

ББК-20.1  
3-68

**Рецензенти:** **Крисаченко В.С.**, д.ф.н., Інститут філософії НАН України, відділ філософських проблем природознавства та екології.

**Шеляг-Сосонко Ю.Р.**, академік НАН України, Інститут ботаніки НАН України, відділ геоботаніки.

**Науковий редактор** Серебряков В.В., к.б.н., експерт Міжнародного Союзу охорони природи і природних ресурсів.

**Редактор** Тищенко Н.

**Злобін Ю.А.** Основи екології. К.: — Видавництво «Лібра», ТОВ, 1998, 248 с.

ISBN 966-7035-16-6

Запропонований підручник охоплює усі найважливіші розділи сучасної екології, розглядає питання охорони навколишнього середовища, раціонального природокористування, дає широке уявлення про екологію та її роль у житті людства.

Це перший в Україні підручник з екології, що може бути використаний студентами вищих навчальних закладів III та IV рівней акредитації гуманітарних, технічних, медичних та сільськогосподарських спеціальностей.

**Рекомендовано Міністерством освіти України як підручник для студентів вищих учбових закладів України.**

© Злобін Ю.А.

© Видавництво «Лібра», ТОВ, 1998

**«У** людства повинно бути майбутнє. І воно може  
бути світлим. Нерозв'язних проблем немає.  
Пройти небезпечну ділянку шляху в майбутнє допоможе  
**СВІТЛО ЕКОЛОГІЧНИХ ЗНАНЬ,**  
активність, праця та високий професіоналізм».

**М.Реймерс**

## ПЕРЕДМОВА

**Ця книга пропонується як підручник студентам вищих навчальних закладів України, які вивчають основи загальної та розділи спеціальної екології.**

Курс екології складний і тому досить важкий для засвоєння. Це пояснюється певними причинами. Головна з них полягає в тому, що сучасна екологія сформувалася як міждисциплінарна наука, що вивчає місце людського суспільства щодо природного середовища. Тому в сферу екологічного знання входить не тільки класичне біологічне ядро, але й соціальні, філософські, економічні та етичні проблеми. Категорії, поняття й терміни, необхідні для вивчення екології, численні та неоднозначні. Вони часто використовуються різними авторами з неоднаковим змістовим навантаженням. Розвивається екологія досить швидко, і це створює ще одну проблему — постійне поновлення понятійного апарату.

**Даний підручник складається з двох частин. У першій аналізуються, головним чином, основні закономірності біосферних процесів. У другій — розглядаються прикладні питання екології, тобто форми господарської діяльності людини щодо природного середовища.**

Екологічна ситуація, яка склалася у світі наприкінці нашого століття, спонукала все цивілізоване людство усвідомити, що подальше безвідповідальне споживацьке ставлення до природи та природних ресурсів може завершитися глобальною катастрофою. Можливості впливу людини на природне середовище стали справді колосальними: суспільство вже має достатньо технічних засобів для повного знищення природного середовища.

Але незважаючи на це, людина, яка сформувалася в умовах біосфери, залишається тісно зв'язаною з нею. Екологія як наука — це повноправний компонент природничої та гуманітарної підготовки, що пропонується студентам вищою школою України.

Робота з підручником «Основи екології» передбачає активне використання додаткової літератури. Список її можна знайти в кінці книги. Передбачається, що з опануванням підручника студенти прослухають курс лекцій паралельно з семінарськими заняттями. Це сприятиме не тільки засвоєнню курсу, але, що головне, формуванню власного ставлення до екологічних проблем, ставлення не дилетанта-аматора, а професіонала, котрий мотивує свою позицію не емоціями, а екологічними знаннями.

У кінці кожного розділу наводяться питання для самоперевірки та обговорення на семінарах під керівництвом викладача. Автор намагався зробити навчальний матеріал доступним для студентів. Аналіз екологічних проблем проводився об'єктивно, на основі плюралістичного підходу. За наявності різноманітної світової екологічної літератури та широкого розмаху думок екологів-професіоналів з окремих питань не завжди було можливим та й доречним наводити всі погляди на ту чи іншу проблему. Автор не нав'язує свою точку зору щодо дискусійних екологічних проблем, але й не приховує свої позиції. Думка автора підручника з деяких дискусійних питань — це лише одна з багатьох існуючих, тому студент має повне право на критичне ставлення до неї. Такий підхід відповідає принципу розвиваючого навчання і стимулює інтелектуальний плюралізм.

Сучасна екологія все частіше спирається на кількісну оцінку структур та явищ біосфери. Тому підручник вміщує досить багато цифрових матеріалів. Деякі з них є результатом приблизних оцінок. Інші дебатовані серед професіональних екологів, оскільки оцінка одного й того ж явища різними методами може давати різні результати. Це природний

шлях розвитку будь-якої науки. Тому в багатьох випадках екологічну значущість має кількісна оцінка не сама по собі, а її зіставлення з оцінками інших біосферних структур або процесів. Більшість кількісних оцінок у підручнику — не матеріал для заучування, а вихідні дані для самостійних екологічних порівнянь та висновків.

Слід застерегти того, хто вивчає сучасну екологію, від небезпек, що очікують його. З одного боку — це висока політизація, тобто упередженість чималої кількості публікацій з екології, та, з другого боку — широке поширення журнальної та газетної публіцистики на екологічну й природоохоронну тематику, де ці теми розкриваються поверхнево і нерідко викривлено.

Систематичне вивчення базового курсу екології дозволяє правильно орієнтуватися серед екологічних проблем та займати в потрібних випадках мотивовану громадянську позицію.

## ВСТУП

Кожна з наук має свою долю. У ході розвитку людського суспільства вони виникають, сягають своїх вершин, потім розчленовуються або, навпроти, зливаються з іншими науками, а то й геть втрачають актуальність, виконавши свою роль.

Протягом тривалого часу — з початку виникнення людської цивілізації аж до XIX століття — соціальні та виробничі потреби людини задовольняли метафізичні науки. Їхня особливість полягала в тому, що вони описували світ, що оточує людину, як такий, що складається, по-перше, з ізольованих матеріальних об'єктів, по-друге, із статичних об'єктів, що не змінюються та зберігають свої властивості від початку їхнього виникнення.

До середини XIX століття метафізичні уявлення почали суперечити реаліям життя та виробничій діяльності людини. Як відповідь на це виникли нові наукові дисципліни: еволюційне вчення, генетика, космологія та ін. Кінець XIX та початок XX століть — це період, коли в сфері науки почали панувати дисципліни, ідеєю яких стало дослідження розвитку усіх природних об'єктів та явищ. Та вже до середини XX століття стало зрозумілим, що ідея розвитку сама по собі недостатня для адекватного розуміння світу. До неї приєдналася ще одна — ідея взаємозв'язку та взаємозумовленості структур і явищ природи. Саме з цим періодом пов'язане становлення та формування сучасної екології.

Вперше термін «**екологія**» був запропонований німецьким біологом **Е.Геккелем** у 1866 році. У дослівному перекладі (**oikos** — з грецької означає **дім**) екологія — це наука про «дім», тобто про природу, що оточує нас. Вона вивчає умови існування живих організмів, їхній взаємозв'язок та їхню взаємодію з довкіллям. Але наприкінці XX століття зміст екології став дещо ширшим, та її місце в системі наук значно змінилося. Екологія виникла як суто біологічна наука, але в наш час вона трансформувалася і стала наукою про структуру та функцію природи в цілому, наукою про біосферу, наукою, що вивчає місце людини на нашій планеті, наукою про взаємозв'язки всього живого на нашій планеті між собою та з довкіллям.

Видатний американський вчений **Ю.Одум** (1970 — 1980) одним із перших почав розглядати екологію не як вузьку біологічну наукову дисципліну, а як міждисциплінарну науку, що досліджує багатокомпонентні та багаторівневі складні системи у природі та суспільстві. Ця якісна зміна в розумінні екології вимагала озброєння її новими методами та зробила високо актуальною для вирішення соціальних й економічних проблем людства.

Однак сфера дії екології припиняється там, де закінчується біологічна форма руху матерії. У соціальній сфері головним об'єктом є людина, що виконує функцію її конструктора. Тому «екологія належить до групи біологічних наук та не володіє концептуальним і методичним апаратом дослідження соціальних явищ» (**М.А.Голубець**, 1988).

Як міждисциплінарна наука екологія взяла на озброєння всі методи теорії систем та на цій основі опинилася на перехресті біологічних та гуманітарних наук (**рис. 1**). При цьому екологія залишилася точною біологічною наукою в тому розумінні, що вона досліджує живі об'єкти та їх сукупність, але вона стала й гуманітарною наукою, тому що визначає місце людини в природі, формує її світогляд та сприяє оптимізації розвитку соціальних та виробничих процесів.

Сучасна екологія по суті розчленована на чотири взаємопов'язані, але до певної міри самостійні, розділи, що логічно виходять один з одного. Це **факторіальна екологія, або аутоекологія**, що вивчає фактори середовища та їхній вплив на живі організми,

**демекологія**, що вивчає популяції та їхній взаємозв'язок між собою і довкіллям, **синекологія**, що розглядає закономірності співіснування організмів, їх угруповань у зв'язку одне з одним й умовами існування, та **соціальна екологія**, що вивчає взаємодію людини та біосфери й місце людського суспільства у природі.

Існують й інші способи розділу екології. **К.М.Ситник** та **М.І.Будико** (1990 — 1992) розділяють екологію на три частини: загальна екологія, що вивчає основні закономірності функціонування екологічних систем, глобальна екологія, що вивчає біосферу в цілому (за іншою термінологією це біосферологія), та прикладна екологія, об'єктом вивчення якої є взаємовідносини живих організмів із середовищем. За думкою **Г.Білявського** та **М.Падуна** (1991), в екології існує п'ять основних блоків: **а) біоекологія; б) геоєкологія; в) техноєкологія; г) соціоекологія; д) космічна екологія.** **М.Ф.Реймерс** (1990) вважає, що до складу сучасної екології входять 39 основних розділів, а сама вона тісно пов'язана з 70 великими науковими дисциплінами. Таким чином, схема на **рис. 1** демонструє лише найголовніші з існуючих напрямків розвитку екології як метанауки.



**Рис. 1.** Місце екології в системі наук.

Становлення екології як синтетичної науки є наслідком науково-технічного прогресу та якісної зміни місця людини в природі. Адже на перших етапах розвитку людства його вплив на природне середовище мав локальний характер, був незначним, а виробнича діяльність спиралася на природні сили навколишнього середовища (енергія води, вітру, викопні ресурси та ін.). У XX столітті людина отримала можливість активно впливати на довкілля та користуватися раніше недоступними для неї ресурсами. Виникла ідея, що людина — хазяїн природи, а природа — невичерпне джерело потрібних їй ресурсів. У цьому важливу роль зіграли:

а) стрімко зростаюча чисельність населення, що зробила можливим фактично необмеженим використання трудових ресурсів;

б) поява атомної енергетики, в початковій ейфорії від якої почало вважатися, що відтепер людство вільне від необхідності застосовувати інші енергетичні джерела;

в) розробка та створення озброєння нового типу, здатного знищити всю живу природу нашої планети;

г) формування на базі супутникових та комп'ютерних технологій єдиного світового інформаційного простору.

У сукупності ці фактори визначили у другій половині ХХ століття технократичну стратегію виробництва та використання природних ресурсів, стратегію, що завершилася розвитком екологічної кризи. У відповідь на це стала розвиватися та змінювати своє обличчя екологія.

Тільки в розробках саме цієї науки можна знайти відповідь на питання щодо меж допустимого впливу людини на природне середовище Земної Кулі, на питання про спосіб оптимізації природокористування та взагалі про перспективу існування людства. Ці проблеми набули такої значущості та очевидності, що зараз жодна людина не може обійтися без екологічних знань.

Дані сучасної екологічної науки та результати виробничої діяльності призвели до усвідомлення чотирьох важливих факторів. **Перший фактор** — будь-який вид живого організму унікальний та неповторний. Знищення окремих видів рослин та тварин є непоправною утратою, збитки від якої в наш час навіть важко уявити, оскільки деякі види, що зникли або зникають, можуть нести поки що невідомі, але потенційно корисні для людини властивості.

**Другий фактор** — природні ресурси, що не так давно оцінювалися як невичерпні і до того ж як безкоштовний дар природи, насправді виявилися вичерпними і такими, які можуть бути знищені. Сама ж якість ресурсів під впливом глобального антропогенезу отримала іншу оцінку.

**Третій фактор** — біосфера та складові її частини мають досить складну структуру та непрості закони функціонування. Штучне конструювання екосистем та самої біосфери — задача, що не під силу сучасній людині, та й, можливо, і для майбутнього людства. Більшість біосферних структур, як виявилось, мають не таку вже високу стійкість та пластичність. Зруйнувати їх людина може, але відновити, відтворити — поки що ні.

**Четвертий** і, мабуть, найбільш важливий фактор — усвідомлення сучасною людиною можливості свого виживання тільки в умовах збереження такого природного середовища, до якого вона адаптована як живий організм і як співучасник сучасних технологічних процесів.

Ці та багато інших факторів показують, що хоча людина й може жити на просторі від Арктики до Антарктиди, та все ж вона залишається частиною природи, а людство — частиною біосфери. Повітря, воду та їжу сучасна людина отримує на 99% або у формі безпосередньо природних ресурсів, або ж спеціально вирощує чи виробляє, але ж таки знову, використовуючи природні ресурси.

Сучасна суперечлива епоха, що поєднує технічні можливості людини з її залежністю від природи, поставила перед цивілізованим світом серйозну альтернативу. Або ми повинні повністю зруйнувати та корінним чином перетворити існуючу біосферу в свого роду техносферу, де все потрібне людині для життя буде вироблятися штучно, чи зберегти зв'язки людства з такою біосферою, в якій воно виникло і з якою протягом мільйонів років зв'язане тисячами видимих та невидимих ниток.

Класична екологія першої половини нашого століття була наукою, що тільки пояснювала. На підставі аналізу тих чи інших природних явищ вона пояснювала, чому вони виникають та який їхній механізм. Сучасна екологія, крім того, стала наукою, що прогнозує та конструює. Завдяки методу математичного моделювання, що став одним із основних в сучасній екології, створюються серії картин, які показують можливі результати того чи іншого впливу людини на природу. Такі прогнози на основі моніторингу певних ділянок біосфери за допомогою наземних засобів або супутникового зондування можуть постійно уточнюватися. Все більш відчутною, хоча ще недостатньою, є конструкторська функція екології, коли на основі екологічних знань спеціалістів та часто при широкому залученні громадського руху приймаються рішення щодо реалізації тих чи інших промислових або

сільськогосподарських проектів. Так, наприклад, в кінці 80-х років під тиском екологів-професіоналів та при підтримці громадськості, журналістів і письменників був відхилений проєкт перекидання частини водотоку північних річок (Об, Єнісей та ін.) на південь, до Середньої Азії. В Україні припинені роботи щодо перекидання дунайської води до Дніпра, які були розпочаті в межах проєкту каналу Дунай — Дніпро.

Характерною особливістю кінця ХХ століття стала екологізація багатьох конкретних наук, і посилюється та набув нових форм зв'язок екології з філософією й соціологією. Постало питання про необхідність широкомасштабної екологічної конверсії сільського господарства та ряду галузей виробництва. Всі заходи щодо охорони природи здійснюються на основі теоретичних екологічних знань.

У сучасних умовах інтерес до екології став всезагальним, екологічний підхід до вирішення проблеми взаємодії людини та природи пронизує всі сфери життя. Курс екології у вищій школі України вводить студентів у широке коло проблем життя сучасного суспільства, проблем, що однаково стосуються й інженера, й агронома, й лікаря, й юриста, й політичного діяча, й фахівця будь-якого іншого профілю.

Розуміння людиною складності законів екології прийшло тільки наприкінці ХХ століття. Але ці закони існували завжди й не залежать від волі людини. Нерозуміння закономірностей існування екосистем вже не раз призводило до непоправних природних катастроф та дорого обходилося людству. Так, найродючіші, добре обводнені та вкриті лісом землі Месопотамії під впливом бездумного вирубування лісу, меліорації та розведення худоби перетворилися в напівпустелю. Незліченні моральні та матеріальні збитки понесли Україна, Білорусь та Росія в результаті економії коштів на будівництво Чорнобильської АЕС та розміщення її в густонаселеній частині України. До корінного перетворення ландшафтів та втрати багатьох їхніх цінних властивостей призвела інтродукція кролів та овець в Австралію. На жаль, число таких прикладів досить велике.

Перед вченими, які працюють в галузі екології, виникають і моральні проблеми. Наскільки глибоко та в яких напрямках повинні розроблятися ті чи інші наукові проблеми, якщо їх використання зашкодить людині? На це питання сьогодні повинен відповісти не тільки вчений-атомщик або генетик, але й еколог. Адже як зброя може використовуватися не тільки атомна бомба. На основі екологічної інформації та технічних промислових засобів людина вже сьогодні може викликати штучні засухи, повені, землетруси, епідемії. Американський вчений, лауреат Нобелівської премії **Макс Дельбрюк** (1989) взагалі розглядає вчених як особливу соціальну групу *Homo scientificus*, руйнівця діяльності якої є допитливість і наукова одержимість. А його колега, відомий американський біохімік, колишній президент Національної Академії Наук США **Філіп Хендлер** (1989) відверто писав: **«Не наука приносить лихо, а люди роблять лихо»**.

Задачі сучасної екології різноманітні і складні. Основні напрямки екологічних досліджень такі:

**1) виявлення основних типів екосистем та ландшафтних одиниць, оцінюючи особливості їх складу та функціонування, щорічну та багаторічну динаміку, що є основою для здійснення раціонального влаштування великих та малих територій;**

**2) розробка методів збору інформації та її аналізу й отримання інтегральних параметрів, що характеризують стан біосфери в цілому;**

**3) надання оцінки рівню стійкості біосфери та окремих екосистем щодо зовнішніх впливів, їх здатності повернення в початковий стан після тих чи інших змін та вироблення рекомендації щодо розміру та об'єму антропогенних змін біосфери;**

**4) розробка пропозиції щодо створення заповідних та охоронних територій;**

**5) обґрунтування пропозицій щодо розробки законодавства з питань експлуатації природних ресурсів та охорони природного середовища;**



**б) прогнозування на основі екологічних знань епідемій та епізоотій і проведення заходів щодо локалізації захворювань людини, тварин та рослин.**

Екологія вирішує також ряд інших загальнонаукових та прикладних проблем

Запропонований у даному підручнику курс загальної екології вміщує опис загальних законів і принципів існування та функціонування біосфери та її компонентів в умовах сучасного природокористування, розглядає питання взаємодії людини та природи. Екологічна підготовка спеціаліста-професіонала не може вважатися завершеною без подальшого вивчення і глибокого освоєння того чи іншого спеціального курсу: агроекології, екології будівель і споруд, промислової екології, медичної екології і т.п.

**Опрацювавши даний розділ, Ви повинні вміти:**

1. Пояснити зміст та значення курсу екології
2. Перерахувати задачі та проблеми, що вирішує сучасна екологія

**Питання для самоперевірки та обговорення:**

1. Які види виробництва, на Вашу думку, потребують першочергової екологічної конверсії?
2. Наведіть приклади відомих вам великих і малих екологічних катастроф та назвіть їх можливі причини
3. Наведіть приклади великих наукових відкриттів, впровадження яких може суттєво вплинути на біосферу в цілому
4. Який, на Вашу думку, ступінь відповідальності вчених за соціальні та моральні наслідки наукових відкриттів

**ЧАСТИНА I**

**ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ**

## Розділ I

**I.1**

# ЕКОЛОГІЯ ЯК ЗАГАЛЬНОБІОЛОГІЧНА ТА ГУМАНІТАРНА НАУКА

## I.1. Розвиток екологічних знань та їх роль у становленні цивілізації

У сиву давнину людина сприймала навколишній світ як єдине ціле, тому природничі науки формувалися в межах цього бачення природи як всеохоплюючі наукові дисципліни. У Давній Греції і Давньому Римі їх число було зовсім невелике. Кінець XVIII та початок XIX століть ознаменувалися переходом до аналітичного розгляду природи. Відповідно до цього почався досить швидкий процес диференціації наук. Так, наприклад, із природознавства першою виділилася біологія — наука про живі організми, та пізніше вона розчленувалась на ботаніку й зоологію, які згодом диференціювалися на ряд інших (анатомію рослин, морфологію рослин і т.п.). До кінця XX століття процес диференціації в основному завершився і почався новий етап — етап синтезу наукового знання.

У галузі вивчення природи почала формуватися екологія як одна з перших синтетичних міждисциплінарних наук. Вона й досі зберігає свою назву «екологія», успадковану з періоду аналітичних наук, але мета її вже інша: на основі спеціальних аналітичних наукових дисциплін дати загальну картину структури і функціонування природи та визначити місце і роль людини в природних процесах. У цьому розумінні екологія — це наука майбутнього. Саме існування живої природи на нашій планеті та процвітання людського суспільства залежать від того, наскільки об'єктивно та своєчасно будуть розкриті глобальні закономірності існування біосфери, і на цій основі сформульована та реалізована стратегія дій людини щодо природи.

Структура сучасних екологічних знань досить складна. Як синтетична наука екологія постійно вбирає в себе різноманітні наукові дані, що отримуються аналітичними науками. У межах основних чотирьох підрозділів екології (**факторіальна екологія, демекологія, синекологія і соціоекологія**) безперервно виникають нові «точки росту». У ролі відносно самостійних підрозділів екології виступають хімічна екологія, агроєкологія, урбоекологія та ін.

Актуальність екології визначається тим, що вона дає можливість синтезувати природознавчі, соціальні, економічні та технічні знання.

Теоретичні узагальнення в галузі екології перш за все пов'язані з визначенням співвідношення живих та неживих компонентів у природних комплексах й оцінкою їхнього місця у виробничих процесах. Непростим є навіть розмежування біологічних і екологічних систем. Вважалося, що біологічні системи базуються на живій речовині і цим принципово відрізняються від екологічних систем. Аналіз, проведений **М.А.Голубцем** у 1982 році, показав, що такий підхід не має підстав. Фактично будь-яка жива система, починаючи з клітини, вміщує в собі як компонент і неживу речовину. Більш того, без зв'язків із неживими компонентами біосистеми не можуть існувати. Різниця між біологічними і екологічними системами лежить в іншій площині. Вони пов'язані з основною функцією системи і основними механізмами регуляції та самопідтримання систем.

Після відкриття **Ч.Дарвіним** в 1859 году законів біологічної еволюції стало очевидним, що ускладнення та самоорганізація є основними властивостями живої матерії. У протиположності цьому неживі системи підкоряються закону зростання ентропії: ймовірність

їхнього існування найвища при досягненні ними повного одноманіття. З точки зору цих уявлень екологічні системи — це особливий клас природних об'єктів, ускладнення та самоорганізація яких забезпечується наявністю живих організмів. Ця обставина зумовлює єдність природи як матеріального цілого і підкреслює неможливість забезпечення благополуччя людини поза цією єдністю.

Формування екологічних знань здійснюється шляхом рівнозваженої реалізації принципу редукціонізму та принципу холізму. Суть редукціонізму полягає у зведенні цілого до сукупності його частин із нехтуванням чи редукцією тих компонентів або властивостей, що для даної системи несуттєві. Лауреат Нобелівської премії **Л. Медавар** (1983) писав, що в області біологічних наук редукціонізм — «самий вдалий метод пояснень серед усіх, що колись використовувалися в науці». В області екологічних знань, навпаки, більш важливим є принцип холізму, в основі якого лежить цілісне розуміння світу. Холістичний підхід забезпечує адекватний аналіз природних комплексів. Хоча фактично в конкретних екологічних дослідженнях використовують і редукціонізм, і холізм в розумному співвідношенні.

## 1.2. Ідея системності в екології

Провідним у вивченні природних комплексів є **принцип системності**, який з урахуванням концепції холізму забезпечує підхід до них як до органічно цілісних.

Принцип системності — це загальнонауковий філософський принцип, в основі якого лежить поняття про систему. Один із засновників теорії систем **Л.Берталанфі** (1973) визначив систему як цілісну сукупність елементів, що знаходяться у взаємозв'язку так, що їхнє незалежне існування неможливе. Принцип системності виявився ефективним при вивченні біологічних та екологічних систем.

Визначення Л.Берталанфі неодноразово критикувалося. **В.І.Василевич** (1983) слушно підкреслював його невизначений характер. Справді, в природі все зв'язане з усім, тому поняття системи втрачає конкретність і будь-який набір об'єктів може розглядатися як система. З цих позицій В.І.Василевич і ряд інших авторів пропонують застосовувати поняття «система» тільки до таких сукупностей елементів, взаємозв'язки між якими надають даній системі цілісний характер. Допомогає виділенню системи як природної одиниці також оцінка її цілісності та спроможності самостійно існувати.

Біолого-екологічні системи можуть характеризуватися різноманіттям елементів в системі та кількістю взаємозв'язків між ними. Чим більше значення мають ці показники, тим система складніша. **Г.Форстер** (1965) зауважував, що у фізичних систем збільшення їх складності робить систему менш стійкою, а у біолого-екологічних систем, навпаки, стійкість та надійність зростають із збільшенням складності систем. Немалий внесок в стійкість екологічних систем додає неідентичність їхніх компонентів.

Методологічною основою системного підходу в екології є три головні положення:

**1. Будь-яка екологічна система від організму до біосфери являє собою внутрішньо погоджену, організовану цілісність, що функціонує як одиничне ціле за рахунок взаємодії компонентів цієї системи. Рівень цілісності біологічних та екологічних систем буває різним і може коливатися. Системи можуть бути досить крихкими або, навпроти, жорстко детермінованими, але та чи інша цілісність залишається фундаментальною властивістю будь-яких систем.**

**2. Біологічні та екологічні системи динамічні, вони змінюються в тій чи іншій амплітуді, зберігаючи свою цілісність навіть при помітних складі та характері взаємодії компонентів, що їх складають.**

**3. Системи природи, що нас оточує, мають здатність до розвитку, самоорганізації та ускладнення.**

Однією з задач екології є **класифікація тих систем**, із якими вона пов'язана. Л.Барталанфі одним із перших поклав в основу класифікації систем поняття їхнього ієрархічного порядку. Застосовно до живої природи найбільше значення має ієрархія організованості. Прикладом може бути така ієрархія: поле — плазма — елементарні частинки — атоми — молекули — міцели — клітини — органи — організми.

