСТ 17.1.1.03-86 водокористування класифікується за наступними ознаками:

— за цілями водокористування — господарсько-питне, комунально-побутове, промислове, сільськогосподарське, для потреб енергетики, для рибного господарства, для водного транспорту та лісосплаву, для лікувальних та курортних потреб тощо;

— за об'єктами водокористування — поверхневі, підземні, внутрішні та територіальні морські води;

— за способом використання — з вилученням води та з її поверненням, з вилученням води без повернення, без вилучення води;

— за технічними умовами водокористування — з застосуванням технічних споруд, без застосування споруд.

В залежності від цілей водокористування джерела водопостачання поділяються на дві категорії.

До I категорії відносяться водні об'єкти, що використовуються в якості джерел централізованого або нецентралізованого господарсько-питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості.

До II категорії відносяться водні об'єкти для культурно-побутових цілей і ті, що знаходяться в межах населених пунктів.

Вимоги щодо складу та властивостей води регламентуються в залежності від категорії водних об'єктів.

При водокористуванні має місце водоспоживання, котре може бути безповоротним, повторним, оборотним. З метою раціонального використання води запроваджено норми споживання води на одного мешканця та на умовну одиницю продукції, характерну для підприємств кожної з галузей промисловості. В районах з обмеженими водними ресурсами слід дотримуватися водогосподарського балансу, котрий передбачає порівняння водокористування з потенційними ресурсами водних басейнів.

За характером використання води системи водопостачання поділяються на прямотічні, послідовні, оборотні, підживлювальні.

Прямотічна вода використовується у виробничому процесі один раз, після чого скидається у водоймища або у каналізацію.

Послідовно використовується вода споживається на декількох технологічних процесах.

Оборотна вода використовується у виробництві багатократно, з періодичним або неперервним її очищенням. На добре обладнаних підприємствах показник ступеня оборотного та послідовного водопостачання складає 30—90%. При цьому слід враховувати і те, що спорудження водозворотних систем в 10 разів дешевше, ніж будівництво очисних установок відповідної потужності.

Навколо водозабору або іншого джерела водопостачання влаштовуються зони санітарної охорони, в котрих встановлюється особливий режим охорони вод від забруднення хімічними речовинами та шкідливими біологічними організмами, а також стічними водами.

Зона санітарної охорони поділяється на дві-три підзони:

I підзона — строгого режиму з огороженнями, а інколи і зі спеціальною охороною. Ця зона обсаджується лісовими насадженнями; тут забороняється будувати, випасати худобу, будь-який вид діяльності, котрий може зумовити забруднення води.

II підзона має обмеження за видами діяльності, що мають забруднення, котрі здатні проникнути у водозабір; в ній забороняється розташовувати склади паливно-мастильних матеріалів (ПММ), тваринницькі ферми, застосовувати добрива.

III підзона — попереджувальна. В ній також обмежуються види діяльності, що викликають забруднення води.

Загальне водоспоживання підприємства визначається за формулою:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{сп}} + V_{\text{вир}} = \sum_{i=1}^n q_1 P_i + \sum_{i=1}^n q_2 N_i, \quad (4.5)$$

де  $n_1, n_2$  — питомі норми водоспоживання на господарські та виробничі потреби;

$P_i$  — число працівників у зміні;

$N_i$  — число споживачів у виробництві;

$n$  — число груп працівників та обладнання.

Рівень використання водних ресурсів у промисловому виробництві, а також технічне оснащення споруд та застосовувані технології очищення стічних вод характеризуються:

1. Коефіцієнтом використання оборотної води в загальному об'ємі водокористування

$$k_{\text{заг}} = \frac{V_{\text{обр}}}{V_{\text{заг}} + V_{\text{обр}} + V_{\text{сп}}} 100, \quad (4.6)$$

де  $V_{\text{заг}}, V_{\text{обр}}, V_{\text{сп}}$  — кількість води, що використовується відповідно в обороті, що забирається з джерела та надходить з сировиною.

2. Коефіцієнтом безповоротного споживання та втрат свіжої води

$$k_{\text{спож}} = \frac{V_{\text{др}} + V_{\text{спр}} - V_{\text{скид}}}{V_{\text{др}} + V_{\text{спр}} + V_{\text{повт}} + V_{\text{заг}}} 100, \quad (4.7)$$

де  $V_{\text{скид}}, V_{\text{повт}}$  — кількість води, що відповідно скидається у водойму та використовується повторно.

3. Коефіцієнтом використання води, що забирається з джерела водопостачання

$$k_{\text{спож}} = \frac{V_{\text{др}} + V_{\text{спр}} - V_{\text{скид}}}{V_{\text{др}} + V_{\text{спр}}} \leq 1. \quad (4.8)$$

4. Коефіцієнтом водовідведення

$$k_{\text{відв}} = \frac{V_{\text{скид}}}{V_{\text{др}} + V_{\text{спр}} + V_{\text{тис}}} 100, \quad (4.9)$$

де  $V_{\text{тис}}$  — кількість води, що надходить від інших споживачів.

5. Коефіцієнтом нормативного навантаження забруднень стічних вод на водоймище.

$$k_{\text{оч}} + k_{\text{нн}} = \frac{G_{\text{с}}}{G_{\text{с}}} + \frac{G_{\text{с}}}{G_{\text{с}}} = 1, \quad (4.10)$$

де  $k_{\text{оч}}$  — коефіцієнт очищення;

$k_{\text{нн}}$  — коефіцієнт нормального навантаження забруднень стічних вод на водойму;

$G_{\text{с}}$  — кількість забруднень, котрі повинні бути видалені зі стічних вод,  $G_{\text{с}} = G_{\text{з}} - G_{\text{с}}$ ;

$G_{\text{с}}$  — кількість забруднень, що допускається до скидання у водоймище (ГДС);

$G_{\text{з}}$  — кількість забруднюючих речовин у стічних водах.

Водопостачання здійснюється з водогонів, котрі поділяються на питні та технічні. З міського водогону вода може використовуватися для господарсько-питних потреб та гасіння пожеж. Дopusкається до 15% виробничих потреб у воді задовольняти з міського водогону, решту потреби у воді слід покривати, використовуючи технічні водогони.

## 4.2.3. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ

Речовини, котрі викликають порушення якості води, називаються забруднюючими. Поряд з фізичними та хімічними забруднювачами, мають місце теплове та мікробне забруднення води.

Стічні води котелень містять пом'якшувачі, продукти корозії. Наявність на поверхні води масел, нафти погіршує обмінні процеси, знижує вміст кисню у воді, що призводить до загибелі риб. 1 л нафти забруднює до 12 м<sup>2</sup> поверхні води водоймища. Якщо вміст нафтопродуктів складає понад 200 мг/м<sup>3</sup>, порушується зоологічна рівновага водних об'єктів. Синтетичні поверхнево активні речовини згубно впливають на розвиток фітопланктону. Свинець, ртуть, кадмій, нікель, цинк, марганець, потрапивши у воду, роблять її токсичною, що призводить не лише до загибелі зоопланктону, але й завдає шкоди здоров'ю людей. Стічні води гальванічних дільниць за металами перевищують ГДК в 2000—5000 разів. Пестициди, що потрапляють у воду при обробці лісопосадок, садів, городів, негативно впливають на живі організми та людей, котрі споживають таку воду. Великої шкоди водним об'єктам завдає будівництво мостів та інших споруд на річках.

Господарсько-побутові стоки призводять до біологічного забруднення води, що може викликати кишково-шлункові захворювання (холеру, тиф) та захворювання печінки (гепатит). Особливо небезпечні стічні води пунктів санітарної обробки білизни та спецодягу, стоки від лікарень, побутові стоки, котрі, потрапивши у воду, можуть викликати різні глистові захворювання (аскаридоз, ехінокоз тощо). Органічні забруднення часто призводять до непередбачуваних процесів — зв'язування кисню у воді, загибелі живих організмів та фітопланктону. Надлишки фосфору та азоту у воді призводять до її цвітіння та порушення біологічної рівноваги у водоймах (табл. 4.6).

Радіоактивні речовини, потрапляючи до води, викликають її іонізацію, що несприятливо відбивається на розвитку живих організмів. Більш того, фітопланктон та риби здатні засвоювати велику кількість радіоактивних речовин та накопичувати їх у своєму організмі. Споживання такої риби небезпечно для здоров'я людей.

Водні об'єкти з допустимим ступенем забруднення можуть використовуватися для всіх видів водокористування без обмежень; з помірним ступенем забруднення використовуються лише для культурно-побутового водокористування; з високим ступенем забруднення — небезпечні для будь-якого виду водокористування. Водні об'єкти з надзвичайно високим ступенем забруднення непридатні для всіх видів водокористування.

Наслідки споживання людиною забрудненої води

Таблиця 4.6

Характер споживання води	Забруднювач	Захворювання
Біологічний		
Пиття та їжа	Патогенні бактерії	Холера, дизентерія, черевний тиф, гастроентерит, лептоспіроз, туляремія
	Віруси	Інфекційний гепатит
	Паразити	Амебна дизентерія, дракункульоз, гельмінтоз, ехінокоз
Вмивання, прання у воді	Паразити	Шестосоміазис. Дерматит, стронгілоїдоз
Проживання або знаходження біля води	Через комах-переносників	Маларія, жовта лихоманка, сонна хвороба, філярітоз
Хімічний		
Пиття та їжа	Нітрати	Метагемоглобінемія
	Сполуки фтору	Ендемічний флюороз
	Миш'як	Інтоксикація
	Селен	Селеноз, інтоксикація
	Свинець	Інтоксикація
	Поліциклічні ароматичні вуглеводні	Рак
	Надто м'яка вода	Атеросклероз, гіпертонія
	Хром	Уровська хвороба
	Нікель	Алергія шкіри, руйнування роговиці ока
	Мідь	Ураження нервової системи
	Фенол	Отруєння

Ступінь екологічної безпеки водних об'єктів  $P_{eo}$  може бути виражений формулою

$$P_{eo} = \sum_{\phi} P_{\phi}(t) / \sum_{n} P_n(t) \leq 1, \quad (4.11)$$

де  $P_{\phi}$  — фактичне значення показників якості води;

$P_n$  — нормовані значення показників якості води.

Гранично допустимі скиди (ГДС) речовин у водні об'єкти характеризуються максимально допустимою масою речовин, котрі можуть бути відведені у встановленому режимі в даному пункті за одиницю часу з метою забезпечення норм якості води в контрольному пункті. ГДС встановлюється з врахуванням ГДК шкідливих речовин в місцях

водокористування та водовідведення, асимілюючої здатності водного об'єкта та оптимального розподілу маси речовин, що скидаються, між водокористувачами.

Значення ГДС визначається для всіх категорій водокористування за основними шкідливими речовинами:

$$ГДС_i = V_{зас} C_{ст,i}; \quad (4.12)$$

$$V_{зас} = (V_{вир} + V_{ст}) - V_{ба}, \quad (4.13)$$

де  $V_{вир}$  — об'єм водокористування для виробничих потреб;  
 $V_{ст}$  — об'єм водоспоживання для господарсько-побутових потреб;  
 $V_{ба}$  — об'єм безповоротного споживання води;  
 $C_{ст,i}$  — концентрація  $i$ -ої речовини у стоку.

Підприємства повинні погоджувати об'єми скидів у водоймища з місцевими органами охорони природи. Адміністрація підприємства скеровує до органів охорони природи лист-клопотання, проект нормативів гранично допустимих скидів забруднюючих речовин, відомості про підприємство, характеристику водного об'єкта, список заходів щодо досягнення гранично допустимих стоків, дані про послідовність контролю за дотриманням гранично допустимих стоків. Після розгляду проекту нормативів гранично допустимих скидів у водоймища забруднюючих речовин за всіма забруднюючими інгредієнтами відділ погодження нормативів та видачі дозволів місцевого органу Мінекобезпеки видає дозвіл і затверджує ГДС або ТПС, де вказується перелік та кількість забруднюючих речовин, котрі допускається скидати у водойми, а також затверджує властивості стічних вод та термін дії дозволу.

При скиданні стічних вод в каналізацію підприємство укладає договір з органами водного господарства на водоспоживання та водовідведення. В угоді вказується об'єм водоспоживання та водовідведення, права та обов'язки сторін, порядок розрахунків за водокористування і водовідведення.

Крім виробничих та господарсько-побутових стоків, існують зливові стоки, котрі відводяться з території підприємства періодично. Їх об'єм

$$V_{зс} = V_{по} Ft, \quad (4.14)$$

де  $V_{по}$  — питома кількість опадів на одиницю площі території підприємства за одиницю часу;

$F$  — площа підприємства;

$t$  — час випадання опадів.

Кожне підприємство повинне мати очисні споруди, водогосподарські системи. Це комплекс водних об'єктів та гідротехнічних споруд, призначених для раціонального водокористування та охорони вод. Водоохоронні комплекси призначені для підтримання необхідної кількості та якості води у водних об'єктах, розташованих поблизу підприємства.

#### 4.2.4. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВОДИ

Вода характеризується складом та властивостями, котрі визначають її придатність для конкретних видів водокористування. Оцінка якості води здійснюється за ознаками, котрі вибираються та нормуються в залежності від виду водокористування. В якості лімітуючої вибирається ознака, що характеризується найменшою нешкідливою концентрацією речовини у воді. Узагальнена числова оцінка якості води здійснюється за індексом, котрий є сукупністю основних показників за видами водокористування. Якість, склад та властивості води у водоймах регламентуються гігієнічними вимогами та санітарними нормами.

Для гігієнічної оцінки води використовують наступні показники:

- кількість завислих речовин;
- кількість плаваючих речовин;
- температура;
- водневий показник рН;
- мінеральний склад;
- розчинений кисень;
- біологічно повне споживання кисню (БПК<sub>повне</sub>);
- хімічне споживання кисню (ХСК);
- наявність збудників захворювань;
- кількість лактозопозитивних кишкових паличок (ЛКП);
- кількість каліфагів у бляшкоутворюючих одиницях;
- наявність життєздатних яєць гельмінтів та найпростіших кишкових;
- кількість хімічних речовин (табл. 4.7).

Для санітарної оцінки води використовуються показники:

- гранично допустимі концентрації речовин у воді;
- орієнтовно допустимі рівні речовин у воді (ОДР);
- лімітуючі ознаки шкідливості (санітарно-токсикологічна, загальносанітарна, органолептична з розшифруванням властивостей: запаху, впливу на колір, утворення піни та плівки, присмак);
- клас небезпеки речовин.

Таблиця 4.7

## Гігієнічні вимоги до складу та властивостей води

Показники складу та властивостей води	Категорії водокористування	
	Для господарсько-питного водопостачання	Для купання, спорту та відпочинку населення
Завислі речовини	Вміст завислих речовин не повинен збільшуватися більше, ніж на: 0,25 мг/дм <sup>3</sup>   0,75 мг/дм <sup>3</sup>	
Плаваючі домішки	На поверхні водойми не повинно бути плаваючих плівок, плям мінеральних масел та скупчень інших домішок	
Запахи	Вода не повинна набувати невластивих їй запахів інтенсивністю більше 1 бала	
Колір	Не повинен виявлятися в стовпчику 20 см   10 см	
Температура	Літня температура води внаслідок спуску стічних вод не повинна підвищуватися більше, ніж на 3 °C порівняно з середньомісячною	
Водневий показник (pH)	6,5	8,5
Мінеральний склад	Не повинен перевищувати за сухим залишком 1000 мг/дм <sup>3</sup> , в тому числі хлоридів — 350 мг/дм <sup>3</sup> , сульфатів — 500 мг/дм <sup>3</sup>	
Розчинений кисень	Не повинен бути менше 4 мг/дм <sup>3</sup> в будь-який період року в пробі, взятій о 12 годині дня	
БПК <sub>повне</sub>	Не повинне перевищувати при 20 °C 3,0 мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>   6,0 мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	
ХСК	Не повинне перевищувати 15,0 мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>   30,0 мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	
Збудники захворювань	Вода не повинна містити збудників захворювань	
Лактозопозитивні кишкові палички (ЛКП)	Не більше 10000 в 1 дм <sup>3</sup>	Не більше 5000 в 1 дм <sup>3</sup>
Коліфаги у бляшкоутворюючих одиницях	Не більше 100 в 1 дм <sup>3</sup>	Не більше 100 в 1 дм <sup>3</sup>
Життєздатні яйця гельмінтів та найпростіших кишкових	Не повинні міститися в 1 дм <sup>3</sup>	
Хімічні речовини	Не повинні міститися в концентраціях, що перевищують ГДК або ОДР	

Хімічні речовини у воді поділяються на класи небезпеки: I клас — надзвичайно небезпечні; II клас — високонебезпечні; III клас — небезпечні; IV клас — помірно небезпечні.

Віднесення шкідливих речовин до класу небезпеки залежить від їх токсичності, кумулятивності, здатності викликати віддалені ефекти, від виду лімітуючого показника шкідливості (табл. 4.8).

Крім державного контролю, стан води контролюється підприємствами, котрі використовують воду та скидають стоки у водоймища. Для цього на підприємствах при заводських або спеціальних лабораторіях створюються пости, обладнані необхідною апаратурою для проведення аналізів. При проведенні контролю за станом вод та стоків використовуються фізичні, хімічні, біологічні та органолептичні методи.

Фізичні методи використовуються для визначення прозорості, каламутності, кількості завислих часток та провідності води та стоків.

Кількість завислих часток визначається за допомогою мембранних та паперових фільтрів, через котрі пропускається проба об'ємом 100—500 мл. Прозорість, каламутність визначаються за допомогою приладів або органолептичним порівнянням взірців.

Хімічні методи використовуються для визначення кислотності, лужності у воді металів, солей, органічних та синтетичних речовин.

Бактеріальний аналіз виконується за спеціальними методиками в лабораторіях санітарно-епідеміологічних станцій. Заслуговує на увагу контроль забрудненості за допомогою бактерій — біотестування. Деякі бактерії при появі забруднень починають світитися. Чим більше у воді токсичних речовин, тим сильніше світяться бактерії.

## 4.2.5. УМОВИ СКИДАННЯ СТІЧНИХ ВОД У КАНАЛІЗАЦІЮ ТА ВОДОЙМИЩА

Скидання стічних вод у каналізацію дозволяється за наступних умов:

- якщо не порушується робота каналізаційних мереж та споруд;
- кількість завислих, та тих, що спливають, часток у стічних водах не перевищує 500 мг/л;
- фізичні та механічні забруднення виробничих стоків не засмічують труби та не відкладаються на них;
- хімічні забруднення виробничих стоків не руйнують матеріал труб та елементи споруд каналізації;
- домішки горючих речовин у стоках не утворюють вибухонебезпечних сумішей в каналізаційних мережах;
- шкідливі речовини стоків не перешкоджають їх біологічному очищенню, температура води не перевищує 40 °C;
- домішки не вступають у хімічні з'єднання з побутовими стоками і не виділяють отруйних та вибухонебезпечних газів;
- об'єм скидів не перевищує ГДС або ТПС, погоджених з Водоканалом.

Таблиця 4.8

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин  
у воді водних об'єктів господарсько-питного  
та культурно-побутового водокористування

Назва речовини	Клас небезпечності	Гранично допустима концентрація, мг/л
Аміак (за азотом)	III	2,0
Амонія сульфат (за азотом)	III	1,0
Активний хлор	III	Відсутня
Апегон	III	2,2
Бензол	II	0,5
Дихлоретан	II	ОДР 0,02
Залізо	III	0,3
Кадмій	II	0,001
Капролактан	IV	1,0
Кобальт	II	0,1
Кремній	II	10,0
Марганець	III	0,1
Мідь	III	1,0
Натрій	II	200,0
Нафтопродукти	IV	0,1
Нікель	III	0,1
Нітрати (NO <sub>3</sub> )	III	45,0
Нітрити (NO <sub>2</sub> )	II	3,0
Ртуть	III	0,0005
Свинць	II	0,03
Селен	II	0,01
Скипидар	IV	0,2
Фенол	IV	0,001
Хром (Cr <sup>3+</sup> )	III	0,5
Хром (Cr <sup>6+</sup> )	III	0,05
Цинк	III	1,0
Етиленгліколь	III	1,0

Необхідний ступінь очищення стічних вод перед скиданням визначається:

1. За допустимим вмістом шкідливих речовин у стоках  $C_{cm}$

$$C_{cm} V_{cm} + C_{ш} aV \leq (aV + V_{cm}) C_{ГДК}, \quad (4.15)$$

де  $V_{cm}$  — об'єм стоків;

$C_{ш}$  — концентрація шкідливих речовин у водоймищі;

$a$  — коефіцієнт змішування;

$V$  — об'єм води, що бере участь у змішуванні;

$C_{ГДК}$  — гранично допустима концентрація речовин.

Ступінь очищення або розчинення

$$k_{ос} = \frac{C_{ф} - C_{cm}}{C_{ф}} 100, \quad (4.16)$$

де  $C_{ф}$  — фактична концентрація шкідливих речовин у стоках.

2. За допустимою кількістю завислих часток у стоках  $m_{cm}$ :

$$m_{cm} V_{cm} + m_{а} aV \leq (aV + V_{cm}) m_{доп}, \quad (4.17)$$

де  $m_{а}$  — кількість завислих часток у водоймищі;

$m_{cm}$  — допустима кількість завислих часток в стоках.

Ступінь очищення або розведення

$$k_{е.ч.} = \frac{m_{ф} - m_{cm}}{m_{ф}} 100 \quad (4.18)$$

де  $m_{ф}$  — фактична кількість завислих часток у стоках.

3. За допустимим біологічним споживанням кисню у стоках  $L_{cm}$ :

$$L_{cm} \cdot 10^{-k_{ср} t} V_{cm} + L_{а} \cdot 10^{-k_{р} t} aV \leq (aV + V_{cm}) L_{доп}, \quad (4.19)$$

де  $L_{а}$ ,  $L_{доп}$  — відповідне споживання кисню у воді водоймища та допустиме споживання кисню у воді;

$t$  — час змішування;

$k_{ср}$ ,  $k_{р}$  — константи швидкості споживання кисню відповідно у стоках та у воді водоймища.

Ступінь очищення або розчинення

$$k_{бнк} = \frac{L_{ф} - L_{cm}}{L_{ф}} 100, \quad (4.20)$$

де  $L_{ф}$  — фактичне біологічне споживання кисню у стоках.

4. За допустимою температурою стоків  $T_{cm}$ :

$$T_{cm} V_{cm} + T_{а} aV \leq (aV + V_{cm}) T_{доп}, \quad (4.21)$$

де  $T_{а}$ ,  $T_{доп}$  — відповідно температура води у водоймищі та допустима температура стоків  $T_{доп} = T_{а} + 3^{\circ}\text{C}$ .



Ступінь охолодження води перед спуском у водоймище

$$k_{\text{онок}} = \frac{T_{\phi} - T_{\text{см}}}{T_{\phi}} 100, \quad (4.22)$$

де  $T_{\phi}$  — фактична температура стоків.

5. За зміною активної реакції води та за концентрацією кислот і лугів  $C_{\text{см}}^{\kappa}, C_{\text{см}}^{\lambda}$ :

$$C_{\text{см}}^{\kappa} = \frac{aV}{V_{\text{см}}} C_{\kappa}; \quad C_{\text{см}}^{\lambda} = \frac{aV}{V_{\text{см}}} C_{\lambda}, \quad (4.23)$$

де  $C_{\kappa}, C_{\lambda}$  — максимальна кількість кислоти та лугів в 1 мл нормального розчину, котра може бути нейтралізована 1 л води за умови, що в розрахунковому розчині рН буде не вище норми.

Кратність розведення перед скиданням у водоймище в цьому випадку

$$k_{\kappa} = \frac{pH_{\phi} - pH_{\text{см}}}{pH_{\phi}} 100, \quad (4.24)$$

де  $pH_{\phi}, pH_{\text{см}}$  — значення водневого показника у стоках відповідно фактичне та допустиме.

Перевірка стоків перед скиданням здійснюється за всіма формулами.

Забороняється скидати у водні об'єкти стічні води, що містять шкідливі речовини, для котрих не встановлено ГДК і для котрих відсутні методи аналітичного контролю.

Не допускається скидати стічні води, котрі після очищення можна використовувати в оборотних та в повторних схемах водопостачання підприємств або для зрошення в сільському господарстві.

Не можна скидати неочищені або недостатньо очищені виробничі, господарсько-побутові стічні води та стоки із заводських територій.

Не допускається скидати у водоймища стічні води, де містяться збудники інфекційних захворювань, а також стічні води, що містять радіонукліди, сміття, неочищені стоки, стоки з нафтопродуктами. Не можна скидати води, що використовуються для водо- та грязелікування.

Забороняється здійснювати залпові скиди сильно концентрованих виробничих стічних вод у водоймища та в каналізацію, а також стоки вище встановлених значень ГДВ, ТПС. Для зниження концентрації

шкідливих речовин необхідно передбачати ємності-усереднювачі, в котрих слід змішувати концентровані стоки з менш концентрованими або з водою.