Відповідно до теорії систем вони поділяються на три види:

**а) відкриті системи, які обмінюються з навколишнім середовищем речовиною та енергією;**

**б) закриті системи, які обмінюються з навколишнім середовищем тільки енергією;**

**в) ізольовані системи, повністю ізольовані від середовища.**

Очевидно, що екологія має справу з відкритими системами. Такі системи не мають жорсткої детермінованості структури та функціонування, в них завжди спостерігається той чи інший ступінь стохастичності, випадковості, але все рівно вони зберігають типовий для них рівень цілісності.

Оскільки екологічні системи є відкритими, слід розрізняти внутрішню та зовнішню структури системи. Внутрішня структура — це система немовби сама в собі, зовнішня — її зв'язки з елементами, що необхідні для забезпечення цілісності та функціонування даної системи. Зрозуміло, що один і той же елемент може виступати як частина різних систем, знаходячись на їх пересіченні.

Все це утруднює визначення меж реальних систем. У працях з теорії систем питання про межі систем виявилось досить слабо розробленим. «Жорсткі» системи легко відмежовуються одна від одної, як, наприклад, особини у багатьох видів тварин. Але у випадку крихких систем (їх не так мало) межі систем настільки розмиті, що система перетворюється мовби в систему-поле. У цьому випадку визначення меж між системами може базуватися на оцінці сили зв'язку та сили взаємодії між елементами. Межа проходить там, де ці зв'язки явно та різко слабшають.

### 1.3. Соціальні аспекти екології

Закони соціального життя традиційно розглядалися комплексом суспільних наук. Центральною ідеєю цих наук є поняття про соціально-економічні формації. Для марксистсько-ленінської соціології це поняття було самодостатнім, хоча вже наприкінці XIX століття накопичилося багато фактів, що свідчили про не останню роль у житті та розвитку людського суспільства біологоекологічних феноменів.

Одними серед перших, хто зробив спробу пов'язати соціальне та біологічне людини, були соціал-дарвіністи. Однак їхнє трактування еволюції та розвитку суспільства мало явно вульгарно-спрощений характер, а висновки були політизовані та поставлені на службу пануючого класу. За цих обставин вже в середині XX століття інтерес до соціал-дарвінізму різко впав.

Нове життя в проблему співвідношення соціального та біологічного надихнула публікація в 1975 р. **О.Уілсоном** книги «**Соціобіологія: новий синтез**». Послідовники О.Уілсона шукають нові шляхи синтезу соціальних, екологічних та біологічних закономірностей у розвитку людської цивілізації. Завдяки їхнім зусиллям на стику соціальних та біологічних наук почала формуватися своєрідна «**метаекблוגія**» як частина загального гуманітарного знання.

Основою для розвитку екології як гуманітарної дисципліни є статус людини як біосоціальної істоти. Людина водночас є і суб'єкт суспільно-історичного процесу, і біологічна істота, взаємодія якої з природним середовищем підкоряється загальним екологічним законам.

Містком між соціальними явищами та екологічними законами до певної міри послужила розробка в 30-х роках лауреатом Нобелівської премії **К.Лоренцом науки про поведінку тварин — етології**. К.Лоренц зокрема вважав схильність до агресії характерною особливістю поведінки не тільки тварин, але й людини. Ним же було показано, що навіть у тварин агресивне начало затушовується так званою «зміщеною поведінкою», коли агресія не проявляється у прямих діях, а обмежується ритуальними сигналами та позами. Як результат — у групах організмів встановлюються стосунки, що сприятливі групі як цілому, хоча йдуть на шкоду окремій особині. Слід зауважити, що більшості прихильників К.Лоренца було властиве досить вільне перенесення даних, отриманих під час спостережень за тваринами, на людське суспільство з ігноруванням соціально-культурного оточення.

За О.Уїлсоном, соціобіологія покликана розкривати біологічні основи усіх форм суспільної поведінки, включаючи людину. Цю тезу прийняти важко. У поведінці тварин переважають інстинктивні механізми, поведінка людини знаходиться під домінуючим впливом соціальних законів. Неможливо ставити знак рівності між соціобіологією та соціо-екологією. Предмет соціоекології як гуманітарного блоку загальної екології інший. Вона вивчає систему «людина — природне середовище».

Статус людини в цій системі явно був об'єктом еволюції. Тут є як найменше три етапи.

**1.** Первісна людина, яка була скоріше суспільною твариною і вирізнялася лише здатністю використовувати знаряддя праці для здобування їжі.

**2.** Людина епохи рабовласництва та феодалізму використовувала природні ресурси в основному в непереробленому вигляді. Вона була спроможною вносити в природне середовище лише локальні зміни, що не займали біосферу в цілому. Роль соціальних факторів у її житті вперше стає провідною.

**3.** Сучасна людина епохи науково-технічної революції використовує все різноманіття природних ресурсів і перетворює їх. Результати її діяльності вносять у біосферу глобальні зміни. Соціальні закони домінують у розвитку людської цивілізації.

Паралельно цим трьома етапам йшов процес соціальної інтеграції людини. Зростала роль соціального начала в усій діяльності людини. Соціальні критерії поведінки почали безумовно домінувати над біологічними.

Еволюція рослин та тварин протягом всього їхнього існування була спрямована на підвищення ефективності адаптації організмів та популяцій щодо їх середовища. Еволюція людини виявилася якісно іншою — вона спрямована на вдосконалення здатності добиватися автономності людського суспільства від природного середовища, а в ідеалі підкорити природне середовище своїм потребам. Це зробило актуальним гуманітарний аспект в екології людини, призвело до необхідності розробки системи етичних критеріїв у взаємовідносинах людського суспільства з природним середовищем.

Сердцевиною гуманізації та гуманітаризації екології є зміна орієнтації екологічних досліджень. Гуманістичні ідеї при цьому збагачують біологічний блок екології, а біологічні підходи ведуть до орієнтації гуманітарних наук на знаходження, в обмін споживчих, нових критеріїв оцінки стану системи «людина — природне середовище». У результаті екологічна наука повертається обличчям до людини, а в людському суспільстві зростає роль морально-етичних цінностей у взаєминах із природою.

Гуманізм визнавав та визнає людину найвищою цінністю. Гуманізація екологічного знання веде до збереження цієї тези, але трансформує її, визначаючи, що людське розкривається в людині у процесі взаємодії з природним середовищем.

Соціальна роль екології в сучасному суспільстві полягає в орієнтації науково-виробничих та технічних рішень на їхню відповідність гуманістичній етиці, яка перетворюється в екологічну етику. Зрозуміло, що керівна роль критеріїв екологічної етики можлива тільки в демократичному суспільстві з добре розвинутим виробничо-економічним базисом. Досвід передових країн Західної Європи, США та Канади показує, що екологічна етика і економічна могутність держави можуть йти пліч о пліч.

Етичні критерії виявляються незамінними при вирішенні таких пекучих проблем сучасності, як можливість зміни клімату великих регіонів Землі, штучна зміна геному людини методами генної інженерії, генетичний контроль при заключенні шлюбів і, нарешті, клонування людей методами біотехнології. Науково-екологічних критеріїв в цих випадках недостатньо.

1.1

## 1.4. Об'єкти вивчення в екології

Як і будь-яка інша наука, екологія має справу з безліччю об'єктів. Ці об'єкти своєрідні за внутрішньою структурою та функціями. Але в таких наборах об'єктів можна виділити цілісний об'єкт, що лежить в основі утворення інших екологічних об'єктів. В екології таким об'єктом є **екосистема**.

Живі організми представлені в екосистемах особинами. В одноклітинних рослин і тварин, як і у мікроорганізмів, особини представлені окремими клітинами (рис.2). У них реалізуються всі життєві функції організму: обмін речовин, розмноження та ін. У багатоклітинних організмів особина формується із заплідненої яйцеклітини або іншого зачатка. Оскільки у таких особин забезпечена єдність генотипу в усіх клітинах організму, то для їх найменування був запропонований термін «**генет**». Особливо часто цей термін використовують для назви особин у рослин.



Генети у рослин та тварин



Рамети у рослин

Рис.2. Приклади особин у живих організмів (масштаб не витриманий).

При наявності вегетативного розмноження та розростання, що особливо характерне для рослин, структура організму ускладнюється. Ті чи інші частини відокремлюються та набувають здатності до самостійного існування. Межі окремих індивідумів в цих випадках стають розмитими. Для таких організмів може бути застосована назва «рамети». Рамет — це продукт розпаду генета на самостійно існуючі біологічні одиниці, що мають єдиний для всіх (в межах даного генета) генотип. Рамети широко поширені серед рослин. Це окремі кущики брусниці в її клонах, це пагони малини, це такі ж самостійні пагони бур'янів пирію чи будяка.

Видиме різноманіття форми, розмірів та властивостей особин рослин та тварин поєднується з наявністю у них загальної фундаментальної властивості — усі вони живі.

Навіть сучасній науці досить складно дати визначення життя, хоча окремих таких визначень існує досить багато. Одне з останніх належить **В.І.Гольданському** (1986): «Життя — це форма існування біополімерних тіл (систем), здатних до самореплікації в умовах постійного обміну речовиною та енергією з навколишнім середовищем». Але корисніше не шукати єдиного формального визначення, а намагатися підійти до визначення життя функціонально, з'ясувавши основні, обов'язкові для живих організмів властивості. Таких властивостей шість.

**1. Живі організми характеризуються певним хімічним складом, обов'язковим компонентом їхнього тіла є білки та нуклеїнові кислоти.**

**2. Живі організми характеризуються високовпорядкованою будовою, яка самопідтримується протягом їхнього існування. Саме ця особливість складає суть принципу організованості.**

**3. Життєдіяльність полягає в тому, що організми постійно отримують з навколишнього середовища енергію та багато різних речовин. У той же час вони виділяють у навколишнє середовище продукти своєї життєдіяльності. Ця властивість живих організмів отримала назву метаболізму, або обміну речовин.**

**4. Існуючи, живі організми постійно змінюють свої розміри та властивості, тобто розвиваються. На певних етапах життя особин здатність до росту та розвитку може зовні проявлятися досить мало (наприклад, у насіння, що знаходиться в стані спокою), але в цілому це обов'язкова властивість усіх живих істот.**

**5. Живі організми розмножуються. Самоутворення живих організмів із неживої матерії поки не зареєстровано. Ця закономірність отримала назву принципу біогенезу.**

**6. Інформація про особливості кожного виду живих організмів зберігається в них самих як генетичний код. При розмноженні особин вона зчитується і передається потомкам, тому діти в основних рисах та властивостях схожі на своїх батьків.**

Кожну з названих особливостей живих організмів, взяту окремо, можна знайти і в неживих тіл природи. Життя визначає саме повний комплекс цих властивостей та особливостей.

Використання ідей термодинаміки розкриває явище життя на рівні організмів з нової сторони. Відповідно до другого закону термодинаміки, усі спонтанні автономні процеси у природі йдуть в одному напрямку — від впорядкованого стану до невпорядкованого. За міру безладності прийнято використовувати поняття ентропії (**S**). На його основі для матеріального світу можна запропонувати вираз

$$S \rightarrow \infty.$$

Останні відкриття в галузі синергетики показують, що зростання ентропії в неорганічній матерії не є універсальним правилом, хоча воно досить широко проявляється. Знайомство з живими організмами засвідчує, що під час їх життєдіяльності, навпаки, йде закономірне впорядкування внутрішньої структури, тобто процес, протилежний тому, який має місце в навколишньому матеріальному світі. Ентропія в межах світу живих організмів таким чином зменшується:

$$S \rightarrow 0$$

У навколишньому світі тільки живі організми перешкоджають загальному процесу зростання ентропії, що з погляду термодинамічного підходу і є суттєвою ознакою життєдіяльності. При цьому стає очевидною унікальність життя в усьому Всесвіті, де тільки прояви життя забезпечують зворотність ентропійного процесу.

Екологія вивчає широке коло об'єктів, але дослідження живого — її центральна задача. Пізнання явищ життя дозволяє сформулювати декілька важливих принципів, пов'язаних з існуванням та функціонуванням живої матерії.

**Принцип дискретності** стверджує, що жива матерія не існує як континуальна маса, вона завжди розчленована на дискретні одиниці. Ними є особини рослин та тварин.



**Принцип найпростішої конструкції** свідчить, що з усіх можливих конструкцій біосистем в природі реалізується найпростіший за організацією варіант. Можливо, це є результатом мінімізації витрат речовини та енергії на формування даної біосистеми.

**Принцип адекватності конструкції** показує, що біологічні системи відповідають за своєю конструкцією та функціями тому абіотичному середовищу, в якому вони мешкають.

**Принцип структурно-функціональної єдності** свідчить про наявність відповідності структури функціям та навпаки.

**Принцип біологічної ієрархії** полягає в наявності в природі біосистем різних рангів та можливості їхнього впорядкування у форму структурних ієрархій, коли кожний вищий член ієрархії базується на нижчих членах цієї ж ієрархії.

**Принцип найменшої взаємодії з середовищем** поки що залишається дискусійним, але здається досить правдоподібним, оскільки живі організми завжди володіють механізмами захисту від флуктуацій навколишнього середовища. Чим краще захищена жива матерія від непередбачених коливань абіотичних факторів, тим вона стійкіша.

**Принцип якісної неоднорідності** засвідчує те, що будь-яка біосистема складається з компонентів, якісно не схожих між собою.

**Принцип зворотних зв'язків** стверджує, що біосистеми самопідтримуються та саморегулюються за рахунок наявності в них різноманітних зворотних зв'язків.

**Принцип еволюції** полягає в незворотних змінах живих організмів.

**Принцип адаптації** проявляється в наявності сукупності морфологічних, фізіологічних та популяційних особливостей живих організмів, що забезпечує існування того чи іншого виду в певних умовах середовища.

Інша форма елементарних об'єктів в екології — **це абіотичні компоненти**, що входять до складу екосистем та біосфери. Вони різноманітні та численні і в цілому складають так званий **екотоп**. До їх числа належать сонячна радіація, газовий склад повітря, волога, сукупність елементів мінерального живлення та багато інших.

Існує багато варіантів класифікації абіотичних факторів середовища. До кліматичних факторів відносять звичайно ті, що зв'язані з атмосферою та сонячною радіацією (температура, освітленість, вологість повітря, вміст в повітрі кисню та вуглекислого газу, вітер та ін.). Деякі з цих факторів чинять пряму дію на рослини та тварини, інші впливають на них опосередковано, а треті поєднують прямий та опосередкований вплив. Наприклад, концентрація вуглекислого газу в повітрі є безпосередньо діючим фактором, оскільки вуглекислий газ поглинається при фотосинтезі. Вітер виступає як прямодіючий фактор, в той момент, коли він забезпечує перенесення пилку у вітрозапильних рослин або розносить плоди анемохорів, але одночасно він виступає і як опосередковано діючий фактор у тих випадках, коли висушує ґрунт або спричинює вітрову ерозію.

До едафічних факторів належить більшість ґрунтових параметрів: кількість у ґрунті елементів мінерального живлення, вміст гумусу, насиченість ґрунту повітрям і хімічний склад цього повітря, рН ґрунтового розчину та ін. Едафічні фактори також можуть мати пряму та опосередковану дію.

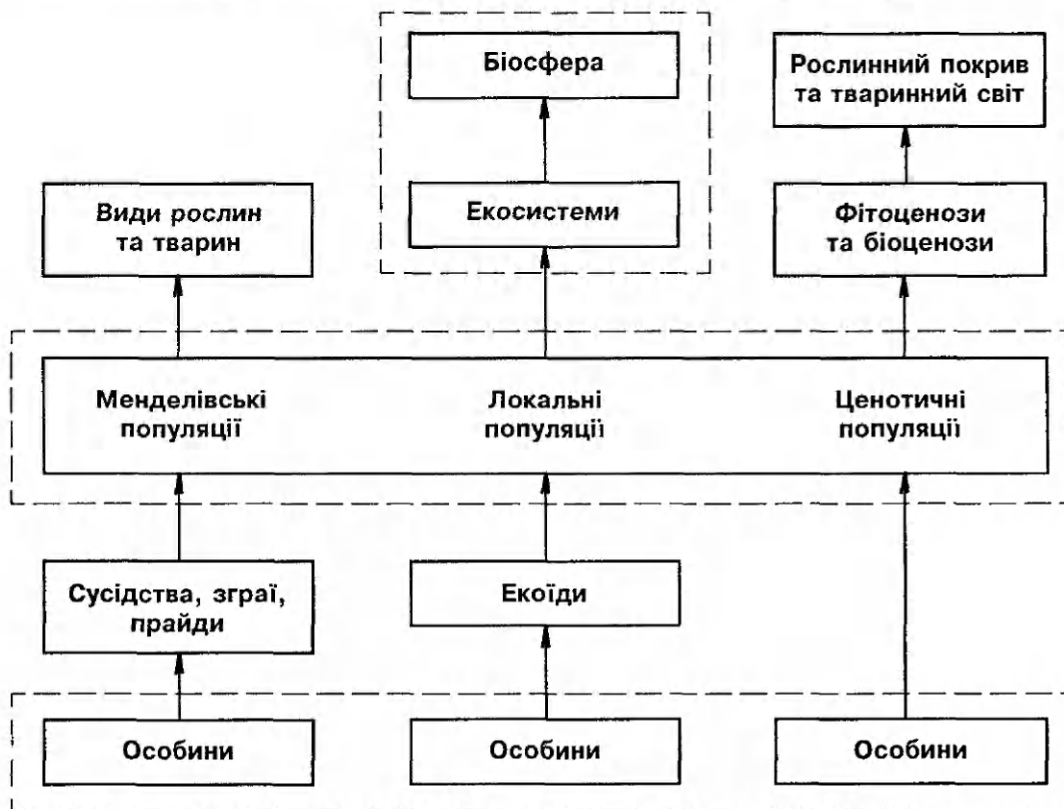
Біотичні фактори включають в себе весь комплекс впливу на даний живий організм, що виникає в результаті його співіснування з іншими рослинами і тваринами.

У цілому, наявність постійного обміну речовинами між рослинами і тваринами, з одного боку, та їхнім середовищем, що включає в себе кліматичні, едафічні та біотичні фактори, з іншого боку, веде до виникнення різноманітних та тонких зв'язків в системі «організм — середовище». Єдино, що ці зв'язки охоплюють, перш за все, ту частину екологічного простору — екотопа, яка безпосередньо оточує живий організм, контактує з ним. Виникає комплексна система, яка включає в себе сам організм та елементи середовища, що складають його найближче оточення. За пропозицією італійського вченого **Д. Негрі** (1914), цей комплексний об'єкт отримав назву **екоїд**. У межах екоїда середовище не тільки активно використовується живим організмом, але й суттєво змінюється під

його впливом. Тому було запропоновано стосовно до рослин називати абіотичну частину екоіда **фітогенним полем**. Поняття **екоіда** та **фітогенного поля** виявилось досить корисними при аналізі аутоекологічних закономірностей на рівні окремих організмів.

Як екоіди рослини та тварини входять до екосистем більш високого ієрархічного рівня, а останні формують біосферу. У результаті утворюється досить визначений набір біоекосистем, які й виступають об'єктами досліджень екологів-професіоналів: особини — екоіди — популяції — екосистеми — біосфера. Це проілюстровано на **рис.3**. Видно, що різноманітність структурних одиниць, які можуть бути виділені у природі, досить велика, а одні й ті ж самі об'єкти можуть належати до різних типів біологічних ієрархій.

Концепція біологічної ієрархії не зводиться до простого ускладнення об'єктів при переході від нижчих до вищих ланок ієрархії. У міру підняття ієрархічною драбиною в них з'являються нові властивості, які були відсутніми на попередніх рівнях ієрархії.



**Рис.3.** Ієрархія рівней організації в природі. Основні структурні рівні — організменний, популяційний та екосистемний — виділені пунктиром.

Поява нових властивостей при переході від одного рівня організації до іншого отримала назву принципу емерджентності. Відповідно до цього принципу властивості та функції об'єктів вищих рівнів організації включають у себе властивості та функції нижчих ланок даного ієрархічного ряду. Але вони не зводяться до них. Так, властивості та функції такої екосистеми, як ліс, не можуть бути зведеними до властивостей та функцій окремих організмів — дерев, що складають ліс. Здатність багатьох типів лісу до самовідновлення після вирубки через заміну порід — це властивість екосистеми, але не особин.

Залежно від підходу до вивчення природи може бути сформовано декілька різних видів ієрархії. Основні з них представлені на рис. 3. Для зоолога, який вивчає різноманіття форм життя, основною виявиться ієрархія типу «**організм — сусідство — популяція — вид**». Дослідження законів сумісного життя рослин вимагає усвідомлення ієрархії типу «**особини — консорції — ценотичні популяції — біоценози**». Але основними ланками екологічної структурної ієрархії є **організми, популяції та екосистеми**. Аналіз різних видів біологічної ієрархії засвідчує, що рівень організованості біологічних та екологічних систем знижується в міру підвищення їхнього місця в ієрархії. На нижчих ланках ієрархії системи жорстко організовані, на вищих — все більш і більш крихкі.

1.1

## 1.5. Методи екологічних досліджень

Екологія — це комплексна наука. Вона використовує широкий арсенал різноманітних методів, які можна поділити на три основні групи.

**1. Методи, за допомогою яких збирається інформація про стан екологічних об'єктів: рослин, тварин, мікроорганізмів, екосистем, біосфери.**

**2. Методи обробки отриманої інформації, згортання, стиснення та узагальнення.**

**3. Методи інтерпретації отриманих фактичних матеріалів.**

Будь-яке екологічне дослідження починається зі спостережень, відмінною рисою яких є невтручання спостерігача в процеси, що відбуваються. Такі спостереження можуть здійснюватися, так би мовити, неозброєним оком, що було характерним для екологів першої половини ХХ століття. В останні десятиріччя екологічні спостереження ведуться із застосуванням різноманітних приладів та технічних засобів. Це вже начебто і не спостереження в побутовому значенні цього слова, а отримання інформації про стан об'єктів.

У сучасній екології спостереження за допомогою приладів — один з основних методів дослідження. Шлях до нього був досить довгим. Він йшов від мальовничих описів картин природи, чудові взірці яких зустрічаються в працях **А.Гумбольдта, А.Уоллеса, Ч.Дарвіна** в першій половині ХІХ століття, до сучасних комп'ютерних баз даних видового складу, параметрів середовища тих чи інших екосистем. Для вивчення властивостей природного середовища — повітря, води та ґрунту застосовуються досить різноманітні прилади та устаткування, до обслуговування яких доводиться залучати спеціально підготовлені інженерні кадри. Специфічні також і методи вивчення живих організмів. Для їх реалізації необхідні спеціалісти — біологи.

Особливістю сучасних екологічних спостережень за допомогою приладів є їхня комплексність та довгостроковість, коли на одній і тій же ділянці екосистеми ведуться протягом досить великого відрізка часу спостереження за живими організмами та факторами середовища. Для реалізації комплексних спостережень засновуються спеціальні стаціонари, що розміщуються в типових і особливо характерних біотопах так, щоб вони давали найбільш характерну інформацію про екосистему.

Окрім комплексних спостережень на стаціонарах може проводитись глобальний моніторинг екосистем і біосфери в цілому. Так, серією стаціонарів був організований глобальний моніторинг концентрації вуглекислого газу в атмосфері. За допомогою літаків, супутників та спеціальних ракет проводиться моніторинг стану озонового екрану нашої планети.

Як міждисциплінарна наука екологія широко застосовує **методи експерименту**. Його суть полягає в тому, що до екосистеми свідомо вноситься звичайно якась одна зміна і, через деякий час, зіставляються результати спостережень на контрольній (вона обов'язкова) та експериментальній ділянках екосистеми. Але такі класичні однофакторні експерименти в екології мало реальні. Тут більш придатні багатфакторні експерименти, коли

змінюються значення одразу багатьох факторів, а стан екосистеми в кінці експерименту оцінюється за її багатьма параметрами.

Екологія широко використовує результати стихійних експериментів, що «ставить» сама природа або ж вони є наслідком виробничої діяльності людини. Відоме виверження вулкану Кракатау, що відбулося наприкінці XIX століття, знищило все живе на ряді островів Південно-Східної Азії. Ці острови були використані для вивчення природного ходу заростання та заселення вулканічних покладів. Чимало корисної інформації додає вивчення масових вирубок лісу, створення великих водосховищ і т.п.

У результаті спостережень та експериментів у розпорядженні еколога накопичується сукупність наукових фактів. Але за науковий факт не можна приймати результати будь-якого спостереження. Важливим критерієм достовірності результатів спостережень та експериментів є їхня відтворність. Вона досягається, як правило, багаторазовими повтореннями спостережень та експериментів. Результати таких повторюваних спостережень або обліків у сукупності складають так звану вибірку. Відповідна статистична обробка даних дослідження дозволяє оцінити рівень статистичної достовірності результатів та вважати їх науковим фактом.

Певним джерелом фактів для еколога є літературні дані та службова інформація. Використання літературних даних цілком допустиме з урахуванням репутації автора та з посиланням на нього. Складніше буває з використанням службової інформації. Вона не рідко «захищена», тому слід отримати дозвіл на ознайомлення з нею. З іншого боку, всім відомі випадки, коли службова інформація (особливо щодо якості природного середовища) упереджено викривлялася. Населення м. Києва після Чорнобильської аварії не отримувало в потрібний час достовірних відомостей про забруднення радіоактивними речовинами атмосфери та водойм у місті та передмісті. Повністю була викривлена та прихована від населення південного Уралу інформація про викиди радіоактивних речовин на початку 50-х років.