Виробничі стоки, котрі не відповідають перерахованим вимогам, повинні підлягати попередньому очищенню на очисних спорудах підприємств.

Допускається сумісне очищення виробничих стічних вод при дотриманні наступних вимог:

- температура стоків — 60—30 °С;
- активна реакція — 6,5—8,5 од. рН;
- загальна концентрація розчинних солей — не більше 10 г/л;
- показник БПК<sub>повне</sub> при надходженні на біологічні фільтри та аеротенки-вітиснювачі — не вище 500 мг/л;
- відсутність нерозчинних масел, смоли та СПАР, що не окислюються.

Місце спуску стічних вод повинне бути розташоване за течією за межею населеного пункту і місць водокористування населенням з врахуванням можливої зворотної течії при нагінних вітрах. Умови відведення стічних вод у водні об'єкти встановлюються з врахуванням можливого змішування та розчинення, фонові якості води, нормативів її якості.

Для кожної забруднюючої речовини за допомогою розрахунків встановлюються ГДС у водоймища, дотримання котрих повинне забезпечувати якість води в контрольних пунктах.

В загальному випадку при спуску виробничих стічних вод у водоймища в розрахункових зонах слід дотримуватися умови

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i} \leq 1, \quad (4.25)$$

де  $C_i$  — концентрація  $i$ -ї шкідливої речовини в стічній воді;

$ГДК_i$  — гранично допустима концентрація  $i$ -ї речовини;

$n$  — кількість шкідливих речовин.

Розрахунки з визначення можливості спуску виробничих стічних вод у водоймища повинні виконуватися для найнесприятливіших умов (найменший рівень води в році, несприятлива течія відносно пункту водокористування тощо).

#### 4.2.6. СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Попередження забруднення водних об'єктів стічними водами може бути забезпечене організаційними та технічними заходами.

Організаційні заходи зводяться до попередження скидання стічних вод у водойми без їх очищення. Технічні заходи передбачають очищення стічних вод, повторне використання стічних вод для технічних потреб та поливу, створення оборотних та замкнених систем водокористування, вдосконалення технологічних процесів на підприємствах у напрямку скорочення надходження забруднень у стоки, перехід на безвідходні технології, скорочення забруднення територій нафтопродуктами, котрі зі зливовими стоками можуть потрапляти до водойм.

Очищення стічних вод на підприємствах може здійснюватися за однією з наступних схем:

- очищення стічних вод на заводських очисних спорудах;
- очищення стічних вод після їх забруднення на заводських, а потім на міських очисних спорудах з подальшим спуском у водойми;
- безперервне очищення промислових вод та розчинів на локальних очисних спорудах протягом певного часу, після чого вони передаються на регенерацію, після регенерації повертаються в оборот і лише після з'ясування неможливості регенерації усереднюються і передаються на заводські очисні споруди та утилізуються.

Способи очищення забруднених промислових вод можна об'єднати в наступні групи: механічні, фізичні, фізико-механічні, хімічні, фізико-хімічні, біологічні, комплексні (рис. 4.2).

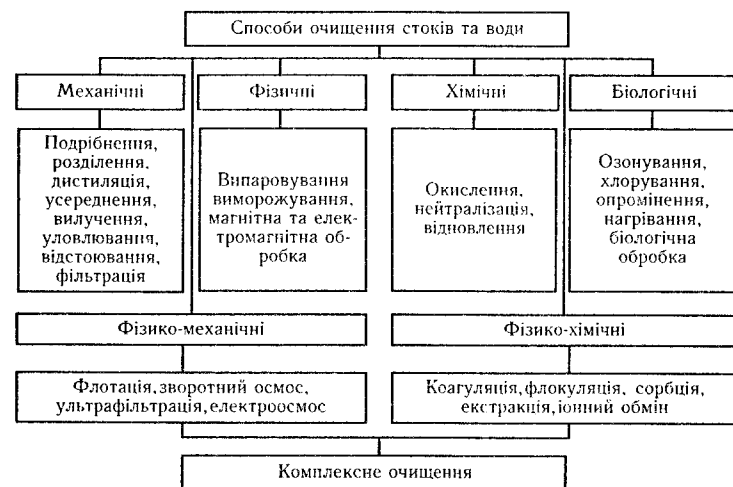


Рис. 4.2. Класифікація способів очищення стічних вод

**Механічні способи очищення** застосовуються для очищення стоків від твердих та масляних забруднень. Механічне очищення здійснюється одним з наступних методів:

- подрібнення великих за розміром забруднень у менші за допомогою механічних пристроїв;
- відстоювання забруднень зі стоків за допомогою нафтовловлювачів, пісковловлювачів та інших відстійників;
- розділення води та забруднювачів за допомогою центрифуг та гідроциклонів;
- усереднення стоків чистою водою з метою зниження концентрації шкідливих речовин та домішок до рівня, при котрому стоки можна скидати у водойми або в каналізацію;
- вилучення механічних домішок за допомогою елеваторів, решіток, скребоків та інших пристроїв;
- фільтрування стоків через сітки, сита, спеціальні фільтри, а найчастіше — шляхом пропускання їх через пісок;
- освітлення води шляхом пропускання її через пісок або спеціальні пристрої, наповнені композиціями або мінералами, здатними поглинати завислі частки;

Вибір схеми очищення води від завислих часток та нафтопродуктів залежить від виду та кількості забруднень, необхідного ступеня очищення.

**Фізико-механічні способи очищення** стоків та води базуються на флотації, мембранних методах очищення, азотропній відгонці.

**Флотація** — процес молекулярного прилипання частинок забруднень до поверхні розподілу двох фаз (вода—повітря, вода—тверда речовина). Процес очищення СПАР, нафтопродуктів, волокнистих матеріалів флотацією полягає в утворенні системи "частинки забруднень — бульбашки повітря", котра спливає на поверхню та утилізується. За принципом дії флотаційні установки класифікуються наступним чином:

- флотація з механічним диспергуванням повітря;
- флотація з подачею повітря через пористі матеріали;
- електрофлотація;
- біологічна флотація.

**Зворотний осмос (гіперфільтрація)** — процес фільтрування стічних вод через напівпроникні мембрани під тиском. При концентрації солей 2—5 г/л повинен бути тиск до 1 МПа, а при концентрації солей 10—30 г/л — близько 10 МПа.

**Ультрафільтрація** — мембранний процес розділення розчинів, осмотичний тиск котрих малий. Застосовується для очищення стічних вод від високомолекулярних речовин, завислих частинок та колоїдів.

**Електродіаліз** — процес сепарації іонів солей в мембранному апараті, котрий здійснюється під впливом постійного електричного струму. Електродіаліз застосовується для демінералізації стічних вод. В якості основного обладнання використовуються електродіалізатори, що складаються з катіонітових та аніонітових мембран.

**Хімічне очищення** використовується як самостійний метод або як попередній перед фізико-хімічним та біологічним очищенням. Його використовують для зниження корозійної активності стічних вод, видалення з них важких металів, очищення стоків гальванічних дільниць, для окислення сірководню та органічних речовин, для дезинфекції води та її знебарвлення.

**Нейтралізація** застосовується для очищення стоків гальванічних, травильних та інших виробництв, де застосовуються кислоти та луги. Нейтралізація здійснюється шляхом змішування кислих стічних вод з лугами, додаванням до стічних вод реагентів (вапно, карбонати кальцію та магнію, аміак тощо) або фільтруванням через нейтралізуючі матеріали (вапно, доломіт, магнезит, крейда, вапняк тощо).

Кількість реагента для нейтралізації стічних вод

$$M_p = k \frac{100}{B} V_{cm} m C_k, \quad (4.26)$$

де  $k$  — коефіцієнт запасу реагента;

$B$  — кількість активної складової в стічній воді;

$V_{cm}$  — кількість стічних вод;

$m$  — витрата реагента для нейтралізації активних речовин;

$C_k$  — концентрація кислоти та лугу.

**Окислення** застосовується для знезараження стічних вод від токсичних домішок (мідь, цинк, сірководень, сульфід), а також від органічних сполук. Як окислювачі використовуються хлор, озон, кисень, хлорне вапно, гіпохлорид кальцію тощо.

**Фізико-хімічні методи очищення.**

**Коагуляція** — процес з'єднання дрібних частинок забруднювачів у більші за допомогою коагулянтів. Для позитивно заряджених частинок коагулюючими іонами є аніони, а для негативно заряджених — катіони. В якості коагулянтів використовується вапняне молоко, солі алюмінію, заліза, магнію, цинку, сірчанокислого кальцію, вуглекислого газу тощо.

Коагулююча здатність солей тривалентних металів у десятки разів вища, ніж двовалентних і в тисячу разів більша, ніж одновалентних.

**Флокуляція** — процес агрегації дрібних частинок забруднювачів у воді за рахунок утворення містків між ними та молекулами флокулянтів. В якості флокулянтів використовують активну кремнієву кислоту, ефіри, крохмаль, целюлозу, синтетичні органічні полімери (поліакриламід, поліоксетилен, поліакрилати, поліетиленаміни тощо).

Для освітлення води одночасно використовуються коагулянти та флокулянти, наприклад, сірчанокислий алюміній та поліакриламід ППА. Коагуляція та флокуляція здійснюються у спеціальних ємностях та камерах.

При очищенні води використовується і електрокоагуляція — процес укрупнення частинок забруднювачів під дією постійного електричного струму.

**Сорбція** — процес поглинання забруднень твердими та рідкими сорбентами (активованим вугіллям, золою, дрібним коксом, торфом, селікагелем, активною глиною тощо). Адсорбційні властивості сорбентів залежать від структури пор, їх величини, розподілу за розмірами, природи утворення. Активність сорбентів характеризується кількістю забруднень, що поглинаються на одиницю їх об'єму або маси (кг/м³).

Пристрої для вилучення зі стічних вод або розчинів за цим методом виготовляють у вигляді фільтрів. Кількість затримуваних фільтром забруднень

$$M_s = (H - h) F a_0, \quad (4.27)$$

де  $H$  — висота шару сорбента;

$h$  — емпірична константа;

$F$  — площа фільтра;

$a_0$  — динамічна активність сорбента.

Розрізняють три види сорбційних процесів очищення стоків: абсорбція, адсорбція, хемосорбція.

**При абсорбції** поглинання забруднень здійснюється всією масою (об'ємом) абсорбованої речовини.

**При адсорбції** поглинання забруднювачів відбувається тільки поверхнею адсорбента за рахунок молекулярних сил двох тіл, що взаємодіють.

**При хемосорбції** поглинання забруднювачів сорбентом відбувається з утворенням на поверхні поділу нового компонента або фази.

Вибір сорбента визначається характером та властивостями забруднень. Процес очищення стоків різними видами сорбентів здійснюється в спеціальних колонах, заповнених сорбентами.

**Екстракція** — вилучення зі стічних вод цінних речовин за допомогою екстрагентів, котрі повинні мати наступні властивості: високу екстрагуючу здатність, селективність, малу розчинність у воді, густину, що відрізняється від густини води, невелику питому теплоту випаровування, малу теплоємність, бути вибухобезпечними та нетоксичними, невисоку ціну.

Екстрагування речовин зі стічних вод здійснюється за одним із методів: перехреснопотоковим, ступінчастопротипотоковим, неперервнопротипотоковим. Об'єм екстрагента, необхідного для екстракції

$$V_e = m_e n V_{cm}, \quad (4.28)$$

де  $m_e$  — питома витрата екстрагента для однієї екстракції;  
 $n$  — число екстракцій;  
 $V_{cm}$  — кількість стічних вод, що підлягають екстракції.

Цей спосіб використовується для вилучення зі стічних вод фенола.

**Іонний обмін** базується на вилученні зі стічних вод цінних домішок хрому, цинку, міді, ПАР за рахунок обміну іонами між домішками та іонітами (іонообмінними смолами) на поверхні поділу фаз "розчин—смола". За знаком заряду іоніти поділяються на катіоніти та аніоніти, котрі мають відповідно кислі та лужні властивості. Іоніти можуть бути природними та синтетичними. Практично застосовуються природні іоніти типу алюмосилікатів, гідроокислів та солей багатовалентних металів, іоніти з вугілля та целюлози та різноманітні синтетичні іонообмінні смоли.

Основною властивістю іонітів є їх поглинальна здатність — обмінна ємність (кількість грам-еквівалентів у стічній воді, що поглинається 1 м<sup>3</sup> іоніта до повного насичення).

Після механічних, хімічних та фізико-хімічних методів очищення у стічних водах можуть знаходитись різноманітні віруси та бактерії (дизентерійні бактерії, холерний вібріон, збудники черевного тифу, вірус поліомієліту, вірус гепатиту, цитпатогенний вірус, аденовірус, віруси, що викликають захворювання очей). Тому з метою запобігання захворюванням стічні води перед повторним використанням для побутових потреб підлягають **біологічному очищенню**.

Стерилізація води здійснюється шляхом нагрівання, хлорування, озонування, обробки ультрафіолетовими променями, біообробки, електролізу срібла, коли в якості анода використовується срібний електрод, а в якості

катода — вугілля. Іони срібла мають бактерицидну дію. Для стерилізації 20 м<sup>3</sup> потрібно виділити з анода 1 г срібла.

Другий метод електролізної обробки води полягає в додаванні до води кухонної солі, котра при пропусканні струму розкладається з виділенням вільного хлору.

Біологічне очищення здійснюється в біофільтрах, в аеротенках, в окислювальних каналах, в біотенках, в аеротенках з заповнювачами.

Біологічне очищення може здійснюватися і в природних умовах на полях зрошення, полях фільтрації, біологічних водоймах.

В залежності від мікроорганізмів, котрі беруть участь у руйнуванні органічних речовин, розрізняють аеробне (окислювальне) та анаеробне (відновлювальне) біологічне очищення стічних вод.

У виробничих умовах часто доводиться використовувати комплексні методи очищення, котрі базуються на механічних, хімічних, фізико-хімічних, біологічних способах та пристроях для вилучення забруднень.

### 4.3. ВИЗНАЧЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ПОВІТРЯНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

#### 4.3.1. ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕНOSTІ АТМОСФЕРИ

Згідно з нормативно-технічною документацією нормування якості навколишнього природного середовища здійснюється з метою встановлення гранично допустимих норм впливу на навколишнє середовище, що гарантує екологічну безпеку населення та збереження генетичного фонду, забезпечує раціональне використання і відтворення природних ресурсів за умов сталого розвитку господарської діяльності. В Україні розроблені та діють нормативи ГДК, перевищення котрих за певних умов негативно впливає на здоров'я людини.

В табл. 4.9 наведено ГДК деяких найбільш поширених шкідливих речовин. Як видно навіть з цього невеликого переліку, нижня межа токсичності шкідливих речовин, тобто їх ГДК, сильно відрізняється.

У випадку присутності в атмосферному повітрі декількох речовин, які мають здатність до сумарної дії, сума їх концентрації не повинна перевищувати одиниці при розрахунку за виразом

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \frac{C_3}{ГДК_3} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1 \quad (4.29)$$

де  $C_1, C_2, \dots, C_n$  — фактичні концентрації речовин в атмосферному повітрі;

$ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$  — гранично допустимі концентрації цих речовин.

Таблиця 4.9

ГДК (мг/м<sup>3</sup>) деяких шкідливих речовин  
в повітрі населених місць

Речовина	ГДК <sub>с.д.</sub>	ГДК <sub>м.р.</sub>	К
Тверді речовини (пил)	0,15	0,2	3,0
Двоокис сірки	0,05	0,5	1,0
Двоокис азоту	0,04	0,085	0,8
Окис азоту	0,06	0,4	1,2
Окис вуглецю	3,0	5,0	60
Аміак	0,04	0,2	0,8
Хлористий водень	0,2	0,2	4,0
Ціаністий водень	0,01	—	0,2
Окис кадмію	0,001	—	0,02
Свинець	0,0003	0,03	0,006
Сірководень	0,005	0,03	0,1
Бенз(а)пірен	0,000001	—	0,00002
Фенол	0,003	0,01	0,06
Формальдегід	0,003	0,035	0,06
Фтористий водень	0,005	0,2	0,1

Примітка:  $K = ГДК_{с.д.}^{реч} / ГДК_{с.д.}^{SO_2}$ . На територіях, які підлягають посиленій охороні, встановлюються більш жорсткі вимоги — ГДК повинні бути зменшені на 20%.

$ГДК_{с.д.}$  — концентрація середньодобова гранично допустима — концентрація забруднювача в повітрі, котра не справляє на людину опосередкованої шкідливої дії при цілодобовому вдиханні;

$ГДК_{м.р.}$  — концентрація максимальна разова гранично допустима — концентрація забруднювача в повітрі (населених місць), що не викликає рефлекторних реакцій в організмі людини.

Ефект сумачії мають:

- ацетон, акролеїн, фталевий ангідрид;
- ацетон та фенол;
- ацетон та ацетофенон;
- ацетон, фурфурол, формальдегід, фенол;
- ацетальдегід та вінілацетат;
- аерозолі п'ятиокису ванадію та окисів марганцю;

- аерозолі п'ятиокису ванадію та сірчистий ангідрид;
- аерозолі п'ятиокису ванадію та триокису хрому;
- бензол та ацетофенон;
- вольфрамовий та сірчистий ангідриди;
- гексахлоран та фазолон;
- 1, 2 дихлорпропан, 1, 2, 3 — трихлорпропан та тетрахлоретилен;
- ізобутенилкарбінол, диметилвінілкарінол;
- метилгідропіран та метилентетрагідропірен;
- озон, двоокис азоту та формальдегід;
- окис вуглецю, двоокис азоту, формальдегід, гексан;
- сірчистий ангідрид та аерозоль сірчаної кислоти;
- сірчистий ангідрид та нікель металевий;
- сірчистий ангідрид та сірководень;
- сірчистий ангідрид та двоокис азоту;
- сірчистий ангідрид, окис вуглецю, пил конверторного виробництва;
- сірчистий ангідрид, окис вуглецю, двоокис азоту та фенол;
- сірчистий ангідрид та фенол;
- сірчистий ангідрид та фтористий водень;
- сірчаний та сірчистий ангідриди, аміак та окиси азоту;
- сильні мінеральні кислоти (сірчана, соляна та азотна);
- фенол та ацетофенон;
- фурфурол, метиловий та етиловий спирти;
- циклогексан та бензол;
- етилен, пропілен, бутилен, амілен.

Ефект потенціювання притаманний наступним речовинам:

- бутилакрилат та метилметакрилат з коефіцієнтом 0,8;
- фтористий водень та фторсолі з коефіцієнтом 0,8.

Потенціювання — взаємне посилення впливу двох або більшої кількості агентів навколишнього середовища, при котрому сумарний ефект їх взаємного впливу перевищує суму ефектів, що виникають при ізольованій дії кожного з цих агентів зокрема.

Речовини, для котрих не визначені ГДК населених місць, оцінюються за орієнтовними безпечними рівнями впливу ОБРВ.

Для того, щоб визначити стан забруднення повітря декількома речовинами, що діють одночасно, часто використовують комплексний показник — **індекс забруднення атмосфери (ІЗА)**. Для його розрахунку нормовані на відповідні значення ГДК середні концентрації домішок за допомогою розрахунків приводять до концентрації двоокису

сірки (коефіцієнт К в табл. 3.8), а отримані значення додають. Отриманий таким чином показник ІЗА вказує, у скільки разів сумарний рівень забрудненості атмосфери кількома речовинами перевищує ГДК двоокису сірки.

Для кожного населеного пункту визначено конкретний перелік п'яти пріоритетних домішок, за котрими розраховується індекс забруднення атмосфери ІЗА<sub>5</sub>.

Викиди характеризуються кількістю забруднюючих речовин, їх хімічним складом, концентрацією, агрегатним станом.

Промислові викиди поділяються на організовані та неорганізовані. Організовані промислові викиди — це викиди, що надходять в атмосферу через спеціально споруджені газоходи, повітропроводи та труби.

Неорганізовані викиди надходять в атмосферу у вигляді ненаправлених потоків внаслідок порушення герметизації, невиконання вимог охорони атмосфери при навантаженні та розвантаженні вантажів, порушення технології виробництва або несправності обладнання.

За агрегатним станом викиди поділяються на 4 класи: I — газоподібні та пароподібні; II — рідкі; III — тверді; IV — змішані.

За величиною маси викиди об'єднані в 6 груп, т/доб: 1 група — маса менше 0,01 включно; 2 група — від 0,01 до 0,1; 3 група — від 0,1 до 1; 4 група — від 1 до 10; 5 група — від 10 до 100; 6 група — понад 100.

Викиди підлягають періодичній інвентаризації, під котрою слід розуміти систематизацію відомостей про розподіл джерел викидів на території об'єкта, їх кількість та склад.

Метою інвентаризації (рис. 4.3) є: визначення викидів шкідливих речовин, що надходять в атмосферу від об'єктів; оцінка впливу викидів на навколишнє середовище, встановлення ГДВ або ТПВ; вироблення рекомендацій з організації контролю викидів; оцінка стану очисного обладнання та екологічності технологій і виробничого обладнання; планування черговості природоохоронних заходів.

Інвентаризація здійснюється один раз на 5 років згідно з Інструкцією з інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Джерела забруднення атмосфери визначаються виходячи зі схем виробничого процесу підприємства. Для діючих підприємств контрольні точки приймаються по периметру санітарно-захисної зони. Заміри параметрів викидів здійснюють працівники лабораторії підприємства або лабораторії санітарно-епідеміологічної станції.

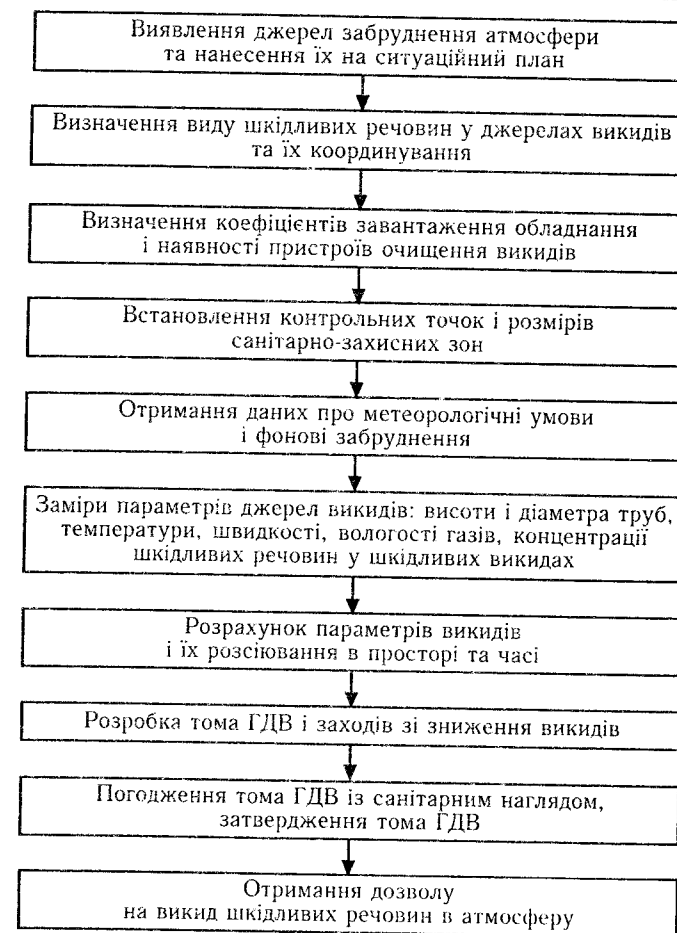


Рис. 4.3. Послідовність інвентаризації викидів у атмосферу

Основними параметрами, котрі характеризують викиди забруднюючих речовин в атмосферу, є вид виробництва, джерело виділення шкідливих речовин, джерело викиду, число джерел викидів, координати розташування викиду, висота джерела викиду, діаметр устя труби, параметри газоповітряної суміші на виході з джерела викиду (швидкість, об'єм, температура), характеристика газоочисних пристроїв, види та кількість шкідливих речовин тощо.

Шкідливі речовини, що потрапляють в атмосферу від промислових та транспортних підприємств, енергетичних установок, транспортних засобів, розчиняються в повітрі та переносяться рухомими потоками повітря на великі віддалі. Розсіювання забруднень призводить до зниження концентрації шкідливих речовин у зонах їх викиду та до одночасного збільшення площ із забрудненим повітрям.

На характер поширення шкідливих речовин в атмосфері та на величину зон забруднення впливають метеорологічні умови (горизонтальний та вертикальний рух мас повітря, його швидкість, температура, вологість, дощ, сніг, наявність хмар).

Крім метеорологічних факторів, на розсіювання забруднень впливає рельєф місцевості, наявність лісів, водоймищ, гір тощо. На забрудненість міст та населених пунктів впливають їх планування та озеленення.

Розрахунок забруднення атмосфери викидами промислових підприємств виконується згідно з Методикою розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств (ОНД-86) або за Збірником методик розрахунку викидів в атмосферу забруднюючих речовин.

#### 4.3.2. ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЙ НЕБЕЗПЕЧНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД МАСИ, ВИДУ ТА СКЛАДУ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН, ЩО ВИКИДАЮТЬСЯ В АТМОСФЕРУ

Для визначення категорії небезпечності підприємств використовують дані про викиди забруднюючих речовин в атмосферу за формою статистичної звітності 2<sub>гп</sub>-повітря. При цьому у цій формі повинне бути розшифрування "вуглеводнів" та "інших" і не повинно бути інформації про сумарні викиди шкідливих речовин в атмосферу від групи підприємств.

Категорію небезпечності підприємств (КНП) розраховують за виразом

$$КНП = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ГДК_{с.д.}} \right)^{a_i}, \quad (4.30)$$

де  $M_i$  — маса викиду  $i$ -тої речовини, т/рік;

$ГДК_{с.д.}$  — середньодобова гранично допустима концентрація  $i$ -тої речовини, мг/м<sup>3</sup>;

$n$  — кількість шкідливих речовин, які викидаються підприємством і забруднюють атмосферу;

$a_i$  — безрозмірна константа, яка дозволяє порівняти ступінь шкідливості  $i$ -тої речовини зі шкідливістю сірчистого газу (визначається за табл. 4.10).

Таблиця 4.10  
Безрозмірна константа у відповідності з класом небезпечності речовин

Константа	Клас небезпечності речовин			
	1	2	3	4
$a_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

Для розрахунку КНП за відсутності середньодобових значень ГДК використовують значення максимальних разових ГДК, ОБРВ або зменшені в десять разів значення ГДК робочої зони забруднюючих речовин.

Значення КНП для речовин, для котрих відсутня інформація про ГДК або ОБРВ, прирівнюють до маси викидів даних речовин. За величиною КНП підприємства поділяються на 4 категорії небезпечності. Граничні умови для виділення підприємства за категоріями небезпечності наведено в табл. 4.11.

Таблиця 4.11  
Категорії небезпечності підприємств і граничні значення КНП

Категорії небезпечності	Значення КНП	СЗЗ, м
I	$\geq 10^8$	1000
II	$10^8 > КНП \geq 10^4$	500
III	$10^4 > КНП \geq 10^3$	300
IV	$< 10^3$	100

В залежності від тієї чи іншої категорії небезпечності підприємства здійснюється облік викидів забруднюючих речовин в атмосферу і запроваджується періодичність контролю за викидами підприємств, а також призначається санітарно-захисна зона від джерел забруднень до житлових районів (СЗЗ).

Як приклад розглянемо викиди, що забруднюють атмосферне повітря електродного заводу та визначимо категорію цього підприємства (табл. 4.12).

Таблиця 4.12

Викиди за інгредієнтами і класом небезпечності речовин, які виділяються

Назва речовин, які виділяються	ГДК <sub>сд</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпечності	Викид, т/год
Завислі речовини (пил)	0,15	3	4663,293
Окис вуглецю	3,0	4	8992,420
Сірчистий ангідрид	0,05	3	727,285
Двоокис азоту	0,04	2	150,000
Бенз(а)пірен	0,000001	1	0,665
Смолисті	0,02 (0,2=ГДК роб. зони)	2	911,579

Розрахуємо КНП цього підприємства:

$$КНП = \left( \frac{4663,293}{0,15} \right)^1 + \left( \frac{8992,420}{3} \right)^{0,9} + \left( \frac{727,285}{0,05} \right)^1 + \left( \frac{150}{0,04} \right)^{1,3} + \left( \frac{0,666}{0,000001} \right)^{1,7} + \left( \frac{911,579}{0,2} \right)^{1,3} = 7901229924.$$

Отримане значення КНП перевищує  $10^8$ , що є свідченням того, що цей завод є джерелом забруднення довкілля і відноситься до 1 категорії за ступенем забруднення атмосфери. Оцінити ступінь забруднення атмосфери речовинами, що виділяються, можна на підставі чисельного результату, отриманого від піднесення до степені відповідного члена, що входить в рівняння. Розташуємо речовини, що виділяються підприємством, за ступенем забруднення атмосфери (СЗА) (табл. 4.13).

Таблиця 4.13

Розподіл шкідливих речовин за ступенем забруднення атмосфери

Бенз(а)пірен -	7900000000
Смолисті	1138660
Двоокис азоту	44283
Пил	31089
Сірчистий ангідрид	14546
Окис вуглецю	1346

### 4.3.3. РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Переважає більшість підприємств має парк автомобілів різних типів, в зв'язку з чим виникає необхідність розрахунку річного викиду шкідливих речовин автомобільним транспортом та включення цих даних в планові форми з метою здійснення державного обліку цих викидів та розробки заходів щодо їх зниження на всіх рівнях планування, контролю та обліку.

В основу методики розрахунку викидів шкідливих речовин автомобільним транспортом покладено середній питомий викид по автомобілях окремих груп (вантажні, автобуси, легкові). При цьому викид шкідливих речовин коректується в залежності від технічного стану автомобілів, їх середнього віку, а також від впливу природних кліматичних умов.

Для парку автомобілів підприємства маса викидів за розрахунковий період  $t$  часу  $j$ -ї речовини ( $M_j^t$ ) при наявності в групі автомобілів з різними типами двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) — бензиновими, дизельними, газовими тощо визначається за формулою

$$M_j^t = \sum_{i=1}^i \sum_{k=1}^k m_{jik} L_{ik} \cdot \prod_{n=1}^n R_{jik}, \quad (4.31)$$

де  $i$  — кількість груп автомобілів;

$m_{jik}$  — питома вага  $j$ -ї шкідливої речовини, що викидається автомобілем  $i$ -ї групи з двигуном  $k$ -го типу на розрахунковий період (включаючи пробіговий викид з врахуванням картерних викидів і випаровувань пального), г/кг;

$L_{ik}$  — пробіг автомобілів  $i$ -ї групи з двигуном  $k$ -го типу на розрахунковий період, млн. км;

$PR_{jik}$  — добуток коефіцієнтів впливу  $n$  факторів на викид  $j$ -ї шкідливої речовини автомобілями  $i$ -ї групи з двигуном  $k$ -го типу.

Коефіцієнт впливу визначається за табл. 4.14.

Наведений в табл. 4.14 склад шкідливих речовин не відбиває повною мірою кількісного складу шкідливих домішок у відпрацьованих газах автомобілів з ДВЗ дизельного типу (табл. 4.15).

Частку шкідливих домішок, що проникають у повітряне середовище через нещільності двигуна та його газоповітряний тракт, встановлюють за допомогою замірів в реальних умовах або розрахунковим методом.



Таблиця 4.14

Коефіцієнт впливу для різних груп автомобілів

Групи автомобілів	Коефіцієнт впливу викидів					
	Окису вуглецю		Вуглеводнів		Окисів азоту	
	СВП	РТС	СВП	РТС	СВП	РТС
Вантажні і вантажні спеціальні з бензиновими ДВЗ	1,33	1,69	1,20	1,86	1,0	0,8
Вантажні і вантажні спеціальні з дизельними ДВЗ	1,33	1,80	1,20	2,0	1,0	1,0
Автобуси з бензиновими ДВЗ	1,32	1,69	1,20	1,86	1,0	0,8
Автобуси з дизельними ДВЗ	1,27	1,80	1,17	2,0	1,0	1,0
Легкові службові і спеціальні	1,28	1,63	1,17	1,83	1,0	0,85
Легкові індивідуального користування	1,28	1,62	1,17	1,78	1,0	0,9

Примітка: СВП — середній вік парку, РТС — рівень технічного стану.

Таблиця 4.15

Кількісний склад шкідливих домішок, мг/м<sup>3</sup>  
у відпрацьованих газах

Компонент	Двотактні дизелі		Чотиритактні дизелі	
	холостий хід	100% навантаження	холостий хід	100% навантаження
Двоокис вуглецю	1,70	2,20	1,20	2,10
Монооксид вуглецю	1100,00	1100,00	700,00	1300,00
Акролеїн	24,00	31,20	2,90	0,86
Окиси азоту	650,00	900,00	90,00	87,00
Двоокис сірки	1600,00	1700,00	1800,00	1800,00
Сажа	0,18	0,09	0,12	0,07
Пари палива	3,00	25,00	3,00	25,00

Примітка: Для діоксиду вуглецю якісний склад наведено у відсотках

Однак не для всіх типів двигунів існують аналітичні залежності для визначення концентрацій шкідливих речовин, тому реальні концентрації шкідливих домішок визначаються замірами в реальних умовах або розрахунковим методом. Зокрема, кількість шкідливих домішок, які виділяються при роботі швидкохідних негасозішльних дизелів потужністю до 735,5 кВт, визначається за залежністю

$$P = N_e (3K_n + 30K_k) \quad (4.32)$$

де  $P$  — кількість газу, мг/год;

$N_e$  — ефективна потужність дизеля за мінімальної кількості обертів, кВт;  
 $K_n, K_k$  — вміст окремих складових (газів) у відпрацьованих газах циліндра і картера, мг/л (табл. 4.16).

Таблиця 4.16

Вміст окремих складових, мг/л у відпрацьованих газах і в картері  
Розрахунок аерозольного виносу електроліту з акумуляторів.

Шкідливі домішки	Відпрацьований газ	Картер
Монооксид вуглецю	0,80	1,3
Акролеїн	0,90	0,04
Вуглеводні	0,71	0,03*
Окиси азоту	0,61	—

Свинцево-кислотні акумулятори відносяться до найбільш поширених хімічних джерел струму, широко застосовуються в різних галузях техніки, в тому числі в електрокарах, котрі є одним з основних міжцехових транспортних засобів.

При експлуатації кислотних акумуляторних батарей виділяються водень, кисень, двоокис сірки, сурм'янистий та миш'яковистий водень, вуглекислий газ, а також аерозоль сірчаної кислоти (акумуляторні гази) у вигляді туману. Водень та кисень виділяються внаслідок електролізу води.

Сурм'янистий водень (стибін) отримується при взаємодії атомарного водню з сурмою, котру додають для надання міцності пластинам. Частина сурм'янистого водню розчиняється в електроліті, в активній масі та в сепараторах, а більша частина разом з воднем надходить у повітря. Виділення сурм'янистого водню помітно зростає зі збільшенням газовиділень з акумулятора.

Миш'яковистий водень (арсин) утворюється в невеликих кількостях внаслідок протікання реакцій між миш'яком та сірчаною кислотою. Миш'як у вигляді незначних домішок міститься у свинці та в сірчаній кислоті. Арсин — з'єднання нестійке, що легко розкладається на миш'як та водень. Вуглекислий газ виділяється з акумуляторів у незначній кількості при використанні в них сепараторів з дерева.

Кількість водню (л/г), що виділяється при заряджанні кислотних акумуляторів, розраховується за виразом

$$V_{H_2} = 0,5(I_1 n_1 + I_2 n_2 + I_3 n_3 + \dots + I_n n_n), \quad (4.33)$$

$I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$  — величина зарядного струму (вказується в паспорті акумулятора), А;

$n$  — кількість акумуляторів в батареї, яка заряджається.

\* Приведена сумарна концентрація

Знаючи  $V_{H_2}$ , можна встановити, скільки потрапило у повітря сірчаної кислоти з врахуванням того, що з 1 л водню виділяється 0,3 мг/л  $H_2SO_4$  — для герметичних акумуляторів з дихальним отвором; 0,9 мг/л — для відкритих акумуляторів з захисним склом; 3,0 мг/л — для відкритих акумуляторів без захисного скла.

У випадку заряджання лужних акумуляторів:

$$H_2 = 0,5 \cdot \eta_r (I_1 n_1 + I_2 n_2 + I_3 n_3 + \dots + I_n n_n). \quad (4.34)$$

Тут  $\eta_r$  — коефіцієнт, що враховує величину зарядного струму і приймається рівним 0,85 при заряджанні акумулятора постійним струмом та 0,25 — при заряджанні струмом, що спадає за величиною.

Кількість луку, що виділяється, визначається за залежністю

$$X = 0,14 \cdot V_r; \quad X = 1,5 \cdot V_{H_2}, \quad (4.35)$$

де  $V_r, V_{H_2}$  — кількість газів та водню (відповідно), що виділяються з акумулятора, л/год.

Особливістю лужних акумуляторів є активна взаємодія водного розчину з вуглекислим газом повітря з утворенням карбонатів. Наявність їх викликає підвищення внутрішнього опору акумуляторів. Зростання карбонатів в 2,5—3 рази порівняно з нормою знижує ємність акумуляторів на 35—40%.

#### 4.3.4. РОЗРАХУНОК ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИХ ВИКИДІВ ДЛЯ ОДИНОЧНОГО ДЖЕРЕЛА АБО БЛИЗЬКО РОЗТАШОВАНИХ ОДИНОЧНИХ ДЖЕРЕЛ

**Нагріті газоповітряні суміші.** Значення гранично допустимих викидів (ГДВ), г/с для нагрітої газоповітряної суміші з одиночного (точкового) джерела з круглим отвором або групи таких близько розташованих одиночних джерел у випадках, коли фонові концентрації суміші, що розглядається  $C_{\phi}^*$ , встановлена як незалежна від швидкості та

\* У випадках, коли значення фонові концентрації деталізовані за швидкістю та напрямком вітру або за територією, врахування  $C_{\phi}$  проводиться у відповідності з "Тимчасовими вказівками з визначення фонових концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі для нормування викидів та встановлення ГДВ", а також встановлюється за даними спостережень. В інших випадках фон враховується розрахунковим шляхом з використанням даних інвентаризації викидів всіх існуючих джерел шкідливої речовини, що розглядається, та інших речовин, що мають з нею ефект суматції за шкідливою дією.

напрямку вітру і постійна на території району, що розглядається, визначається за формулою

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_{\phi}) H^2 \sqrt{V_1 \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}, \quad (4.36)$$

де  $A$  — коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери та визначає умови горизонтального розсіювання атмосферних домішок,  $c^{2/3} \cdot \text{мг} \cdot \text{град}^{1/3} / \text{г}$ ;

$F$  — безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосфері;

$m, n$  — безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду;

$H$  — висота джерела викиду над рівнем землі, м;

$\Delta T$  — різниця між температурою газоповітряної суміші  $T_s$ , що викидається, та температурою навколишнього повітря  $T_n$ , °C;

$V_1$  — об'єм газоповітряної суміші,  $\text{м}^3 / \text{с}$ ;

$$V_1 = \frac{\eta \cdot D^2}{4} \omega_0, \quad (4.37)$$

де  $D$  — діаметр отвору джерела викиду, м;

$\omega_0$  — середня швидкість виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду, м/с;

$\eta$  — безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості на розсіювання домішок.

Розрахунок ГДВ проводиться наступним чином:

— Коефіцієнт  $A$  вибирається для несприятливих метеорологічних умов, при котрих концентрації шкідливих речовин в атмосфері від джерела викиду сягають максимальних значень.

— Значення  $V_1$  та  $T_s$  визначаються шляхом технологічних розрахунків або приймаються згідно з діючими для даного виробництва нормативами.

1. При очищенні викидів від шкідливої речовини, що розглядається, ГДВ повинні прийматися за вмістом цієї речовини в газоповітряній суміші після проходження очисних пристроїв;

2. При розрахунку ГДВ повинні прийматися менші значення  $V_1$  та  $T_s$ , що реально сумісно спостерігалися протягом року при ustalених (звичайних) умовах функціонування підприємства.

— Значення  $\Delta T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) слід визначати, приймаючи температуру повітря  $T_n$  рівною його середній температурі о 13 годині найбільш спекотного місяця.

1. При визначенні значення  $T_n$  повинні враховуватися підсмоктування повітря та охолодження викидів у випадку застосування мокрого пило- та газоочищення;

2. Для котелень, що працюють за опалювальним графіком, допускається при розрахунках приймати значення  $T_n$  рівними середній температурі повітря за самий холодний період.

— Значення безрозмірного коефіцієнта набувають наступних значень: для газоподібних шкідливих речовин та дрібнодисперсних аерозолів, швидкість впорядкованого осідання найбільш крупних фракцій котрих не перевищує 3—5 см/с — 1,0;

для крупнодисперсного пилу та золи при середньому експлуатаційному коефіцієнті очищення: не менше 90% — 2,0; 75—90% — 2,5; не менше 75% або за відсутності очищення — 3,0.

Незалежно від ефективності пиловловлювальних пристроїв значення коефіцієнта приймається рівним 3,0 також при розрахунках розсіювання пилу в атмосфері для виробництв, у котрих викиди пилу супроводжуються виділенням водяної пари в кількості, достатній для інтенсивної її конденсації протягом всього року зразу ж після виходу в атмосферу, а також коагуляції вологих пилових часток.

— Значення безрозмірного коефіцієнта  $m$  визначається в залежності від параметра  $f$ ,  $\text{м}\cdot\text{с}^{-2}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$  за формулою

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}, \quad (4.38)$$

де  $f$  розраховується за залежністю

$$f = 10^3 \frac{\omega_0^2}{H^2 \Delta T}. \quad (4.39)$$

6. Значення безрозмірного коефіцієнта  $n$  визначається за наступними рівняннями в залежності від параметра  $V_n$ :

$$\text{якщо } V_n \leq 0,3; \quad n=3; \quad (4.40)$$

$$\text{якщо } 0,3 \leq V_n \leq 2;$$

$$n = 3 - \sqrt{(V_n - 0,3)/(4,36 - V_n)}; \quad (4.41)$$

$$\text{якщо } V_n > 2; \quad n=1. \quad (4.42)$$

При цьому  $V_n$  визначається з виразу:

$$V_n = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}}. \quad (4.43)$$

— Безрозмірний коефіцієнт  $\eta$  приймається рівним одиниці, якщо в радіусі п'ятдесяти висот труб  $H$  від джерела перепад відміток місцевості не перевищує 50 м на 1 км. В інших випадках поправка на рельєф встановлюється на підставі картографічного матеріалу, що висвітлює рельєф місцевості в радіусі п'ятдесяти висот труб від джерела, але не менше 2 км.

— Якщо в районі розташування джерела викидів (підприємства) можна виявити окремі ізольовані перепони, витягнені в одному напрямку (пасма, гребені, балки, виступи), то коефіцієнт  $\eta$  розраховується наступним чином:

$$\eta = 1 + \varphi_1 \left( \frac{|x_0|}{a_0} \right) \cdot (\eta_m - 1), \quad (4.44)$$

де  $\eta_m$  — визначається за табл. 4.17 в залежності від форм рельєфу, поперечні перетини котрих подано на рис. 4.8, та безрозмірних величин  $n_1 = H/h_0$  і  $n_2 = a_0/h_0$ , де  $n_1$  визначається з точністю до десятих, а  $n_2$  — з точністю до цілих.

Таблиця 4.17

Значення  $\eta_m$  в залежності від  $n_1$  і  $n_2$ 

$n_1$	$n_2$								
	6—9	10—15	16—20	6—9	10—15	16—20	6—9	10—15	16—20
	Балка (впадина)			виступ			Гребінь (пагорб)		
0,5	2,0	1,6	1,3	1,8	1,5	1,2	1,5	1,4	1,2
0,6—1,0	1,6	1,5	1,2	1,5	1,3	1,2	1,4	1,3	1,2
1,0	1,5	1,4	1,1	1,4	1,2	1,1	1,3	1,2	1,0

Прийняті позначення:  $H$  — висота джерела;  $h_0$  — висота (глибина) перепони;  $a_0$  — напівширина пасма, гребеня, балки або протяжність бічного схилу виступу;  $a_0$  — відстань від середини перепони (для пасма або балки) та від верхньої кромки схилу (для виступу) до джерела згідно з рис. 4.4. Значення функції  $\varphi_1(|x_0|/a_0)$  визначається за відповідним графіком на рис. 4.4, розташованим над поперечними перетинами вказаної форми рельєфу. Якщо джерело розташоване на верхньому плато виступу, то в якості аргумента функції  $\varphi_1$  замість  $|x_0|/a_0$  приймається  $x_0/a_0$ , як показано на рис. 4.4.

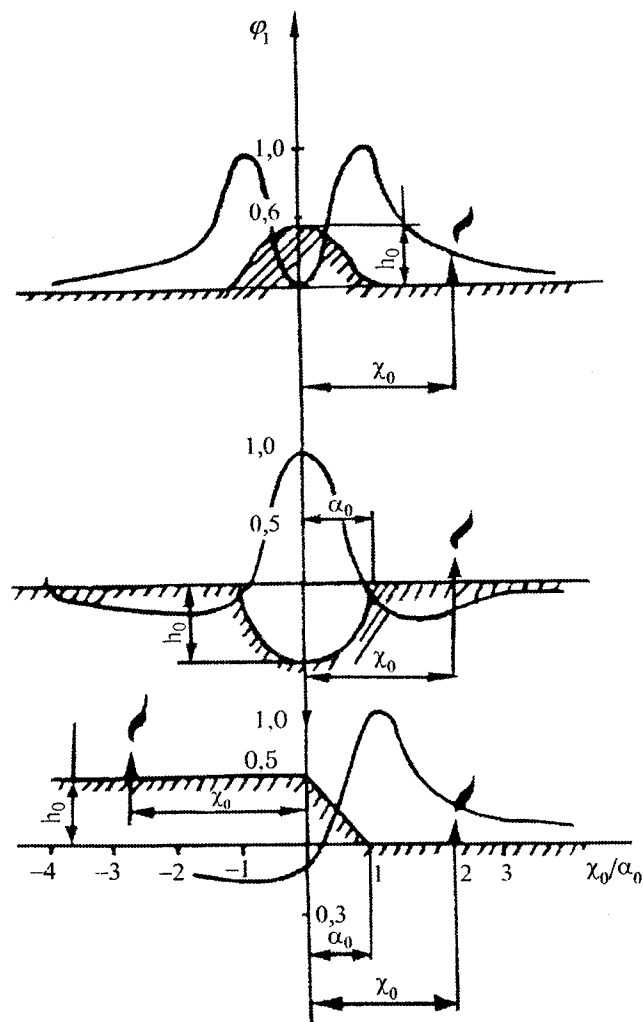


Рис. 4.4. Форма поперечного перетину рельєфу та вид функції

Якщо перепона являє собою пасма (балки), витягнені в одному напрямку, то параметри  $h_0$  та  $a_0$  визначаються для поперечного перетину,

перпендикулярного цьому напрямку. Якщо ізолювана перепона являє собою окремі пагорби або впадини, то  $h_0$  вибирається таким, що відповідає максимальній (мінімальній) відмітці перепони, а  $n_2$  — максимальній крутизні схилу, зверненого до джерела.

Якщо джерело викиду потрапляє в зону впливу декількох ізолюваних перепон, то слід визначити поправкові коефіцієнти для кожної окремої перепони і використати максимальні. У випадках, коли перепони мають більшу крутизну ( $n_2 \leq 5$ ), а також коли рельєф місцевості настільки складний, що не вдається виділити залежності поправки  $\eta$  від віддалі джерела до перепони з врахуванням згасання їх впливу, поправки на рельєф встановлюються геофізичною обсерваторією.

**Холодна газоповітряна суміш.** Величина ГДВ для випадку холодної газоповітряної суміші за всіх інших умов, однакових з розглянутими вище, визначається за формулою

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_{\phi}) N^{4/3}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} 8V_1, \quad (4.45)$$

Залежність значень коефіцієнта  $A$  від розташування джерела на території країни така ж, як і у випадку нагрітих викидів.

Безрозмірний коефіцієнт  $n$  визначається за виразами (4.40)—(4.42) в залежності від значення параметра  $V_M$ , м/с, що розраховується за формулою

$$V_M = 1,3 \frac{\omega_0 \cdot D}{H}. \quad (4.46)$$

Якщо різниця температур  $\Delta T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) близька до нуля або при розрахунках за виразом (3.49) параметр  $i$  перевищує  $100 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ , то для таких викидів ГДВ розраховуються так само, як і для холодних викидів, оскільки початкове перегрівання  $\Delta T$  не справляє суттєвого впливу на початкове піднімання факела та розсіювання викидів в атмосфері.

**Джерела з прямокутним устям.** Величина ГДВ для випадку викидів з джерела з прямокутним устям визначається залежностями (4.36—4.44), але при  $D = D_e$  та  $V_i = V_{ic}$ . При цьому ефективний діаметр устя джерела  $D_e$  визначається за формулою

$$D_e = \frac{2L \cdot b}{L + b} \quad (4.47)$$

де  $L$  — довжина устя, м;  
 $b$  — ширина устя, м.

Ефективний об'єм газоповітряної суміші  $V_{1e}$ , що викидається в атмосферу, в цьому випадку визначається за формулою

$$V_{1e} = \frac{\pi \cdot L^2 b^2 \omega_0}{(L + b)^2}. \quad (4.48)$$

Для джерела з квадратним устям ( $L=b$ ) ефективний діаметр  $D_e$  дорівнює довжині сторони квадрата.