## 1.6. Метод моделювання в екології

У зв'язку зі складністю екологічних систем щодо їх вивчення часто використовують **моделювання**. Як модель може виступати **матеріальна копія об'єкта екології**, звичайно, до певної міри спрощена. Наприклад, акваріум можна розглядати, як модель ставка. На таких моделях отримують немало корисної інформації, але в цілому їх значення в екології порівняно обмежене. Реальні екосистеми — це багатовидові, комплексні об'єкти, в той час, як їхні моделі мають досить багато спрощень, і часто виявляються досить дорогими. Отримання за допомогою матеріальних моделей інформації про стійкість, особливості розвитку екосистем і т.п. вимагає багато часу, оскільки тривалість будь-якого процесу в матеріальній моделі та реальному об'єкті має відношення 1:1.

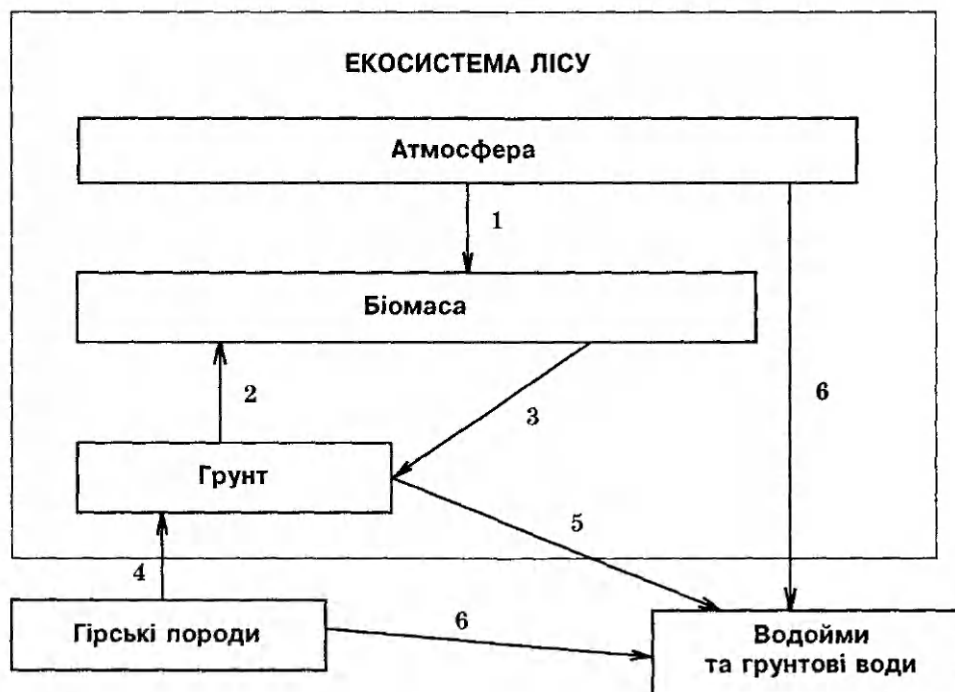
Інший клас матеріальних моделей складають **реальні об'єкти природи**, спеціально виділені для вивчення в природному середовищі. У цьому випадку говориться про **«модель особини»**, **«модель популяції»** і т.п.

Більш широко в екології використовують **абстрактні моделі**. У даному випадку моделю називають деякі абстрактні описи того чи іншого об'єкта або явища реального світу, що дозволяє аналізувати його властивості. Переваги абстрактних моделей полягають у тому, що вони дозволяють порівняно простими та недорогими засобами аналізувати поведінку екологічних систем та передбачати характер їхніх змін при внесенні в систему тих чи інших змін.

Головна вимога до абстрактних екологічних моделей — це точність та достатня узагальненість. Точність абстрактних моделей у багатьох випадках залежить від кількості вибраних для її конструювання елементів та параметрів системи. Включення до моделі

досить великої кількості компонентів ускладнює її аналіз, створює «шум». Навпаки, редукція кількості елементів до занадто малого їх числа робить модель далекою від реальності.

Моделювання екологічних об'єктів на основі абстрактних моделей базується на ряді спільних рис. Спершу визначається об'єкт моделювання — популяція, екосистема і т.п. Потім визначаються межі об'єкту, визначається мета моделювання, і на цій підставі складається перелік компонентів та зв'язків, що включаються до моделі. Наступний важливий етап моделювання — це з'ясування співвідношення між компонентами моделі. Результати цього етапу моделювання показані на прикладі спрощеної моделі екосистеми лісу (рис.4).



**Рис.4.** Спрощена графічна модель екосистеми лісу, що показує міграцію елементів мінерального живлення. **1** — надходження мінеральних речовин з опадами; **2** — надходження мінеральних речовин із ґрунту; **3** — мінералізація органічних речовин та повернення мінеральних речовин до ґрунту; **4** — вивітрювання гірської породи із збагаченням ґрунту мінеральними елементами; **5** — вимивання мінеральних речовин із ґрунту та гірських порід; **6** — надходження мінеральних речовин у водойми з опадами.

Вони можуть мати вигляд стрілок, як це зроблено в схематичній моделі. Досить важливим етапом моделювання є кількісна оцінка усіх параметрів, що беруть участь у функціонуванні об'єкту. Для прикладу, що приведений на рис.4, це можуть бути оцінки ємності ґрунту щодо кількості мінеральних речовин, швидкість мінералізації речовин, величина біомаси рослин, тварин та мікроорганізмів і т.п.

На кінцевому етапі співвідношення між компонентами та процесами можуть бути представлені у вигляді математичного виразу. Всі розрахунки, пов'язані зі змінами кількісних параметрів моделі, сьогодні виконуються за допомогою ЕОМ.

Під час конструювання та дослідження моделі перевіряється її відповідність реальному об'єкту. Модель може ускладнюватися шляхом додавання суттєвих, але спершу

пропущених компонентів та зв'язків або зрощуватися за рахунок виключення мало суттєвих для її функціонування компонентів та процесів

У залежності від апарату дослідження абстрактні моделі підрозділяють на ряд видів (рис.5) Основними видами абстрактних моделей є

**1 Вербальні моделі** — це суто словесні описи елементів та процесів екосистем Вони непридатні для дослідження та прогнозування систем, але в самому процесі моделювання вербальні моделі відіграють досить важливу роль Чим ближче вербальна модель до реальності та чим точніше вона відображає суть екологічної системи, тим більш правильними виявляються створені на її основі матеріальні та інші моделі Успіх конструювання вербальних моделей безпосередньо залежить від екологічної освіти дослідника та точного використання ним термінів і понять екології

**2 Графічні моделі** становлять собою схематичні зображення компонентів системи та зв'язків між ними, подібно до того, як це показано на рис 4

**3 Математичні моделі** описують екологічну систему у вигляді одного чи декількох математичних виразів Так, вираз

$$y=y_0e^{rt}$$

є звичайною математичною моделлю росту популяції У цьому виразі  $y$  — щільність популяції,  $y_0$  — початкова щільність популяції,  $r$  — константа, що показує здатність до збільшення чисельності популяції даного виду,  $t$  — час,  $e$  — основа натурального логарифму У цій моделі ріст популяції повністю визначається параметрами  $y_0$ ,  $r$  та  $t$  Тому модель, що тут представлена, називається **детерміністською** Але біолого-екологічні процеси рідко коли мають жорстку визначеність Частіше вони залежать від випадкових, стохастичних коливань значення якогось одного або декількох параметрів даної системи Так, стохастичний характер може мати освітлення протягом доби через непередбачений рух хмар, зовсім випадковим є відвідання комахою-запилювачем певної квітки і т.п. Введення стохастичного компоненту до математичних моделей, як виявилось, посилює їхню відповідність реальності та підвищує достовірність прогнозів Моделі такого роду називаються **стохастичними** Для їхньої реалізації в математичні вирази включають змінні величини, значення яких мають випадковий характер і лежать у межах певної амплітуди



Рис.5. Основні види моделей, що застосовуються в екології

Використання математичних моделей вимагає від еколога досить вільного володіння математичним апаратом Розрахункова сторона в наш час вирішується за рахунок залучення OEM та професійних програмістів

Математичні моделі є потужним інструментом сучасної екології Але метод абстракт-

ного моделювання має і свої вади. Екологічна інтерпретація математичних виразів, що отримуються після перетворення вихідних рівнянь, часто досить непроста. Складні математичні моделі вкрай важко вирішуються, а прості сильно спрощують реалії природи та дають тривіальні результати. Досвід роботи за Міжнародною біологічною програмою показує недоцільність моделювання цілих екосистем. Метод моделювання цілих екосистем вимагає великих затрат та багато часу. Так, розробка моделі низькотравних прерій у США зайняла 8 років, над нею працювали 200 вчених з США та ряду зарубіжних країн і загальні витрати склали 10 млн. доларів. Більш доцільно моделювати окремі підсистеми. До того ж досить великі системи, такі, як біосфера, практично не модулюються за великої кількості зв'язків, що є в них, та високої значущості випадкових факторів.

I.1

## 1.7. Короткий нарис історії екології. Українська екологічна школа

Історія розвитку екології як синтетичної наукової дисципліни порівняно нетривала. Одним із перших, хто на межі XVIII та XIX ст. усвідомив необхідність цілісної оцінки природних комплексів, був німецький натураліст **А. Гумбольдт**. Його наукова спадщина величезна — понад 600 робіт і, в тому числі, чудові монографії з історії Південної Америки. Можливо, А. Гумбольдт одним із перших став на шлях вияву глибинних зв'язків між людством та природним середовищем. У своїй книзі «Картини природи», що вийшла в 1808 році, він писав: «Я скрізь помічаю той вплив, який постійно здійснює фізична природа на моральний стан та долю людства».

Ці праці послужили поштовхом до синтезу даних геології, геоботаніки, гідрології, ґрунтознавства, кліматології багатьма наступними вченими. Протягом XIX та початку XX століття розвиток спеціальних аналітичних наук сприяв накопиченню фактичних даних, без яких було б неможливим формування екології як сучасної синтетичної науки. Було встановлено, що живі організми своїм існуванням та розвитком найтіснішим чином залежні від природного середовища. Аутоекологія тварин та рослин в першій половині XX століття стала повноправною науковою дисципліною.

Засновником екології в її сучасному вигляді можна вважати німецького вченого **Е. Геккеля**, який визначив екологію як науку про загальну «економіку природи». Він же запропонував і сам термін «екологія». У становленні екології корисну роль зіграли праці **К. Мьобіуса** (1877) і зокрема запропоноване ним поняття біоценозу, або біому як сукупності організмів, що існують разом. **Ф. Даль** (1890) в свою чергу запропонував термін біотоп, що означав комплекс абіотичних факторів, що визначають життєдіяльність організмів. У наш час його частіше замінюють синонімом — екотоп. **К. Фрідерікс** доповнив цей підхід ідеєю про «голоцен» як про цілісну одиницю, що включає в себе біоценоз та його екотоп.

Синтетичному погляду на природні комплекси сприяли праці **Г. Ф. Морозова** (1912), засновника вчення про ліс як цілісну природну систему. Видатний вчений **В. В. Докучаєв** у першій половині нашого століття створив вчення про ґрунт як особливе біоосне природне тіло, яке є результатом взаємодії материнських гірських порід та живих організмів. Прогресивну роль в історії екології зіграло поняття екосистеми, що було введено англійським вченим **А. Тенслі** (1948).

Особливе місце в історії екології посідають відкриття всесвітньо відомого вченого **В. І. Вернадського** (1930 — 1945), автора вчення про біосферу. Він довів наявність широкомасштабного впливу живих організмів на абіотичне середовище. У той період, коли наукова громадськість вже була підготовлена до цілісного бачення природи, він своєчасно запропонував вчення про біосферу як про одну з оболонок Землі, що визначається присутністю живої речовини. В. І. Вернадський вперше ввів у вивчення біосфери кількісний

підхід, що дозволило об'єктивно оцінити масштаби біогеохімічного кругообігу речовин. Вчення В.І.Вернадського про ноосферу додатково узагальнило численні дані про нерозривність зв'язку людини з природним середовищем. Найбільшу роль у становленні сучасної екології відіграла публікація монографій із цієї наукової дисципліни американського вченого **Ю.Одума** в 1970—90 роках.

Середина та друга половина ХХ століття ознаменувалися виникненням широкого фронту екологічних досліджень, у яких помітну роль відіграють й екологи України. Перший науковий центр екологічних досліджень в Україні був створений у 1930 році. Це був сектор екології при Інституті зоології та ботаніки Харківського державного університету. Дослідження в галузі екології, виконані в цьому центрі **В.В.Станчинським** (1930—1940), були з багатьох поглядів піонерними й оригінальними. Він за 10 років раніше від В.Н.Сукачова підійшов до ідеї біогеоценозу як функціональної єдності біоценозу та абіотичних факторів. Праця **В.В.Станчинського** «До розуміння біоценозу» (1933) є класичною в області вивчення зв'язків між організмами в ценотичних системах.

Світове визнання отримали дослідження українських вчених **І.Г.Підоплічка, Ф.А.Гриня, С.М.Стойка, П.С.Погребняка, Д.В.Воробйова** і багатьох інших у 1940—1980 роках (принципи раціонального природокористування, типологія лісів на основі едафічних мереж, роботи в екології ландшафтів та інші).

Широку відомість отримали дослідження штучних лісів України, виконані **О.Л.Бельгардтом** (1971), **А.П.Травлєєв** (1980—1985) є засновником вчення про лісові підстилки та їх екологічну значущість.

Великою оригінальністю характеризувалися праці академіка **М.Г.Холодного** — в екології залізобактерій, які зробили значний внесок до концепції про біогеохімічні цикли. Ним же були вперше знайдені фітогенні речовини в атмосфері та закладений фундамент майбутньої нової науки — аелопатії.

У сучасний період в Україні широке визнання отримали екологічні роботи академіків **М.А.Голубця, К.М.Ситника, Ю.Р.Шеляг-Сосонка**. У головних наукових центрах України в Києві, Львові, Дніпропетровську ведуться активні розробки складних екологічних проблем. У працях М.А.Голубця та Ю.Р.Шеляг-Сосонка розвинуті методологічні та концептуальні основи сучасної екології. Особливо важливими для розвитку екології стали монографія М.А.Голубця «Актуальні питання екології» та монографія «Методологія геоботаніки» (автори Ю.Р.Шеляг-Сосонко, В.С.Крисаченко та Я.І.Мовчан). **Є.М.Кондратюк** (1970—1980) розробив оригінальні методи рекультиваци териконів Донбасу. Вони склали новий концептуальний етап у промисловій екології. Перспективні роботи розпочаті у нещодавньому відкритому Інституті екології Карпат.

Екологи України зробили вагомий внесок у розробку методів оцінки рівня радіоактивного забруднення великих територій та обґрунтування заходів зниження екологічних збитків від наслідків аварії на Чорнобильській АЕС. Українським екологам завжди був притаманний інтерес до філософських проблем, що виникають при аналізі системи «людина — природне середовище». У цьому напрямку позитивну роль зіграла серія публікацій **В.С.Крисаченка**.

## 1.8. Екологія на межі ХХ та ХХІ століть

Розвиток екологічної науки в останні десятиріччя ХХ століття характеризується двома особливостями.

**Перша особливість** полягає в ідеологізації екології, у використанні її даних як інструменту політичної боротьби тих чи інших соціальних угруповань. У 60—80-х роках в умовах холодної війни й протистояння капіталістичної та соціалістичної суспільних формацій екологічні проблеми та екологічна криза, що насувалася, розглядалися не як об'єктивні наслідки глобального антропогенезу і технічного «прогресу», а як наслідок відповідно



капіталістичного, чи соціалістичного способів господарювання. Під таким кутом зору друкувалася велика кількість робіт як в Радянському Союзі і країнах РЕВ, так і в країнах Західної Європи та США. Автори намагалися довести, що екологічні труднощі є результатом політичної системи.

**1.1**

**Друга особливість** сучасного статусу екології полягає в широкому застосуванні екологічної інформації різними громадськими рухами. Само собою, це принесло та приносить екології певну користь, привертаючи увагу урядів щодо екологічної кризи та погіршення якості природного середовища. Позитивний вплив на громадську свідомість мали в США та країнах Західної Європи різноманітні рухи «зелених».

Сучасна екологія досить об'єктивно підходить до рішення питань щодо місця людського суспільства в природі. Людське суспільство взагалі не можна розглядати як частину біосфери, як її компонент. Це різні форми буття: біотична та соціальна. Сучасне людське суспільство до певної міри відчужене від природного середовища і виступає щодо нього як зовнішня перетворююча сила, що вносить до біосфери ті чи інші збурення.

На сьогодні актуальною проблемою є не оцінка рівня детермінованості людського суспільства природним середовищем — це очевидно, а визначення того, до якої міри може бути перетворене природне середовище в ході його аграрного та промислового освоєння. Можна побачити, що намагання стати незалежним від навколишнього середовища є внутрішньою якістю людства. Але де лежить об'єктивна межа цієї незалежності щодо природного середовища? Відповідь на це питання може дати тільки екологія.

Сучасна екологія намагається вирішити проблему «людина — природне середовище» незалежно від політичних ситуацій, що мають місце. Екологічна криза з точки зору науки екології — це глобальне явище, що є результатом зростання технічних можливостей людини. Конфлікт між суспільними формаціями — капіталізмом та соціалізмом вже став фактом історії, але екологічні проблеми залишилися. Сучасне людське суспільство — високо інтегрована цілісність. Досить велика залежність кожного з нас один від одного, щоб ізольовано вирішувати проблеми єдиного за своїм змістом природного середовища. Одна тільки Чорнобильська аварія наочно показала, які ми близькі сусіди, який невеликий у цілому наш європейський дім.

Стимулом для прогресу екологічної науки на межі XXI століття виявився загальний громадський інтерес до неї. У 1992 році Міжнародний Інститут Геллопа провів опитування у 22 країнах світу за комплексною анкетною «Здоров'я планети». Аналіз даних опитування показав, що екологію як проблему номер один оцінили 39% населення Нідерландів, 29% населення Мексики, 28% населення Фінляндії, 18% населення Туреччини, і т.д. Населення 15 країн з 22, в яких проводилося опитування, вважає, що екологічний стан навколишнього середовища є складовою частиною трьох головних проблем, які має вирішити сучасне людство.

Це опитування показало, що більшість населення світу справедливо пов'язує погіршення свого власного здоров'я зі станом природного середовища, а серед причин *деградації природних комплексів* послідовно називає індустрію, погані технології, марнотратство та екологічне неучтвo. У 20 країнах з 22, де проводилося опитування, населення віддає перевагу екології над економікою.

### **Опрацювавши даний розділ, Ви повинні вміти:**

1. Дати визначення екологічних та біологічних систем та вказати на їх відмінності
2. Дати визначення структурної біологічної ієрархії та привести приклади
3. Назвати критерії, за якими в природі можна виділити біологічні та екологічні системи, та провести їх межі

4. Назвати шість найзагальніших властивостей живих організмів.
5. Пояснити, що таке принцип зворотного зв'язку та навести приклади зворотних зв'язків у природі.
6. Пояснити, що таке принцип емерджентності.
7. Назвати основні категорії моделей, що використовуються в екології, та оцінити їх значення.
8. Пояснити терміни гіпотеза, спостереження, експеримент, контрольний дослід.

**Питання для самоперевірки та обговорення:**

1. На декількох прикладах найбільш відомих Вам біологічних та екологічних систем визначте, до якого виду (відкритих, закритих або ізольованих) вони належать; мотивуйте своє рішення.
2. Обговоріть корисність термодинамічного підходу до аналізу екологічних систем.
3. Наведіть приклади, що підтверджують чи заперечують принцип найпростішої конструкції, та сформулюйте своє ставлення до нього.
4. Наведіть та обговоріть ряд прикладів, що ілюструють принцип структурно-функціональної єдності.
5. Складіть та обговоріть вербальну модель структури та функціонування листка зеленої рослини.
6. Запропонуйте експерименти, що можуть розкрити значення великих викидів вуглекислого газу великими промисловими підприємствами в життєдіяльності рослин та тварин.
7. Спробуйте скласти концепцію та програму суспільного руху, що спрямований на екологічний захист прісноводних водойм України. Обговоріть їх.

## Розділ 2

# БІОСФЕРА

1.2

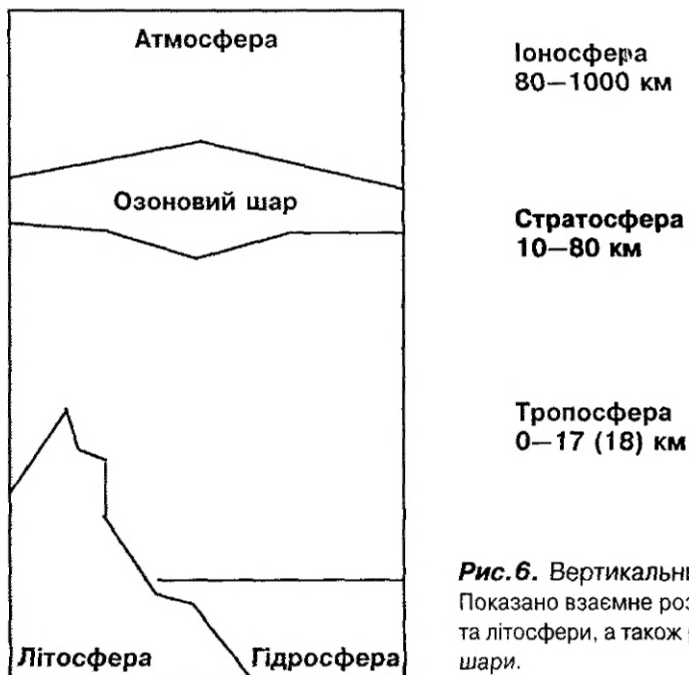
### 2.1. Поняття біосфери

У межах Земної Кулі німецький вчений **Е.Зюсс** у 1875 році виділив декілька структурних частин — оболонки (*рис.6*). Він назвав їх **геосферами**. Одна з геосфер отримала назву **біосфери**.

Існує декілька визначень біосфери. Більшість сучасних екологів (**Ю.Одум, В.Д.Федоров, Т.Г.Гільманов, М.Ф.Реймерс, К.М.Ситник**) розуміють біосферу як об'єднання усіх живих організмів, що знаходяться у взаємозв'язку з фізичним середовищем Землі. З цього погляду біосфера становить собою **сукупність екосистем нашої планети**.

Основоположниками вчення про біосферу є **В.І.Вернадський** (1967) та **Тейяр де Шарден** (1987). Вони обґрунтували високу хімічну та геологічну активність живої речовини біосфери, підкреслюючи, що розвиток життя на планеті забезпечується особливими фізичними властивостями біосфери. **В.І.Вернадський** першим вказав на існування біокосних тіл, які є продуктом взаємодії неживої та живої матерії.

**Біосфера** — це **єдина планетарна система**. У ній підтримується необхідне для життєдіяльності організмів середовище, та й самі організми суттєво змінюють параметри інших сфер Земної Кулі в межах біосфери. Біосфера не тільки охоплена життям, але й певним чином організована за рахунок діяльності живих організмів. У межах біосфери здійснюється біогенний кругообіг речовин та спрямований потік енергії.



**Рис.6.** Вертикальний розріз геосфер Землі. Показано взаємне розташування атмосфери, гідросфери та літосфери, а також розчленування атмосфери на окремі шари.

Сучасна біосфера характеризується стабільністю та високою надійністю функціонування. Вона досить успішно гасить більшість внесених в неї збурень. Стабільність біосфери є наслідком високого рівня організованості, цілісності й структурованості.

Цілісність біосфери забезпечується багатьма механізмами. Її структуру підтримує наявність різноманітних живих організмів, що постійно взаємодіють між собою. Прямі та зворотні зв'язки між продуцентами, консументами та редуцентами є потужною об'єднуючою силою біосфери.

У межах біосфери розвивається жива матерія, тут сформувалося людство. Якщо Земна Куля — колиска людства, то біосфера — лоно, що породило його. Необхідність цілісного розуміння біосфери та вивчення закономірностей її існування є актуальною проблемою сучасної науки. **Ю.Р.Шеляг-Сосонко, В.С.Крисаченко та Я.І.Мовчан** (1991) цілком обгрунтовано підкреслювали необхідність виділення окремої науки про біосферу — **біосферології**.

У методологічному плані біосферологія поєднана з іншою інтегральною наукою — геобіологією, формування якої почалося наприкінці XIX століття. Детальний аналіз, проведений українським філософом **В.С.Крисаченко** (1988), показав, що існує чотири головні підходи до розуміння об'єкту геобіології. З них екологічний інтерес становлять два. У межах першого підходу геобіологія виступає як частина біосферології та концентрує свою увагу на дослідженнях біосфери як геологічному утворенні. Цей підхід синтезує в собі аутоекологію та синекологію. При іншому підході геобіологію розуміють як науку про біосферу, зорієнтовану перш за все на вивчення загальних процесів розвитку матерії. На основі цього аналізу можна побачити, що виділення геобіології як окремої науки на противагу біосферології не має ніяких переваг. Біосфера — це досить складне природне явище, і може існувати багато різних підходів щодо її вивчення. Кожний такий підхід може бути зародком нової науки.

## 2.2. Структура біосфери

Важливою особливістю біосфери є її злитість з іншими геосферами Землі. **Біосфера розміщена в межах атмосфери, гідросфери та частини літосфери**. Загальна протяжність біосфери за радіусом Землі складає близько 40 км. Вона простягається від нижньої частини озонового екрану атмосфери, що розташований на висоті 20 — 25 км над рівнем моря, до верхньої частини гірських порід суші та дна Світового океану. Нижня межа простягання біосфери лежить на 23 км вглиб суші та на 1 — 2 км нижче дна океану.