**Викиди з одиночного аераційного ліхтаря.** Значення ГДВ для випадку викидів з одиночного аераційного ліхтаря визначається за формулою:

$$ГДВ = \frac{ГДВ_0}{S_3}, \quad (4.49)$$

де  $ГДВ_0$  — значення ГДВ, розраховане за рівнянням (4.36) або (4.45) при  $D=D_e$  та  $V_1=V_{1e}$ . Значення  $D_e$  для випадку аераційного ліхтаря знаходиться за залежністю:

$$D_e = \frac{2L \cdot V_1}{L^2 \omega_0 + V_1}. \quad (4.50)$$

де  $L$  — довжина аераційного ліхтаря, м;

$\omega_0$  — середня швидкість виходу газоповітряної суміші з аераційного ліхтаря, м/с.

Значення  $V_{1e}$  визначається за формулою

$$V_{1e} = \frac{\pi \cdot D_e^2}{4} \omega_0. \quad (4.51)$$

Безрозмірний коефіцієнт  $S_3$  визначається за рівнянням:

$$S_3 = \frac{1 + 0,45L/x'_M}{1 + 0,45L/x'_M + 0,1(L/x'_M)^2}. \quad (4.52)$$

Величина  $x'_M$  — це відстань  $x_M$  від одиночного точкового джерела з  $D=D_e$  та  $V_1=V_{1e}$ , на котрій при несприятливих метеорологічних умовах досягається максимальна концентрація. Рівняння для розрахунку  $x_M$  наведено вище.

**Одиночне джерело, з котрого викидається суміш шкідливих речовин постійного складу з сумарною шкідливою дією.** Для одиночного джерела, з котрого викидається суміш постійного складу шкідливих речовин з сумарною шкідливою дією, за залежностями (4.36), (4.45) та (4.49) спочатку визначається допоміжна величина — сумарний  $ГДВ=ГДВ_e$ , приведений до викиду однієї з речовин. Для цього у вказаних виразах потрібно використати ГДК цієї шкідливої речовини та сумарний фон  $C_\phi$ , приведений до цієї ж шкідливої речовини. Після цього з врахуванням складу викидів визначаються ГДВ окремих шкідливих речовин.

**Група  $N$  одиночних джерел різної висоти, розташованих поряд.** Визначення сумарного ГДВ для груп  $N$  одинарних джерел різної висоти, розташованих поряд, також визначається за рівняннями (4.36) або (4.45), якщо  $V_1 = V/N$  ( $V$  — загальний об'єм газоповітряної суміші, що викидається з усіх джерел, м<sup>3</sup>/с). Загалом розрахунок ГДВ для близько розташованих один від одного джерел (однакових точкових) не відрізняється від розрахунку ГДВ для одинарних джерел.

**Багатоствольна труба.** У випадку багатоствольної труби величина ГДВ зі всіх стволів розраховується наступним чином:

$$ГДВ = \frac{ГДК - C_\phi}{q_{m''} + d_1(q_{m''} - q_{m''})}, \quad (4.53)$$

де  $q_{m''}$  — приземна концентрація шкідливих речовин, мг/м<sup>3</sup>;

$q_{m''}$  — приземна максимальна концентрація шкідливих речовин, мг/м<sup>3</sup>, що також визначається за залежностями п. 3.7.6 при викиді шкідливих речовин  $M=1$  та діаметрі устя джерела  $D$ , що відповідає його ефективному діаметру  $D_e$ , котрий визначається за виразом:

$$D_e = \left( \frac{2 + N}{3} \right) D. \quad (4.54)$$

Об'єм газоповітряної суміші  $V_1$ , м<sup>3</sup>/с при цьому відповідає її ефективному об'єму, що розраховується за залежністю (4.51).

Безрозмірний коефіцієнт  $d_1$  визначається залежністю:

$$d_1 = \frac{l - D}{d_2 H - D}, \quad (4.55)$$

де  $L$  — середня відстань між центрами устів стволів, м;

$D$  — діаметр устя окремого ствола, м;

$d_2$  — безрозмірний коефіцієнт, що визначається за рівнянням

$$d_2 = 0,2 \cdot \left[ 0,3 \cdot \left( \frac{V'_M}{u'_M} \right) \cdot \sqrt[3]{f} + 0,17 \cdot \left( \frac{V'_M}{u'_M} \right)^3 \right], \quad (4.56)$$

в залежності від значень  $f$ ,  $V'_M$ ,  $u'_M$ , котрі визначаються з виразів (4.39), (4.43) або (4.46), (4.62—4.64) або (4.79) за параметрами викиду одного ствола.

**П р и м і т к а.** При  $l$ , що більше або менше  $d_2 H$ , ГДВ для багатоствольної труби повинні визначатися за параметрами викидів, характерними для кожного ствола.

#### 4.3.5. ВИЗНАЧЕННЯ ТИМЧАСОВО ПОГОДЖЕНИХ ВИКИДІВ ТА РОЗРАХУНОК ПОЛЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДЛЯ ВИПАДКУ ОДИНОЧНОГО ДЖЕРЕЛА

Значення тимчасово погоджених викидів (ТПВ) вибирається таким чином, щоб максимум приземної концентрації  $C_M$  був мінімальним з врахуванням конкретного викиду та несприятливих погодних умов.

Величина максимальної приземної концентрації шкідливих речовин від одиночного (точкового) джерела з круглим устям для викидання нагрітої газоповітряної суміші за несприятливих метеорологічних умов визначається наступним чином:

$$C_M = \frac{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (4.57)$$

де  $M$  — кількість шкідливої речовини, що викидається в атмосферне повітря за одиницю часу, г/с;

Всі інші позначення — ті ж, що і в попередньому розділі при встановленні тимчасово погоджених викидів.

Для визначення величини  $C_M$  необхідно розрахувати наступні параметри:

— Відстань, на котрій досягається максимальна концентрація  $C_M$ , що визначається як

$$x_M = dH, \quad (4.58)$$

а у випадку, коли  $F > 2$

$$x_M = \frac{5-F}{4} dH. \quad (4.59)$$

При викиданні нагрітої газоповітряної суміші безрозмірний коефіцієнт визначається за наступними виразами:

$$\text{при } V_M \leq 2 \quad d = 4,95 \cdot V_M (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}); \quad (4.60)$$

$$\text{при } V_M > 2 \quad d = 7 \sqrt[3]{V_M} (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}), \quad (4.61)$$

де значення  $V_M$  визначається за формулою (4.43).

— Значення небезпечної швидкості вітру  $u_M$  на рівні флюгера (приблизно 10 м від землі), при котрій має місце найбільше значення приземної концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі  $C_M$ , визначається за співвідношеннями:

$$\text{при } V_M \leq 0,5 \quad u_M = 0,5; \quad (4.62)$$

$$\text{при } 0,5 < V_M < 2 \quad u_M = V_M; \quad (4.63)$$

$$\text{при } V_M > 2 \quad u_M = V_M (1 + 0,12 \sqrt[3]{f}). \quad (4.64)$$

— Розподіл найбільших значень приземної концентрації  $C$  від точкового джерела в залежності від  $x$  та  $y$  при несприятливих умовах стратифікації (для  $x \neq x_M$ ,  $y \neq y_M$ ) визначається за виразом

$$C = C_{MH} S_1 \left( \frac{x}{x_M} \right) \cdot S_2 \left( \frac{|y|}{x} \right), \quad (4.65)$$

де  $C_{MH}$  — максимальна концентрація при несприятливих умовах стратифікації та швидкості вітру  $u$ ;

$x_{MH}$  — відстань від джерела, на котрій досягається ця концентрація.

Значення  $C_{MH}$  та  $x_{MH}$  визначаються через  $C_M$  та  $x_M$  зі співвідношень:

$$C_{MH} = r C_M; \quad (4.66)$$

$$x_{MH} = x_M. \quad (4.67)$$

При цьому вважаємо, що початок системи координат знаходиться в площині  $(x, y)$  в горизонтальній підстилковій поверхні та співпадає з проекцією джерела на цю площину. Вісь  $x$  орієнтована за напрямком вітру, а вісь  $y$  скерована перпендикулярно до осі  $x$ .

— Безрозмірна величина  $r$  визначається в залежності від відношення  $u/u_M$  за наступними рівняннями:

$$\text{при } u/u_M \leq 1 \quad r = 0,67 \cdot (u/u_M) + 1,67 \cdot (u/u_M)^2 - 1,34 \cdot (u/u_M)^3; \quad (4.68)$$

$$\text{при } u/u_M > 1 \quad r = 3 \cdot (u/u_M) \cdot [2(u/u_M)^2 - (u/u_M) + 2]^{-1}. \quad (4.69)$$

— Безрозмірна величина  $p$  також визначається в залежності від відношення  $u/u_M$  за наступними залежностями:

$$\text{при } u/u \leq 0,25 \quad p = 3; \quad (4.70)$$

$$\text{при } 0,25 \leq u/u \leq 1 \quad p = 8,43(1 - u/u)^5 + 1; \quad (4.71)$$

$$\text{при } u/u > 1 \quad p = 0,32(u/u) - 0,68. \quad (4.72)$$

При оцінці забруднення атмосфери та встановленні ГДВ, ТПВ розрахункові швидкості вітру слід брати в межах  $0,5 - u_*$ , де  $u_*$  — швидкість вітру, заокруглена до цілих (м/с), середньорічна повторюваність перевищення котрої в даній місцевості — не менше 5%. Якщо  $u_* < u_M$ , та верхньою межею інтервалу швидкості вітру, що розглядається, є  $u_M$ .

— Безрозмірна величина  $S_1$ , що описує зміну концентрації вздовж осі факела, розраховується в залежності від відношення  $x/x_{MD}$  за виразами:

$$\text{при } x/x_{MD} \leq 1 \quad S_1 = 3(x/x_{MD})^4 - 8(x/x_{MD})^3 - 6(x/x_{MD})^2; \quad (4.73)$$

$$\text{при } 1 < x/x_{MD} \leq 8 \quad S_1 = \frac{1,13}{0,13(x/x_{MD})^2 + 1}; \quad (4.74)$$

$$\text{при } 1 < x/x_{MD} \leq 8 \text{ і } F = 1 \quad S_1 = \frac{x/x_{MD}}{3,58(x/x_{MD})^2 - 35,2(x/x_{MD}) + 120}; \quad (4.75)$$

$$\text{при } x/x_{MD} > 8 \text{ і } F = 2, 2,5 \text{ або } 3$$

$$S_1 = \frac{1}{0,1(x/x_{MD})^2 + 2,47(x/x_{MD}) - 17,8}. \quad (4.76)$$

**П р и м і т к а.** З навітряної сторони джерела викидів ( $x \leq 0$ ) значення концентрацій шкідливих речовин  $C$  приймаються рівними нулю.

7. Безрозмірний коефіцієнт  $S_2$  визначається в залежності від швидкості вітру та відношення  $y/x$  згідно з рівнянням

$$S_2 = \frac{1}{[1 + 8,4(y/x)^2 u] \cdot [1 + 28,2(y/x)^4 u^2]}. \quad (4.77)$$

**Максимальна приземна концентрація шкідливих речовин  $C_M$**  при викиданні холодної газоповітряної суміші з круглого устя одиночного джерела за несприятливих метеорологічних умов визначається згідно з залежністю

$$C_M = \frac{AMFm\eta D}{H^{4/3} 8V_1}. \quad (4.78)$$

Всі необхідні для розрахунку за виразом (4.78) позначення та співвідношення наведено вище.

Небезпечна швидкість вітру  $u_M$ , м/с при холодних викидах визначається при  $V_M \leq 2$ , м/с за рівняннями (4.64) та (4.65), а при  $V_M > 2$ , м/с — за формулою

$$u_M = 2,2V_M. \quad (4.79)$$

Безрозмірний коефіцієнт  $d$  при холодних викидах визначається за наступними виразами:

$$\text{при } V_M \leq 2 \quad d = 11,4 \cdot V_M; \quad (4.80)$$

$$\text{при } V_M > 2 \quad d = 16,1 \cdot V_M. \quad (4.81)$$

**Розрахунки характеристик приземного поля концентрацій** від викидів нагрітої або холодної газоповітряної суміші об'ємом  $V_p$ , м<sup>3</sup>/с з одиночних джерел з прямокутним устям виконуються за наведеними вище рівняннями (4.64) та (4.78) для точкового джерела при  $D=D_e$  та  $V_1=V_{1e}$ , що визначаються за співвідношеннями (4.47) та (4.48).

**Максимальні приземні концентрації для близько розташованих точкових джерел** з однаковими висотами, діаметрами устів, швидкостями виходу та перегріванням газоповітряної суміші. Для  $N$  близько розташованих точкових джерел з однаковими висотами, діаметрами устів, швидкостями виходу та нагріванням газоповітряної суміші максимальні приземні концентрації  $C_M$ , що відповідають ТПВ, розраховуються за тими ж рівняннями, що й для одиночних джерел. При цьому у згаданих виразах  $V_1$  замінюється на  $V/N$ , де  $V$  — сумарний об'єм газоповітряної суміші, що видаляється з  $n$  джерел, а  $N$  — сумарний викид шкідливих речовин від всіх джерел.

Максимальна концентрація  $C_M$  для аераційного ліхтаря, що досягається при вітрі вздовж осі факела, визначається за виразом

$$C_M = C_{M_0} S_3, \quad (4.82)$$

де  $C_{M_0}$  — максимальна приземна концентрація суміші від точкового джерела, розрахована за рівняннями (4.57) або (4.78) при  $D=D_0$ , що визначається за відношенням (4.50) та  $V_{Ie}$  — за (4.51);  $S_3$  — знаходиться за залежністю (4.52).

У випадку довільного напрямку вітру при розрахунку концентрації речовини, що викидається з аераційного ліхтаря довжиною  $L$  в точці, розташованій на віддалі  $x$  від його центру, ліхтар розбивається на  $N_1$  однакових ділянок, кожна з котрих замінюється одинарним (точковим) джерелом, що знаходиться в центрі ділянки. Значення  $N_1$  знаходиться з виразу і округляється до найближчого більшого цілого числа

$$N_1 = \frac{5L\sqrt{u}}{x}. \quad (4.83)$$

Для кожного з одинарних джерел значення приземної максимальної концентрації шкідливих речовин  $C_M$  визначається за рівнянням

$$C_M = C_M' / N. \quad (4.84)$$

Відстань  $x_M$ , на котрій досягається максимальна концентрація шкідливих речовин  $C_M$ , визначається за співвідношенням

$$x_M = x_M'. \quad (4.85)$$

Небезпечна швидкість вітру  $u_M$  визначається з рівності

$$u_M = u_M'. \quad (4.86)$$

Значення  $C_M'$ ,  $\text{мг/м}^3$ ,  $x_M'$ ,  $\text{м}$  та  $u_M'$ ,  $\text{м/с}$  приймаються рівними відповідно максимальній концентрації шкідливих речовин  $C_M$ , відстані  $x_M$  та небезпечній швидкості вітру  $u_M$  для одиночного точкового джерела з круглим устям діаметром  $D_0$  та об'ємом газоповітряної суміші  $V_{Ie}$ , що викидається.

**Визначення ГДВ та ТПВ для окремого джерела.** При визначенні ГДВ та ТПВ для окремого джерела слід встановити його зону впливу. Радіус цієї зони приблизно оцінюється як найбільше з двох значень  $x_1$  та  $x_2$ . В цьому випадку  $x_1 = 10x_M$ , де  $x_M$  визначається за рівняннями (4.58) та (4.59), при цьому  $x_1$  відповідає віддалі, на котрій  $C$  складає приблизно 5%

від  $C_M$ . Величина  $x_2$  визначається як віддаль, починаючи з котрої  $C \leq 0,05 \text{ГДК}$ , де  $C_M$  та  $C$  задаються виразами (4.57) та (4.78). Значення  $x_2$  знаходять графічно як розв'язок рівняння

$$S_1(x_2/x_M) = 0,05 \text{ГДК} / C_M. \quad (4.87)$$

Для цього на рис. 4.5 по осі ординат  $S_1$  відкладається відношення  $0,05 \text{ГДК} / C_M$  та проводиться лінія, паралельна осі абсцис, до її перетину з кривою 1 (для легкої фракції) або 2 (для важкої фракції). Точки перетину цієї лінії з кривими вважаються максимумом величини  $S_1$ . З точки перетину опускається перпендикуляр на вісь абсцис. Після цього отримане значення  $x/x_M$  множиться на  $x_M$  та визначається значення  $x_2$ , що шукається. Якщо  $C_M \leq 0,05 \text{ГДК}$ , то  $x_2$  вважається рівним 0.

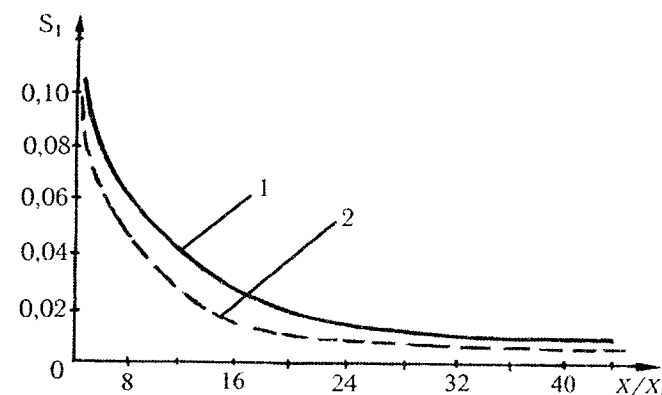


Рис. 4.5. Залежність функції  $S_1$  від безрозмірного аргументу  $x/x_M$ :  
1 — для легкої домішки ( $F=1$ ); 2 — для важкої суміші

**Визначення максимальної концентрації суміші при викиді через багатоствольну трубу.** Значення максимальної концентрації суміші  $C_M$  при викиді через багатоствольну трубу ( $N$  стволів) знаходять наступним чином:

$$C_M = C_M'' + d_1(C_M' - C_M''). \quad (4.88)$$

Відповідні значення віддалі  $x_M$  та небезпечна швидкість вітру  $u_M$ , при котрих досягається максимальна концентрація, визначаються за залежностями



$$x_M = x_M'' + d_1(x_M' - x_M''); \quad (4.89)$$

$$u_M = u_M'' + d_1(u_M' - u_M''), \quad (4.90)$$

де  $C_M'$  — максимальна концентрація шкідливої речовини, що визначається при значеннях параметрів викиду для одного ствола та викиді  $M$ , що є рівним сумарному викиду зі всіх стволів;

$x_M$  та  $u_M$  — відповідно віддаль, на котрій спостерігається максимальна концентрація шкідливих речовин  $C_M'$  та небезпечна швидкість вітру  $u_M$  при параметрах викидів для одного ствола;

$C_M'$  — максимальна концентрація суміші, мг/м<sup>3</sup>, що визначається при викиді  $M$ , що є рівним сумарному викиду з усіх стволів, і значення  $D$ , рівне ефективному діаметру устя джерела викиду  $D_e$ , що розраховується за виразом (4.54).

Об'єм газоповітряної суміші  $V_l$ , що викидається, при цьому вважається рівним її ефективному об'єму  $V_{le}$ , що визначається за залежністю (4.51);  $x_M$  та  $u_M$  — відповідно віддаль, на котрій спостерігається максимальна концентрація  $C_M'$  та небезпечна швидкість вітру, що визначаються за залежностями (4.58), (4.59), (4.62) та (4.63) при  $D=D_e$ ,  $V_l=V_{le}$ . Безрозмірні коефіцієнти  $d_1$  та  $d_2$  визначаються за виразами (4.55) та (4.56).

**П р и м і т к а.** При  $l$ , що більше або рівне  $d_2 H$ , для багатоствольної труби в розрахунках повинні прийматися значення  $C_M = C_M'$ ,  $x_M = x_M'$ ,  $u_M = u_M'$ .

У випадку, коли  $C_M + C_\phi$  (де  $C_\phi$  — фонові концентрації) значно перевищує ГДК і необхідно знизити значення  $C_M$  до деякого значення  $C_M^0$ , при знайденому ТПВ необхідно проаналізувати, за рахунок яких параметрів викиду, в тому числі і висоти труби, можна досягти зниження концентрації викидів.

#### 4.3.6. ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТИ ТРУБИ АБО ВИСОТИ РОЗТАШУВАННЯ ВИТЯЖНОГО КАНАЛУ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

При розробці заходів щодо скорочення викидів не рекомендується передбачати викиди шкідливих речовин через велику кількість низьких труб, вентиляційних шахт, дефлекторів, аераційних ліхтарів тощо. Необхідно спрямувати ці викиди в якомога меншу кількість труб, висота котрих  $H$

не менше, ніж в 2,5 рази повинна перевищувати висоту прилеглих до них будівель в радіусі 4—5  $H$ .

Значення висоти викиду (труби)  $H$  при знайденому викиді шкідливих речовин  $M$  — ГДВ, при котрій забезпечуються значення суми максимальних приземної та фонові концентрацій шкідливої речовини, що не перевищують ГДК, визначається наступним чином.

Значення  $H$  визначається приблизно, коли викид розглядається як холодний:

$$H = \left[ \frac{AMFD}{8V_1(\text{ГДК} - C_\phi)} \right]^{3/4}. \quad (4.91)$$

Якщо розрахованому за цим рівнянням значенню  $H$  відповідає значення  $V_M > 2$  м/с, де  $V_M$  визначається за виразом (4.46), і, крім того,

$H < \omega_0 \sqrt{10D/\Delta T}$ , то отримане значення  $H$  є шуканою мінімальною висотою викиду, що не вимагає подальшого уточнення. Якщо ж знайденому в першому наближенні значенню  $H$  відповідає значення  $V_M < 2$  м/с, то необхідно уточнити отримане значення  $H$ . Для цього необхідно знайти безрозмірний коефіцієнт  $n$  в залежності від значення  $V_M$  за виразами (4.40)—(4.42). Потім мінімальна висота викиду уточнюється згідно з рекурентною залежністю:

$$H_{i+1} = H_i \left( \frac{n_i}{n_{i-1}} \right)^{3/4}, \quad (4.92)$$

де  $n_i, n_{i-1}$  — значення коефіцієнта  $n$ , знайдені відповідно за значеннями  $H_i$  та  $H_{i-1}$ .

Значення  $H$  слід уточнювати до тих пір, доки два послідовно знайдені значення  $H_i$  та  $H_{i-1}$  практично не будуть відрізнятися одне від одного.

Якщо при цьому розраховане значення  $H$  менше або рівне  $\omega_0 \sqrt{10D/\Delta T}$ , то воно визначає шукану висоту трубу.

Якщо знайдене значення  $H$  більше  $\omega_0 \sqrt{10D/\Delta T}$ , або для даного типу джерела це перевищення очевидне, то для визначення попереднього значення висоти викидів (труби) використовується залежність

$$H = \sqrt{\frac{AMF}{(ГДК - C_{\phi})^2 V_1 \Delta T}} \quad (4.93)$$

За розрахунковим значенням  $H$  визначаються значення  $f$  та  $V_M$ , і уточнюється добуток безрозмірних коефіцієнтів  $m$  та  $n$ . Подальший розрахунок  $H$  викидів (труби) виконується за формулою

$$H_{i+1} = H_i \sqrt{\frac{m_i n_i}{m_{i-1} n_{i-1}}}, \quad (4.94)$$

де  $m_i$  та  $n_i$  відповідають  $H_i$ , а  $m_{i-1}$ ,  $n_{i-1}$  —  $H_{i-1}$ .

Якщо джерело викидає декілька різних шкідливих речовин, то при встановленні ГДВ за мінімальну висоту викиду повинне прийматися найбільше із значень  $H$ , котрі визначені для кожної шкідливої речовини зокрема та для кожної групи речовин з ефектом сумачії за шкідливим впливом.

Зокрема, якщо з труби викидається дві шкідливі речовини, для котрих значення  $M$ ,  $F$ ,  $ГДК$  і  $C_{\phi}$  відповідно рівні  $M_1$ ,  $F_1$ ,  $ГДК_1$ , та  $C_{\phi 1}$  і  $M_2$ ,  $F_2$ ,  $ГДК_2$ , і  $C_{\phi 2}$ , то при

$$F_1 M_1 (ГДК_1 - C_{\phi 1})^{-1} > F_2 M_2 (ГДК_2 - C_{\phi 2}), \quad (4.95)$$

величина  $H$  визначається за викидом першої шкідливої речовини, а при

$$F_1 M_1 (ГДК_1 - C_{\phi 1})^{-1} < F_2 M_2 (ГДК_2 - C_{\phi 2}), \quad (4.96)$$

знаходиться за викидом другої шкідливої речовини.

#### 4.3.7. ОЧИЩЕННЯ ВИКИДІВ В АТМОСФЕРУ

**Методи та засоби очищення викидів в атмосферу.** Однією з особливостей атмосфери є її здатність до самоочищення. Самоочищення атмосферного повітря відбувається внаслідок сухого та мокрого випадання домішок, абсорбції їх землею поверхнею, поглинання рослинами, переробки бактеріями, мікроорганізмами та іншими шляхами. Садіння дерев та кущів сприяє очищенню повітря від пилу, оксидів вуглецю, діоксидів сірки та інших речовин. Найкращі поглинальні властивості стосовно діоксиду сірки має тополя, липа, ясен. Одне доросле дерево липи може акумулювати протягом доби десятки кілограмів діоксиду сірки, перетворюючи його в нешкідливу

речовину. Велика роль в очищенні атмосферного повітря належить ґрунтовим бактеріям та мікроорганізмам. Однак можливості природи щодо самоочищення обмежені, що слід враховувати при розробці нормативів ГДВ.

Валивим показником є ступінь очищення викидів від шкідливих речовин  $K_{оч}$ :

$$K_{оч} = M_{\kappa} / M_{\text{заг}}, \quad (4.97)$$

де  $M_{\kappa}$  — маса шкідливих речовин, які вловлюються в очисному пристрої;

$M_{\text{заг}}$  — загальна маса шкідливих речовин у викидах.

Ступінь очищення повинен визначатися за кожною забруднюючою речовиною. Ступінь очищення поділяється на проектний та фактичний, а за рівнем — на максимальний та експлуатаційний.

Для оцінки забезпеченості підприємств очищенням в часі використовується коефіцієнт забезпеченості технологічних процесів газоочищенням:

$$K_{\text{го}} = T_{\text{го}} / T_{\text{мо}}, \quad (4.98)$$

де  $T_{\text{мо}}$  — час роботи технологічного обладнання;

$T_{\text{го}}$  — час роботи газоочисних установок.

За несприятливих метеорологічних умов, коли викиди із забрудненнями можуть бути шкідливими для здоров'я населення, підприємства повинні знизити викиди шкідливих речовин за рахунок технічних засобів або повної (часткової) зупинки джерел забруднення.

Сучасні вимоги до якості та ступеня очищення викидів досить високі. Для їх дотримання необхідно використовувати технологічні процеси та обладнання, котрі знижують або повністю виключають викид шкідливих речовин в атмосферу, а також забезпечують нейтралізацію утворених шкідливих речовин; експлуатувати виробниче та енергетичне обладнання, котре виділяє мінімальну кількість шкідливих речовин; закрити невеликі котельні та підключити споживачів до ТЕЦ; застосовувати антиоксидантні присадки, перевести теплоенергетичні установки з твердого палива на газ.

Способи очищення викидів в атмосферу від шкідливих речовин можна об'єднати в наступні групи:

- очищення викидів від пилу та аерозолів шкідливих речовин;
- очищення викидів від газоподібних шкідливих речовин;
- зниження забруднення атмосфери вихлопними газами від двигунів внутрішнього згорання транспортних засобів та стаціонарних установок;

— зниження забруднення атмосфери при транспортуванні, навантаженні і вивантаженні сипких вантажів.

Для очищення викидів від шкідливих речовин використовуються механічні, фізичні, хімічні, фізико-хімічні та комбіновані методи.

Механічні методи базуються на використанні сил ваги (гравітації), сил інерції, відцентрових сил, на використанні сепарації, дифузії, захоплювання тощо.

Фізичні методи базуються на використанні електричних та електро-статичних полів, охолодження, конденсації, кристалізації, поглинання.

В хімічних методах використовуються реакції окислення, нейтралізації, відновлення, каталізації, термоокислення.

Фізико-хімічні методи базуються на принципах сорбції, (абсорбції, адсорбції, хемосорбції), коагуляції та флотації.

**Гравітаційні пилоочисні камери** працюють за принципом зниження швидкості руху газів до рівня, коли пил та частинки рідини осідають під впливом сил ваги. Ефективність роботи пилоочисних камер визначається за діаметром частинок, котрі осаджуються:

$$d = \left( \frac{18\mu \cdot H \cdot v}{gL(\rho_p - \rho_g)} \right)^{1/2}, \quad (4.99)$$

де  $d$  — діаметр частинок, які осаджуються;

$\mu$  — кінематична в'язкість газу;

$H$  — висота камери;

$v$  — швидкість течії газу;

$g$  — гравітаційне прискорення;

$L$  — довжина камери;

$\rho_p$  — густина частинок;

$\rho_g$  — густина газу.

Гравітаційні пилоосаджувальні камери — це порожнинна або з полицями коробка з листової сталі з бункером для збирання пилу. Довжина коробки

$$L = \frac{H v}{v_{oc}}, \quad (4.100)$$

де  $H$  — висота камери;

$v_g$  — швидкість руху газу;

$v_{oc}$  — швидкість, з якою пил випадає в бункер.

При зниженні висоти камери процес очищення поліпшується, тому порожнину камери розділяють полицями, котрі проектується під кутом або з можливістю регулювання. Гравітаційні пилоосаджувальні камери придатні для осадження частинок пилу діаметром понад 50 мкм. Гідравлічний опір гравітаційних камер лежить в межах 50—150 Па. Швидкість газу — 0,2—1,5 м/с. Камери забезпечують ступінь очищення не більше 50%, тому їх використовують в якості попереднього ступеня пиловловлювання.

**Інерційні сепаратори** працюють на принципі різкої зміни напрямку потоку газів. В місцях зміни напрямку відбувається осідання твердих частинок забруднюючих речовин. Сепаратори дозволяють осаджувати частинки діаметром 25—30 мкм. Інерційні газоочисники мають продуктивність від 45 до 582 м³/год. До цього типу можна віднести і жалюзійні пиловловлювачі, котрі мають гідравлічний опір 100—400 Па, допускають температуру газу, що очищається, до 450 °С, швидкість на підході до решітки — 15—25 м/с.

**Циклонні сепаратори** працюють на принципі використання відцентрового ефекту. Відокремлення твердих частинок в них відбувається під дією відцентрової сили, значення котрої визначається за формулою

$$P_u = \frac{A \rho_p d^3 v_m^2 r^{2n}}{R^{2n+1}} H, \quad (4.101)$$

де  $A$  — постійний безрозмірний коефіцієнт;

$\rho_p$  — густина частинок;

$d$  — діаметр частинок;

$v_m$  — тангентальна складова швидкості руху частинок;

$r$  — радіус частинок;

$R$  — радіус установки;

$n$  — постійна, яка залежить від радіуса установки і робочої температури;

$H$  — висота циклона.

Практично використовуються наступні типи циклонних сепараторів: — горизонтальні пиловловлювачі, котрі працюють за принципом надання газам вихороподібного кругового руху за допомогою вертушки з системою невідхилюваних лопатей;

— вертикальні сепаратори, що працюють за принципом подавання газу зверху через горизонтально встановлену кільцеву крильчатку, котра надає газові обертового руху; тверді частинки осідають на дні, а очищений газ відводиться через центральну трубу;

— вертикальні сепаратори з тангенціально розташованою вхідною частиною. В цьому сепараторі затриманий газ надходить збоку або знизу і набуває тангенціального руху, котрий виносить тверді частинки до стінок, а потім в пиловбирачі;

— ротаційні струменеві пиловловлювачі, котрі є різновидом відцентрового циклонного сепаратора, в котрому вихороподібність руху газу посилена тангенціальним повітряним потоком. В них пил під дією гравітаційних сил падає на дно пиловбирача.

**Апарати мокрого очищення газів від пилу** працюють на принципі промивання газів. Ці види очисних пристроїв застосовуються на дільницях фарбування виробів, нанесення полімерних покриттів, у замкнених системах повітрокористування. Такі пристрої дозволяють очищати гази від дрібних механічних забруднень. Існує велика кількість апаратів мокрого очищення газів. Застосовуються і прості водяні завіси, через котрі пропускаються забруднені потоки повітря.

За принципом роботи апарати мокрого очищення газів поділяються на порожнинні і насадкові, барботажні та пінні, ударно-інерційні, відцентрові, динамічні та турбулентні промивачі.

Порожнинні та насадкові апарати-скрубери працюють за принципом пропускання газів через потік розпиленої розбризканої або стікаючої по насадках води. Швидкість потоку газів не перевищує 1—1,2 м/с, гідравлічний опір апаратів не перевищує 250 Па. Витрата води складає до 10 м<sup>3</sup> на 1 м апарата. Найбільш повно скрубери видаляють частки розміром більше 10 мкм. Недоліком скрубєрів є часте забивання отворів розпилювачів.

При роботі барботажних та пінних апаратів забруднені гази проходять через шар рідини або піни. Апарати мають великий гідравлічний опір (до 2000 Па). Вони дозволяють вловлювати частки розміром до 2 мкм. Продуктивність апаратів конструкції ЛТІ — від 2 до 45 тис. м<sup>3</sup>/год, швидкість проходження газів — до 2 м/с, ступінь очищення — до 99%.

**Апарати ударно-інерційного типу** працюють за принципом інерційного осаджування механічних забруднень під час зміни напрямку газового потоку над поверхнею рідини. Найбільшого застосування набули статичні пиловловлювачі типу ПВМ, ротоклони та скрубери ударної дії. Продуктивність ударно-інерційних апаратів — 2500—90 000 м<sup>3</sup>/год.

Швидкість потоку газу — до 56 м/с, ступінь очищення — до 98%. Витрата води — 0,8—4 м<sup>3</sup>/год. на 1000 м<sup>3</sup> газу.

**Відцентрові апарати мокрого очищення газів** працюють за принципом завихрення газів спеціальними лопатками або за рахунок тангентального підведення газу з одночасним зрошенням з форсунок. Їх використовують для очищення димових газів з великим вмістом сірчаних газів, забезпечуючи ступінь очищення до 90%. Використовуються також динамічні та турбулентні промивачі.

При роботі **електростатичних установок** очищувані гази пропускають через електростатичне поле високої напруги (до 50 кВ), створюване спеціальними електродами. При проходженні через електричне поле частинки набувають негативного заряду і притягуються до електродів, котрі з'єднані з землею, тому мають позитивний заряд відносно частинок. Для очищення електродів передбачена спеціальна механічна система. Електростатичний метод очищення газів дозволяє вловлювати частинки розміром до 0,1 мкм. Початкові видатки для виготовлення електростатичних фільтрів вищі, ніж для апаратів інших типів, однак експлуатаційні видатки нижчі. Споживання енергії цими пристроями складає 0,3—0,6 кВт на 10 000 м<sup>3</sup> газу.

В **пористих фільтрах** забруднені гази пропускають через тканину, сукно, повсть, синтетичні матеріали (нітрон, лавсан, хлорин), металеві сітки, гравій тощо. Ці фільтри забезпечують високу якість очищення. Основний їх недолік — зниження тиску газу після фільтрації, висока вартість експлуатації, часта заміна фільтрувальних елементів.

Найбільш поширеними апаратами для очищення газів від механічних частинок є рукавні фільтри, основним елементом котрих є рукавподібний мішок, натягнений на трубчасту раму. При проходженні газів через мішок пилові частинки залишаються на тканині. Видалення пилу з мішків здійснюється механічним витрушуванням, продуванням його в зворотному напрямку, очищенням струменями повітря, використанням низькочастотних акустичних генераторів для відокремлення твердих частинок від мішка.

Використовуються також **зернисті фільтри**, в тому числі з метало-кераміки, а також тканинні рулонні фільтри, котрі забезпечують високу якість очищення. Однак їх недоліком є невисока пилоємність та швидке засмічування.

В технологічних вентиляційних та енергетичних викидах на підприємствах найбільш часто зустрічаються діоксид сірки, оксиди азоту, оксиди та діоксиди вуглецю, мінеральні речовини від виробництва будівельних

матеріалів, сполуки металів, феноли, синтетичні матеріали, лакофарбові матеріали тощо.

Методи очищення викидів від газоподібних речовин за характером фізико-хімічних процесів з очищуваними середовищами поділяються наступним чином:

- промивання викидів розчинниками, що не сполучаються з забруднювачами (метод абсорбції);
- промивання викидів розчинами, що вступають в хімічне з'єднання з забруднювачами (метод хемосорбції);
- поглинання газоподібних забруднювачів твердими активними речовинами (метод адсорбції);
- поглинання та використання каталізаторів;
- термічна обробка викидів;
- осаджування в електричних та магнітних полях;
- виморожування.

**Метод абсорбції** базується на розділенні газоповітряної суміші на складові частини шляхом поглинання шкідливих компонентів абсорбентом. В якості абсорбентів вибирають рідини, здатні поглинати шкідливі домішки. Для видалення з викидів аміаку, хлористого та фтористого водню використовується вода. Один кілограм води здатний розчинити сотні грамів хлористого водню та аміаку. Сірчисті гази у воді розчиняються погано, тому витрата води у цьому випадку дуже велика. Для видалення з викидів ароматичних вуглеводнів, водяної пари та інших речовин застосовується сірчана кислота. Для здійснення процесу очищення газових викидів методом абсорбції застосовуються плівкові, форсунокові, трубчасті апарати — абсорбери. Об'ємна витрата рідини

$$V_p = m / (X_n - X_k), \quad (4.102)$$

де  $m$  — маса домішок, що підлягають видаленню;

$X_n, X_k$  — початкова і кінцева концентрації шкідливої домішки в рідині.

Площа контакту газу з рідиною:

$$F = m \cdot 10^3 / k_a \Delta p_{ср}, \quad (4.103)$$

де  $k_a$  — коефіцієнт абсорбції (масопередачі);

$\Delta p_{ср}$  — середня рушійна сила абсорбції.

Значення  $\Delta p_{ср}$  є вищим при зустрічному русі газу та рідини, ніж при русі в одному напрямку. Процес абсорбції повинен обов'язково

передбачати застосування десорбції — регенерації рідини з метою вилучення розчинених домішок.

**Метод хемосорбції** базується на поглинанні газів та пари рідкими і твердими поглиначами з утворенням хімічних сполук. Цей метод використовується при очищенні викидів від вентиляції гальванічних дільниць. При цьому розчинником для очищення викидів від хлористого водню є 3%-й розчин їдкого натру. Цей метод використовується також для очищення викидів від окисів азоту.

**Метод адсорбції** базується на селективному вилученні з газових сумішей шкідливих домішок за допомогою твердих адсорбентів. Найбільш широко в якості адсорбента застосовується активоване вугілля, іонообмінні смоли тощо.

Необхідна маса адсорбента визначається за формулою

$$M_a = V_a \cdot C \cdot t \cdot 10^3 / a_{ног}, \quad (4.104)$$

де  $V_a$  — об'ємна витрата газу, що очищається;

$C$  — концентрація домішки, яка видаляється;

$t$  — час адсорбції;

$a_{ног}$  — поглинальна здатність адсорбента.

Геометричні параметри адсорбента вибираються та розраховуються за номограмами або за аналітичними залежностями.

**Каталітичний метод** базується на перетворенні токсичних компонентів викидів у менш токсичні або нешкідливі за рахунок використання каталізаторів. Швидкість каталітичних реакцій можна визначити за рівнянням

$$v_k = K_p C_a C_b C_n \dots C_n, \quad (4.105)$$

де  $K_p$  — константа каталітичної реакції;

$C_a, C_b, C_n, C_n$  — концентрація речовин, які вступають в реакцію;

$a, b, n$  — послідовність реакції за відповідним компонентом.

В якості каталізаторів використовують платину, метали платинового ряду, окиси міді, двоокис марганцю, п'ятиокис ванадію тощо.

Каталітичний метод використовується для очищення викидів від окису вуглецю за рахунок її окислення до двоокису вуглецю.

**Термічний метод** базується на допалюванні та термічній нейтралізації шкідливих речовин у викидах.

Цей метод використовується тоді, коли шкідливі домішки у викидах спалимі. Термічний метод ефективний у випадку очищення викидів від лакофарбових та просочувальних дільниць. Системи термічного та вогневого знешкодження забезпечують ефективність очищення до 99%.

Загалом послідовність вибору типу очисних пристроїв та фільтрів наступна:

- виявлення характеристик викидів (температура, вологість, вид та концентрація домішок, токсичність, дисперсність тощо);
- визначення типу очисного пристрою або фільтра за витратою газу, необхідним ступенем очищення, можливостями виробництва та іншими факторами;
- знаходження робочої швидкості газів;
- техніко-економічний аналіз можливих варіантів очищення;
- розрахунок параметрів очисного пристрою;
- проектування та вибір очисного пристрою або фільтра.

При виборі засобів очищення викидів в атмосферу слід керуватися наступними рекомендаціями:

- сухі механічні способи та пристрої неефективні при видаленні дрібнодисперсного та липкого пилу;
- мокрі методи неефективні при очищенні викидів, в котрих містяться речовини, що погано злипаються і утворюють грудки;
- електроосаджувачі неефективні у випадку видалення забруднень з малим питомим опором і котрі погано заряджаються електрикою;
- рукавні фільтри неефективні для очищення викидів з липкими та зволоженими забрудненнями;
- мокрі скрубери не можна застосовувати для роботи поза приміщеннями в зимових умовах.

**Зниження забруднення атмосфери вихлопними газами від двигунів внутрішнього згорання.** У викидах двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) міститься понад 100 шкідливих сполук, котрі умовно можна розбити на шість груп:

- діоксид вуглецю, водяна пара, водень, кисень;
- оксид вуглецю;
- окиси азоту; окис азоту;
- вуглеводні;
- альдегіди;
- сажа.

При використанні в ДВЗ етилованих бензинів з вихлопними газами в атмосферу викидаються сполуки свинцю.

При згоранні 1 тонни бензину в атмосферу викидається, кг: оксидів вуглецю — 39,5; вуглеводнів — 34; оксидів азоту — 20; діоксиду сірки — 1,55; альдегідів — 0,93. При згоранні 1 тонни дизельного пального в атмосферу викидається, кг: оксиду вуглецю — 21; вуглеводнів — 20, оксидів азоту — 34; альдегідів — 6,8; сажі — 2.

Масовий склад викидів значною мірою залежить від режимів експлуатації та справності систем ДВЗ і своєчасності проведення регулювань.

На збільшення витрати пального та шкідливих речовин у вихлопних газах карбюраторних двигунів найістотніше впливають зношеність жиклерів карбюратора, порушення регулювання системи холостого ходу та регулювання рівня пального в карбюраторі, зношеність деталей прискорювального насоса, підвищення гідравлічного опору повітряного фільтра, неправильна установка запалювання, неправильна величина зазору в контактах переривача та їх забруднення, неправильна величина зазору в контактах переривача та їх забруднення, нагар на свічках запалювання, знижена температура охолоджувальної рідини, зношеність деталей кривошипно-шатунного механізму, порушення регулювання між клапанами та штовхачами тощо.

Згадані несправності збільшують витрату пального на 10%, а кількість шкідливих речовин у викидах — на 15—50%.

В дизельних ДВЗ на збільшення витрати пального та складу вихлопних газів впливають наступні несправності: зменшення тиску вприску, покриття голки форсунки смолистими відкладеннями, закоксовування сопел розпилювачів, зношеність плунжерних пар паливного насоса, засмічування повітроочищувача, зміна кута вприску, зниження температури охолоджувальної рідини, зношеність деталей паливного насоса, газорозподілу та шатунно-кривошипного механізму.

В залежності від виду несправності витрата пального в дизельних двигунах може збільшуватися до 20%, а кількість викидів шкідливих речовин — на 20—100%.

Зниження викидів шкідливих речовин ДВЗ можна досягти застосуванням наступних методів: рідинної та полум'яної нейтралізації; ежекційного допалювання; використанням каталізаторів; подачею повітря у випускний колектор; застосуванням антидимових фільтрів тощо.

Зниження вмісту шкідливих речовин у викидах ДВЗ можна забезпечити і за рахунок застосування присадок до пального — метанолу, водню, скрапленого газу та емульсій.

#### 4.4. ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ ВІД ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАБРУДНЕНЬ

##### 4.4.1. ЗНИЖЕННЯ ВІБРОАКУСТИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

За сучасних умов боротьба з шумом та вібрацією є технічно складною, комплексною та дорогою. Однією з причин підвищеного рівня шуму є вібрація (транспортна, транспортно-технологічна, технологічна). Основним методом зниження шуму та вібрації є їх зниження у джерелі виникнення, створення безшумних або мал шумних машин і технологічних процесів, транспортного і промислового устаткування ще на стадії проектування.

**Захист від шкідливого впливу шуму.** При проектуванні заходів щодо зниження акустичної активності джерел шуму розраховується очікувана величина шуму, розробляються заходи щодо зниження шуму до допустимого рівня.

Гігієністи вважають верхньою межею шуму для лікарень і санаторіїв 35 дБА, для квартир і навчальних приміщень — 40 дБА, стадіонів і вокзалів — 60 дБА.

Розрізняють два види нормування виробничого шуму: санітарно-гігієнічне і технічне. Перше регулює рівень шуму з огляду на його дію на організм людини. Норматив житлово-побутового шуму — 40 дБА вдень та 30 дБА — вночі. Технічне нормування стандартизує існуючі або очікувані шумові характеристики устаткування об'єкта. Друге повинне забезпечити вимоги першого.

Проблема зниження шумового забруднення довкілля є багатогалузевою, у вирішенні якої приймають участь спеціалісти широкого спектру: конструктори, лікарі-гігієністи, будівельники, архітектори, містобудівники, економісти тощо. В сучасних наукових дослідженнях щодо шумозахисту можна виділити основні аспекти:

— *санітарно-гігієнічний* — пов'язаний з вивченням гігієнічних умов проживання і стану здоров'я працівників, а також з особливостями впливу зовнішніх міських шумів на організм в цілому і на функції окремих органів і систем;

— *інженерно-технічний аспект* — пов'язаний з вивченням процесів шумоутворення від промислових установок і агрегатів, транспортних машин, технологічного та інженерного обладнання, а також з розробкою більш досконалих мал шумних конструктивних рішень, норм гранично допустимих рівнів шуму на верстати, агрегати, транспортні засоби тощо;

— *архітектурно-планувальний аспект* — пов'язаний з врахуванням вимог шумозахисту в проектах планування і забудови міст, житлових районів і мікрорайонів. Передбачається зниження рівня шуму шляхом застосування екранів, територіальних розривів, шумозахисних конструкцій, зонування і районування джерел і об'єктів захисту, захисних смуг озеленення;

— *будівельно-акустичний* — передбачає розробку для житлових будівель огорожувальних конструкцій з необхідними звукоізолювальними характеристиками — перекриттів, зовнішніх стін, вікон, квартир, балконних дверей, а також розробку нових типів житлових і громадських будівель, пристосованих до високих шумових навантажень;

— *економічно-соціальний* — пов'язаний з виявленням економічних і соціальних збитків, які завдаються шумом, населенню і об'єктам господарської діяльності, виявленням економічно доцільних напрямків зниження шумів тощо.

При розробці засобів захисту від шуму насамперед необхідно з'ясувати його вид, оскільки зниження шуму можна досягти лише при правильному виборі цих засобів. Розрізняють два види шумів — *повітряний* і *структурний*. Повітряний шум поширюється в повітрі від джерела виникнення до місця спостереження. Структурний шум випромінюється поверхнями коливних конструкцій стін, перекриттів, перегородок будинків у звуковому діапазоні частот 20—20 000 Гц. Рис. 4.6. ілюструє шляхи проникнення повітряного і структурного шумів у будинок при знаходженні його джерела ззовні та всередині будинку. Від зовнішнього джерела повітряний шум проникає в помешкання через закриті або відкриті вікна, квартирки та стіни. Вібрації передаються по ґрунту або по трубопроводах, що проходять через будівельні конструкції, коливання яких викликає появу структурного шуму. Від внутрішнього джерела 2 повітряний шум потрапляє в помешкання через стіни і перекриття, повітропроводи, а також через прорізи, щілини і т. п. Вібрації передаються фундаментам, трубопроводам насосних і повітропроводам вентиляторних установок, викликаючи виникнення структурного шуму.