Основна маса живої речовини, наявність якої відрізняє біосферу від інших геосфер, зосереджена в порівняно невеликому прошарку — **біостромі**. Біострома лежить на поверхні суходолу та охоплює верхні шари водойм. У цій зоні знаходиться 98% всієї живої речовини планети.

Біосфера сформована з різних речовин. За **В.І.Вернадським** виділяють шість головних типів речовин біосфери:

1. **Жива речовина, що представлена організмами різних видів.**
2. **Біогенна речовина, що є продуктом життєдіяльності організмів (наприклад кам'яне вугілля, торф).**
3. **Нежива (косна) речовина, в утворенні якої живі організми не брали участі. Це, наприклад, гірські породи та мінерали.**
4. **Біокосна речовина, що сформована за рахунок взаємодії живої та косної речовин. Основним видом біокосної речовини є ґрунт.**
5. **Радіоактивна речовина.**
6. **Космічна речовина (наприклад метеорити).**

Г. Вальтер розділяв біосферу на **біогеосферу** (суходіл) та **біогідросферу** (усі види водойм). Такий поділ виправдовується тим, що в цих двох зонах зосереджена основна маса живої речовини.

Розглянемо основні компоненти біосфери більш детально.

**Жива речовина.** За останніми оцінками, жива речовина складає  $18 \times 10^{11}$  тонн. **К.М.Ситник** та **С.П.Вассер** (1992) вважають, що на Землі існують 1447609 видів живих організмів. На думку інших дослідників, їх набагато більше — можливо, 80 млн видів. Повнота виявлення живих організмів неоднакова в різних царствах. Види судинних рослин виявлені на 80%, мохів на 70%, водоростей на 50%, грибів — тільки на 1 — 10%, членистоногих — на 3 — 20%, монер — на 15 — 20% та вірусів всього на 5%.

Унікальна роль живої речовини в біосфері полягає в її високій біогеохімічній активності. Жива речовина автотрофних організмів здійснює поглинання сонячної енергії та її перетворення в енергію хімічних зв'язків. Сукупна біогеохімічна активність живої речовини призвела до значної зміни газового складу атмосфери, в результаті чого атмосфера відновного типу перетворилася в атмосферу окислювального типу зі значним вмістом кисню. За рахунок діяльності біосфери на Земній Кулі сформувався озоновий екран, який перехоплює більшу частину жорсткого космічного випромінювання та створює сприятливі умови життя на поверхні планети. Жива речовина змінила гірські породи та сприяла появі нових видів (вапняки та ін.). Життєдіяльність рослин, тварин та мікроорганізмів спричинила появу ґрунту.

Жива речовина планети є ініціатором та рушієм біогеохімічних циклів речовин. Велике значення в цьому має розмноження організмів, яке В.І.Вернадський називав «розтіканням» живої матерії, її «прагненням до всюдності». Робота (**E**), що виконується живою матерією, за В.І.Вернадським, може бути оцінена за формулою

$$E = \frac{PV^2}{2}, \text{ де } P \text{ — вага організмів, } V \text{ — швидкість розтікання}$$

Для всієї живої речовини біосфери характерна майже абсолютна кіральна чистота. Кіральність — це особлива властивість органічних молекул існувати в двох оптично ізомерних формах **D** (правих) та **L** (лівих). Ізомерія була відкрита ще в 1848 році французьким вченим **Л.Пастером**. При синтезі органічних речовин у лабораторних умовах **D**- та **L**-форми утворюються в рівних кількостях 50% на 50%. Якби, наприклад, штучно отриману **L**-форму амінокислоти зберігати протягом деякого часу, тоді частина її молекул самовільно перейде у **D**-форму і, таким чином, виникне зрівноважена суміш лівого та правого полімерів.

Сучасні дослідники показали, що всі органічні молекули, що входять до складу живої речовини, зокрема цукру та амінокислот, належать виключно до **L**-форм. **D**-цукри знаходяться тільки в молекулах нуклеїнових кислот. Така кіральна чистота органічної речовини в живих організмах свідчить, що її механізм сформувався на певному й досить ранньому етапі виникнення життя на Землі і відтоді підтримується при біогенезі живої матерії.

Матеріали, отримані **В.І.Гольданським** (1986), показали, що кіральна чистота живих істот є необхідною умовою для редуплікації ДНК при передачі спадкової інформації від одного організму до іншого. Глобальний антропогенез та забруднення біосфери сторонніми для неї оптичними ізомерами ксенобіотиків представляють певну загрозу для вихідної кіральної чистоти живої матерії. Наслідки можливих порушень кіральної чистоти поки що важко передбачити.

**Атмосфера. Газова частина біосфери** представлена атмосферою. Її загальна маса дорівнює  $5,2 \times 10^{15}$  т. Основу атмосфери складає **азот**. Його в ній утримується 78% за об'ємом. У значній кількості представлений **кисень** (20,95%), є **вуглекислий та інші гази**. В атмосфері завжди присутня **водяна пара**, основна частина якої (86%) утворюється при випаровуванні з поверхні океанів та суходолу. З висотою газовий склад атмосфери змінюється мало, тільки помітно зменшується кількість водяної пари.

В екваторіальних широтах атмосфера поглинає більше сонячної енергії, ніж у високіх широтах. Енергія, що поглинається атмосферою, є джерелом глобального переміщення повітряних мас, які, в свою чергу, визначають клімат.

Життєво важливий **озоновий шар** атмосфери, що розташований на висоті 20—25 км. **Озон** — це особлива форма кисню —  $O_3$ . Шар озону у верхній частині атмосфери порівняно малопотужний (при нормальному тиску його товщина була б рівною 3 мм), але він виконує найважливішу для життя функцію — перехоплення ультрафіолетових променів сонячного випромінювання, яке дуже небезпечно для живих організмів, зокрема тим, що викликає порушення ДНК та призводить до появи небажаних генетичних мутацій. Сучасне активне вивчення озонового шару атмосфери є наслідком реалізації програми дослідження впливу вихлопних газів надзвукових літаків типу «Конкорд» на стратосферу. Було встановлено, що вихлопні гази безпечні, але з'ясувалося, що озон активно руйнується молекулярним хлором, який є у фреонах, що широко застосовуються в промислових та побутових холодильних установках. Фреони, підіймаючись у верхні шари атмосфери, розкладаються, виділяючи хлор, який руйнує озон.

**Озонометрія**, що виконується протягом останніх 25 років, показала, що за період спостережень втрати озону склали 3% від його початкової кількості. Нібито це небагато, але такої втрати виявилось достатньо, щоб на певних ділянках озоновий шар втратив цілісність і утворилися «озонові дірки». У 1987 році в Монреалі на міжнародній конференції 36 країн світу підписали протокол зобов'язань щодо скорочення на 50% виробництва речовин, що руйнують озон. Це тимчасові заходи, оскільки механізми формування та збереження озонового шару атмосфери до кінця ще не вивчені.

Важливість атмосферних параметрів для клімату та погоди загально відома. Практична необхідність прогнозування погоди та оцінки вікових тенденцій зміни клімату призвели до організації спеціальної метеорологічної служби.

За високої розрідженості атмосфери живі організми не можуть знаходитися в ній постійно. Утримання в атмосфері за рахунок польоту вимагає значних затрат енергії. Здатність до тривалого ширяння в атмосферному повітрі мають тільки одноклітинні мікроорганізми та деякі види птахів. Для наземних організмів корисними властивостями атмосфери є її прозорість щодо сонячного випромінювання.

**Гідросфера** сформована в основному з води. Вона з'явилася на планеті десь 4 млрд років тому за рахунок процесу диференціації речовин. До початку фанерозою утворився **Світовий океан**. В еволюції гідросфери відбулися два великих переломних моменти. Перший був пов'язаний з виходом рослин на суходіл. Оскільки поверхня випаровування листя суходільних рослин швидко зростала і привезла до зростання втрат води (що прирівнювалося до випаровування з поверхні океану), то живі організми в результаті цього суттєво трансформували кругообіг води.

Другий переломний етап у розвитку гідросфери був викликаний вирубокю лісів та розорюванням ґрунтів для організації агроєкосистем. Ліси витрачають на випаровування 90% енергії сонця, що поглинають, а рілля — тільки 40%. Вирубання лісу та розширення орних земель зменшили випаровування на континентах приблизно в 2 рази, що дало поштовх початку процесам запустелювання. Швидкість запустелювання в наш час складає, за **В.Г.Горшковим** та **К.С.Лосєвим** (1992), 20 га за 1 хвилину.

**Вода** надзвичайно важлива для живих організмів. У загальній кількості води планети, що дорівнює 1 млрд 7 млн тонн (або  $m^3$ ), 96,5% припадає на морську. На материках зосереджено тільки 3,5% загальних запасів води. Прісної води в світі нараховується 35 млн  $km^3$ , з них 30 млн  $km^3$  води утримується в льодовиках.

Площа Світового океану складає 361,3 млн  $km^2$ , що перевищує 70% поверхні планети. Вода океанів та морів солоня. Середня солоність сягає 35 г/л. Солоність залежить від випаровування та кількості опадів. На солоність невеликих морів впливає приток прісної води з рік. Тому вона, наприклад, висока в Червоному морі та низька в Балтійському

Вода океанів та морів постійно переміщується за рахунок вертикальних та горизонтальних течій. У морській воді мало біогенних мінеральних речовин (особливо фосфору), і цей фактор є основним в обмеженні біопродукції автотропних водяних рослин. Кількість розчиненого у воді вуглекислого газу лімітує фотосинтез менше.

**Води Світового океану** мають високу теплоємність. Світовий океан поглинає 80% всієї сонячної радіації, що досягає поверхні планети. Поглинальна здатність океанів складає 90 ккал/см<sup>2</sup> в рік, а суходолу — тільки 50 ккал/см<sup>2</sup> в рік. Природно, що основна частина тепла поглинається океанами в тропіках. У помірних та крайніх північних та південних широтах, навпаки, йде віддача тепла в атмосферу. Океан — це важлива «фабрика» погоди на планеті та основний стабілізатор середньої температури Земної Кулі. За відсутності Світового океану на континентах при зміні сезонів виникали б досить різкі коливання температур, мало сумісні з існуванням живих організмів.

**Світовий океан** виконує й іншу роботу в біосфері. У холодних областях вода поглинає вуглекислий газ з атмосфери, а в теплих — йде його виділення. У цілому Світовий океан дуже важливий для планетарного обміну речовин та обміну енергією.

**Моря та прісні води** є середовищем життя багатьох видів організмів. Вода — щільне середовище і живі організми знаходяться в ній або в завислому стані, або підтримують себе в потрібному ім шарі води шляхом активного плавання. Життям пронизана практично вся товща гідросфери. У Світовому океані синтезується 21 млрд тонн органічних речовин. Це в основному біомаса фітопланктону. Завдяки автотрофним морським організмам, океани продукують вільний кисень. Його вихід з океанів оцінюється в 61 млрд тонн на рік.

**Континентальні води** в основному прісні. Їхня солоність не перевищує в середньому 1—2 г/л солей. На континентах гідросфера представлена річками та озерами. У ріки суходолу стікає приблизно половина тієї кількості води, що випадає на суходіл у вигляді опадів. В Україні загальний стік води в ріках становить 87 млрд тонн в рік.

Для гідросфери досить важливе співвідношення рідкої та замерзлої (лід) води. Воно визначається температурними умовами. Нині під льодом знаходиться до 10% поверхні суходолу. Сукупність всього льоду планети В.І. Вернадський називав кріосферою. Потужність кріосфери не стабільна. Упродовж довгих періодів при змінах клімату в тих чи інших регіонах планети може переважати утворення льоду. Він починає вкривати поверхню ґрунту та формувати цілорічний льодовиковий щит. Такі періоди в історії Землі отримали назву льодовикових.

В останню льодовикову епоху площа льодовиків в Європі збільшилася у 2 рази, а в епоху максимального зледеніння — в 4 рази. При цьому південна межа льодовика проходила на 48° п. ш.

**Літосфера** утворена гірськими породами. На виходах гірських порід безпосередньо можуть жити тільки деякі організми — лишайники, водорості. Для життя необхідний ґрунт, що утворюється як суміш мінеральних речовин, які виникають при руйнуванні гірської породи та органічних речовин — продуктів життєдіяльності організмів. Для формування ґрунту особливо важливі мікроорганізми та коріння рослин.

**Поняття про ґрунт** як біокосне тіло природи було вперше сформульоване **В.В. Докучаєвим**. Ще наприкінці XIX століття він підкреслював, що ґрунти виникають у результаті тісної взаємодії між водою, повітрям, гірськими породами та живими організмами. **ґрунт** — головне середовище життя наземних рослин і важлива структурна частина біосфери. **Родючість** ґрунтів визначається сполученням багатьох фізичних та хімічних властивостей. Вона залежить від кількості в ґрунтах гумусу, від наявності біогенних макро- та мікроелементів, від вологості ґрунту, від її кислотності і т. п.

Серед інших параметрів ґрунту не останнє місце посідає його **вологість**. Вона визначається співвідношенням кількості опадів та випаровування. Вважають, що при кількості опадів менш ніж 250 мм на рік формуються пустелі, при 250 — 750 — савани,

стеги, лісостеги та ліси, а при кількості, більшій за 1250 мм — вологі ліси та болота. В Україні основні опади надходять від Атлантичного океану, Середземного та Чорного морів. Найбільш зволожені ґрунти в Західній Україні.

У цілому треба зазначити, що всі оболонки Земної Кулі (геосфери) активно взаємодіють між собою, обмінюючись речовиною та енергією.

### 2.3. Потік енергії на Земній Кулі

**Енергія** — це загальна кількісна міра руху та взаємодії усіх видів матерії. Відповідно до закону збереження енергії вона не зникає та не виникає з нічого, а тільки переходить з однієї форми до іншої.

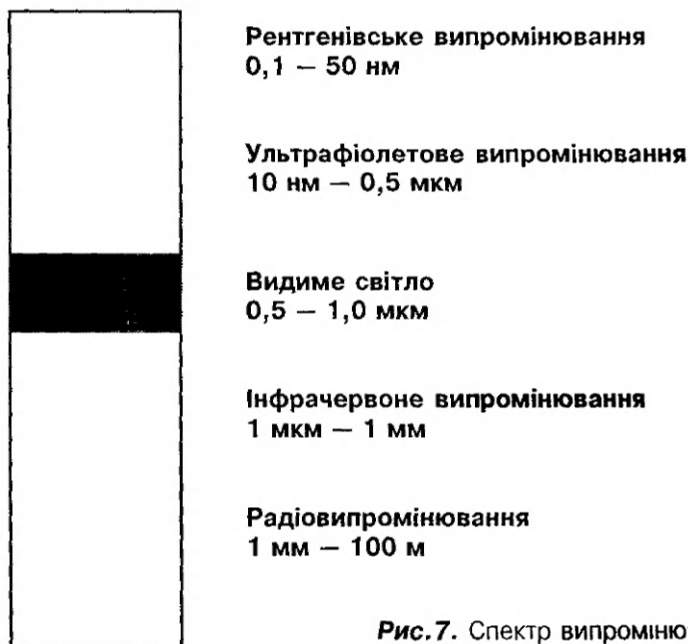
**Потік енергії** на Земній Кулі має три джерела:

а) **кінетична енергія** обертання Землі та її супутника Місяця як космічних тіл. Вона проявляється в морських припливах, енергія яких недоступна живим організмам, але може використовуватися людиною.

б) **енергія земних надр**, яка підтримується ядерним розпадом урану та торію. Ця енергія виділяється у формі геотермічного тепла. У вулканічних районах вона використовується для опалення оранжерей та басейнів.

в) **сонячна енергія**, на базі якої здійснюється життєдіяльність в автотрофних організмів.

На Сонці енергія виникає в результаті ядерних перетворень. Головне з них — це перетворення водню в гелій через дейтерій. Променева енергія Сонця (**рис. 7**) проявляється в амплітуді довжини хвиль від 0,3 до 2,0 мкм. Доля ультрафіолетового випромінювання в ній невелика. Воно в основному затримується озоновим екраном планети. Приток енергії до зовнішньої поверхні атмосфери планети від Сонця порівняно постійний — це так звана сонячна постійна, яка дорівнює 1,93 кал/см<sup>2</sup> за 1 хв. Вона відхиляється від середнього значення всього тільки на 0,1-0,2%. Але тривалих спостережень за величиною сонячної постійної поки що не велося і її багатовікові тенденції не відомі.



**Рис. 7.** Спектр випромінювання Сонця



За неофіційними даними, спеціалісти вважають, що протягом останнього мільярду років сонячна постійна не змінювалася

Всього до Землі доходить  $10,5 \times 10^6$  кДж/м<sup>2</sup> у рік променистої енергії. Але 40% її одразу відбивається у космічний простір, а 15% поглинається атмосферою або перетворюється в тепло, або витрачається на випаровування води. В атмосфері в основному сонячну радіацію поглинає водяна пара. В океанах цю роль виконує рідина (вода), на суходолі — гірські породи та ґрунт. Велика частина радіації відбивається в атмосфері від поверхні льоду та снігу.

Всю біосферу можна розцінювати як єдине природне утворення, що поглинає енергію з космічного простору та направляє її на внутрішню роботу. У біосфері енергія тільки переходить з однієї форми до іншої та розсіюється у вигляді тепла. Основними перетворювачами енергії в біосфері є живі організми. Вони перетворюють вільну променисту енергію в хімічно зв'язану, котра потім переходить від одних біосферних структур до інших (рис.8). При кожному переході частина енергії перетворюється в тепло та втрачається в навколишньому просторі. У більш детальному вигляді схема потоку енергії показана на рис.9. Рослини та земна поверхня в середньому на рік поглинають  $5 \times 10^6$  кДж/м<sup>2</sup> енергії. Ця величина різна на різних широтах. Ефективність перенесення енергії в живій речовині досить низька. При перенесенні від продуцентів до консументів першого порядку вона складає всього 10%. Перенесення від консументів першого порядку до консументів другого порядку більш ефективний — 20%. Таким чином, видно, що травоядні тварини менш ефективно використовують їжу, ніж м'ясоїдні. Це в багатьох випадках пов'язано з хімічним складом їжі. У рослинах переважає лігнін і целюлоза та є захисні речовини від фітофагів. Завершується потік енергії на редуцентах, де енергія або ж остаточно розсіюється у вигляді тепла, або акумулюється в мертвій органічній речовині (детрит). Однією з форм тривалого збереження акумульованої енергії є нафта, кам'яне вугілля та торф.

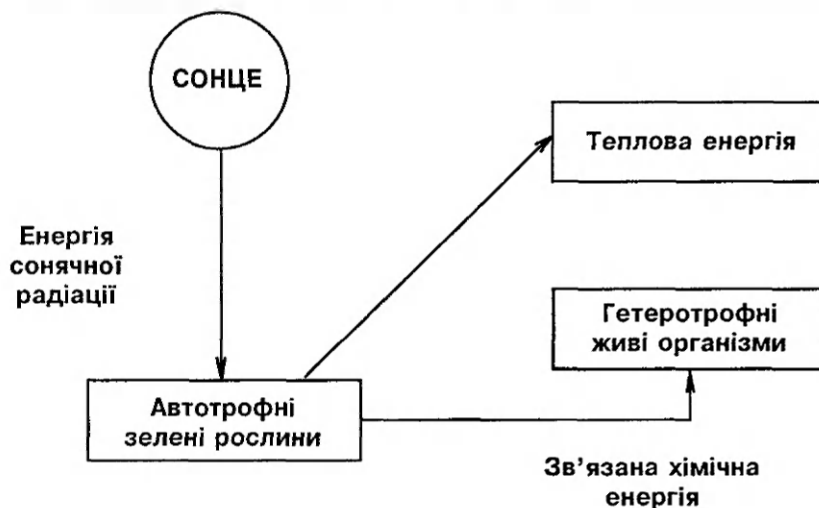
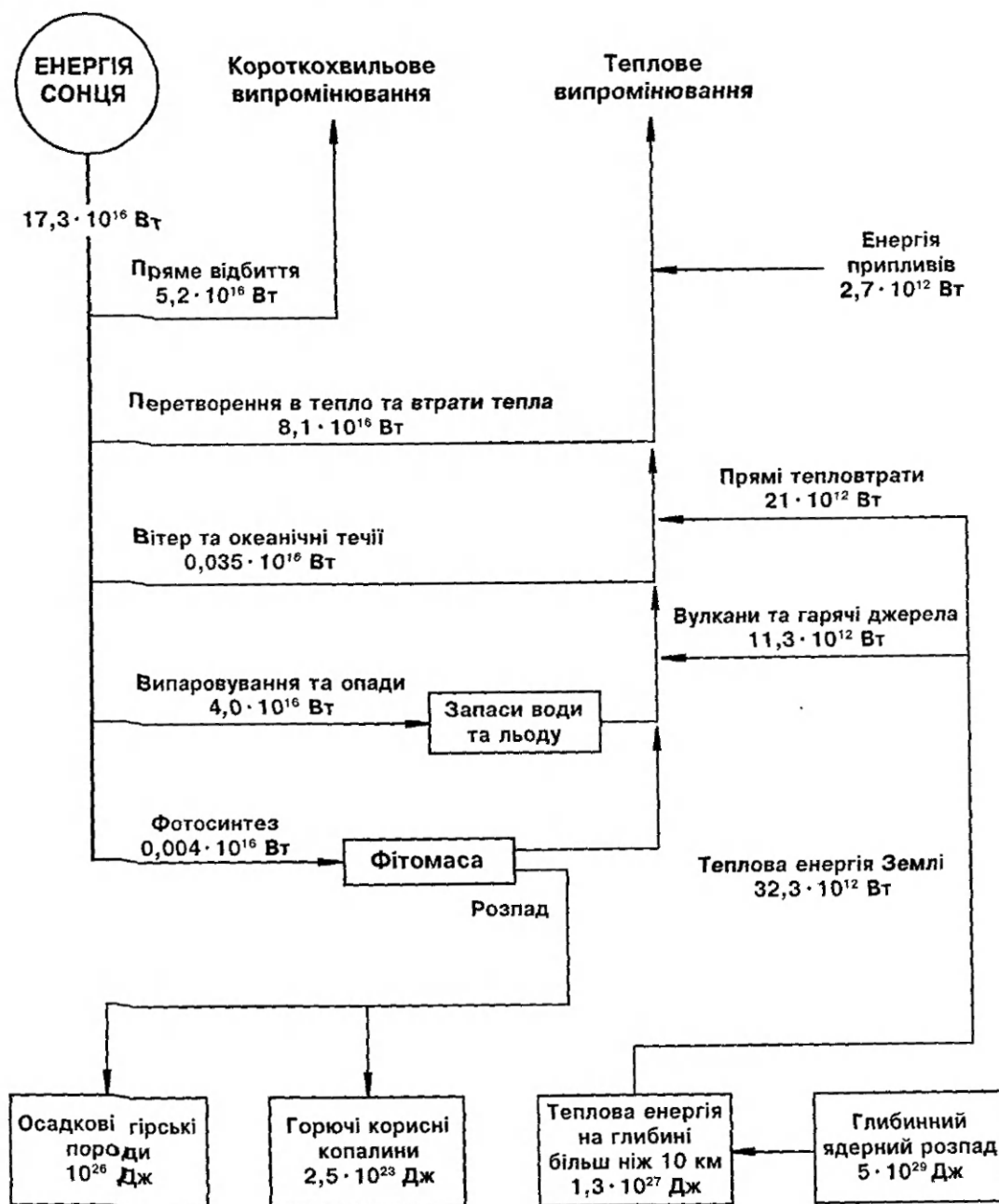


Рис.8. Основні напрямки потоку енергії на Земній Кулі

У різних екосистемах, що складають біосферу, потоки енергії своєрідні та відрізняються кількісними показниками, але напрямком та принциповий тип потоку енергії

в біосфері однаковий. Для аналізу особливостей потоку енергії корисно розглянути схеми на *рис. 10* та *11*, що показують своєрідність потоку енергії в екосистемі лісу, та на *рис. 12*, де показані напрямки потоку енергії в екосистемах луків.



*Рис. 9.* Планетарний потік енергії (за Скіннером, 1989).

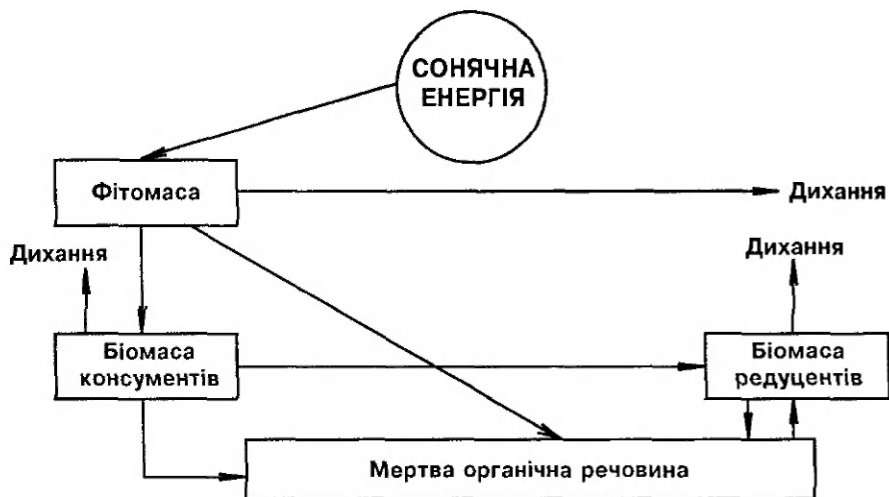


Рис. 10. Принципова схема потоку енергії в екосистемі лісу.

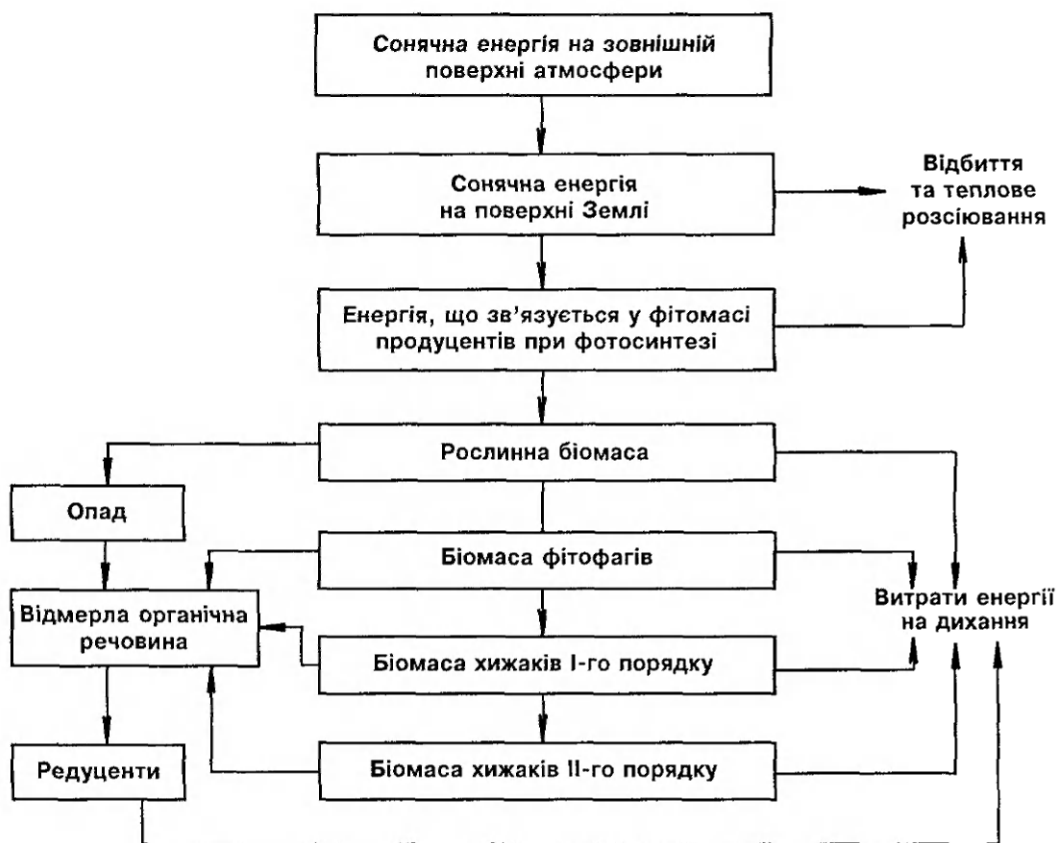


Рис. 11. Деталізована схема потоку енергії в екосистемі лісу.

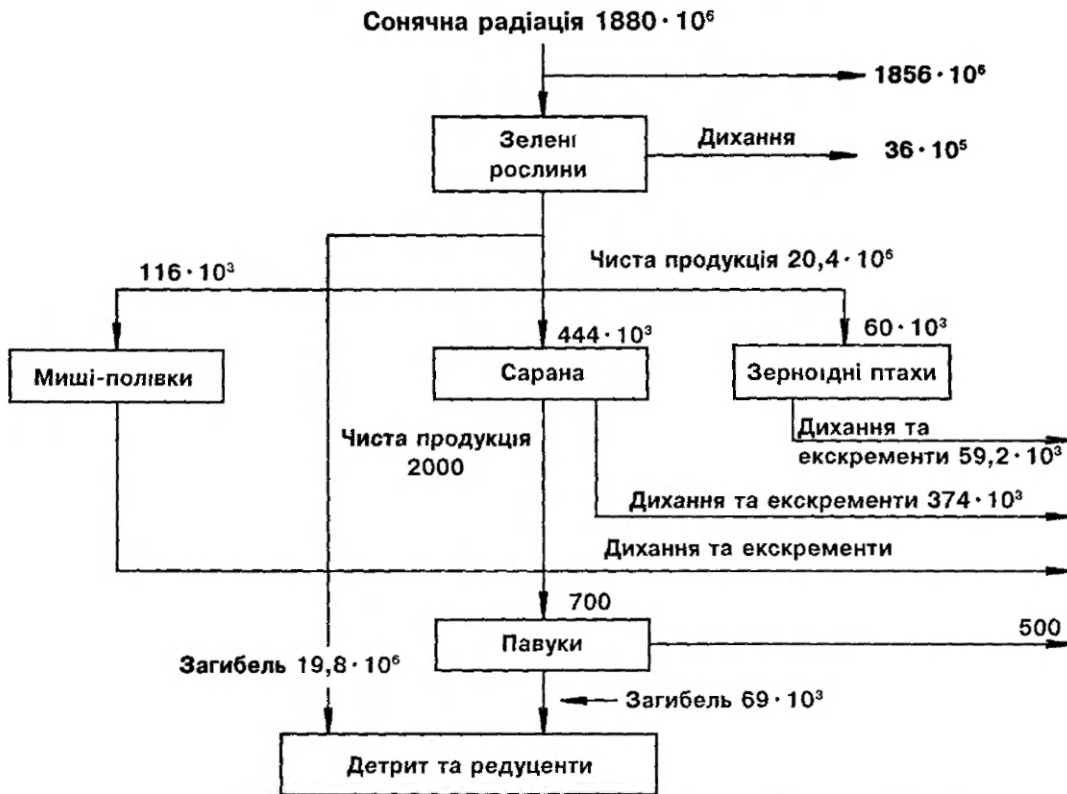


Рис. 12. Поток енергії через екосистему луків (за Трайбом, 1974).  
Енергія виражена в кДж/м<sup>2</sup> на рік

## 2.4. Біогеохімічні цикли

За рахунок процесів міграції хімічних елементів усі геосфери Землі зв'язані єдиним циклом кругообігу цих елементів. Такий кругообіг, рушійною силою якого є тектонічні процеси та сонячна енергія, отримав назву **великого (геологічного) кругообігу**. Цей кругообіг має абіотичний характер. Тривалість його існування — близько 4 млрд років. Потужність великого (геологічного) кругообігу речовин в атмосфері, гідросфері та літосфері оцінюється в  $2 \times 10^{16}$  тонн/рік.

Виникнення життя на Землі спричинило появу нової форми міграції хімічних елементів — біогенної. За рахунок біологічної міграції на великий кругообіг (геологічний) наклався **малий (біогенний) кругообіг** речовин. У малому біологічному кругообігу переміщуються в основному вуглець ( $10^{11}$  тонн у рік), кисень ( $2 \times 10^{11}$  тонн у рік), азот ( $2 \times 10^{11}$  тонн у рік) та фосфор ( $10^8$  тонн у рік). Зараз обидва кругообіги протікають одночасно та тісно зв'язані між собою.

Завдяки взаємодії різних груп живих організмів між собою та з навколишнім середовищем в екосистемах виникає певна та характерна кожному виду екосистем структура біомаси, створюється своєрідний тип потоку енергії та специфічні закономірності її передачі від однієї групи організмів до іншої, формуються трофічні ланцюги, що визначають послідовність переходу органічних речовин від одних груп живих організмів до інших.

Живі організми в біосфері ініціюють кругообіг речовин та призводять до виникнення **біогеохімічних циклів**. Пріоритетні дослідження біогеохімічних циклів були розпочаті В.І. Вернадським ще на початку 20-х років.

**Біогеохімічний цикл** можна визначити як циклічне поетапне перетворення речовин та зміну потоків енергії з просторовим масоперенесенням, яке здійснюється за рахунок сумісної дії біотичної та абіотичної трансформації речовин. Біогеохімічні цикли становлять собою циклічні переміщення біогенних елементів вуглецю, кисню, водню, азоту, сірки, фосфору, кальцію, калію та ін. від одного компоненту біосфери до інших так, що на певних етапах цього кругообігу вони входять до складу живої речовини.

Рушійною силою всіх речовин в біогеохімічних циклах є потік сонячної енергії або частково енергії геологічних процесів Землі. Витрати енергії необхідні і для переміщення речовин у біогеохімічних циклах, і для подолання біогеохімічних бар'єрів. Такими бар'єрами на різних рівнях виступають мембрани клітин, самі особини рослин і тварин та інші матеріальні структури. Переміщення речовин у біогеохімічних циклах одночасно забезпечує життєдіяльність живих організмів. Головними оціночними параметрами ефективності та напрямку роботи біогеохімічного циклу є кількість біомаси, її елементарний склад та активне функціонування живих організмів.

**Просторове переміщення речовин** у межах геосфер або, інакше кажучи, їхня **міграція** підрозділяється на **п'ять** основних типів:

**1. Механічне** перенесення (йде без зміни хімічного складу речовин)

**2. Водне** (міграція здійснюється за рахунок розчинення речовин та їх наступного переміщення у формі іонів або колоїдів). Це один із найбільш важливих видів переміщення речовин у біосфері.

**3. Повітряне** (перенесення речовин у формі газів, пилу або аерозолей із потоками повітря)

**4. Біогенне** (перенесення здійснюється за активної участі живих організмів)

**5. Техногенне**, що проявляється як результат господарської діяльності людини.

**Інтенсивність кругообігу речовин** в будь-якому біогеохімічному циклі є найважливішою характеристикою. Оцінки такої інтенсивності зробити непросто. Одним із найбільш доступних індексів інтенсивності біологічного кругообігу речовин може служити співвідношення маси підстилки та іншого органічного опаду, який є в будь-якому біомі, та маси опаду, що утворюється за один рік. Чим більше цей індекс, тим, очевидно, нижче інтенсивність біологічного кругообігу. Реальні оцінки показують, що в тундрі значення цього індексу максимальні й, отже, тут мінімальна інтенсивність біогеохімічних циклів. У зоні тайги інтенсивність біологічного кругообігу зростає, а в зоні широколистяних лісів стає ще більшою. Найбільша швидкість кругообігу речовин реєструється в тропічних та субтропічних біомах саванах та вологих тропічних лісах. В агроекосистемах біогеохімічний кругообіг йде інтенсивно, але якісні його параметри вже інші.

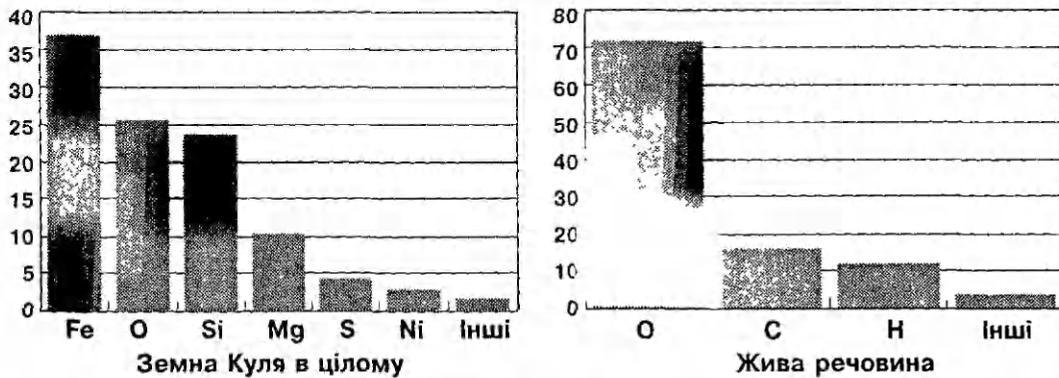
Живі організми біосфери ініціюють та реалізують велику кількість широкомасштабних фізико-хімічних процесів. Метаболізм живих організмів супроводжується серйозними змінами газового складу атмосфери. З атмосфери вилучаються або, навпаки, надходять до неї кисень, вуглекислий газ, азот, аміак, метан, водяна пара та багато інших речовин. Під впливом накопичення в атмосфері вільного кисню, який є продуктом життєдіяльності зелених рослин, на Землі почали переважати окислювальні процеси, які відіграють важливу роль в абіогенному та біогенному перетвореннях вуглецю, заліза, міді, азоту, фосфору, сірки та багатьох інших елементів. У той же час на планеті збереглися і відновні процеси, які здійснюють анаеробні організми. Результатом цих планетарних процесів є утворення таких суто біогенних покладів, як осадові гірські породи: вапняки, фосфати, силікати, кам'яне вугілля та ін. Всі вони — результат життєдіяльності живих організмів.

Аналізуючи біогеохімічні цикли, **В.І. Вернадський** виявив концентраційну функцію живої речовини. За рахунок реалізації цієї функції жива речовина вибірково поглинає зі

навколишнього середовища хімічні елементи. Якщо наша планета в цілому сформована зі сполук із заліза, нікелю, магнію, сірки, кисню в першу чергу, то за рахунок вибіркового поглинання та концентраційної функції склад біомаси зовсім інший. Вона утворена з вуглецю, водню при порівняно малій участі інших елементів (*рис. 13*).

Хімічні елементи, що беруть переважну участь у побудові живої речовини та необхідні для його синтезу, отримали назву біогенних. Концентраційна функція тварин та рослин по-різному реалізується щодо різних їхніх видів. Мають свої особливості й окремі біоми. **Д.А.Криволицький** та **А.Д.Покаржевський** (1986) за характером накопичення хімічних елементів в організмах тварин підрозділяють їх на три групи: **накопичувачі** — що концентрують певні елементи у своєму тілі, **розсіювачі** — які, завдяки міграціям, в основному розсіюють хімічні елементи на терені біому, та **очищувачі** — які утримують певні елементи в своєму тілі в меншій мірі, ніж в їжі, що вони використовують, і, таким чином, сприяють очищенню трофічних ланцюгів від даного елемента. Накопичувачами та очищувачами є і рослини.

Принцип циклічності в перетвореннях та переміщенні речовин в біосфері є основоположним. **Збереження циклічності** — це умова існування біосфери. Введення в біосферу однонаправлених процесів, які здійснює людина при конструюванні техносфери та агросфери, виявляється для біосфери згубним та найбільш небезпечним.



**Рис. 13.** Співвідношення хімічних елементів на Земній Кулі та в живих організмах. Доля елементів виражена у відсотках.

Для біосфери характерна висока замкненість біогеохімічних циклів. Втрати речовин у них складають не більш 3 — 5%. Однак всі біогеохімічні цикли дають деяку кількість «відходів». Такі природні відходи для біосфери не шкідливі. Вони є накопиченням у певній мірі інертних речовин, що акумулюються в атмосфері (за **Ю.Одумом**, це газовий тип циклу), або тих, що надходять у літосферу у вигляді осадкових порід (осадковий тип циклу). Більш того, відходи окремих біогеохімічних циклів є умовою виникнення та підтримки існування багатьох груп живих організмів. Так, біогенне походження має весь кисень атмосфери, що виникає як «відход» фотосинтетичного процесу. За рахунок відходів біогеохімічного циклу вуглецю в земній корі накопичилися великі запаси вуглецевміщуючих геологічних покладів: кам'яного вугілля, нафти, вапняків. Загальна кількість їх сягає  $10^{16}$  —  $10^{17}$  тонн.

Біогеохімічні цикли еволюціонують разом з еволюцією біосфери. Реалізація окремих біогеохімічних циклів та накопичення відходів є основою виникнення біогеохімічних циклів нового типу або ускладнення вже існуючих. Так, накопичення в атмосфері вільного кисню створило передумову виникнення великої групи організмів, які використовують вільний кисень для дихання. Процеси хімічного біогенного окислення стали складовою частиною біогеохімічних циклів.

Центральне місце в біосфері посідають біогеохімічні цикли: вуглецю, води, азоту та фосфору. Ці цикли в найбільшій мірі зазнали трансформації при формуванні техносфери та агросфери, і вивчення їх стало важливою задачею екології.

**Біогеохімічний цикл вуглецю** базується на атмосферному депо, яке утримує його в кількості, приблизно рівній 700 млрд. тонн у формі вуглекислого газу (рис. 14). Цей цикл ініціюється фотосинтезом та диханням. Обидва процеси йдуть так інтенсивно, що у рослин та тварин на долю вуглецю припадає до 40—50% загальної маси. Залишки відмерлих рослин та тварин сприяють утворенню гумусу. Аналогічно утворюється й торф. У цих двох формах вміщується до 99% вуглецю нашої планети. Швидкість кругообігу вуглецю обчислюється в середньому від 300 до 1000 років.

Утворення техносфери суттєво змінило цей цикл. Зараз антропогенне надходження вуглекислого газу в атмосферу зросло більше природного на 6—10%. Це пов'язано, головним чином, з вирубкою лісів та заміною їх менш продуктивними агроценозами. Певний внесок робить і промисловість та всі виробництва, які пов'язані зі спалюванням палива.

**Біогеохімічний цикл води.** Схема біологічного кругообігу води приведена на рис. 15. Основна її кількість (96,5%) зосереджена в океанах. Доля підземних вод рівна 30%, ґрунтових — 0,05%, атмосферної води — 0,04%, води боліт — 0,03%, біологічної, що входить у склад живих організмів — 0,003%. Переважна частина води засолена. Прісної води на планеті всього 2% від загальної її кількості. Тіла всіх живих організмів досить сильно обводнені: у тварин на долю води припадає 70%, а у рослин — 90—95% від їхньої маси.

Загальний кругообіг води ініціюється потоком сонячної радіації. Випаровування та трансляція переводять воду з рідкого стану в газоподібний, і вона надходить в атмосферу. Атмосферні опади забезпечують обводнення континентів (хоча частина опадів випадає безпосередньо над водоймами). Кількісні показники кругообігу води визначаються кліматом та й самі визначають клімат. Головним параметром оцінки інтенсивності кругообігу води служить евапотранспірація з її розділенням на випаровування та власне транспірацію.

Безпосередньо на формування біомаси залучається всього десь 1% води від загальної її кількості, що є на планеті. На утворення 1 кг біомаси використовується 130—230 кг води, і тому кругообіг є досить активним.

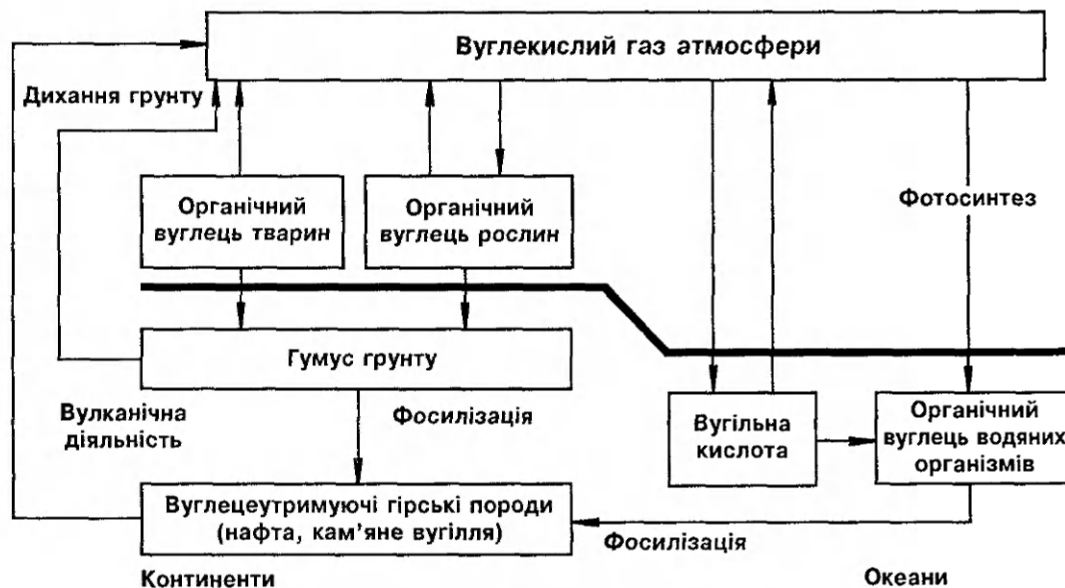


Рис. 14. Біогеохімічний цикл вуглецю.

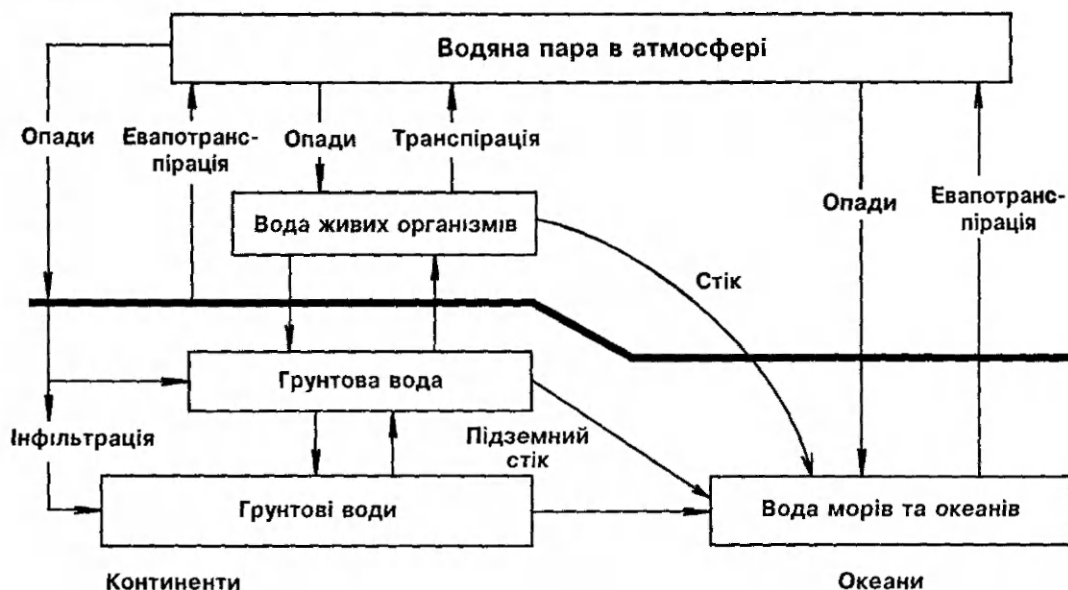


Рис. 15. Біогеохімічний цикл води

Вода морів та океанів, а також підземні води служать як депо води. Моря втрачають від випаровування більше (1200 мм в рік), ніж отримують від опадів (1100 мм в рік). Ця різниця забезпечує обводнення континентів. На суходолі середня річна кількість опадів дорівнює 710 мм, а випаровування — 470 мм. Зворотне надходження води до океанів та морів йде через поверхневий та підземний стоки.

Сільськогосподарське та промислове виробництво, не змінюючи загальної кількості води в її біогеохімічному циклі, суттєво перерозподіляє надходження води різними регіонами. Виявилось, що меліорацією охоплені величезні території. Відірваність меліоративних проектів від екологічних концепцій призвела в кінцевому результаті до запустелювання, обміління рік, висихання замкнених водойм, що розташовані в умовах континентального клімату. Яскравим прикладом є обводнення півдня Середньої Азії за рахунок забору води з Амудар'я та Сирдар'я, що завершилося трагедією Аралу.

Суттєвий вплив на цикл води чинить промислове виробництво. Більшість його видів пов'язані з використанням великої кількості води, яка повертається в депо вже сильно забрудненою.

**Біогеохімічний цикл азоту.** Це один із найбільш швидких кругообігів речовин (рис. 16). Реалізується він в основному за рахунок діяльності різних груп живих організмів і, в першу чергу, при активній участі мікробів. Основним депо азоту є газоподібний азот атмосфери. Його зв'язування здійснюється вільноіснуючими азотфіксаторами (*Azotobacter*, *Clostridium*, *Nostoc*, *Rhizobium*). Органічні речовини, які вміщують зв'язаний азот, мінералізуються за рахунок амоніфікації та нітрофікації, що робить доступним для вищих рослин нітратний та амонійний азот. Загальні оцінки фіксації атмосферного азоту суперечливі і в середньому для планети складають від 100 — 170 мг/м<sup>2</sup> в рік до 1 — 20 гр/м<sup>2</sup> на рік. Це відповідає приблизно 126 млн тонн азоту в рік.

В антропогенну епоху на кругообіг азоту великий вплив має виробництво синтетичних азотних добрив. Воно полягає у зв'язуванні азоту повітря та поетапного його перетворення спочатку в аміак, потім в азотну кислоту, необхідну для отримання нітратів. Цей процес став широкомасштабним та залучив у біогеохімічний цикл азоту з атмосферного



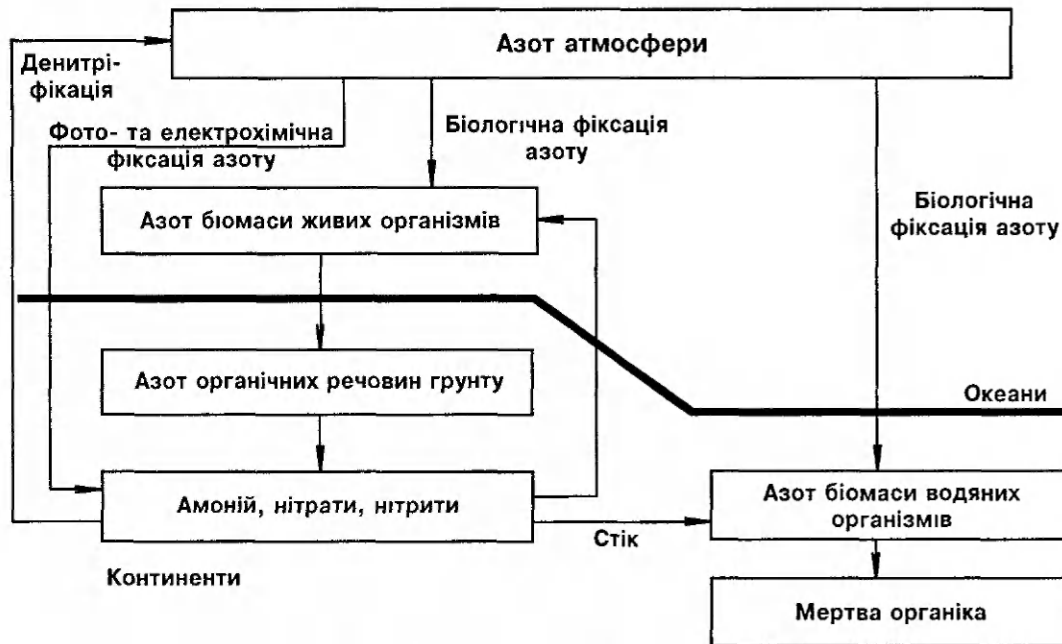


Рис. 16. Біогеохімічний цикл азоту

депо велику його кількість. Введення антропогенного азоту в його біогеохімічний цикл дорівнює  $6,4 \times 10^7$  тонн азоту в рік (Garrels et al, 1973).