Необхідність здійснення заходів щодо зниження шуму визначається на підставі вимірювання відповідних рівнів  $L$ ,  $L_{\text{Аекв}}$ ,  $L_{\text{Аmax}}$  і порівняння з допустимими за нормами значеннями. Для проєктованих об'єктів необхідність таких заходів може бути визначена лише на підставі акустичного розрахунку, що включає:

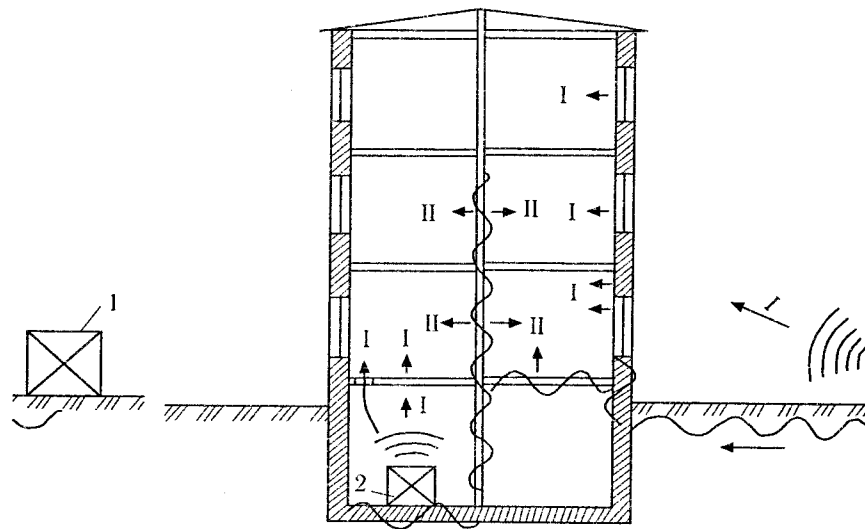


Рис. 4.6. Шляхи проникнення шуму:

I — повітряний шум; II — структурний шум; 1, 2 — джерело шуму і вібрацій

- виявлення джерел шуму і визначення їхніх шумових характеристик;
- вибір розрахункових точок (РТ) і визначення для них допустимих рівнів звукового тиску (РЗТ);
- визначення очікуваних РЗТ у розрахункових точках до здійснення заходів щодо зниження шуму;
- визначення необхідного зниження РЗТ у розрахункових точках;
- вибір заходів щодо забезпечення необхідного зниження РЗТ;
- розрахунок і проектування засобів, які мають здатність шумоглушіння, шумопоглинання і шумоізоляції (глушники, екрани, звукопоглинальні облицювання і т. ін.).

В залежності від фізичної природи шуми можуть бути:

- *механічного походження*, що виникають при вібрації поверхонь машин і устаткування, а також при одиночних або періодичних ударах у зчленуваннях деталей або конструкціях у цілому;
- *аеродинамічного походження*, що виникають внаслідок процесів, що відбуваються в газах, (вихорові процеси, коливання робочого середовища, які викликаються обертанням лопаткових коліс, пульсації тиску при

переміщенні в повітрі тіл із великими швидкостями; витікання стиснутого повітря, пари або газу тощо);

— *електромагнітного походження*, що виникають внаслідок коливань елементів (ротора, статора, сердечника, трансформатора та ін.) електромеханічних пристроїв під дією змінних магнітних полів;

— *гідродинамічного походження*, що виникають внаслідок процесів, які відбуваються в рідинах, (гідравлічні удари, кавітація, турбулентність потоку та ін.).

Для виконання акустичного розрахунку насамперед необхідно знати основні шумові характеристики машин: рівні звукової потужності (РЗП)  $L_p$  в стандартних середньгеометричних частотах октавних смуг.

$$L_p = 10 \lg P / P_0, \quad (4.106)$$

де  $P$  — звукова потужність джерела, Вт;

$P_0$  — вихідне значення потужності, рівне  $10^{-12}$  Вт.

Характеристика спрямованості випромінювання показує розподіл сили звуку за різними напрямками навколо джерела. Цю характеристику необхідно знати для розрахунків звукового тиску від даного джерела на робочих місцях або в інших точках, коли машини встановлюються на відкритих майданчиках і їхній шум може поширюватись на забудовану територію.

Показник спрямованості випромінювання шуму  $G$  — відношення інтенсивності звуку  $I$ , створюваного джерелом в даній точці, до інтенсивності  $I_{сер}$ , котру створило б джерело з такою ж потужністю, але котре рівномірно випромінює звук у всіх напрямках.

$$G = \frac{I}{I_{сер}}; \quad I_{сер} = \frac{P}{4\pi r}, \quad (4.107)$$

де  $r$  — віддаль від джерела шуму до точки спостереження

Шумові характеристики наводяться заводом-виготовлювачем у технічній документації на стаціонарні машини і обладнання.

Рівень інтенсивності звуку, який дорівнює рівню звукового тиску в РТ описується виразом:

$$L = L_p^{ант} + 10 \lg G - 10 \lg \Omega - 20 \lg r - \Delta L_p^{ант}, \quad (4.108)$$

де  $L_p^{ант}$  — рівень звукової потужності шуму, який випромінюється в навколишнє середовище;

$\Omega$  — просторовий кут випромінювання звуку;



$r$  — віддаль до розрахункової точки;

$\Delta L_p^{ан}$  — зниження РЗП на шляху поширення шуму у відкритому просторі.

За відсутності перепон та за невеликих відстаней (до 50 м)  $\Delta L_p^{ан} = 0$ . За більших відстаней дається взначи затухання звуку в повітрі, особливо на високих частотах. Це відбувається внаслідок поглинання енергії в процесі релаксації молекул повітря, а також через її втрати, зумовлені теплопровідністю та в'язкістю повітря. В цих випадках  $\Delta L_p^{ан} = (\beta \alpha \cdot r)/1000$ , де  $\beta \alpha$  — затухання звуку в атмосфері.

Наявність вітру, рослинності, особливості рельєфу тощо впливають на значення  $\Delta L_p^{ан}$ . Вираз 4.108 наведено для умов вільного поширення звуку без врахування відбиття його від будівель, споруд, котрі розташовані поряд. В реальних умовах зниження РЗТ відбувається повільніше, ніж за законом квадрата віддалі, тому у випадку розташування РТ серед будівель та споруд слід брати не 20lgr, а 15lgr.

Для зниження шуму можуть бути застосовані наступні заходи:

— зниження РЗП джерела шуму  $L_p$ , що в умовах експлуатації досягається заміною гучного, застарілого обладнання, а при проектуванні — вибором устаткування з кращими шумовими характеристиками, правильним розрахунком режиму його роботи і т. д.;

— правильна орієнтація джерела шуму або місця випромінювання шуму стосовно РТ для зниження показника спрямованості  $G$ . З цією метою пристрої для забирання та викидання повітря і газоповітряної суміші аеродинамічних установок слід встановлювати так, щоб випромінювання шуму відбувалося в протилежну сторону від житлових і громадських будинків. Зниження шуму за рахунок правильної орієнтації може бути визначене як

$$\Delta L = G_1 - G_2, \quad (4.109)$$

де  $G_1$  і  $G_2$  — показники спрямованості випромінювання шуму відповідно повітрязабірним або вихлопним пристроями при їх неправильній і правильній орієнтації в сторону РТ;

— розміщення джерела шуму на максимально можливій віддалі від РТ або, навпаки, — житлової забудови від підприємства, тобто за рахунок реалізації комплексу архітектурно-планувальних заходів;

— використання засобів звукопоглинання при виконанні акустичної обробки лунких приміщень, через вікна яких шум випромінюється назовні (для збільшення постійної  $B$  цих приміщень);

— зниження шуму на шляху його поширення від джерела виникнення до РТ. Цей захід пов'язаний зі збільшенням  $\Delta L_p$  і полягає в наступному:

а) використання засобів звукоізоляції шляхом застосування таких матеріалів і конструкцій для зовнішніх стін, вікон, воріт, дверей, трубопроводів і комунікацій, які проходять через огорожувальні конструкції будинків, що можуть забезпечити необхідну звукоізоляцію;

— влаштування спеціальних боксів та звукоізолювальних кожухів при розміщенні гучного устаткування;

— застосування екранів, що перешкоджають поширенню звуку від устаткування, розташованого на території промислового підприємства;

б) використання засобів віброізоляції і вібродемпферування;

в) встановлення глушників шуму в повітроходах, каналах і газодинамічних трактах випробувальних боксів, компресорів, вентиляторів і т. д.;

— здійснення організаційно-технічних заходів, пов'язаних із проведенням своєчасного ремонту, змашування машин і устаткування, обмеженням і повною заборобою проведення шумних робіт і експлуатацію найбільш інтенсивних джерел шуму в нічний час.

Одним із ефективних способів зниження шуму на шляху його поширення є застосування захисних смуг озеленення. Захисні насадження в містах можуть використовуватись як самостійні засоби шумозахисту і разом з іншими інженерними шумозахисними спорудами. Спеціальні смуги зелених насаджень мають комплексний характер захисної дії — захист від шуму, вихлопних газів автотранспорту, абсорбція пилу та інших шкідливостей, що забруднюють повітря, покращання мікрокліматичних показників міського середовища, позитивна психологічна та естетична дія на населення. Все це значно підвищує соціальну значимість озеленення як містобудівного засобу шумозахисту.

Зниження рівня шумового забруднення довкілля при застосуванні захисних насаджень відбувається внаслідок таких явищ, як розсіювання, поглинання і дифракція звукових хвиль.

Зелену масу крон дерев, яка складається з листя різної конфігурації, щільності і орієнтації, можна розглядати як змінно-контрастне фізичне середовище, де безперервно міняються місцями акустично непрозорі і прозорі елементи середовища. Звукова енергія, потрапляючи з повітря в простір, заповнений кронами дерев, переходить в інше середовище — повітря + листя, яке має здатність розсіювати і поглинати звукову енергію. Ці властивості проявляються помітніше із збільшенням щільності середовища. Зелені насадження щільної посадки з деяким наближенням

можна розглядати як екранувальний бар'єр на шляху поширення звукових хвиль, як напівпрозорий екран, за яким утворюється звукова тінь.

Акустичний ефект зниження рівня звуку визначають такі фактори як ширина смуги, дендрологічний склад і конструкція посадок.

В сучасних містах існує гострий дефіцит міських територій, тому питання ширини смуг зелених насаджень має велике значення. В табл. 4.18 наведено дані щодо зниження рівня шуму за смугою зелених насаджень на магістральних вулицях. Коефіцієнт послаблення звуку смугами зелених насаджень (зниження рівня звуку на 1 м ширини лісосмуги) приймається рівним:

- 0,08 дБА/м — для декоративних лісосмуг з густим, крупним листям;
- 0,25 дБА/м — для щільних лісосмуг;
- 0,4 дБА/м — для спеціальних шумозахисних лісосмуг з щільним змиканням крон дерев і заповненням підкоронового простору чагарниками.

У випадку зменшення ажурності крон дерев і збільшення щільності листя більше 0,8 смуга зелених насаджень буде сприйматися у вигляді "зеленої стіни", при зустрічі з якою звукова енергія буде послаблена на величину  $v$ . Якщо весь зелений масив захисної смуги подати у вигляді  $n$ -ї кількості рядів зелених стін, то зниження рівня звуку від впливу всієї захисної смуги буде рівним  $nv$ . За експериментальними даними величина  $v$  коливається від 1,5 до 2 дБА у залежності від дендрологічного складу деревних насаджень, їх густоти і якості, місцезнаходження об'єкта, що підлягає захисту і зеленої смуги.

Частотна характеристика зниження рівнів звуку смугами зелених насаджень залежить від їх дендрологічного складу і щільності. При цьому найбільша ефективність зниження рівня звукового тиску проявляється в діапазоні високих частот, які є найбільш неприємними для сприйняття людським вухом і визначальними при формуванні загального рівня звуку. Ця властивість є характерною для листяних та для шпилькових порід, а також насаджень із змішаних порід. У шпилькових порід спостерігається активне зниження рівня звукового тиску також і на середніх частотах (500 Гц) і більш інтенсивне, ніж у інших, в діапазоні високих частот. Рівні низьких частот спектра транспортного шуму не підлягають помітному зниженню, проте під впливом смуг зелених насаджень ці шуми сприймаються людським вухом не так різко внаслідок пом'якшення і деякої трансформації рівнів шуму деревно-чагарниковими насадженнями. На частоті 500 Гц і вище спостерігається помітне активне поглинання рівнів звуку.

При виборі асортименту деревно-чагарникових порід необхідно враховувати цілий ряд факторів, які впливають на умови росту зелених

насаджень і, відповідно, на їх шумозахисну ефективність. Для спеціальних шумозахисних смуг слід підбирати одну-дві основні породи дерев, які швидко ростуть, є димогазостійкими і мають масивну крону.

Таблиця 4.18

## Зниження рівня шуму різними видами зелених насаджень

Ширина смуги, м	Конструкція і дендрологічний склад смуги	Зниження рівня шуму, дБА
10	Три ряди листяних дерев: клена гостролистого, в'яза звичайного, липи дрібнолистої, тополі бальзамічної (в рядовій конструкції посадок) з чагарником у живоплоті або підліском з клена татарського, спіреї калинолистої, жимолості татарської	4—5
15	Чотири ряди листяних дерев — липи дрібнолистої, клена гостролистого, тополі бальзамічної (в рядовій конструкції посадок) з чагарником у двоярусному живоплоті або підліском з акації жовтої, спіреї калинолистої, гордовини, жимолості татарської	5—6
15	Чотири ряди шпилькових дерев — ялини, модрини сибірської (в шаховій конструкції посадок), з чагарником у двоярусному живоплоті з дерну білого, клена татарського, акації жовтої, жимолості татарської	8—10
20	П'ять рядів листяних дерев — липи дрібнолистої, тополі бальзамічної, в'яза звичайного, клена гостролистого (в рядовій конструкції посадок) з чагарником у двоярусному живоплоті і підліском з спіреї калинолистої, жимолості татарської, глоду сибірського	6—7
20	П'ять рядів шпилькових дерев — модрини сибірської, ялини звичайної (в шаховій конструкції посадок), з чагарником у двоярусному живоплоті і підліском із спіреї калинолистої, акації жовтої, глоду сибірського	9—11
25	Шість рядів листяних дерев — клена гостролистого, в'яза звичайного, липи дрібнолистої, тополі бальзамічної (в шаховій конструкції посадок) з чагарником у двоярусному живоплоті і підліском з дерну білого, глоду сибірського, клена татарського	7—8
30	Сім-вісім рядів листяних дерев — липи дрібнолистої, клена гостролистого, тополі бальзамічної, в'яза звичайного (в шаховій конструкції посадок) з чагарником у двоярусному живоплоті і підліском з клена татарського, жимолості татарської, глоду сибірського, дерну білого	8—9

Найбільш ефективними є шумозахисні смуги із рослин крупномірних, з порід, які швидко ростуть і мають щільногіллясту, густу і низько опушену крону. Структура смуг повинна бути щільною, обов'язкові чагарники

в підліску, який закриває підкороновий простір, у найближчій по відношенню до джерела шуму частині смуги — живопліт (краще двоярусний). Найбільш ефективною формою поперечного профілю вважається форма трикутника з більш пологою стороною відносно джерела шуму (рис. 4.7).

Особливо ретельно повинна бути запроектована і сформована фронтальна зона. При проектуванні зони захисного озеленення і проїжджої частини в одному рівні у фронтальній підзоні застосовують димогазостійкі породи дерев і чагарників, тобто проектують багаторядний фронт зелених насаджень, який здатний зберігати свої властивості при тривалій дії вихлопних газів. До них відносяться такі породи дерев і кущів, як клен польовий, тополя бальзамічна, жимолость татарська, клен ясенolistий, бірючина звичайна. Подібні шумозахисні смуги також забезпечують:

- зниження концентрацій шкідливих речовин у повітрі;
- зниження швидкості вітру в 5 разів;
- зниження викидів вихлопних газів автотранспорту до 15%.

У фронтальній підзоні слід обмежитись застосуванням чагарників усіх трьох класів висоти: дрібної, середньої (1—2 м) і крупної (3—4 м). В наступних рядах необхідно застосовувати дерева висотою від 5 до 10 м і більше. Віддаль між рядами до 4 м, з наступним підсаджуванням чагарників.

Для отримання більшого ефекту шумозахисту у фронтальній підзоні необхідно застосовувати густокронові дерева висотою 10, 20 м і більше. При проектуванні проїжджої частини у виїмці фронтальний ряд може бути двоярусним або складатись лише із чагарників. Чагарники слід висаджувати на укосах виїмки.

В зоні захисного озеленення вся поверхня землі повинна бути покрита трав'яними рослинами, що сприятиме більш інтенсивному зниженню рівня звуку в приземному шарі.

**Захист від вібрації.** Основні нормовані параметри вібрації — середньоквадратичні величини  $L_v$  (дБ) рівнів віброшвидкості (віброприскорення або віброзміщення) в октавних смугах з середньогеометричними значеннями частот 2; 4; 8; 16; 31,5 і 63 Гц, виражені у вигляді:

$$L_v = 20 \lg(V/V_0), \quad (4.110)$$

де  $V$  — середньоквадратична віброшвидкість, м/с;

$V_0$  — гранична віброшвидкість, рівна  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с.

Граничні величини віброприскорення і віброзміщення відповідно рівні  $3 \cdot 10^{-4}$  м/с<sup>2</sup> і  $8 \cdot 10^{-12}$  м/с.

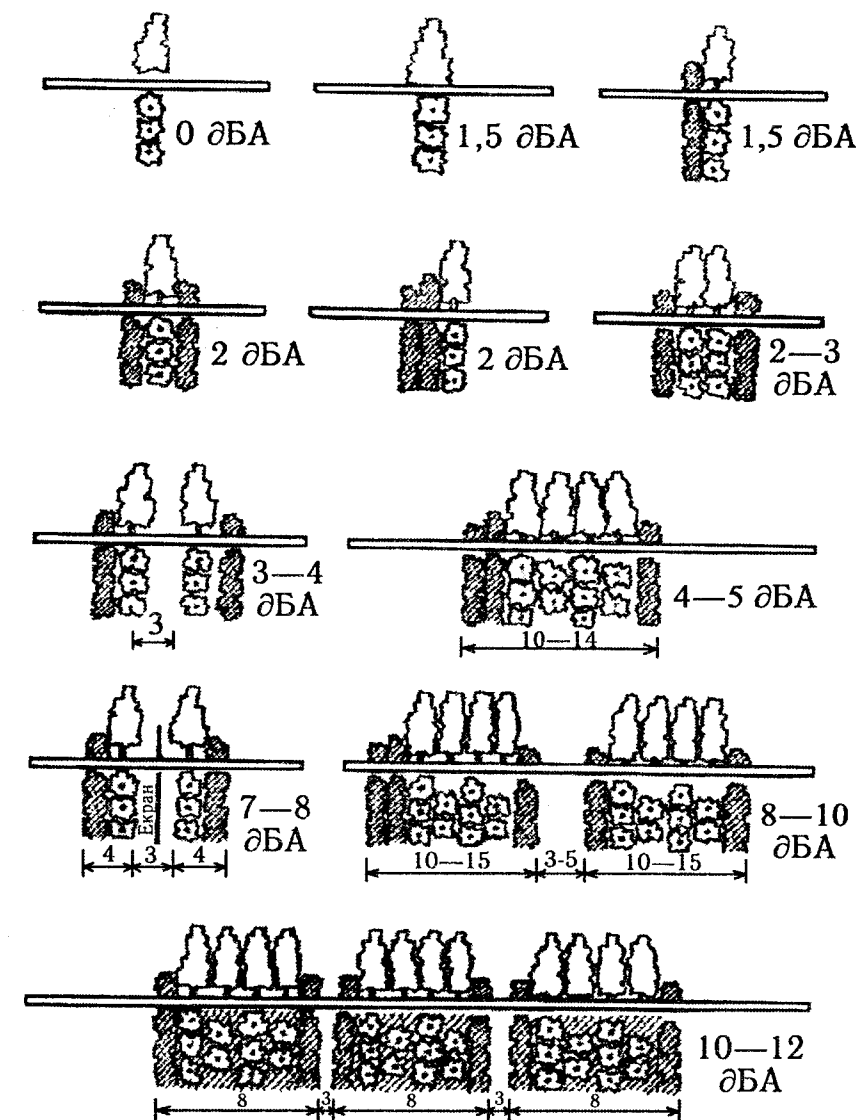


Рис. 4.7. Ефективність зниження рівня звуку смугами зелених насаджень різних конструкцій (розміри в м)

Встановлено гранично допустимі величини вібрації. Вони визначені із розрахунку, що, систематично діючи протягом 8-годинного робочого дня, вібрація не викликає у робітника захворювань або відхилень у стані здоров'я протягом усього періоду його виробничої діяльності.

Для зниження впливу вібрацій на навколишнє середовище необхідно вживати заходів щодо їхнього зниження насамперед у джерелі виникнення або, якщо це неможливо, на шляхах поширення.

Зниження вібрацій у джерелі проводиться як на етапі проектування, так і при експлуатації. При створенні машин і технологічного устаткування перевага повинна надаватися кінематичним і технологічним схемам, що виключають або максимально знижують динамічні процеси, викликані ударами, різкими прискореннями і т. п.

Причиною низькочастотних вібрацій насосів, компресорів, двигунів є дисбаланс обертових елементів (роторів), викликаний неоднорідністю матеріалу конструкції (ливарні раковини, жужільні домішки) і нерівномірністю його густини, несиметричним розподілом обертових мас (початкове викривлення валів і роторів), порушенням зазначеної симетрії кріпильними з'єднаннями, неправильним вибором допусків на обробку і типу посадок, а також різницею коефіцієнтів об'ємного розширення або зносостійкості окремих елементів обертової системи. В усіх випадках зсув центру мас щодо осі обертання призводить до виникнення незрівноваженої відцентрової сили:

$$F = me\omega^2, \quad (4.111)$$

де  $m$  — маса обертової системи;

$\omega$  — кутова швидкість обертання;

$e$  — ексцентриситет центру аналізованої маси щодо осі ротора.

Для незрівноважених динамічних сил збільшується незадовільним кріпленням деталей, їхнім зносом у процесі експлуатації.

Для зниження рівня вібрацій, що виникають через дисбаланс устаткування при монтажі й експлуатації, повинно застосовуватися балансування незрівноважених роторів коліс лопаткових машин, валів двигунів та ін.

У процесі експлуатації технологічного устаткування повинні застосовуватися заходи щодо усунення зайвих люфтів і зазорів, що забезпечується періодичним оглядом джерел вібрації машин і механізмів.

Ефективним є також метод зниження вібрації в джерелі виникнення — уникнення резонансних режимів роботи устаткування. У цьому випадку

навіть за малих значень дисбалансу і відносно невеличких збурювальних впливах рівень вібраційних параметрів різко зростає. Для зниження рівня виробничих вібрацій важливо виключити резонансні режими роботи технологічного устаткування. При проектуванні це досягається вибором робочих режимів з урахуванням власних частот машин і механізмів. У процесі експлуатації можна зменшити жорсткість агрегатів, а в деяких випадках і їхню масу, що призводить до зміни значення власних частот. Можлива зміна робочих режимів устаткування. Все це слід враховувати, якщо машини і механізми в процесі експлуатації згодом стають джерелом вібрацій.

Якщо не вдається знизити вібрації в джерелі виникнення, то застосовують методи зниження вібрацій на шляхах поширення — віброгасіння, віброізоляція або вібродемпферування.

**Віброгасіння.** Використання цього методу пов'язане зі збільшенням реактивної частини імпеданса коливної системи. Віброгасіння реалізується при збільшенні ефективної жорсткості і маси корпусу машин або станин верстатів за рахунок їхнього об'єднання в єдину замкнену систему з фундаментом за допомогою анкерних болтів або цементної підливки. З цією ж метою малогабаритне інженерне устаткування житлових будинків (вентилятори, насоси) встановлюють на опорні плити і віброгасні основи (рис. 4.8). Коливання зварних фундаментів у 2 рази нижчі, ніж стрічкових.

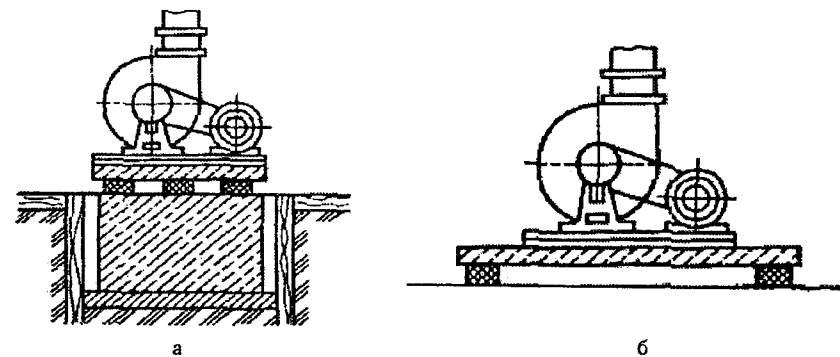


Рис. 4.8. Встановлення агрегатів на віброгасній опорі:  
а — на фундаменті в ґрунті; б — на перекритті

**Віброізоляція.** Методи встановлення устаткування на фундамент потребують великих витрат часу і призводять до неминучого псування дорогих покриттів підлог. До того ж фундаменти таких машин, як молоти, являють собою складні будівельні споруди висотою в три-, чотири-поверховий будинок, вартість яких може на порядок перевищувати вартість машини. Тому на етапі експлуатації промислових комплексів в основному використовують встановлення устаткування без фундаменту безпосередньо на віброізолювальних опорах. Такий метод дозволяє забезпечити будь-який ступінь віброізоляції устаткування. Встановлення на віброізолювальні опори технологічного та інженерного устаткування здешевлює його монтаж, виключає псування устаткування і знижує рівень шуму, що супроводжує інтенсивні вібрації. Такі опори можуть застосовуватися також і при наявності фундаментів між джерелом вібрацій (машиною) і фундаментом (основною, опорною плитою) або між фундаментом і ґрунтом. Встановлення віброізоляторів передбачається також при прокладанні повітропроводів систем вентиляції і різного роду трубопроводів усередині будівельних конструкцій. Це виключає передачу вібрацій від стінок повітропроводів і трубопроводів елементам конструкції будівель. Для обмеження поширення коливань практикують поділ інженерних комунікацій на окремі ділянки за допомогою спеціальних гнучких вставок. В усіх розглянутих випадках введення в коливну систему додаткового гнучкого зв'язку призводить до послаблення передачі вібрації від джерела коливань. У якості віброізоляторів використовують гумові або пластмасові прокладки, одинарні або складані циліндричні пружини, листові ресори, комбіновані віброізолятори (пружинно-гумові, пружинно-пластмасові, пружинно-ресорні) і пневматичні віброізолятори (повітряні подушки).