З усіх синтетичних мінеральних добрив азотні добрива вимагають найбільш енергетичних витрат при їх виробництві і тому є найдорожчими. Однак в сільському господарстві не розроблені технології безвідходного застосування азотних добрив. Нітрати не повністю використовуються культурними рослинами і суттєво забруднюють ґрунтові води та водойми. Проблема нітратного забруднення навколишнього середовища в наш час стала однією з найбільш актуальних.

**Біогеохімічний цикл фосфору.** Цей цикл має найбільш простий характер (рис. 17). Основний запас фосфору зосереджений на планеті у вигляді гірських порід та мінералів. При їх вивітрюванні утворюються фосфати, які використовуються рослинами для побудови органічних речовин свого тіла. Після відмирання рослин фосфор мінералізують мікроорганізми — редуценти. Втрати фосфору з біогеохімічного циклу пов'язані в основному з винесенням фосфору в моря та океани. Звідти назад на суходіл він може потрапити тільки через рибу або гуано.

Фосфорні добрива виробляють в основному з гірських порід. Таке переведення фосфору з депо в активну частину біогеохімічного циклу так само, як у випадку з азотом, має негативні наслідки. Не використаний культурними рослинами фосфор у результаті вітрової ерозії надходить до водойм, що призводить до евтрофікації.

Чудовою особливістю природних екосистем є повторне використання біогенних речовин. Хоча в біогеохімічних циклах деякі з таких елементів і губляться, надходячи в депо, і робляться недоступними для рослин, у природних екосистемах масштаб цих процесів незначний.

Біосфера володіє потужною буферною дією щодо багатьох зовнішніх впливів. Це забезпечує загальну стійкість та створює сприятливі стабільні умови існування організмів. У межах біосфери пом'якшується дія вітру, посушливість повітря та ґрунту, підтримується певне співвідношення між концентрацією кисню та вуглекислого газу в атмосфері,

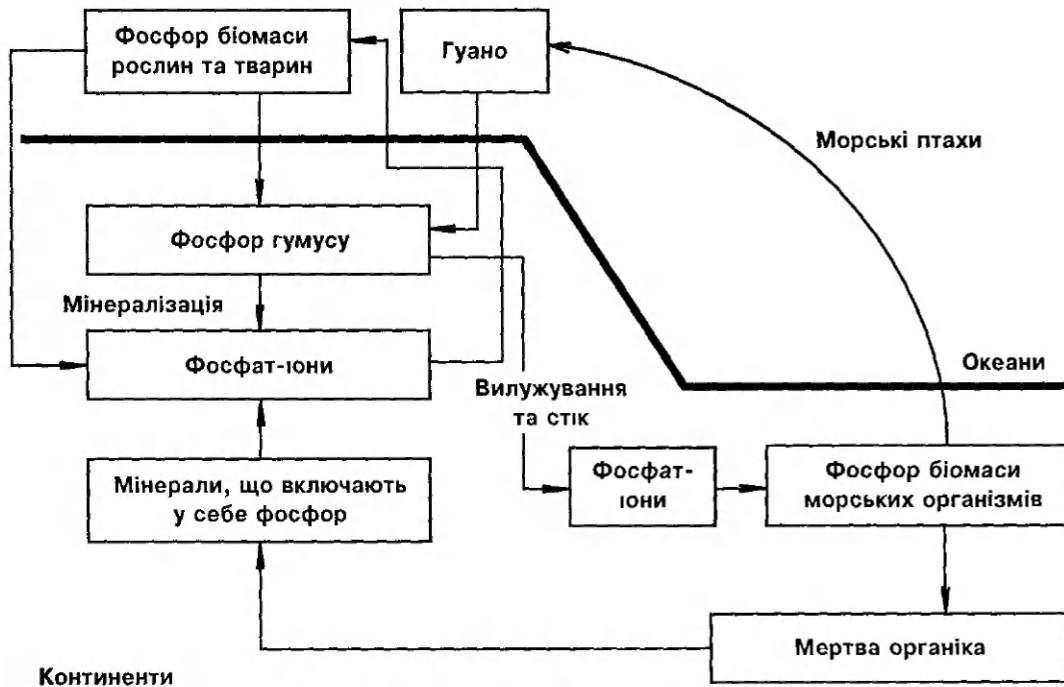


Рис. 17. Біогеохімічний цикл фосфору

звужується амплітуда коливань температури. Але всі ці якості біосфери не можуть протистояти нерозумним діям людини і різко падають при антропогенних впливах. Так, посухи порівняно безпечні для природних екосистем, але вони наносять відчутні збитки агро-екосистемам. Зберегти ґрунтово-кліматичні умови великих регіонів планети та забезпечити їх стійкість можна тільки при наявності в цих регіонах досить великих за площею природних біомів.

Для стійкості біогеохімічних циклів велике значення мають депо біогенних хімічних речовин в ґрунті. Ґрунт — це зовсім особливе за своїми властивостями природне тіло. У біосфері ґрунт виконує безліч специфічних функцій. Він забезпечує рослини всіма необхідними поживними речовинами, утримує в собі велику кількість вологи, перешкоджає її швидкому стоку до рік. У сільському господарстві ґрунт є компонентом виробництва.

Ґрунти в різних біомах та різних природних зонах досить сильно відрізняються між собою. У помірних широтах властивості ґрунтів такі, що гумус добре утримує катіони та аніони біогенних елементів. Їх вивільнення йде поступово і це забезпечує збереження родючості ґрунту на довгий час, а також створення біологічної продукції. У протилеж цьому в тропіках, завдяки високій температурі та вологості, мінералізація йде досить швидко. Вилукування ґрунтів та вимивання з них іонів мінеральних речовин проходять досить активно. Тому агроекосистеми тропічних широт порівняно з екосистемами помірних зон більш вразливі та швидше деградують. Цей процес тут часто завершується запуселюванням та виключенням території із сільськогосподарського використання.

Важливими учасниками біогеохімічних циклів є ґрунтові мікроорганізми. Ґрунт одночасно служить депо для багатьох речовин, за рахунок якого гасяться флуктуації, що виникають при переході речовин з однієї ланки біогеохімічного циклу до другої. Особливо важливий щодо цього гумус ґрунту. У ньому продукти розкладу органічних речовин утримуються тривалий час. Наприклад, у дерново-лідзолістому ґрунті об'єм можливих нових включень органічної речовини складає 300 кг/га, в чорноземах — 160 кг/га.

Чимало речовин, що надходять до ґрунту, можуть утримуватися в ньому за рахунок адсорбції та інших фізико-хімічних процесів. Ємність ґрунтів за рахунок такого типу поглинання сягає 225 кг/га на рік.

Антропогенне природокористування вносить у біогеохімічні цикли чимало перешкод. Так, поширеність процесів спалювання палива, в т.ч. і для потреб сільськогосподарського виробництва призводить до надходження до атмосфери близько 20 млрд тонн вуглекислого газу та 700 млн тонн інших газів і твердих часток. Самі вирубки лісу призводили тільки на території СРСР до винесення з екосистем лісу до 1,2 — 5 тисяч тонн фосфору, 6 — 20 тисяч тонн азоту та 1,2 — 6 тисяч тонн кремнію (Глазовський, 1976). Перенесені в урбанізовані райони або в агроекосистеми, ці речовини виявляються або зовсім, або тимчасово виключеними з природного їх кругообігу. Ці процеси, по суті, ведуть до появи нового техногенного типу кругообігу хімічних елементів.

1.2

## 2.5. Місце людини в біосфері

Як біологічний вид людина розумна *Homo sapiens* виникла на Землі приблизно 2 — 3 млн років тому.

Біологічні відмінності людини полягають не тільки в посиленому розвитку головного мозку, що, в першу чергу, відділило *Homo sapiens* від інших видів тварин. Відмінності проявлялися в необмеженій здатності до розмноження, тому що протягом всього існування людини як біологічного виду чисельність народонаселення невинно зростала.

Динаміка щільності народонаселення наведена в **табл. 1**. За період існування людства щільність його популяції зросла більш ніж в 4 тисячі разів. Цей ріст чисельності не мав плавного характеру. З **таблиці 2** видно, що протягом тривалого часу чисельність народонаселення зростала поступово. Перелом відбувся у ХХ столітті, коли темпи приросту народонаселення стрімко зросли. Якщо раніше для подвоєння числа жителів планети треба було десь 600 років, то для останнього подвоєння було достатньо всього 38 років! Цей ріст був настільки стрімким, що отримав назву демографічного вибуху.

Таблиця 1. Динаміка щільності народонаселення Земної Кулі.

Період часу	Епоха	Щільність населення, особин/100 кв.км
Сучасність	Індустріальна	1700
80 років тому	Індустріальна	1100
180 років тому	Аграрно-індустріальна	620
130 років тому	Аграрно-індустріальна	490
330 років тому	Індустріально-аграрна	370
2000 років тому	Аграрна	100
6000 років тому	Перші міста	75
10 тис років тому	Мезоліт	4
25 тис років тому	Верхній палеоліт	4
30 тис років тому	Середній палеоліт	1,2
100 тис років тому	Нижній палеоліт	0,4

Висока чисельність населення Земної Кулі, таким чином, виявилася новим явищем. Раніше такий фактор в еволюції біосфери був відсутнім. Поряд з науково-технічною революцією він став головною причиною антропогенної зміни біосфери.

Таблиця 2. Динаміка чисельності населення протягом останніх століть.

Роки	Чисельність населення (в млн.чол.) приріст	Середньорічний (в %%)
1988	5000	1,6
1980	4437	1,9
1950	2501	0,8
1900	1650	0,5
1850	1262	0,5
1800	978	0,4
1600	486	0,4
1500	446	0,1
1400	373	0,3
1300	384	0,0
1200	348	0,1

Спеціалісти по-різному оцінюють наслідки демографічного вибуху. Багато хто з них припускає, що взаємовідносини в системі «людина — природне середовище» будуть залежати від подальшої тенденції чисельності народонаселення. Однак, оптимісти вважають, що помітний спад приросту населення, який зараз дав про себе знати в розвинутих країнах Західної Європи, в найближчому майбутньому пошириться на всю Земну Кулю, і на рівні 10,2 млрд. чоловік відбудеться стабілізація процесів росту за рахунок природних механізмів.

Діаметрально протилежна точка зору була висловлена ще у 1798 році **Т.Мальтусом**, який стверджував, що чисельність народонаселення росте і буде рости в геометричній прогресії, а ресурси, що необхідні для задоволення потреб людства, ростимуть тільки в арифметичній прогресії. Цим наперед визначається конфліктність в системі «людина — природне середовище».

Т.Мальтус був цілком правий, підкреслюючи, що людство як компонент біосфери, очевидно, не може мати безмежно велику чисельність.

## 2.6. Поняття середовища

При аналізі умов, в яких проходить реальна життєдіяльність рослин і тварин та існує людина, широко застосовуються поняття середовища, навколишнього середовища, природного середовища і т.п. Середовище — це найбільш загальне поняття, цим терміном позначається усе, що оточує даний об'єкт. Під середовищем (життя) живих організмів мається на увазі вся сукупність конкретних абіотичних та біотичних факторів, в яких живе дана особина, популяція або вид. Іншими словами, термін «**середовище життя**» означає **все оточення, в якому відбувається діяльність людини та розвиток живої та неживої матерії**. Вислів навколишнє середовище має той же зміст, але він менш вдалий, оскільки саме слово «середовище» вже має на увазі оточення об'єкту.

Слід відрізнити середовище життя рослин та тварин від середовища життя людини. Середовище життя людини включає в себе всі території та акваторії, що є місцем перебування і виробничої діяльності людини. По суті, до середовища життя людини входять всі компоненти біосфери, вся сукупність створених людиною технологічних об'єктів, а також всі соціальні феномени людського суспільства. Таким чином, середовище життя

людини — це система більш високого рангу, ніж системи біосфери зокрема або соціальні системи. У середовищі людини можна виділити:

- а) природні компоненти — повітря, воду, ґрунт, гірські породи і т.п.;**
- б) антропогенні компоненти, створені людиною будови та споруди, транспортні магістралі та інше;**
- в) соціальні компоненти, що включають в себе соціальні, економічні, юридичні та морально-етичні феномени.**

**1.2**

У цьому зв'язку загальне середовище життя слід розділяти на природне та соціальне. Природне середовище включає в себе об'єктивно існуюче природне середовище будь-якого живого організму, включаючи людину. Соціальне середовище — це сукупність оточуючих людину суспільних, матеріальних та духовних умов її існування та діяльності. Це середовище, по суті, включає в себе всю суспільно-економічну систему, в межах якої знаходиться людина.

Природні компоненти середовища життя людини досить різноманітні. Оскільки людина є біосоціальною істотою, то вони відіграють важливу роль у його добробуті. Фізичні компоненти середовища, такі, як географічне положення місцевості, наявність та якість таких природних ресурсів, як вода, повітря — все це є умовою нормальної життєдіяльності. До природного середовища входять і всі живі організми, що оточують людину.

Важливим параметром оцінки якості природного середовища є його стійкість, стабільність усіх режимів та станів природних факторів. Життя в нестабільному середовищі вимагає від людини додаткових матеріально-енергетичних витрат і перешкоджає адаптаційному процесові. Різкі відхилення природного середовища від звичайного його стану, як правило, розглядаються як стихійне лихо й катастрофа. Вони включають в себе виверження вулканів, повінь, урагани, пожежі і т.п.

Складною структурою характеризуються і соціальні компоненти середовища життя людини. Вони представлені різними групами населення, класами, національними спільнотами, релігійними течіями.

Суперечливість положення людини в матеріальному світі визначається його біосоціальною природою. Як біологічна істота людина потребує певної якості природного середовища та нерозривно з нею пов'язана. Але як соціальна істота людина намагається відокремити себе від несприятливих факторів природного середовища та створити власне антропогенне середовище.

Середовище життя є динамічним комплексом. Воно розвивається само по собі, а також під впливом всіх живих організмів та людини зокрема. Тому одноразово отримана інформація про особливості середовища не створює повної картини щодо умов існування живих істот. Моніторинг середовища обов'язково повинен включати інформацію про динаміку зміни цього середовища.

У практиці природоохоронної діяльності поняття середовища життя звичайно сильно звужується. Комплексний характер середовища підмінюється більш чи менш жалюгідним набором абіогенних факторів життя. Звичайно якість середовища життя зводять до таких фізико-хімічних параметрів, як:

- а) кількість важких металів;**
- б) наявність та кількість деяких ксенобіотиків;**
- в) температура;**
- г) кількість кисню та вуглекислого газу в атмосфері і т.д.**

Зрозуміло, що ці фактори — лише невелика частина того, що складає природне середовище рослин і тварин, а також самої людини.

Викривлення об'єму поняття «середовище життя», вихолощування з нього екологічного змісту, досить небезпечне. Воно створює ілюзію, що природне середовище змінюється менше, ніж це є насправді, під впливом наслідків господарської діяльності людини.

## 2.7. Людська цивілізація як новий фактор в існуванні біосфери

У ході розвитку людства, росту чисельності населення на Земній Кулі, появи технічних споруд, розвитку культурних та соціальних феноменів у межах біосфери з'явилася нова підсистема «людство — природне середовище». Людство зі своїм виробництвом та культурою стало складовою частиною біосфери. Зростає вплив на біосферні компоненти виробничих та соціальних факторів, спричинений існуванням людини. Взаємодія в підсистемі «людство — природне середовище» має двобічний характер, але з ростом технічної озброєності людини в ній почав переважати однонаправлений вплив людини на природні компоненти. Такий вплив отримав назву антропогенного, а зміни природних комплексів під впливом людини — антропогенезу.

Так на Землі з'явилася нова структура — **антросфера**, або, як її ще називають, соціосфера. **Соціосфера — це зона життя людського суспільства**. Сучасна соціосфера охоплює усі геосфери Землі і навіть поширюється на найближчий космос. За визначенням **М.А.Голубця** (1982), соціосфера — це сфера наукової та виробничої діяльності людини, що здійснюється безпосередньо людиною або при допомозі знарядь, які вона виготовляє. Життя біосфери в доантропогенний період являло собою лише взаємодію живої та неживої матерії. Людство привнесло в життя біосфери принципово нові економічні, соціальні, загальнокультурні та технічні феномени і тим якісно змінило біосферні процеси.

Зростання технічної озброєності людини призвело до виникнення в зоні біосфери численних технічних об'єктів: будов, доріг, шахт тощо. По суті з'явилася ще одна структурна складова Земної Кулі — **техносфера**. Прямий чи опосередкований вплив технічних засобів в наш час охоплює всю біосферу і спричинює великий вплив на потік енергії та біогеохімічні цикли Землі.

Вищою фазою розвитку біосфери, що проходить під впливом людського суспільства, є утворення на Землі сфери розуму, сфери цивілізації. Вона отримала назву **ноосфери**. На цьому етапі провідним фактором розвитку Землі стає розумова діяльність людства. Сам термін «ноосфера» був запропонований у 1927 році французьким філософом **Е.Леруа**. Значний внесок в учення про ноосферу зробили **П.Тейяр де Шарден** та **В.І.Вернадський**. **В.І.Вернадський** (1967) писав: «Ноосфера останній із багатьох станів еволюції біосфери — в геологічній історії стан наших днів». Таким чином, ноосфера — це біосфера на сучасному етапі розвитку.

**В.І.Вернадський** настільки високо ставив ноосферні можливості цивілізації, що сформулював гіпотезу переходу людства до автотрофності. Зрозуміло, що це тільки образне висловлювання. Сама **людина як біологічна істота** була та залишається **гетеротрофним організмом**. Під автотрофністю **В.І.Вернадський** розумів посилення відносної незалежності людства від продуктів, що створює біосфера. Ім на зміну повинні прийти високомолекулярні продукти, що мають бути синтезовані з низькомолекулярних хімічних речовин за рахунок використання атомної чи сонячної енергії. У наш час таких технологій нема і в найближчому майбутньому без принципово нових відкриттів говорити про автотрофні технології не доводиться. Гетеротрофне людство повинно вчитися жити в гармонії з біосферою.

Ноосферний рівень передбачає високий рівень розвитку продуктивних сил суспільства, високу інтернаціоналізацію виробництва та об'єднання людства. Річ у тім, що в ході роботи біогеохімічних циклів поступово сформувалося депо речовин різного роду, що виключені з матеріального кругообігу та несуть значний запас зв'язаної енергії. Людина може сприяти залученню цієї інертної маси в біохімічні цикли. Це справді всепланетарна задача, що може бути вирішена тільки інтегрованим людським суспільством.

Сучасне людство займає непросту позицію в біосфері. З одного боку, людина завжди є частиною якоїсь конкретної екосистеми і зв'язана багатьма біологічними каналами з природним середовищем, та, з іншого боку, людство широко реалізує небіологічні функції, формується соціальне середовище зі своїми законами розвитку, виникає культура та етичні критерії діяльності людей, за рахунок праці та знарядь праці виникає велика кількість технічних об'єктів, які, безумовно, чужі природній біосфері.

1.2

Для вирішення протиріччя в системі «людина — біосфера» або, точніше, «техносфера — біосфера», по суті потрібна нова ноосферна ідеологія, можлива навіть ноосферна «революція». В основу взаємовідносин людини з природним середовищем повинні бути покладені нові принципи зберігаючого гуманізму, послідовна боротьба з ідеологічним догматизмом, перехід до ноосферної економіки, екологізація виробничої діяльності та людської свідомості.

У наш час вже очевидна цілісність соціально-природного розвитку як об'єктивна реальність буття. Визнання пріоритету біосфери потрібно не біосфері — це потрібно самому людству для збереження та розвитку цивілізації. Відповідно до аналізу, що був проведений **М.А.Голубцем** (1978), ноосферний етап розвитку біосфери є реальність наших часів. Він характеризується новим видом соціально-економічних відносин, які включають у себе боротьбу стихійно господарюючих на планеті споживчих сил з силами, які відстоюють екологічно розумне ведення людиною свого господарства. **М.А.Голубець** (1982) запропонував назвати новий етап розвитку біосфери, що характеризується розумним управлінням структурно-функціональною організацією біосфери з метою збереження та процвітання людства, інтелектосферою.

#### **Опрацювавши даний розділ, Ви повинні вміти:**

1. Дати визначення поняттям біосфера, соціосфера, інтелектосфера
2. Назвати структурні частини біосфери
3. З'ясувати, в чому полягає безумовна важливість наявності атмосфери для живих організмів
4. Пояснити, в чому полягає головна особливість ґрунту як природного тіла
5. Прослідкувати потік енергії в біосфері
6. Пояснити, в чому полягає концентраційна функція живих організмів
7. Проілюструвати здатність екосистем до самоочищення та визначити чи є така здатність безмежною

#### **Питання для самоперевірки та обговорення:**

1. Наведіть докази цілісності біосфери
2. Які речовини входять до складу біосфери?
3. Обговоріть проблему збереження цілісності озонового екрану. Які заходи, на Вашу думку, слід зробити?
4. Розгляньте потік енергії в окремій водоймі, складіть схему
5. Обговоріть рівень замкненості біогеохімічних циклів. Чи всі вони замкнені? Яке значення мають відходи біогеохімічних циклів для живих організмів?
6. Обговоріть суть поняття «демографічний вибух» та дайте оцінку подальшій перспективі росту чисельності населення Землі
7. Як Ви ставитесь до тези «турбота про природу — це турбота про людину»?
8. Обговоріть проблему «шкідливих» та «корисних» видів живих організмів в біосфері

## Розділ 3

# ЕКОСИСТЕМИ

### 3.1. Екосистеми – основні структурні одиниці біосфери

**Екосистеми є основними структурними одиницями, які складають біосферу.** Тому поняття про екосистеми надзвичайно важливе для аналізу усього різноманіття екологічних явищ. Основоположником учення про екосистеми є англійський еколог **А.Тенслі** (1946). Вагомий внесок до розробки цього поняття зробили **Р.Маргалєф** (1974) та **Ю.Одум** (1971).

Екосистемою називають сукупність організмів, які спільно проживають, та умови їх існування, що знаходяться в закономірному зв'язку одне з одним. **Р.Дажо** (1975) писав, що «**екосистема – біотоп плюс біоценоз**», тобто **екосистема – це об'єднання абіотичного середовища та живих організмів, які мешкають у ньому.**

Екосистема — це поняття безрозмірне, вона не має фіксованих меж на території. І стовбур дерева, що впало та гниє, і лісопосадку в цілому можна розглядати як екосистему. Екосистемами є і невеличкий ставок, і Світовий океан. У сучасній екології поняття екосистеми часто є розмитим, оскільки як екосистема можуть розглядатися мурашник або птах, що летить, разом з паразитами на його тілі.

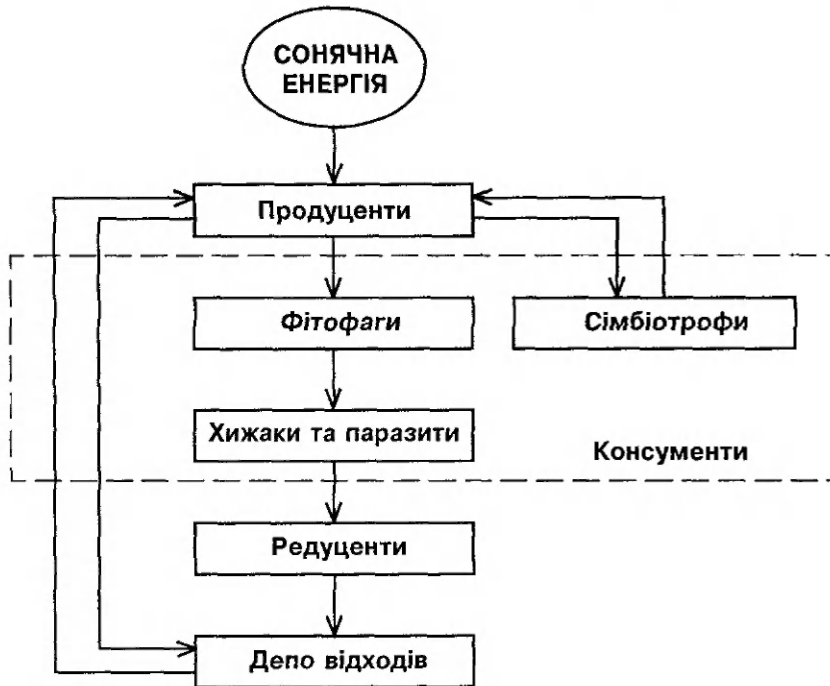
З урахуванням загальної невизначеності поняття «екосистема» **В.І.Василевич** (1983) вважав доцільним виділяти елементарні екосистеми. Елементарна екосистема повинна включати в себе організми всіх трофічних рівнів та мати досить замкнений цикл основних елементів. При такому підході елементарні екосистеми виявляються досить великими та складними утвореннями. У природі переважають екосистеми значно менші та простіше побудовані. Виходячи з цих положень, варто погодитися, що біосфера складається з цілої ієрархії екосистем. Аналіз різних екосистем завжди виявляє їхню взаємозв'язаність за рахунок охоплення суміжних екосистем глобальними біогеохімічними циклами.

Найбільш важливою ознакою екосистем є їхнє формування з живих організмів із різними типами живлення. У природі до екосистем обов'язково входять продуценти, що забезпечують акумулювання сонячної енергії та створення органічної речовини, консументи, що здійснюють її переробку, та редуценти, що утилізують відходи діяльності продуцентів та редуцентів (*рис. 18*). Із цих позицій вирощені в теплиці на полицях рослини одного виду не є екосистемою.

Для природних екосистем характерний певний та звичайно специфічний для екосистем даного виду потік енергії та кругообіг речовин. Поряд із своєрідними типами взаємовідносин між організмами вони надають окремим екосистемам самотності та цілісного характеру. Але на відміну від біосфери в цілому в окремій екосистемі рівень автономності та замкненості біогеохімічних циклів нижчий. Часто сусідні екосистеми так пов'язані між собою потоком енергії та кругообігом речовин, що не здатні до самотійного існування. Важливою властивістю екосистем є їх відкритий характер — вони обмінюються з навколишнім середовищем і енергією, і речовинами. При цьому екосистеми характеризуються саморегуляцією і здатні в певній мірі протистояти зовнішнім впливам та відновлюватися, якщо порушення не зачепило суттєво важливих зв'язків або повністю не знищило їхні компоненти.

Поняття екосистем поширюється і на штучно створювані людиною об'єкти. **Екосистемами є сільськогосподарські угіддя, садки, очисні споруди тощо.**





1.3

Рис. 18. Структурно-функціональна схема екосистеми

Для характеристики екосистем звичайно використовують досить великий набір ознак

- а) видовий склад живих організмів, типовий для даної екосистеми,
- б) співвідношення в екосистемі організмів із різними типами живлення,
- в) розмір створюваної в екосистемі первинної та вторинної біопродукції,
- г) інтенсивність потоку енергії через екосистему та швидкість кругообігу речовин,
- д) режим абіотичних умов та ресурсів

Відповідно до початкового визначення, екосистеми не мають просторової вираженості та пристосованості до конкретної ділянки чи акваторії. У той же час досвід вивчення природних явищ показує, що більшість із них досить чітко окреслені територіально. Це привело до необхідності введення в екологію ще одного важливого поняття — **біогеоценозу**. За визначенням **В.М.Сукачова** (1964), «біогеоценоз — це сукупність на певному просторі земної поверхні однорідних природних явищ (атмосфери, гірської породи, рослинності, тваринного світу, мікроорганізмів, ґрунту, гідрологічних умов), що мають свою особливу специфіку взаємодії цих складових її компонентів та певний тип обміну речовин й енергією їх між собою та іншими явищами природи і така, що представляє собою внутрішньо суперечливу діалектичну єдність, що знаходиться в постійному русі, розвитку»

По суті у визначенні В.М.Сукачова є два важливі елементи: перший полягає в тому, що кожен біогеоценоз — це ділянка земної поверхні, та другий, який вказує, що біогеоценоз — це система компонентів, що взаємодіють. **М.В.Тимофєєв-Рєсовський** (1971) підкреслював, що «біогеоценози — це ті блоки, з яких складається вся біосфера та в яких протікають матеріально-енергетичні кругообіги, що спричинені життєдіяльністю організмів та в цілому складають великий біосферний кругообіг»

Таким чином, екосистема територіально не визначена, а біогеоценоз завжди є конкретною ділянкою біосфери. Тому деякі спеціалісти вважають, що біосфера складається не з екосистем, а з біогеоценозів. Насправді обидва ці поняття доцільні та доповнюють одне одного. Біогеоценоз — це окремий випадок, один із видів екосистеми, який має чітку територіальну прив'язаність.

Вивченням біогеоценозів займається спеціальна наукова галузь — **біогеоценологія**. Однією з її задач є виділення конкретних біогеоценозів у природі. За В. М. Сукачовим, кордони біогеоценозу визначаються межами фітоценозу, який складає його ядро. У цьому випадку біогеоценоз стає рівним екосистемі, окреслений за контурами фітоценозу. Але такий підхід ефективний в основному тільки для лісових угруповань. У водоймах, на луках та в деяких інших середовищах важко провести межі фітоценозу. У цьому випадку доводиться спиратися на концепцію екосистем, в якій головним критерієм цілісності природного об'єкту стає наявність взаємодій між компонентами.

Одним із плідних результатів розвитку біогеоценології стало уявлення про **біогеоценотичний покрив**, або про **біогеосферу**. Це специфічне планетарне утворення в межах біосфери, в якому зосереджене життя людини, тварин, рослин та мікроорганізмів. Межі біогеоценотичного покриву визначаються на суходолі за верхівками рослин та за максимальною глибиною проникнення коріння в ґрунт, а в місцях без рослинного покриву — за розмірами шару, що насичений живими організмами, на схилах — за товщею шару, що зайнятий лишайниками, водоростями та бактеріями, у водоймах — за межами шару води, що утримує атрофні рослини.

В екологічній географії в межах біогеоценотичного покриву Землі виділяють ландшафти. Ландшафт — це гетерогенна ділянка земної поверхні, складена із сукупності взаємодіючих екосистем. В один ландшафт їх об'єднує спільність геоморфологічних структур та клімату. Гомогенні елементи ландшафту називаються тесарами (*Р. Т. Форман, М. Годрон, 1986*).

До складу біогеоценотичного покриву Землі входять усі населені пункти та агломерації. Саме біогеоценотичний покрив став місцем виникнення та розвитку людства, саме він сприймає сучасні антропогенні впливи.

Таким чином, в екології, залежно від підходу, допускається виділення в межах біосфери двох головних типів елементарних природних одиниць — **екосистем** та **біогеоценозів**.

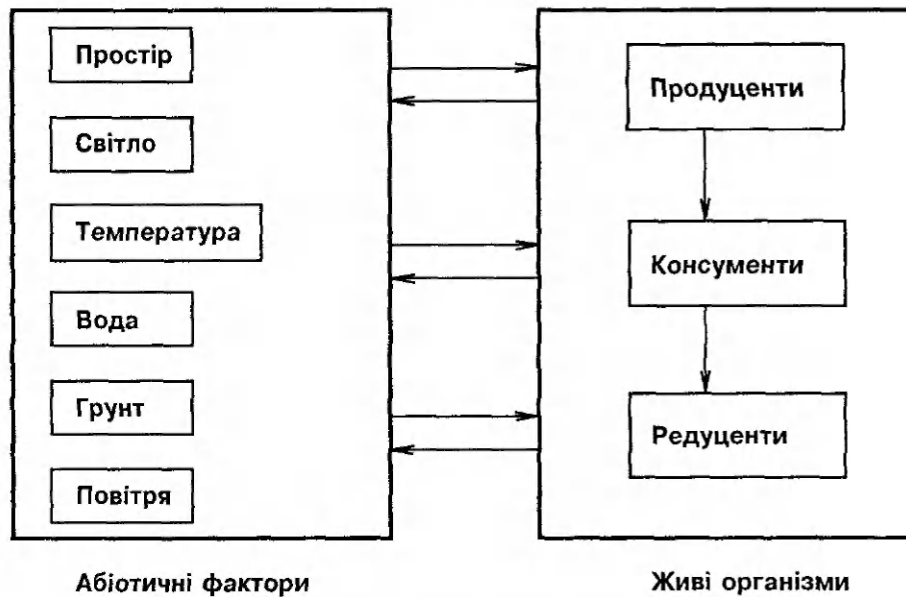
### 3.2. Абіотичні компоненти екосистем. Ресурси та умови існування

**Абіотичні фактори** визначають можливість існування всіх груп організмів у тому чи іншому середовищі, впливаючи на географічне поширення рослин, тварин та мікроорганізмів. Вони важливі для розмноження живих істот та мають велике значення для загального рівня життєдіяльності організмів. В екосистемах абіотичні фактори виступають як ланка, що зв'язує різні групи організмів і тим забезпечує структурно-функціональну цілісність екосистем (*рис. 19*).

За своїм значенням абіотичні фактори поділяються в екосистемах на дві групи.

**1. Ресурси, тобто такі фактори, що використовуються живими організмами та розподіляються між ними. Це, наприклад, вода, поживні речовини тощо.**

**2. Умови існування, тобто неподільні абіотичні фактори, які не витрачаються в процесі життєдіяльності та в однаковій мірі впливають на всі живі організми в даній екосистемі. Але, дійсно, такі фактори під впливом процесів життєдіяльності змінюються та можуть служити каналом взаємовпливу організмів. Типовим прикладом умов існування є температура та рН ґрунту.**



I.3

**Рис. 19.** Основні компоненти біогеоценозу та шляхи взаємодії між ними

У плані дії абіотичних факторів на живу матерію існує чимало загальних закономірностей. Жива речовина реалізує свої функції тільки в єдності з факторами середовища існування. Це загальне правило, що було сформульоване в 1927 році **К.Фрідріхом**, отримало назву **принципу голоцену**. Усі види живих організмів пристосовані до життя лише в межах певної амплітуди ресурсів та умов існування і тому підкоряються дії закону толерантності. Відомо, що всі прояви життєдіяльності регулюються законом мінімуму Лібиха. У цьому зв'язку вплив фактору, що лімітував життєдіяльність, діє як пусковий механізм для сполоху життя.

Так, для весняного проростання насіння рослин пусковим фактором є температура в шарі ґрунту, де знаходиться насіння. Кожний із факторів життя та кожна умова мають свою специфічну значущість для живих організмів. Вони не можуть взаємозамінюватись. Хоча відоме правило відносної замінюваності факторів. Наприклад, на південних схилах пагорбів ґрунт більш сухий, що обмежує ріст рослин, але він раніше та краще прогрівається і цим компенсує нестачу води, дозволяючи рослинам пройти основні фази росту та розвитку в більш ранні терміни, коли забезпечення вологою в усіх місцях краще.

Аналізуючи абіотичні фактори, їх підрозділяють на три групи:

**а) кліматичні фактори** — температура, режим освітленості, повітря та деякі інші;

**б) едафічні фактори**, що включають у себе ресурси та умови, пов'язані з ґрунтом: це тип ґрунту, його фізико-хімічні особливості, склад ґрунтового розчину тощо;

**в) фактори**, що діють у товщі води та мають значення для водних екосистем.

Відповідно до **В.Р.Вільямса** (1939), для живих організмів однаково важливі чотири фактори: світло, тепло, вода та їжа. **К.А.Куркін** (1972) підкреслює, що з погляду функціонування екосистем доречно класифікувати не стільки самі фактори, скільки тип їхньої дії на живі організми екосистем. Стосовно цього можна виділити такі групи факторів:

а) такі, що стабільно діють у даній екосистемі та протягом тривалого часу не змінюють свого значення,

б) осциляторно-імпульсні з багаторазовими коливаннями значення даного фактору протягом одного вегетаційного сезону,

в) флуктуаційні, які коливаються упродовж років,

г) багаторічно-циклічні з періодичністю дні, що складає цикли тривалістю в десятки та сотні років

Доцільний підхід щодо класифікації середовища життя був запропонований **М. Бігоном** (1985), який зауважив, що для живих організмів важливі два параметри а) що сприяють накопиченню біомаси та б) що сприяють розмноженню. Виходячи з цих міркувань, усі середовища життя можна розділити на чотири головні категорії

1) що сприятливі для накопичення біомаси та розмноження,

2) що сприятливі для накопичення біомаси та несприятливі для розмноження,

3) що сприятливі для розмноження та несприятливі для накопичення біомаси,

4) що однаково несприятливі для накопичення біомаси та розмноження

З погляду життєдіяльності організмів найбільш важливим є доступність території, температурний режим, сонячна радіація, забезпеченість вологою та газовий склад атмосфери

**Територія** Для живих організмів, певно, на першому місці стоїть фактор, що часто випускається з поля зору, — доступний життєвий простір «Реальне життя починається з відмірювання власного простору» (**К. М. Хайлов**, 1992). Наявність необхідного простору є досить важливим фактором для мешканців тієї чи іншої екосистеми. Зайняти стійку позицію в просторі — це означає не тільки вільно користуватися всіма ресурсами та умовами екоотопу, що проявляються на даній ділянці простору, але ще й контролювати доступність цієї ділянки простору для конкурентів. У рослин боротьба за життєвий простір здається не чітко вираженою, хоча вона може бути досить напруженою. Зате всім відомо, як ревностно охороняють «свою» територію більшість видів тварин.

**Температура** Головним джерелом тепла для екосистем є сонячна радіація. Живі організми можуть існувати тільки в певних температурних межах. Життя неможливе при такій низькій температурі, коли замерзає вода в клітинах і там утворюються кришталіки льоду, що пошкоджують цитоплазму. Занадто висока температура веде до денатурації білків. У зв'язку із зональністю тепловий режим на Земній Кулі є провідним фактором щодо географічного поширення рослин та тварин. Наприклад, ізотерма липня плюс 10°C збігається з північною межею поширення лісів, а в Україні максимальна денна температура плюс 6,5°C протягом 230 — 232 днів визначає східну межу поширення буку.

За переважаючим температурним режимом Земної Кулі виділяють чотири кліматичні пояси

— **тропічний пояс** — визначається середньою температурою найхолоднішого місяця, не нижчою, ніж 15 — 20°C. Температура тут взагалі не опускається нижче 0°. Вегетація рослин продовжується весь рік,

— **субтропічний пояс** — лежить на північ та південь від тропічного поясу. Температура найхолоднішого місяця тут вища за температуру плюс 4°C. Зниження температури нижче 0° рідко спостерігається,

— **помірний пояс** — лежить відповідно північніше та південніше субтропічного. У його межах добре виражена сезонна зміна пір року. Тривалість вегетаційного періоду рослин не менша 2 — 3 місяців. Зимово випадає сніг, для осені та весни характерні приморозки,

— **холодний пояс** — прилягає до Північного та Південного полюсів. Вегетаційний період тут триває всього 1,5—2 місяці.

Для повної характеристики теплового режиму екосистеми використовують три показники

а) річний хід температури,

б) сума температур за той чи інший проміжок часу,

в) максимальні й мінімальні температури, що спостерігалися

Досить важливим для живих організмів є сезонний характер розподілу тепла. Він визначає пори року. Хоча у фенології звичайно періодизують сезони за станом рослин, до них пристосовані всі етапи життєдіяльності тварин: поява потомства, зимівля тощо.

Для живих організмів важливі як середні значення температури, так і крайні значення, що можуть призвести до загибелі. Мадрепорові корали живуть тільки в тих морях, де температура не знижується нижче  $21^{\circ}\text{C}$ , а муха цеце, небезпечний переносник сонної хвороби, мешкає в Африці тільки в районах із середньорічною температурою більше, ніж  $20^{\circ}\text{C}$ . Є види рослин та тварин, які можуть існувати при широких амплітудах температурного режиму. Їх називають евритермними. Є види, що полюбляють місця з вузькою амплітудою коливання температури. Це — стенотерми. Цікаво, що для більшості рослин та тварин режим змінних температур більш сприятливий, ніж постійна температура.

Знайомство з аутоекологією організмів показує, що у багатьох видів рослин та тварин виробляється різноманітне пристосування до переживання крайніх значень температури, до спеки та холоду. Наприклад, підшкірний жировий прошарок тюленів служить хорошою ізоляцією у холодній воді. Довгі ноги багатьох ящірок дозволяють підіймати тіло над поверхнею, що сильно нагрівається в літні місяці. Жаби на зиму ховаються в мул на дні водойм і цим рятуються від впливу низьких температур.

**Сонячна радіація.** Роль світла в житті живих організмів багатостороння. Для рослин воно є джерелом енергії для фотосинтезу, викликає зміну форм росту та служить сигналом для переходу з однієї фази розвитку до іншої. Для більшості видів тварин світло, хоча б мінімальне, забезпечує при розвинутих органах зору орієнтацію в просторі. Цю ж саму роль виконує світло і для людини. У людини та ряду тварин тільки під дією світла йде синтез вітаміну D. Однак існує немало тварин, що пристосувалися жити без світла. Це кроти, ґрунтові комахи, кажани, нічні метелики.

В умовах освітленості досить важлива якість світла, тобто переважаючі довжини хвиль, сила світла та ритміка освітлення (фотоперіодизм), що полягає в тривалості світлого та темного періодів доби. У тропічному та субтропічному поясах тривалість світлого періоду доби складає 12 — 14 годин. Такий фотоперіод називають коротким. У помірних широтах та в холодному поясі світлої частини дня сягає 18 — 24 годин. Це довгий фотоперіод.

Прикладів різноманітного впливу світла на життя тварин та рослин дуже багато. Відомо, що насіння ряду рослин можуть прорости тільки в темряві (декоративна рослина чорнушка), тоді як у інших проростання можливе лише при світлі (плакун). Ряд видів картоплі утворюють бульби тільки під час довгого дня. За рахунок фототаксису займають певні місця в екосистемах велика кількість нижчих тварин та мікроорганізми. У водоймах обмеженість проникнення світла у товщу води визначає глибину розташування автотрофних водоростей та вищих рослин.

До фотоперіоду чутливі всі живі організми. У птахів скорочення довжини дня є сигналом для відльоту, а в осідлих тварин — підготовки до сплячки. Змінюючи довжину дня, тваринники можуть штучно викликати у ряду тварин линяння чи репродуктивну активність. У бобових рослин фотоперіод регулює їх взаємовідносини з бульбашковими бактеріями.

**Вода.** У всіх організмів клітини мають високу водонасиченість — до 80 — 98%. Така водонасиченість є необхідною умовою життєдіяльності. Джерелом води для суходільних живих організмів служать опади та ґрунтові води. Додатковий приток вологи, роси, в тому числі і підземні тумани та роси (поява вночі крапельок води у верхніх горизонтах ґрунту).

Особливо важливою є кількість опадів. Вона визначає навіть тип екосистем. При опадах менш ніж 250 мм на рік (у жаркому кліматі) розвиваються пустельні екосистеми, при опадах 25 — 750 мм — степи, лісостеп, савана, при 750 — 1250 мм — формуються сухі субтропічні ліси та при опадах більш ніж 1250 мм на рік — вологі тропічні ліси.

Волога настільки важлива, що в типових екосистемах України влітку після кожного дощу вся природа «оживає». Дощ є механізмом, що забезпечує початок весняного проростання насіння ряду рослин. Таке насіння вміщує інгібітори, що гальмують їхнє проростання в несприятливий час. Весняні дощі вимивають ці інгібітори з насіння і воно починає проростати. Але не всі опади корелюють з біомасою і, зокрема, з врожаєм культурних рослин. Опади у вигляді злив погано утримуються ґрунтом та мало використовуються рослинами. Незначним буває ефект від опадів на легких піщаних ґрунтах.

Водний режим екосистем визначається не тільки кількістю опадів як таких, але й співвідношенням його до режиму випаровування води. Оцінюючи цей параметр, треба враховувати температуру, оскільки вона в першу чергу впливає на інтенсивність випаровування. Сумарним показником режиму зволоженості в екосистемі може бути гігрометричний індекс

$$H = \frac{PT}{(t_n - t_c)},$$

де  $P$  — кількість опадів на рік,  $T$  — середньорічна температура,  $t_n$  — середня температура найтеплішого місяця та  $t_c$  — середня температура найхолоднішого місяця.

Повітря має сильну висушувальну дію, і тому у рослин та тварин спостерігається велика кількість цікавих пристосувань щодо зниження випаровування. Одночасно живим організмам доводиться підтримувати певний оптимальний режим втрати пароподібної вологи, оскільки випаровування — це найефективніший спосіб самоохолодження організму в умовах високої температури повітря. У тварин для такого охолодження за допомогою випаровування служать потові залози (у собаки їх на тілі немає, тому в спекотливий час доводиться висовувати язика), а в рослин вода випаровується через численні продири на листках.

Залежно від пристосованості до життя в тих чи інших умовах зволоженості рослини поділяються на три основні групи. Гідрофіти — ростуть у водоймах та місцях з підвищеною зволоженістю, мезофіти — мешканці місць із середньою зволоженістю, а ксерофіти пристосовані до екосистем степів та пустель, де режим вологості досить бідний.

**Газовий склад повітря.** Для живих організмів основне значення має кількість вуглекислого газу та кисню в повітрі. Для рослин вуглекислий газ є джерелом вуглецю при фотосинтезі. За здатністю поглинання вуглекислого газу з повітря рослини поділяються на два типи — з  $C_3$  та з  $C_4$  фотосинтезом. У рослин першого типу є тільки один поглинач вуглекислого газу — рибульозобіофосфат. У  $C_4$ -рослин таких поглиначів два: до рибульозобіофосфату додається ще фосфофенолпіровиноградна кислота. Тому  $C_4$ -рослини більш ефективно використовують ресурси  $CO_2$  повітря.

Важливе і загальнокліматичне значення вуглекислого газу в атмосфері. Річ у тім, що він прозорий для основного потоку сонячної радіації, але погано пропускає відбите від ґрунту теплове випромінювання. Тому вуглекислий газ є своєрідним термостатом нашої планети. При зростанні його вмісту в атмосфері відбувається потепління клімату, а при зниженні — похолодання. Із динамікою вуглекислого газу в атмосфері пов'язують обледеніння, що мали місце на планеті в минулому.

Кисень є незамінним окислювачем для усіх аеробних організмів від мікроорганізмів до людини.

У цілому комплекс абіотичних факторів складає важливу інтегральну характеристику природного середовища. З погляду короткоплінності людського життя загальний режим абіотичних факторів інколи оцінюється як оптимальний, тому що він сприймається як статичний, незмінний. Але це помилкова точка зору. Природний режим був і залишається динамічним. Тільки змінність значень факторів життя в них завжди повільна і плавна. Наприклад, у часи зледеніння в Євразії, яке було 10 — 70 тисяч років тому, та в часи потепління клімату, яке спостерігалось 6 — 9 тисяч років тому, температура в кінцевому

результати в тому чи іншому регіоні різко змінювалася, але тільки на 0,5-1<sup>o</sup>С за століття. Тому не можна підганяти збереження природи, що нас оточує, до критерію статичного режиму абіотичних факторів. Стурбованість повинна викликати не сама по собі динаміка режиму факторів навколишнього середовища, а надзвичайно швидка їхня зміна, оскільки організми не адаптовані до них.

### 3.3. Ґрунт як біокосний елемент екосистем

1.3

Засновником учення про ґрунт як біокосне тіло вважається **В.В.Докучаєв**. Ще в 80-х роках ХІХ століття він визначив ґрунт як природно-історичне тіло, що утворюється під впливом клімату та живих організмів із геологічних порід. Найголовніше в його визначенні ґрунту — це наголос на те, що без живих організмів ґрунту бути не може.

В екології ґрунтового покриву розглядається як особлива підсистема біосфери — педосфера. Для утворення ґрунту необхідні п'ять головних факторів:

**1. наявність материнської гірської породи, яка виступає як матеріальне джерело формування ґрунту;**

**2. наявність живих організмів;**

**3. рельєф місцевості, який впливає на характер трансформації гірської породи живими організмами і тип ґрунту, що формується;**

**4. клімат;**

**5. час, оскільки ґрунтоутворення є досить повільним процесом.**

Але центральним фактором ґрунтоутворення все ж таки є живі організми. Саме вони в сукупній дії з іншими чотирма факторами утворюють зовсім нове біокосне природне тіло — ґрунт.

Екосистемні функції ґрунту різноманітні. Перш за все ґрунт забезпечує рослини поживними речовинами та водою. Тільки на ґрунті автотрофні зелені рослини повністю розкривають свій потенціал синтезу органічних речовин. Тому **Л.О.Карпачевський** (1989) правильно визначає родючість ґрунтів як їхню властивість, що полягає в здатності забезпечувати рослини живленням та водою. Хоча, однак, екосистемні функції ґрунтів набагато ширші.

Ґрунти впливають на рослини та тварини тим, що трансформують всі інші кліматичні фактори. Ґрунт може підсилювати дію окремих абіотичних факторів, відозмінювати цю дію, а то й взагалі гасити дію. Так, наприклад, чорноземи України здатні знижувати вплив атмосферної посухи за рахунок великої водоутримуючої здатності гумусу. Для функціонування екосистем велике значення має нейтралізуюча роль ґрунту. Вона полягає в здатності ґрунтів руйнувати біологічно шкідливі, токсичні речовини. Як було показано **А.М.Гродзинським** (1965, 1973), в ґрунтах має місце нейтралізація алелопатично активних інгібіторів, що полегшує сумісне існування рослин в екосистемах.

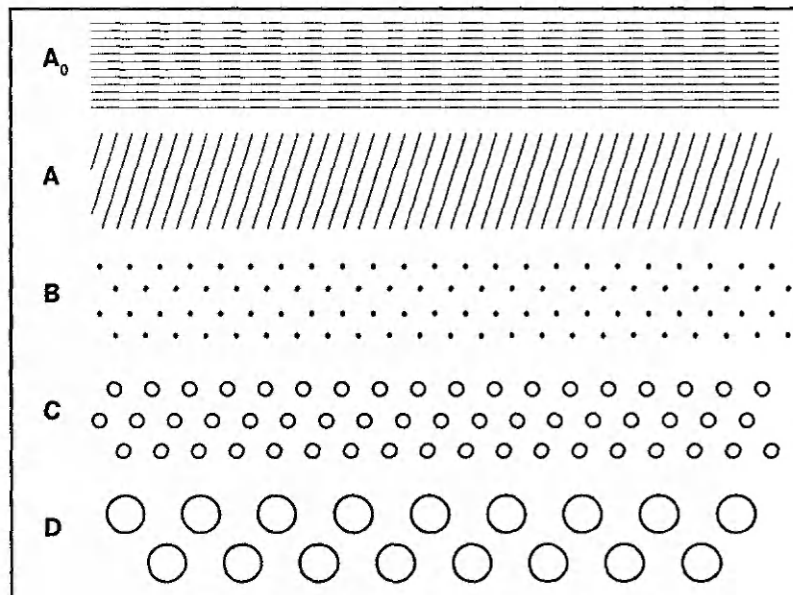
Можна говорити і про консервуючу роль ґрунтів. У ґрунті протягом багатьох десятиліть, а то й сотень років добре зберігають свою життєздатність насіння. Ґрунт є оптимальним середовищем життя багатьох груп комах.