**Вібродемпферування.** В основі даного методу лежить збільшення активних втрат у коливних системах. В якості основної характеристики вібродемпферування прийнятий коефіцієнт втрат енергії:

$$\eta = \omega \mu / b, \quad (4.112)$$

де  $\omega$  — кутова частота коливань;  
 $\mu$  — коефіцієнт в'язкого тертя;  
 $b$  — жорсткість системи.

Вібродемпферування може бути реалізоване в машинах з інтенсивними динамічними навантаженнями застосуванням матеріалів і великого внутрішнього тертя: чавунів із малим вмістом вуглецю і кремнію, сплавів кольорових металів.

Великі можливості для захисту від вібрацій мають вібродемпферувальні покриття. Їх застосовують для зниження коливань, що поширюються по трубопроводах і газопроводах компресорних станцій, повітропроводах систем вентиляції адміністративних будівель.

#### 4.4.2. ЗАХИСТ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ

Вибір засобів захисту від електромагнітних полів (ЕМП) визначається характеристиками джерел за частотою. Регламентом радіозв'язку, який прийнятий Міжнародним консультативним комітетом (МККР) встановлена номенклатура (табл. 4.19) діапазонів частот (довжин хвиль).

У джерел ЕМП розрізняють ближню (індукції) і дальню (випромінювання) зони впливу. Ближня зона реалізується на відстані  $r \leq \lambda/6$ , де ЕМП ще не сформувалося; як наслідок, одна зі складових поля набагато менша від іншої. У таких джерел ЕМП при впливі на навколишнє середовище слабо виражена магнітна складова напруженості. Тому в 5—8 діапазонах частот ЕМП оцінюється електричною складовою напруженості поля  $E$  (В/м). У дальній зоні на відстанях  $r > \lambda/6$  ЕМП сформувалося, і тут виражені обидві його складові — електрична і магнітна, тому в 9—11 діапазонах частот ЕМП оцінюється поверхневою густиною потоку енергії (ПГЕ), вираженою у ватах на квадратний метр — Вт/м<sup>2</sup> (1 Вт/м<sup>2</sup> = 0,1 мВт/см<sup>2</sup> = 100 мкВт/см<sup>2</sup>).

При одночасному впливі декількох джерел сумарне значення параметрів ЕМП визначають за формулою

$$E^2 = E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2, \quad (4.113)$$

де  $E_1, E_2, \dots, E_n$  — напруженості електричного поля, утворювані кожним передавачем у контрольованій точці даного діапазону, В/м.

Сумарна ПГЕ<sub>Σ</sub> від  $n$  джерел на прилягаючій території для 9—11 діапазонів частот дорівнює:

$$\text{ПГЕ}_\Sigma = \text{ПГЕ}_1 + \text{ПГЕ}_2 + \dots + \text{ПГЕ}_n. \quad (4.114)$$

Гранично припустимі рівні (ГДР) напруженості ЕМП встановлені "Санітарними нормами і правилами захисту населення від впливу електричного поля, утворюваного повітряними лініями електропередачі змінного струму промислової частоти" № 2971-34. У якості ГДР прийняті такі значення напруженості електричного поля, кВ/м:

- всередині житлових будинків — 0,5;
- на території зони житлової забудови — 1;

Таблиця 4.19

## Номенклатура діапазонів частот

Номер діапазона*	Діапазон частот (крім нижньої, враховуючи верхні межі)	Діапазон довжин хвиль (крім нижньої, враховуючи верхні межі)	Відповідний метричний підрозділ
	частоти, $f$	довжини хвиль, $\lambda$	
5**	Від 30 до 300 кГц	Від 104 до 103 м	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)
6	Від 300 до 3000 кГц	Від 103 до 102 м	Гектометрові хвилі (середні частоти, СЧ)
7	Від 3 до 30 МГц	Від 102 до 10 м	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)
8	Від 30 до 300 МГц	Від 10 до 1 м	Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ)
9	Від 300 до 3000 МГц	Від 1 до 0,1 м	Дециметрові хвилі (ультрависокі частоти УВЧ)
10	Від 3 до 30 ГГц	Від 10 до 1 см	Сантиметрові хвилі (надвисокі частоти НВЧ)
11	Від 30 до 300 ГГц	Від 1 до 0,1 см	Міліметрові хвилі (українські високі частоти, УВЧ)

— в населеній місцевості, поза зоною житлової забудови (міські землі в межах їхнього перспективного розвитку на 10 років, приміські і зелені зони, курорти, землі селищ міського типу і сільських населених пунктів, в межах цих пунктів); на ділянках перетину ВЛ з автомобільними дорогами I—IV категорії — 10;

— в ненаселеній місцевості (часто відвідуваної людьми, доступної для транспорту, і сільськогосподарські угіддя) — 15;

— у важкодоступній місцевості (недоступної для транспорту і сільськогосподарських машин) і на спеціально вигороджених ділянках, де доступ населення виключений — 20.

При напруженості електричного поля вище 1 кВ/м повинні вживатися заходи щодо виключення впливу на людину значних електричних розрядів і струмів стікання.

\* Номери діапазонів частот наведені відповідно до Регламенту радіозв'язку, прийнятим МККР.

\*\* Піддіапазони № 1—4 до радіочастотного не відносяться.

При наявності декількох джерел випромінювання, що працюють у різних радіочастотних діапазонах, напруженість поля, утворювана  $n$  джерелами ВЧ і  $N$  джерелами НВЧ на межі санітарно-захисної зони, повинна відповідати такій вимозі:

$$\left( \frac{E_1}{E_{ГДР_1}} \right)^2 + \left( \frac{E_2}{E_{ГДР_2}} \right)^2 + \dots + \left( \frac{E_n}{E_{ГДР_n}} \right)^2 + \frac{ПГЕ_1}{ПГЕ_{ГДР_1}} + \frac{ПГЕ_2}{ПГЕ_{ГДР_2}} + \dots + \frac{ПГЕ_n}{ПГЕ_{ГДР_n}} \leq 1. \quad (4.115)$$

Основний засіб захисту від ЕМП у навколишньому середовищі — захист відстанню. З метою дотримання нормованих ГДР для ЕМП на селищній території планувальні рішення при розміщенні радіотехнічних об'єктів (РТО) вибирають з урахуванням:

- потужності передавачів;
- характеристики спрямованості;
- висоти розміщення і конструктивних особливостей антен;
- рельєфу місцевості;
- функціонального призначення прилеглих територій;
- поверховості забудови.

Майданчик РТО обладнується відповідно до будівельних норм і правил, на її території не допускається розміщення житлових і громадських будівель.

Для захисту населення від впливу ЕМП, утворюваного РТО, влаштовують при необхідності санітарно-захисні зони і зони обмеження забудови.

Санітарно-захисною зоною є площа, що примикає до технічної території РТО. Зовнішня межа цієї зони визначається на висоті до 2 м від поверхні землі за гранично допустимими рівнями ЕМП, наведеними у нормах.

Зоною обмеження забудови є територія, де на висоті більше 2 м від поверхні землі перевищується ГДР, наведений у нормах. Зовнішню межу зони обмежень визначають за максимальною висотою будинків перспективної забудови, на рівні верхнього поверху яких ГДР електромагнітного поля не перевищує норми.

Межі санітарно-захисних зон вздовж траси ВЛ у населеній місцевості наведені в табл. 4.20.

Таблиця 4.20

Межі санітарно-захисних зон  
вздовж траси високовольтної лінії

Напруга ВЛ, кВ	Відстань від проєкції на землю крайніх фаз проводів, м	Напруга ВЛ, кВ	Відстань від проєкції на землю крайніх фаз проводів, м
1150*	300 (55*)	220	25
750*	250 (40*)	110	20
500	150(30)	35	15
330	75 (20)	До 20	10

При проектуванні житлових і адміністративних будинків, розташованих у зонах дії ЕМП, слід брати до уваги екранувальну здатність будівельних конструкцій:

$$E = 20 \lg \frac{ППЕ_{\text{над}}}{ППЕ_{\text{вн}}}, \quad (4.116)$$

де  $ППЕ_{\text{над}}$ ,  $ППЕ_{\text{вн}}$  — відповідно площа потоку енергії на зовнішній і внутрішній поверхнях конструкції.

Матеріали стін і перекриттів будівель по різному поглинають і відбивають електромагнітні хвилі. Олійна фарба, наприклад, створює гладку поверхню, що відбиває до 30% електромагнітної енергії сантиметрового діапазону. Вапняні покриття мають малу відбивну спроможність, тому для зменшення відбивання стелю доцільно покривати вапняною або крейдовою фарбою.

Для захисту від електричних полів промислової частоти необхідно збільшувати висоту підвішування фазових проводів ВЛ, зменшувати відстань між ними. При правильному доборі геометричних параметрів можна в 1,6—1,8 разів знизити напруженість поля поблизу ВЛ. Напруженість ЕМП може бути зменшена віддаленням житлової забудови від ВЛ, застосуванням екранувальних пристроїв та інших засобів зниження напруженості електричного поля.

Машини і механізми на пневматичного ходу, що знаходяться в санітарно-захисних зонах ВЛ, повинні бути заземлені. У якості

\* Значення, наведені в дужках, допускаються як виняток для сільської місцевості. Необхідно забезпечити обмеження тривалості робіт і заземлення машин, а також провести інструктаж населення.

заземлювача допускається використовувати металевий ланцюг, з'єднаний із рамою або кузовом і який дотикається до землі.

Напруженість електричного поля в будівлях, що лишаються в санітарно-захисних зонах ВЛ напругою 330—500 кВ і які мають неметалеву покрівлю, може бути знижена встановленням заземленої металеві сітки на даху цих будівель (заземлювати сітку потрібно в двох місцях). Металеві покрівлі повинні бути заземлені не менше як у двох місцях, опір заземлення не нормується. На відкритих територіях, розташованих у цих зонах, напруженість електричного поля можна знизити встановленням перегородок, що екранують (залізобетонних парканів, тросових екранувальних пристроїв) або посадкою дерев і чагарника висотою не менше 2 м.

При проведенні будівельно-монтажних робіт у санітарно-захисних зонах ВЛ необхідно заземлити металеві об'єкти, які мають значну довжину (трубопроводи, кабелі, проводи ліній зв'язку) не менше ніж у двох точках. Опір заземлення не нормується.

У період проведення сільськогосподарських та інших робіт поблизу ВЛ особи, відповідальні за їхнє здійснення, повинні проводити інструктаж із працюючими і забезпечувати виконання заходів захисту від впливу ЕМП, що регламентуються Санітарними нормами і правилами.

На території санітарно-захисних зон ВЛ напругою 750 кВ і вище забороняється проведення сільськогосподарських та інших робіт особами у віці до 18 років.

Для обмеження рівня ЕМП, що впливають на навколишнє середовище, від промислових джерел можуть бути використані засоби безпосередньо в цехах підприємств: екранування устаткування (джерела поля), використання поглиначів потужності (спеціальні облицювання стель і стін робочих приміщень на основі матеріалів із великим вмістом вуглецю). Особливо важливий для зниження випромінюваної потужності поля правильний вибір типу устаткування, що генерує електромагнітне випромінювання.

Вимірювання електричної і магнітної складової напруженості ЕМП здійснюють приладами типу ІЕМП. Можна також використовувати компараторну приставку УКП із приймачем Р-309 або прилад NFM-1 (Німеччина). Для вимірювання густини потоку енергії застосовують прилади ПЗ-9, ПЗ-15, ПЗ-16, ПЗ-17 і радар-тестери ГК 4-14 і ГК 4-3А.

Оцінку напруженості постійних магнітних полів здійснюють мікровіброметром, за допомогою якого вимірюють величину магнітного потоку  $\Phi$ , і, знаючи площу поперечного перетину  $S$  котушки приладу, визначають магнітну індукцію  $B$  ( $B = \Phi / S$ ), значення якої для повітряного середовища чисельно дорівнює напруженості поля  $E$ .

Вимірювання рівнів ЕМП повинні проводитися:

— при прийманні в експлуатацію нових або реконструйованих об'єктів (джерела ЕМП) (вимірювання проводять власники цих об'єктів за участю представників органів і установ санітарно-епідеміологічної служби);

— при прийманні в експлуатацію громадських будинків і споруд, розташованих на території, що прилягає до джерел ЕМП (вимірювання виконують представники органів і установ санітарно-епідеміологічної служби за участю представників власника зазначеного об'єкта);

— у порядку поточного санітарного нагляду (вимірювання виконують представники органів і установ санітарно-епідеміологічної служби за участю представників власника джерела ЕМП).

#### 4.4.3. ЗАХИСТ ВІД ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

Допустимі рівні впливу антропогенних джерел іонізуючих випромінювань (без урахування доз, одержуваних від природного фонових опромінення і медичного обстеження) на населення і навколишнє середовище визначені нормами радіаційної безпеки НРБ-76/87. Відповідно до цих норм особи, що не працюють безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань, поділяють на дві категорії:

— обмежена частина населення (категорія Б), що за умовами проживання або розміщення робочих місць може піддаватися впливу радіоактивних речовин та інших джерел випромінювання, які застосовуються на об'єктах господарювання і (або) що видаляються в зовнішнє середовище;

— населення області, країни (категорія Б).

Для категорії Б нормами визначена межа дози (МД) опромінення за календарний рік (табл. 4.21).

Таблиця 4.21

##### Межа дози опромінення за календарний рік для категорії Б

Група критичних органів*	I	II	III
Межа доз, Зв/рік	0,005	0,015	0,03

\* Групи критичних органів: I — усе тіло, гонади і червоний кістковий мозок; II — м'язи, щитовидна залоза, жирова тканина, печінка, нирки, селезінка, шлунково-кишковий тракт, легені, кристалики ока й інші органи, за винятком тих, що відносяться до I і III груп; III — шкірний покрив, кісткова тканина, кисті, передпліччя, гомілки і стопи.

Дотримання МД досягається регламентацією і контролем допустимих рівнів, встановлених НРБ-76/87:

— при внутрішньому опроміненні: межа річного надходження (МРН) радіонукліда через органи дихання і травлення, допустима об'ємна концентрація (ДК<sub>в</sub>) радіонукліда в атмосферному повітрі й у воді;

— при зовнішньому опроміненні: допустима потужність дози (ДПД<sub>в</sub>), допустима густина потоку часток (ДГП<sub>в</sub>), допустиме забруднення поверхонь (ДЗ<sub>в</sub>).

ДК<sub>в</sub> розраховують як відношення МРН радіоактивної речовини до об'єму води або повітря, із яких воно надходить в організм людини протягом року. Для категорії Б об'єм повітря —  $7,3 \cdot 10^6$  л/рік; води — 800 л/рік. Значення ДК<sub>в</sub> радіоактивних інертних газів в атмосферному повітрі наведено в табл. 4.22, а значення МРН і ДК<sub>в</sub> деяких радіоактивних речовин — в табл. 4.23.

Таблиця 4.22

##### Значення об'ємної концентрації (ДК<sub>в</sub>) радіоактивних інертних газів у атмосферному повітрі

Радіонуклід	<sup>41</sup> Ar	<sup>85</sup> Kr	<sup>85m</sup> Kr	<sup>87</sup> Kr	<sup>88</sup> Kr	<sup>89</sup> Kr
ДК <sub>в</sub> Бк/л	1,81	96,2	14,8	3,0	1,15	1,1
Радіонуклід	<sup>133</sup> Xe	<sup>133m</sup> Xe	<sup>135</sup> Xe	<sup>135m</sup> Xe	<sup>137</sup> Xe	<sup>138</sup> Xe
ДК <sub>в</sub> Бк/л	51,8	62,9	9,25	5,18	7,77	2,15

Значення МРН через органи дихання і ДК<sub>в</sub> в атмосфері суміші радіонуклідів невідомого складу відповідно складають 3,7 Бк/рік і  $3,7 \cdot 10^{-7}$  Бк/л.

Значення МРН через органи травлення і ДК<sub>в</sub> у воді суміші радіонуклідів невідомого складу відповідно складають  $1,11 \cdot 10^3$  Бк/рік і 1,11 Бк/л.

При зовнішньому опроміненні всього тіла ДМДв, що є відношенням ГД за рік до часу опромінення, складає 2,4 мкЗв/год — для приміщень об'єктів господарювання і на території санітарно-захисної зони; 0,6 мкЗв/год — для житлових приміщень і на території в межах зони спостереження.

У розрахунках час перебування в санітарно-захисній зоні приймають рівним 2000 год/рік, а в зоні спостереження — 8000 год/рік.

ДГП<sub>в</sub> часток, при якій створюється допустима потужність дози, визначається за формулою

$$ДГП_{в} = 2,8 \cdot 10^{-7} ДПД_{в} / h_{м}, \text{ часток} / (\text{см}^2 \text{с}).$$



Таблиця 4.23

Значення МРН і ДК<sub>б</sub> деяких радіоактивних речовин

Радіонуклід, період напіврозпаду	МРН в організм, Бк/рік		ДК <sub>б</sub> радіонукліда, Бк/л	
	через органи дихання	через органи травлення	в атмосфері	у воді
Тритій <sup>3</sup> H 12,35 років	7,4·10 <sup>7</sup>	1,1·10 <sup>8</sup>	11,1	1,48·10 <sup>5</sup>
Вуглець <sup>14</sup> C 5730 років	3,22·10 <sup>7</sup>	2,4·10 <sup>7</sup>	4,44	3,03·10 <sup>3</sup>
Кобальт <sup>60</sup> Co 5,271 років	8,14·10 <sup>4</sup>	—	1,11·10 <sup>-2</sup>	—
Стронцій <sup>89</sup> Sr 50,5 діб	2,55·10 <sup>5</sup>	3,55·10 <sup>5</sup>	3,48·10 <sup>-2</sup>	4,44·10 <sup>2</sup>
Стронцій <sup>90</sup> Sr 28,6 років	1,07·10 <sup>4</sup>	1,18·10 <sup>4</sup>	1,48·10 <sup>-3</sup>	1,48
Цирконій <sup>95</sup> Zr 63,98 діб	2,96·10 <sup>5</sup>	—	4,07·10 <sup>-2</sup>	—
Ніобій <sup>95</sup> Nb 35,15 діб	9,25·10 <sup>5</sup>	—	1,26·10 <sup>-1</sup>	—
Йод <sup>131</sup> I 8,04 діб	3,7·10 <sup>4</sup>	2,96·10 <sup>4</sup>	5,55·10 <sup>-3</sup>	37
Цезій <sup>134</sup> Ce 2,07 роки	1,18·10 <sup>5</sup>	—	1,63·10 <sup>-2</sup>	—
Радій <sup>226</sup> Ra 1600 років	2,29·10 <sup>2</sup>	—	3,15·10 <sup>-5</sup>	—
Уран <sup>238</sup> U 4,468·10 <sup>9</sup> років	0,67·10 <sup>2</sup>	1,74·10 <sup>4</sup>	8,14·10 <sup>-5</sup>	—

Тут  $h_m$  — питома максимальна еквівалентна доза (Зв·см<sup>2</sup>/часток), значення якої для різних видів випромінювань наведені в НРБ-76/87.

У реальних умовах на людину можуть впливати декілька радіоактивних речовин і джерел іонізуючих випромінювань, створюючи при цьому зовнішнє і внутрішнє опромінення. При спільній дії зовнішнього і внутрішнього опромінення для кожного критичного органа повинна дотримуватися умова:

$$\frac{H_{M\Sigma}}{MD} + \sum_j \frac{H_j}{MRN_j} + \sum_k \frac{H_k}{MRN_k} \leq 1;$$

$$\frac{H_{M\Sigma}}{ДПД_B} + \sum_j \frac{c_j}{ДК_{B_j}} + \sum_k \frac{c_k}{ДК_{B_k}} \leq 1, \quad (4.117)$$

де  $H_{M\Sigma}$  — середньорічна потужність максимальної еквівалентної дози  $H_{M\Sigma}$ ;  
 $c_j$  — середньорічна концентрація j-го радіонукліда в повітрі;  
 $c_k$  — середньорічна концентрація k-го радіонукліда в раціоні;  
 $H_j$  — середньорічне надходження j-го радіонукліда в органи дихання;  
 $H_k$  — середньорічне надходження k-го радіонукліда з раціоном.

Вплив фонових іонізуючих випромінювань від природних джерел, а також випромінювання при медичних процедурах, від телевізорів і т. п. у НРБ-76/87 не враховані і їх слід розглядати як додаткові навантаження.

При виникненні аварійних ситуацій однократне зовнішнє переопромінення людини при дозі понад 5 ГДД (гранично допустима доза) або однократне надходження в організм радіонуклідів понад 5 МДН (межа допустимого надходження) повинно розглядатися як потенційно небезпечне. Після такого впливу необхідним є медичний огляд.

Основними заходами щодо захисту населення (категорії Б і В) від іонізуючих випромінювань є всебічне обмеження надходження в навколишню атмосферу, воду, ґрунт відходів виробництва, що містять радіонукліди, а також зонування територій поза промисловим підприємством. У разі потреби створюють санітарно-захисну зону і зону спостереження.

**Санітарно-захисна зона** — територія навколо установи або джерела радіоактивних викидів, на якій рівень опромінення може перевищувати ГД. Критерієм для визначення розмірів санітарно-захисної зони служать межі річного надходження радіоактивних речовин через органи дихання і травлення та ГД зовнішнього випромінювання для категорії Б, а також ДК<sub>б</sub> радіоактивних речовин в атмосфері і воді. У цій зоні встановлюється режим обмежень і проводиться радіаційний контроль.

**Зона спостереження** — територія, на котрій можливий вплив радіоактивних викидів і опромінення населення, яке проживає на даній території, може досягати встановленої ГД. На території зони спостереження, розміри якої у 3—4 рази перевищують розміри санітарно-захисної зони, проводиться радіаційний контроль.

Для підприємств атомної промисловості і ядерної енергетики санітарно-захисна зона встановлюється спеціальними нормативними актами. Мінімальна відстань від АТЕЦ і АЕС до міст із населенням понад 10 тис. жителів наведена в табл. 4.24.

Нагляд за дозою опромінення і надходженням радіонуклідів в організм досягається введенням контролю радіаційної обстановки за

місцем проживання. Якщо за результатами тривалого спостереження встановлено, що опромінення критичних груп органів у осіб категорії Б не перевищує 0,1 ГДД, то радіаційний контроль за опроміненням населення може бути скорочений при обов'язковому збереженні радіаційного контролю за джерелами викидів в атмосферу і скидання у водойми. Радіаційний контроль здійснюють установи і підприємства, де проводяться роботи із застосуванням радіоактивних речовин і джерел іонізуючих випромінювань.

Таблиця 4.24

## Мінімальна відстань від АТЕЦ і АЕС до міст

Чисельність населення, тис. чол.	Відстань, км від:	
	АТЕЦ	АЕС
100 і більш	10	—
300 » »	12	25
500 » »	18	—
1000—2000	25	40

Захист населення і навколишнього середовища від дії джерел іонізуючих випромінювань досягається дотриманням вимог ОСП-72/87, у яких регламентовані збір, видалення і знешкодження твердих та рідких радіоактивних відходів, а також основні положення щодо проектування і застосування пилогазоочищування вентиляційних і технологічних викидів в атмосферу від радіонуклідів, що містяться в них.

Радіоактивні відходи класифікують за фізичним станом на пилогазоподібні, рідкі і тверді, а за активністю — на слабоактивні, середньоактивні і високоактивні.

Рідкі радіоактивні відходи за питомою активністю відповідно до ОСП-72/87 класифікують згідно з табл. 4.25

Таблиця 4.25

## Класифікація рідких радіоактивних відходів

Категорія	Питома активність, Бк/л	Практика поводження з відходами
Слабоактивні	$< 3,7 \cdot 10^5$	Підлягають очищенню і скидаються в навколишнє середовище
Середньоактивні	$3,7 \cdot 10^5$ до $3,7 \cdot 10^{10}$	Те ж
Високоактивні	$\geq 3,7 \cdot 10^{10}$	Спрямовуються на збереження, а після переробки — на поховання

У господарсько-побутову каналізацію допускається скидання радіоактивних стічних вод із концентрацією, що перевищує  $ДК_6$  для води не більш ніж у 10 разів, за умови, що в колекторі даного підприємства забезпечується їхнє десятикратне розведення нерадіоактивними стічними водами, а сумарне скидання радіоактивних речовин у водойму не перевищує встановленого  $ДК_6$ . Допустимі скиди рідких радіоактивних відходів у поверхневі водойми встановлюються за погодженням з органами Мінекобезпеки.

Забороняється скидання рідких радіоактивних відходів усіх категорій у криниці, свердловини, поглинальні ями, поля зрошення і фільтрації, системи підземного зрошення, а також у ставки, озера і водоймища, призначені для розведення риби і водоплавної птиці.

При неможливості розведення, а також при малих кількостях (менше 200 л/добу) рідкі радіоактивні відходи повинні збиратися в спеціальні ємності і скеровуватись на пункт поховання радіоактивних відходів. В закладах і на підприємствах, де щодоби утворюється більше 200 л радіоактивних відходів із концентрацією, що перевищує 10  $ДК_6$  для води, необхідно влаштовувати спеціальну каналізацію з очисними спорудами. Система спеціальної каналізації повинна передбачати дезактивацію стічних вод і при можливості їхнє повторне використання в технологічних цілях.

Для очищення слабоактивних і середньоактивних скидних вод від радіонуклідів застосовують різноманітні методи (упарювання, іонний обмін, хімічні методи). Очищення радіоактивних вод від радіонуклідів у багатьох випадках є самостійною задачею і потребує спеціального вирішення.

Спрощені схеми очищення скидних вод застосовують на установках для опромінення гуми, нафтопродуктів, фторопластів, деревини і т. п., де в якості опромінювача застосовують  $^{60}\text{Co}$ , який зберігають у воді. Освітлення води від мікродисперсної суспензії проводять на механічних фільтрах, що мають целюлозно-тканинну насадку, а дезактивація вод досягається іонообмінними фільтрами із синтетичних смол.

Очищення води у системах охолодження прискорювачів плазмових і магнітних установок полягає у її дезактивації та відділенні від продуктів корозії. Ця задача вирішується байпасним включенням у схему установки доочищувача, що складається з механічних фільтрів (тришарова тканина, що фільтрує, сульфідна целюлоза, активоване вугілля) і фільтрів фінішного очищення. Фільтроцикл байпасної установки триває звичайно 1,5—2 роки. Після закінчення цього терміну радіоактивні сорбенти вивозять на поховання.

Тверді радіоактивні відходи відповідно до ОСП-72/87 вважаються радіоактивними, якщо їхня питома активність більше:  $7,4 \cdot 10^3$  Бк/кг для

джерел  $\alpha$ -випромінювання (для трансуранових елементів  $3,7 \cdot 10^2$  Бк/кг);  $7,4 \cdot 10^4$  Бк/кг для джерел  $\beta$ -випромінювання;  $1 \cdot 10^7$  г-екв радію/кг — для джерел  $\gamma$ -випромінювання.

Якщо питома активність твердих відходів нижче наведених значень, то їх видаляють із звичайним сміттям на поховання. Якщо тверді радіоактивні відходи мають підвищену питому активність і містять короткоживучі нукліди з періодом напіврозпаду менше 15 діб, то перед похованням їх потрібно витримувати в спеціальних контейнерах до необхідного зниження активності, а потім видаляти зі звичайними відходами.

Збір твердих радіоактивних відходів в установах і на підприємствах повинен проводитися безпосередньо на місцях їхнього утворення окремо від звичайного сміття і роздільно, з урахуванням їхньої природи (неорганічні, органічні, біологічні); періоду піврозпаду радіонуклідів, що знаходяться у відходах (до 15 діб, більш 15 діб); вибухопожежобезпеки; методів переробки відходів.

Залишки від переробки опроміненого палива, джерела випромінювання, іонітні смоли, використане устаткування і т. п. підлягають похованню. Фільтри й обтиральний матеріал потрібно попередньо спалювати, а залишки від спалювання піддавати похованню.

Знищення радіоактивних відходів потрібно проводити на спеціальних пунктах поховання в контейнерах. Потужність дози випромінювання на відстані 1 м від збірника з радіоактивними відходами повинна бути не більш 0,1 мЗв/год.

Транспортування радіоактивних відходів до місць поховання здійснюють на спеціально обладнаних автомашинах із критим кузовом або цистерною (для рідких відходів). Автомашини і змінні збірники після кожного рейсу повинні бути дезактивовані.

Для поховання низькоактивних відходів можна використовувати сховища у вигляді резервуарів і траншей. Небезпечними є середньо- і високоактивні відходи. Поводження з ними передбачає поховання їх в затверділому стані в підземних сховищах і шахтах на глибині 300—1000 м. Поховання високоактивних відходів у шахтах не завжди можливе, тому що відходи виділяють велику кількість теплоти, що може призвести до вибухів. Менш небезпечним є поховання відходів у морі на великих глибинах в ізольованому вигляді, що потребує попередньої обробки відходів (оскління, бетонування, поміщення у високоміцні контейнери).

Проблема безпечного видалення і поховання радіоактивних відходів ще не вирішена остаточно і потребує подальшого розвитку. Більш перспективним вважається метод підземного поховання в гірські породи, що розшаровуються.

МАГАТЕ рекомендує класифікувати радіоактивні пилогазоподібні відходи за активністю (табл. 4.26) наступним чином:

Таблиця 4.26

## Класифікація пилогазоподібних радіоактивних відходів

Категорія	Питома активність, Бк/м <sup>3</sup>	Практика поводження з відходами
Слабоактивні (низькоактивні)	$\leq 3,7$	Очищенню не підлягають
Середньоактивні	$3,7—3,7 \cdot 10^4$	Підлягають очищенню фільтруванням перед викидом в атмосферу
Високоактивні	$> 3,7 \cdot 10^4$	Підлягають очищенню

Пилогазові викиди, що відносяться до категорії низькоактивних (переважно вентиляційні викиди), викидаються у навколишнє середовище через труби і розсіюються. При цьому висота труби й умови викидання повинні гарантувати дотримання  $ДК_6$  на місцевості в зоні спостереження і поза нею. Дозволяється видаляти вентиляційне повітря без очищення, якщо його об'ємна активність на викиді не перевищує допустимої величини для повітря робочих помешкань, а сумарний викид за рік не створює умов для перевищення межі дози, встановленої НРБ-76/87.

Для очищення пилогазових викидів від радіоактивних аерозолів застосовують пиловловники. Для уловлювання високодисперсних часток широко застосовують фільтри.

При обробці високоактивних пилогазових відходів необхідно підвищувати концентрацію в них радіонуклідів і відправляти на збереження та поховання. Цей спосіб обробки придатний і для радіонуклідів, що мають великі періоди напіврозпаду.

Для звільнення вентиляційних викидів від радіоактивних інертних (ізотопи криптона, ксенона, а також аргон-41) газів (РІГ) застосовують адсорбційні колони або газгольдини. Якщо необхідне обмежене (ефективність 0,8—0,9) очищення викидів від радіоактивних інертних газів, то використовують газгольдини. Принцип роботи газгольдини базується на тому, що короткоживучі радіонукліди (період напіврозпаду  $T_{1/2}$ , год:  $^{41}\text{Ar}$  — 1,82;  $^{77}\text{Kr}$  — 1,14;  $^{88}\text{Kr}$  — 2,77) за час перебування в ньому знижують свою активність за рахунок радіоактивного розпаду. Розрахунок газгольдини починають із визначення часу перебування газу в газгольдері, тобто часу витримки за формулою

$$A_k = A_n \exp(-0,693\tau / T_{1/2}), \quad (4.118)$$

де  $A_k, A_n$  — кінцева і початкова активності речовини.

В розрахунках задається відношення  $A_n/A_k$ , а час витримки знаходять за формулою

$$\alpha = 2,3 \frac{A_n}{A_k} \frac{T_{1/2}}{0,693} \quad (4.119)$$

За об'ємною витратою  $Q$  РІГ, що надходять у газгольдер, визначають об'єм газгольдера  $V_g = Qt$ ; довжину і площу поперечного перетину визначають з конструктивних міркувань. Адсорбційні колони застосовують для високоефективного (понад 0,99) очищення викидів від РІГ. Схема установки для адсорбції РІГ наведена на рис. 4.9.

Газ, який очищається, подають для охолодження до теплообмінника 2, а потім до сепаратора вологи 1 і аерозольного фільтра 8. Після фільтра газ надходить у цеолітові колони 4 для глибокого сушіння до вмісту вологи, що відповідає вмісту насичення водяної пари при температурі адсорбції. Оскільки процес сушіння відбувається з виділенням теплоти, то після колон газ спочатку подається до теплообмінника 2', а потім до вугільного адсорбера 5. Рух газу в установці забезпечує повітродувка 9, регулювання витрати в цеолітових колонах досягається вентиллями 3. Осушувальні цеолітові колони працюють періодично: в одній відбувається сушіння газу, в іншій — регенерація гарячим повітрям, що нагрівається в електрокалорифері 6 із передфільтром 7.

Методи радіаційного контролю базуються на вимірюванні параметрів іонізуючих випромінювань за допомогою дозиметричних приладів. Типи й основні параметри дозиметрів встановлюють в залежності від фізичної величини, яка вимірюється, і виду іонізуючих випромінювань.

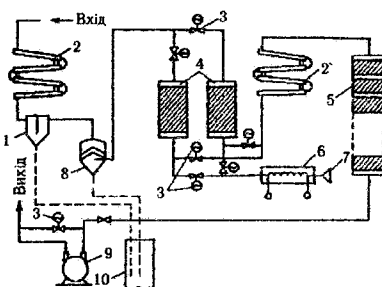


Рис. 4.9. Схема адсорбції радіоактивних інертних газів

## ЛІТЕРАТУРА

1. Белов С. В., Барбинов Ф. А., Козьяков А. Ф. / Под ред. Белова С. В. Охрана окружающей среды: Учебное пособие для техн. спец. вузов. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Высш. шк., 1991. — 319 с.
2. Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. Основы загальної екології. Підручник для студентів природничих факультетів вищих навчальних закладів. — 2-е вид., зі змінами. — К.: Либідь, 1995. — 368 с.
3. Бобков А. С., Блинов А. А., Роздин И. А., Хабарова Е. И. Охрана труда и экологическая безопасность в химической промышленности: Учебник для вузов. — Изд. 2-е. — М.: Химия, 1998. — 400 с.
4. Борьба с шумом в городах: Совм. сов.-фр. изд. / В. Н. Белоусов, Б. Г. Прутков, А. П. Шицкова и др.; Смешан. сов.-фр. рабочая группа по сотрудничеству в обл-ти охраны окружающей среды. Проблема VII "Борьба с шумом". Центр. н.-и. и проект. ин-т по градостроительству. Тулуз. Ун-т. — М.: Стройиздат, 1987. — 248 с.
5. Булгакова Н. Г., Василевская Л. С., Градус Л. Я и др. Контроль за выбросами в атмосферу и работой газоочистных установок на предприятиях машиностроения: Практическое руководство. — М.: Машиностроение, 1984. — 128 с.
6. Голубець М. А. Від біосфери до соціосфери. — Львів: Поллі, 1997. — 256 с.
7. Горелов А. А. Экология: Учебное пособие. — М.: Центр, 1998. — 240 с.
8. Гук М. та інші. Державна екологічна інспекція України. Державна інспекція охорони природного середовища Польщі. Контроль і моніторинг природного середовища в Україні та Польщі. — Варшава, 1994. — 99 с.
9. Демина Т. А. Экология, природопользование, охрана окружающей среды: Учебное пособие. — М.: Аспект Пресс, 1997. — 143 с.
10. Джигирей В. С., Жидецкий В. Ц. Безпека життєдіяльності. — Львів: Афіша, 1999. — 254 с.
11. Жидецкий В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основы охорони праці. — Вид. 2-е, стеріот. — Львів: 2000. — 347 с.
12. Иванов Б. А. Инженерная экология. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1989. — 152 с.

13. Кормилицын В. И., Цицкишвили М. С., Яламов Ю. И. Основы экологии: Учебное пособие. — М.: МПУ, 1997. — 68 с.
14. Луконенко В. Г., Несоленов Г. Ф. Определение антропогенного воздействия производственного процесса на воздушную среду: Учебное пособие. Самарский гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1994. — 44 с.
15. Маслов Н. Н., Коробов Ю. И. Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов. — М.: Транспорт, 1996 — 238 с.
16. Назарук М. М. Основы екології та соціоекології. — Львів: Афіша, 1999. — 255 с.
17. Назарук М. М., Сенчина Б. В. Практикум із основ екології та соціоекології. — Львів: Афіша, 1999. — 116 с.
18. Назарук М. М. Соціоекологія: Словник-довідник. — Львів: ВНТЛ, 1998. — 172 с.
19. Рыбальский Н. Г., Савицкий А. И., Малярова М. А., Гобатовский В. В. Экологическая безопасность. (Справочник). Т. 1. Безопасность человека. Ч. 1./ Под ред. Н. Г. Рыбальского. — М.: СП "ГИНДУКУШ", 1994. — 320 с.
20. Рыбальский Н. Г., Савицкий А. И., Малярова М. А., Гобатовский В. В. Экологическая безопасность: Справочник. Т. 1. Безопасность человека. Ч. 2./ Под ред. Н. Г. Рыбальского. — М.: ЭКИП. Ауто, 1995. — 440 с.
21. Самойлюк Е. П., Денисенко В. И., Пилипенко А. П. Борьба с шумом в населенных местах. — К.: Будівельник, 1981. — 144 с.
22. Словарь-минимум экологических терминов и понятий / (составители Б. И. Сынзыныс, И. А. Пичугина): Учебное пособие по курсам "Общая экология", "Экология", "Экология и безопасность жизнедеятельности". / Под общ. ред. чл.-кор. РАЕН Г. В. Козьмина.—Обнинск: ИАТЭ, 1998. — 38 с.
23. Справочник по охране окружающей среды / В. Г. Сахаев, Б. В. Щербицкий. — К.: Будівельник, 1986. — 152 с.
24. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию: Пер с нем. — М.: Мир, 1997. — 232 с.

## КОРОТКІ ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

*Джигирей Віктор Степанович (1952)* — кандидат технічних наук, доцент. Автор більше 60 наукових та навчально-методичних публікацій, серед яких навчальні посібники: "Безпека життєдіяльності на підприємствах зв'язку" (1997, у співавторстві), "Охорона праці" (1997, у співавторстві), "Екологія та охорона природи" (1999, у співавторстві), "Основи охорони праці" (1999, у співавторстві), "Безпека життєдіяльності" (1999, у співавторстві) та 10 авторських свідоцтв на винаходи. Займається дослідженнями антропогенного та техногенного впливу на довкілля, покращенням віброакустичного режиму роботи деревообробних виробництв.

В 1974 р. закінчив механічний факультет Львівського лісотехнічного інституту (ЛЛТІ). Спеціальність — інженер-механік. З 1974 по 1976 рр. працював на Рівненській меблевій фабриці майстром складального цеху та інженером-механіком. В 1976—1979 рр. навчався в аспірантурі ЛЛТІ. З 1979 по 1985 рр. працював на посаді завідувача лабораторії та на посаді асистента кафедри технології пиломатеріалів ЛЛТІ. В 1983 р. захистив дисертацію на тему "Зниження віброакустичної активності фрезерувальних шпинделів деревообробних верстатів". З 1985 р. — доцент кафедри технології пиломатеріалів. В 1987 по 1989 рр. працював викладачем Бахр-Дарського політехнічного інституту (Ефіопія). В 1992—1995 рр. працював на посаді заступника декана факультету технології деревообробки ЛЛТІ (з 1995 р. — Український державний лісотехнічний університет (УкрДЛТУ). В даний час — доцент кафедри хімічної технології переробки деревини та безпеки життєдіяльності УкрДЛТУ.

*Сторожук Віктор Миколайович (1967)* — кандидат технічних наук, асистент кафедри. Автор 25 наукових і навчально-методичних публікацій, серед яких навчальний посібник "Екологія та охорона природи" (1999, у співавторстві) та Патента на промисловий зразок. Займається дослідженнями антропогенного та техногенного впливу на довкілля, покращенням віброакустичного режиму роботи деревообробних виробництв.

В 1986 р. закінчив Кременецький лісотехнічний технікум. Працював майстром тарного цеху заводу "Григоріопольлітпластмас" (Молдавія). У 1986—1988 рр. служив у Збройних силах. В 1988—1993 рр. навчався на факультеті технології деревообробки в Львівському лісотехнічному інституті (ЛЛТІ), який закінчив із відзнакою. У 1993—1994 рр. — молодший науковий співробітник науково-дослідного сектора ЛЛТІ. У 1994—1997 рр. — навчання в аспірантурі ЛЛТІ (з 1995 р. — Український державний лісотехнічний університет (УкрДЛТУ). В 1998 р. захистив дисертацію на тему "Акустична оцінка та шляхи зниження шумової та вібраційної активності багатопилкових шпиндельних вузлів дереворізальних верстатів". В даний час — асистент кафедри хімічної технології переробки деревини та безпеки життєдіяльності УкрДЛТУ.

Яцюк Ростислав Арсенович (1952) — кандидат технічних наук, доцент. Автор більше 60 наукових та навчально-методичних публікацій, серед яких навчальний посібник "Матеріалознавство" (1996, у співавторстві) та двох авторських свідоцтва на винаходи. Займається дослідженнями шляхів усунення крихкості залізоалюмінієвих сталей та створення нових економнолегованих жаростійких сталей для деталей пічного обладнання, техногенного впливу легованих добавок рідкоземельних металів у металургійній промисловості на оточуюче середовище.

У 1974 р. закінчив механіко-технологічний факультет Львівського політехнічного інституту. Спеціальність — інженер-металург. У 1974—1986 рр. працював у Фізико-механічному інституті АН УРСР на посаді старшого інженера. У 1984 р. захистив дисертацію на тему "Жаростійкість залізоалюмінієвих сплавів і розробка економнолегованої сталі для деталей пічного обладнання". У 1986—1988 рр. працював у проектно-конструкторському інституті конвейєробудування на посаді провідного конструктора. З 1988 р. по теперішній час працює в Державному університеті "Львівська політехніка" на посаді доцента кафедри охорони праці.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
Розділ 1. Основні концепції екології .....	7
1.1. Визначення та основні поняття екології .....	7
1.2. Завдання екології .....	13
1.3. Людське суспільство та середовище його існування .....	15
1.3.1. Поняття про середовище існування .....	15
1.3.2. Еволюція взаємовідносин людини й природного середовища .....	16
1.4. Структура природного середовища .....	19
1.4.1. Географічна оболонка .....	19
1.4.2. Атмосфера .....	21
1.4.3. Літосфера .....	22
1.4.4. Гідросфера .....	25
1.4.5. Природні ресурси .....	25
1.5. Поняття про біосферу .....	29
1.5.1. Коло життя .....	29
1.5.2. Загальні властивості біосфери .....	33
1.5.3. Кругообіг речовин у біосфері .....	34
1.5.4. Трансформація енергії у біосфері .....	36
1.6. Екосистеми та їх місце в організації біосфери .....	37
1.6.1. Рівні організації органічного світу .....	37
1.6.2. Поняття про екосистеми .....	39
1.6.3. Ланцюги живлення та піраміди мас, чисел і енергії .....	41
1.6.4. Класифікація екосистем .....	41
1.6.5. Основні екосистеми світу .....	42
1.7. Екологія популяцій .....	45
1.7.1. Ознаки популяцій .....	46
1.7.2. Етологічна структура популяцій .....	48
1.8. Екологічні фактори та їх вплив на життєдіяльність організмів .....	50
1.8.1. Поняття про екологічні фактори .....	50
1.8.2. Класифікація екологічних факторів .....	52
1.9. Основні екологічні закони .....	55

<b>Розділ 2. Вплив діяльності людини на довкілля .....</b>	<b>67</b>
2.1. Світова демографічна ситуація .....	67
2.1.1. Демографічні проблеми України .....	72
2.1.2. Вплив навколишнього природного середовища на здоров'я населення ..	75
2.1.3. Урбанізація та її негативні наслідки .....	79
2.2. Джерела антропогенного забруднення довкілля .....	81
2.3. Вплив діяльності людського суспільства на геологічне середовище ..	83
2.3.1. Вплив господарської діяльності на ґрунт .....	84
2.3.2. Сучасний стан ґрунтів України та шляхи їх покращання .....	89
2.4. Вплив діяльності людини на гідросферу .....	93
2.4.1. Світові проблеми прісної води .....	93
2.4.2. Сталий розвиток і вода .....	95
2.4.3. Джерела забруднення гідросфери .....	96
2.4.4. Антропогенний вплив на води світового океану .....	98
2.4.5. Забруднення природних вод України .....	100
2.5. Забруднення атмосфери .....	101
2.5.1. Джерела, масштаби і наслідки забруднення атмосфери .....	101
2.5.2. Стан повітряного середовища України .....	107
2.6. Енергетичне забруднення довкілля .....	108
2.6.1. Шумове та вібраційне забруднення .....	108
2.6.2. Електромагнітне забруднення .....	111
2.6.3. Радіоактивне забруднення .....	112
2.7. Міжнародні природні ресурси та співробітництво в галузі охорони нарколішнього природного середовища .....	115
2.7.1. Міжнародні природні ресурси .....	115
2.7.2. Міжнародне співробітництво в галузі охорони природи .....	117
<b>Розділ 3. Охорона навколишнього природного середовища .....</b>	<b>123</b>
3.1. Контроль і моніторинг природного середовища в Україні .....	123
3.1.1. Стан навколишнього природного середовища в Україні .....	123
3.1.2. Правові аспекти охорони навколишнього природного середовища .....	128
3.1.3. Організація служб охорони навколишнього природного середовища ..	137
3.1.4. Моніторинг навколишнього природного середовища .....	141
3.2. Види забруднення навколишнього природного середовища та напрямки його охорони .....	152
3.3. Природоохоронна діяльність підприємств .....	157
3.3.1. Інженерно-екологічна експертиза проектів підприємств .....	159
3.3.2. Екологічна паспортизація підприємств .....	160
3.4. Економічна оцінка екологічних збитків .....	164
3.4.1. Методи управління природоохоронною діяльністю .....	164
3.4.2. Економічний механізм охорони навколишнього природного середовища ..	166
3.4.3. Види екологічних збитків та їх визначення .....	169

<b>Розділ 4. Визначення антропогенного впливу на навколишнє природне середовище .....</b>	<b>173</b>
4.1. Забруднення ґрунтів .....	173
4.1.1. Оцінка забруднення ґрунтів .....	173
4.1.2. Вплив забруднення ґрунтів на здоров'я людей та його нормування ..	176
4.1.3. Порухення та рекультивація земель .....	179
4.2. Раціональне використання та охорона водних ресурсів .....	181
4.2.1. Загальні положення .....	181
4.2.2. Водокористування та водоспоживання .....	183
4.2.3. Джерела забруднення води .....	186
4.2.4. Контроль якості води .....	189
4.2.5. Умови скидання стічних вод у каналізації та водоймища .....	191
4.2.6. Способи очищення стічних вод .....	195
4.3. Визначення антропогенного впливу на повітряне середовище .....	201
4.3.1. Визначення ступеня забрудненості атмосфери .....	201
4.3.2. Визначення категорій небезпечності підприємств у залежності від маси, виду та складу забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу .....	206
4.3.3. Розрахунок викидів шкідливих речовин автомобільним транспортом ..	209
4.3.4. Розрахунок гранично допустимих викидів для одиночного джерела або близько розташованих одиночних джерел .....	212
4.3.5. Визначення тимчасово погоджених викидів та розрахунок поля концентрації для випадку одиночного джерела .....	220
4.3.6. Визначення висоти труби або висоти розташування витяжного каналу вентиляційної системи .....	226
4.3.7. Очищення викидів в атмосферу .....	228
4.4. Захист довкілля від енергетичних забруднень .....	238
4.4.1. Зниження віброакустичного забруднення .....	238
4.4.2. Захист від електромагнітних полів .....	251
4.4.3. Захист від іонізуючих випромінювань .....	256
Література .....	265
Короткі відомості про авторів .....	267

Відтворення усєї книги або будь-якої її частини  
заборонено без письмової згоди видавництва.  
Будь-які спроби порушення авторських прав  
будуть переслідуватися у судовому порядку

**Віктор Степанович Джигирей  
Віктор Миколайович Сторожук  
Ростислав Арсенович Яцюк**

**ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНА  
НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Редактор *Мельников О. В.*

Технічний редактор *Василишин Д. В.*

Коректор *Василишин Д. В.*

Комп'ютерне складання та верстання *Клим С. Я.*

Підписано до друку 24. 07. 2000 р. Формат 60х84/16.  
Папір газетний. Гарнітура "Антиква". Друк офсетний.

Умовн. друк. арк. 15,81. Облік.-видавн. арк. 17,5.

Наклад 1000. Замовлення № 11.

Віддруковано ПТБФ «Афіша»  
79005 м. Львів, вул. К. Левицького, 4.