Структура ґрунту досить складна. Але в більшості типів виділяється невелике число основних горизонтів (**рис.20**).

**А** — гумусний горизонт, в якому зосереджена основна маса органічної речовини ґрунту. У його межах часто виділяють підстилку ( $A_0$ ) та власне перегнійні горизонти ( $A_{1,3}$ ),

**В** — горизонт, який утримує в основному вже мінералізовані речовини, що перемішані з перетвореною гірською породою,

**С** — слабо змінена підстилаюча гірська порода.



**Рис.20.** Схема ґрунтового профілю з позначенням горизонтів ґрунту

**A<sub>0</sub>** — підстилка **A** — елювіальний або гумусний горизонт в якому йде гуміфікація органічних речовин **B** — ілювіальний горизонт в якому здійснюється накопичення поживних речовин **C** — материнська порода що вивітрилася **D** — незмінена материнська порода

Спеціалісти-ґрунтознавці користуються більш деталізованим поділом ґрунту на горизонти, але й наведена тут схема демонструє, що головним у ґрунті є гумусний горизонт. Степові ґрунти вміщують до 12 тисяч тонн гумусу на 1 га, а лісові — до 100 тонн. Гумусний горизонт ґрунту першим сприймає опад, що надходить на поверхню ґрунту. Саме в ньому починається переробка опадів рослин та залишків тіл тварин. Цю переробку називають гуміфікацією, бо вона завершується утворенням гумусу.

У процесі гуміфікації мертва органічна речовина використовується в їжу детритофагами та редуцентами, тобто комахами, бактеріями та грибами. Після переробки органічна речовина перетворюється на гумус — темну аморфну речовину досить складного хімічного складу. Гумус завдяки своїй структурі здатний запобігати вимиванню поживних речовин в більш глибокі горизонти ґрунту. Він поліпшує структуру ґрунту, надає їй грудкуватості, зв'язаності та забезпечує здатність утримувати в своїй товщі багато вологи.

Паралельно з гуміфікацією під впливом редуцентів у ґрунті йде процес мінералізації. Він полягає у вивільненні з органічних речовин іонів мінеральних елементів: фосфору, азоту, калію та ін. іонів мінеральних елементів, що утворюються в процесі мінералізації та складають головне джерело поживних речовин для автотрофних зелених рослин. Мінеральні речовини, що складають поживу для рослин, запропоновано називати біогенними елементами. Ряд біогенних елементів використовується автотрофними рослинами у великих кількостях. Це макроелементи — азот, фосфор, калій та деякі інші. Але частина біогенних елементів потрібна рослинам тільки в дуже малих кількостях. Їх називають мікроелементами. До них належать потрібні під час фотосинтезу марганець та залізо, для азотного обміну — молібден, бор, кобальт і залізо, для загального ефективного метаболізму — марганець, кобальт та мідь.



Про те, що гумус потрібен для родючості ґрунту, знали ще здавна. За вмістом гумусу ґрунти можна розділити на два основних типи:

- а) чорноземи з вмістом гумусу 7 – 10%;**
- б) підзолисті ґрунти з вмістом гумусу до 2 – 3%.**

Чорноземи складають головне природне багатство країн та народів, які володіють ними.

На властивості ґрунту накладає великий відбиток ще й материнська гірська порода. Особливо важливе для визначення властивостей ґрунту співвідношення в ньому піщаних та глинистих часток. За співвідношенням у ґрунті дрібних та великих часток ґрунти розподіляють на піщані, супіщані, суглинкові, глинисті та щербисті.

Механічний склад та структура ґрунту досить суттєві для її екосистемної функції. Піщані ґрунти (їх називають легкими) швидко висихають та нагріваються, але вони погано утримують у своїй товщі вологу та мінеральні речовини. Глинисті (важкі) ґрунти, навпаки, добре утримують воду, але вони погано прогріваються весною та мають підвищену щільність. Найбільш родючі ґрунти проміжного типу — суглинкові.

Оптимальною для живих організмів вважається густина ґрунту, що дорівнює  $1 \text{ г/см}^3$ . Вже при густині  $1,4 \text{ г/см}^3$  коріння росте погано та погіршуються умови для ріючих тварин. Звичайно в суглинному ґрунті пори займають приблизно 50% об'єму, в піщаних — менше 50%, а в глинистих — 40 – 60%. Ґрунтові пори заповнені водою та повітрям. І той і інший компоненти важливі: вода необхідна для кореневих систем та ґрунтовим тваринам, повітря є джерелом кисню для дихання.

Склад ґрунтового повітря інший, ніж склад атмосферного. В ньому до 26% збільшений вміст вуглекислого газу. Це результат саме «дихання ґрунту», або, точніше, дихання всіх живих організмів, які знаходяться в товщі ґрунту. Вуглекислий газ ґрунту поступово переходить в атмосферу. У середньому з ґрунтів виділяється до  $25 \text{ кг/га}$  вуглекислого газу на годину. Активність ґрунтового дихання залежить від температури. Чим вона вища, тим більше ґрунт виділяє вуглекислого газу. Цей газ, що виділяється ґрунтом, є додатковим живленням для листків, що фотосинтезують, особливо тих, які розташовані в приземному ярусі та для низькорослих рослин. Це підживлення вуглекислим газом компенсує недостатню освітленість таких листків та рослин.

Вода в ґрунті є не тільки ресурсом для тварин та рослин, вона виступає як розчинник мінеральних речовин. Окрім цього, постійні вертикальні та горизонтальні переміщення води у ґрунтовому профілі забезпечують транспортування мінеральних речовин у різні ділянки ґрунту та сприяють його функціонуванню як одного цілого.

Ґрунти є динамічним утворенням. Швидкість процесу ґрунтоутворення залежить від типу материнської породи, клімату та активності живих організмів, що населяють його. На крихких вулканічних породах в умовах вологого клімату ґрунт формується за декілька десятків років. На гірських породах для утворення ґрунту необхідні століття і навіть тисячоліття.

Крім загального прогресивного односпрямованого розвитку, ґрунтам характерні періодичні коливання їх властивостей. Так, на півдні України добре виражені добові коливання властивостей ґрунту: вдень за рахунок високої температури ґрунт підсихає, а вночі за рахунок капілярного підняття води вологість ґрунту знову збільшується. Має добову динаміку і дихання ґрунту. Максимум виділення вуглекислого газу з ґрунту спостерігається о 13 – 15 годині доби.

Ще більшими контрастами відрізняються сезонні зміни властивостей ґрунту. У цьому випадку спостерігаються закономірні зміни рН ґрунтового розчину, вмісту в ґрунті мобільних форм азоту та калію та ін. У період активного росту рослин у ґрунтовому розчині відбувається зниження концентрації усіх макро- та мікроелементів. Суттєво змінюється за сезонами вологість ґрунту. Як було показано **Г.В.Добровольським** (1982), на луках у різні сезони може змінюватися навіть тип ґрунту: дернисто-луговий ґрунт,

який так реєструється у весняний період, до середини літа трансформується у дернистий ґрунт, а болотно-луговий — у луговий ґрунт

Відомі циклічні багаторічні коливання властивостей ґрунту, однак через відсутність тривалих стаціонарних спостережень, ці зміни погано вивчені

Але незважаючи на динамічність ґрунту, порівняно з іншими компонентами екосистем, ґрунт найбільш стабільно зберігає свої основні властивості й структуру. У певній мірі ґрунт може розглядатися як своєрідна «пам'ять» екосистеми, яка протягом довгого часу зберігає в своїй структурі сліди зміни живого населення екосистеми

### 3.4. Живі організми в екосистемах. Біоценози

Кожна екосистема відрізняється своєрідним потоком енергії та кругообігом речовин. Обидва ці процеси опосередковані наявністю в екосистемах живих організмів

Сукупність всіх живих організмів екосистеми звичайно називають біоценозом. Термін «біоценоз» був запропонований у 1877 році німецьким вченим **К.Мьобіусом** на підставі вивчення устричних млинів. К.Мьобіус включав до біоценозу всі рослини і тварини, які мешкають на млинах. Він вважав, що організми, які входять до складу біоценозу, повинні розмножуватися в його межах. У сучасній екології це не вважається за необхідне. Рослини справді розмножуються завжди в своєму біоценозі, але тварини для розмноження можуть перекочувувати в інші місця.

В англомовній літературі як синонім терміну біоценоз часто використовують термін «угруповання». У сучасній екології біоценозом (угрупованням) називають групу організмів різних видів, що співіснують на одній і тій же ділянці території та взаємодіють між собою за рахунок трофічних або просторових зв'язків.

Серед структур біоценозу звичайно виділяють три їх види:

- а) **видову**, що розкриває видове різноманіття живих організмів,
- б) **трофічну**, що демонструє характер харчових взаємин між організмами біоценозу,
- в) **просторову**, що показує територіальне розміщення рослин, тварин та мікроорганізмів.

Видовий склад біоценозу може бути досить різноманітним. Але його формування підкоряється одному загальному правилу: у природному біоценозі обов'язково повинні бути продуценти, консументи та редуценти. Без такого поєднання організмів із різним типом харчування (живлення) будь-який біоценоз виявився б нестійким ефемерним утворенням.

Біоценози є закономірними формуваннями та характеризуються цілком визначеним видовим складом організмів. Залежно від систематичної належності організмів біоценози розділяються на:

- а) **фітоценози**, що утворені рослинами,
- б) **зооценози**, що являють собою сукупність усіх тварин екосистеми,
- в) **мікробіоценози**, що сформовані мікроорганізмами, які населяють підземну частину екосистеми.

Цілісність біоценозів зумовлюється дією ряду механізмів, але головними серед них вважаються два.

Перший із них полягає в тому, що добір видів в біоценоз будь-якої екосистеми йде на основі спільності їхніх екологічних вимог щодо середовища. Природно, що на перезволожених ґрунтах будуть оселяватися вологолюбиві рослини та тварини, та на південних відкритих схилах основу біоценозів будуть складати ксерофітні рослини та теплолюбні тварини. Ресурси та умови існування в цьому випадку виступають як механізм добору видів до біоценозу.

Другий механізм біоценозу зовсім інший за своєю природою. Він полягає в наявності

коадаптації рослин та тварин щодо спільного життя. Співмешкання видів в одному ценозі є результатом того, що один вид потрібен іншому так, що без нього він не може існувати.

Приклади такої взаємної прив'язаності організмів один до одного численні. Фітофаги не можуть існувати без відповідних кормових рослин, рослини, запилювані комахами, не можуть розмножуватися в екосистемі, де немає потрібних для їх запилення комах.

Обидва механізми біоценогенезу працюють одночасно та паралельно, це й веде до того, що в кінцевому результаті в кожному біоценозі набір видів рослин та тварин не випадковий, а закономірний. Ще К. Мьюбіус підкреслював, що будь-який біоценоз є стійким угрупованням, яке повторюється в часі та просторі. Стосовно цього для кожного біоценозу характерний свій тип біопродукційного процесу та певний запас біомаси.

Форми зв'язків між організмами в біоценозах досить різноманітні. **В.М. Беклемішев** (1951) вважав основними ценозоутворюючими зв'язками такі:

**1. Топічні зв'язки, які виникають за рахунок того, що один організм змінює середовище в бік, сприятливий для інших організмів. Наприклад, сфагнові мохи підкислюють ґрунтовий розчин і створюють сприятливі умови для заселення цих боліт росичкою, журавлиною та іншими рослинами, які характерні для боліт Українського Полісся.**

**2. Трофічні зв'язки — полягають у тому, що особини одного виду використовують інший вид, продукти його життєдіяльності або мертві залишки як джерело їжі. Наприклад, тільки на основі трофічних зв'язків лелеки належать до складу водно-болотних ценозів, а лосі населяють в основному осикові ліси.**

**3. Фабричні зв'язки — зв'язки, при яких особини одного виду використовують особини іншого виду чи їхні частини тіла для побудови необхідних їм гнізд або схованок. Такий, наприклад, характер зв'язку лісових птахів з лісовими ценозами, що надають їм дупла або гілки для спорудження гнізд.**

**4. Форичні зв'язки — зв'язки, що забезпечують перенесення особин одного виду особинами іншого виду. Розселення та проростання багатьох рослин з соковитими плодами залежить від присутності тварин, які забезпечують перенесення їхнього насіння.**

Тривалість існування біоценозу відповідає тривалості життя екосистеми, частиною якої він є. У природі спостерігаються як тривалі біоценози, так і короткочасні. Біоценоз, наприклад, дубового лісу може існувати упродовж багатьох століть, а біоценоз пшеничного поля — лише один вегетаційний період від висіву пшениці до її збирання та перероблення поля. На тварини, що загинула, біоценози різних груп труподів та детритофагів будуть змінювати один одного протягом кількох діб.

У біоценозах виділяється досить багато різних внутрішньоценотичних угруповань. Елементарні угруповання виникають на основі окремих вищих рослин. **О.О. Уранов, А.А. Ніценко та В.С. Іпатов** (1960 — 1970) приблизно одночасно прийшли до думки, що окрема особина рослини або 2 — 3 поруч зростаючі особини створюють навколо себе специфічне середовище. О.О. Уранов (1965) називав зону впливу особини на прилеглий простір фітогенним полем. В.С. Іпатов (1967) показав, що особини разом з їхніми фітогенними полями утворюють в біоценозах серію ценокомірок. Кожна ценокомірка має свій центр та свої підпорядковані рослини. Безумовно, з кожною ценокоміркою пов'язаний свій набір консументів та редуцентів. Але межі між ценокомірками нечіткі, й це скоріше функціональні одиниці, наявність яких підкреслює континуальність, бесперервність структури кожного угруповання.

Як більш чітко виражені структурні підрозділи у фітоценозах виділяють яруси. Ярус — це елемент системи вертикального розчленування рослин залежно від їх висоти. Майже в кожному лісі, наприклад, можна виділити яруси дерев, кущів, трав та надґрунтових мохів. Спостерігається й підземна ярусність, що проявляється в розташуванні коренів

рослин у різних ґрунтових горизонтах. У біоценозах із кожним ярусом пов'язане своє тваринне та мікробне населення. Яруси можуть бути стійкими у часі, як, наприклад, ярус дуба в дубовому лісі, або тимчасовими і існувати лише в певний сезон року або проявлятися лише в окремі роки.

Виділяють також так звані синузії як структурні частини фітоценозу. **Синузія** — це структурна частина фітоценозу, що охоплює ту чи іншу частину рослин угруповання й відрізняється за морфологічною організацією та функціонуванням. Автор поняття «синузія», **Т.Гамс** (1918, 1939), визначав їх як сукупність видів або особин, що висувають однакові вимоги щодо умов існування. Сучасні спеціалісти (**П.Річардс**, 1961) розглядають синузії як групу рослин близьких життєвих форм, екологічно однорідних і які відіграють однакову роль в угрупованні. Кожний чітко окреслений ярус виступає як окрема синузія.

Існують структурні одиниці біоценозів, які виділяються з урахуванням всього живого населення. Однією з таких структурних одиниць є консорція. Кожна консорція включає в себе продуценти, консументи та редуценти й виділяється за спільністю просторового розміщення та трофічних зв'язків. Наприклад, окреме старе дерево в лісі може розглядатися як консорція, оскільки з ним зв'язані певні види трав, що ростуть під деревом, специфічне населення тварин, паразити та мікроорганізми. Для кожної консорції характерна наявність центрального ядра — це звичайно одна чи декілька особин автотрофної рослини — та консортів, що концентрично розташовуються навколо цього ядра.

При біоценотичному підході як структурні одиниці біоценозу виділяють парцели, що відрізняються між собою рослинним та тваринним населенням. У межах кожної парцели утворюється своєрідний матеріально-енергетичний обмін.

У зооценозах спеціалісти нерідко виділяють деми як невеликі групи тварин одного виду, відносно ізольовані від інших організмів даного виду і які мають велику генетичну схожість.

Розглянуті вище внутрішньоценозні та внутрішньоекосистемні угруповання живих організмів показують, що все живе населення екосистеми зв'язане між собою тонким мереживом взаємовпливів. Ці взаємовпливи забезпечують цілісність всієї живої матерії екосистеми, цілісність кожного біоценозу. Як і в біосфері в цілому, так і в кожній екосистемі можна побачити реалізацію загального принципу їх існування — єдність у різноманітті. У філософському розумінні аналіз організації біоценозів дозволяє зробити висновок, що в живій матерії екосистем одночасно реалізується єдність дискретності (наявність внутрішньоценозних утворень) і континуальності (функціональна цілісність біоценозу). Цілісність біосфери забезпечується взаємодією великих регіональних екосистем, а цілісність біоценозів екосистем — взаємодією організмів різних ценокомірок, ярусів, синузій, консорцій та інших структурних окремоностей.

### 3.5. Життя в ґрунті

Ґрунти є досить специфічною частиною екосистеми. Вони мають своєрідне тваринне населення. Перш за все, ґрунт — це основне середовище, де розташовані корені рослин, середовище, куди надходить весь рослинний опад та трупи померлих тварин екосистем, середовище, де зосереджена основна маса редуцентів будь-якої наземної екосистеми.

Залежно від видів автотрофних рослин та їх життєвих форм корені рослин розміщуються в ґрунті на різних глибинах. У середньому в помірних широтах вони проникають на глибину 1 — 2 м. Залежно від умов вологості корені можуть розміщуватися в різних горизонтах ґрунту, але в цілому основна маса їх знаходиться в гумусному шарі ґрунту (*табл.3, рис.21*).

Таблиця 3. Розподіл коренів у горизонтах ґрунту (за М.С.Шалитом).

Пустельна асоціація з полином у Херсонській області			Вологі луки в Житомирській області		
Глибина (см)	Вага коренів (г)	%	Глибина (см)	Вага коренів (г)	%
0-17	1079,1	63,9	0-14	2115,7	75,8
17-29	188,1	11,1	14-25	316,5	11,3
29-46	163,2	9,7	25-36	141,1	5,1
46-57	73,8	4,4	36-46	55,9	2,0
57-77	108,8	6,4	47-58	47,9	1,7
77-100	77,0	4,5	58-69	46,8	1,7
			69-100	59,5	2,4
<b>Всього:</b>	<b>1690,0</b>	<b>100,0</b>	<b>Всього:</b>	<b>2783,4</b>	<b>100,0</b>

1.3

Корені не просто розміщуються в ґрунті. Вони в ньому живуть. Їхня діяльність полягає в постійному поглинанні з ґрунту води за рахунок різниці осмотичного потенціалу в клітинах кореня й у ґрунтовому розчині та постійному поглинанні мінеральних речовин. У процесі поглинання води корені швидко утворюють навколо себе зони висушеного ґрунту. Природне надходження води до таких зон йде поступово, і тому в коренів у процесі еволюції виробилася здатність до швидкого росту та розгалуження з метою переміщення в нові, більш зволожені, ділянки ґрунту. Стає зрозумілим, чому для успішної життєдіяльності рослин необхідна оптимальна щільність ґрунту.

Добування рослинами поживних речовин з твердої фази ґрунту також є активним процесом. Оскільки далеко не всі ґрунтові біогенні елементи знаходяться у ґрунтовому розчині у вигляді іонів, кореням рослин доводиться самим «готувати» собі їжу. Це здійснюється за рахунок роботи двох механізмів.

1 Корені реалізують видільну функцію, яка полягає в тому, що з живих коренів у ґрунт безперервно надходять органічні кислоти і, головним чином, вугільна кислота. Об'єм таких кореневих виділень за весь період життя рослини сягає 5% від загальної її ваги. Кислоти, що виділяються, забезпечують розчинення ґрунтових солей та роз'їдання кристалічних ґрат мінералів, вивільняючи необхідні рослинам біогенні елементи.

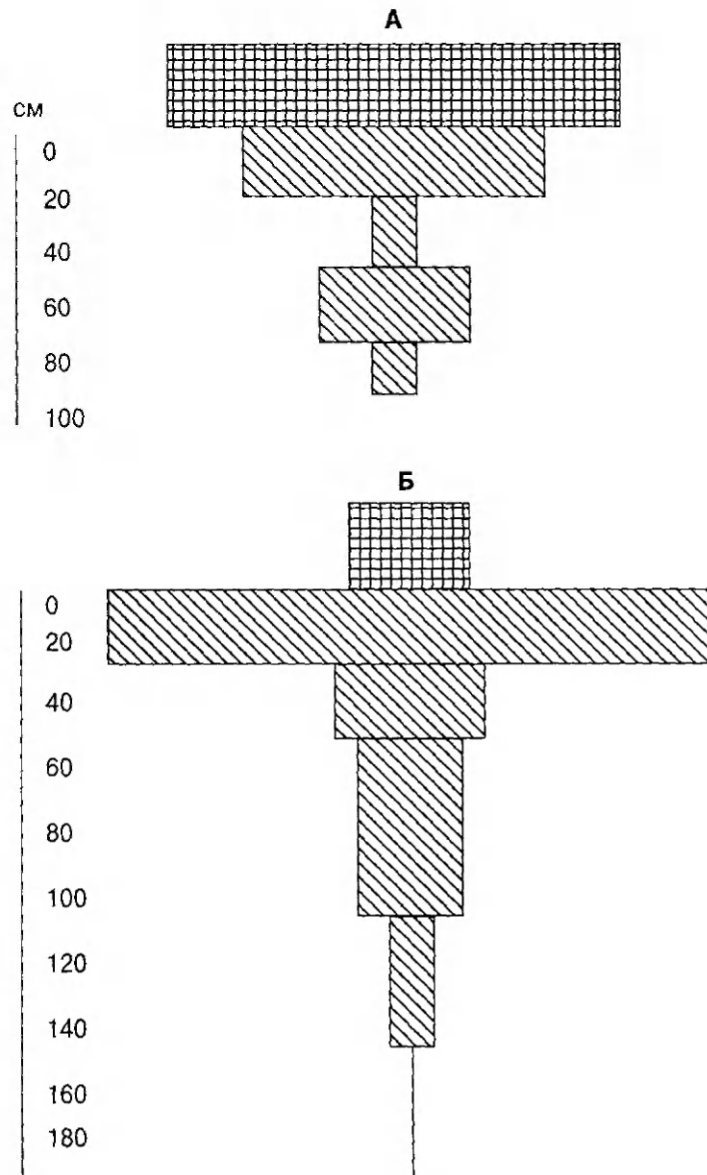
2 Корені живуть у сполученні з ґрунтовими мікроорганізмами, які, оселяючись навколо коренів, утворюють особливу зону ґрунтового життя — ризосферу. Мікробне населення ризосфер досить різноманітне. За даними **Є.Н.Мішустіна** (1970), сюди входять бактерії, актиноміцети та гриби. Загальна їх кількість в зоні ризосфери досягає 150 — 300 млн на 1 г ґрунту, тоді як поза ризосферою — тільки 0,5 — 1,8 млн. Всі сапрофітні мікроорганізми ризосфери активно руйнують органічну речовину ґрунту та підготовують мінеральну поживу для рослин. Відіграють вони й захисну функцію, виступаючи як бар'єр між коренем та паразитичною мікрофлорою ґрунту.

Не менш важливо, що так звані силікатні бактерії ризосфер здійснюють розкладання вміщуючих калій та магній силікатів та алюмосилікатів мінеральної частини ґрунту. **В.І.Вернадський** (1927) писав, що «ця реакція за своїм значенням та за своїм характером нагадує іншу, ще більш важливу, — руйнування таких стійких молекул, як  $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2\text{O}$ , зеленою живою речовиною».

У ряді бобових та небобових рослин корені вступають у пряме співжиття з бактеріями роду *Rhizobium*, які формують на їх коренях бульбашки. Ще в 1888 році **М.Бейеринк** показав, що ці бактерії зв'язують газоподібний азот повітря та переводять його у форму, що доступна вищим рослинам.

Велика кількість рослин має й інший тип співжиття коренів — співжиття з ґрунтовими грибами, які називаються мікоризою. Мікориза буває ектотрофною, що розміщується в

зоні ризосфери та оплітає корені зовні, та ендотрофною, що проникає прямо в тканини кореня. Ектотрофні мікоризи однорічні, вони утворюються кожний рік заново. Всі гриби, що утворюють мікоризу, збільшують зовнішню поверхню коренів і тим самим збільшують ефективність їх роботи при поглинанні води та мінеральних солей. Руйнуючи перегній, мікоризні гриби синтезують ряд біологічно активних речовин, які поліпшують ріст рослин.



**Рис. 21.** Надземна фітомаса (верхній блок) та розподіл фітомаси коренів у ґрунтових горизонтах. **А** — вологі луки в Чернігівській області; **Б** — степи в Асканії-Новій (за Шалитом, 1950).

Тваринне та мікробне населення ґрунту представлене консументами різних рівнів та мікроорганізмами-редуцентами. Їхня діяльність являє собою сумісну роботу в процесах гуміфікації та мінералізації органічної речовини, що надходить до ґрунту. Основні групи ґрунтових організмів, які руйнують та перетворюють органічні речовини, що поступають до ґрунту, такі:

1. **Дощові черви.** Вони мають чисельність до 100 — 600 особин на 1 кв. м, і на їх долю припадає 50 — 90% всієї живої біомаси ґрунту. За рахунок їхньої діяльності протягом року перероблюється до 225 кг/га ґрунтової маси. Одна особина дощового черва за рік пропускає через себе 400 — 500 г суміші органічних речовин та мінеральних часток ґрунту.

2. **Енхітреїди.** Дрібні черви, довжиною до 5 — 30 мм. На один кв. м ґрунту їх припадає декілька тисяч особин, а за сумарною біомасою вони лише трохи поступаються перед дощовими червами.

3. **Двопарноногі багатоніжки,** які теж досить активно переробляють ґрунтову речовину.

4. **Ногохвістки (Collembola).** Подрібнюють опад в підстилці. Мають біомасу 1 — 14 г на 1 кв. м ґрунту.

Як вихідний органічний матеріал, що піддається у ґрунті біологічній переробці організмами, які населяють ґрунт, можна для прикладу розглянути деревину. Деревина, що потрапляє на поверхню ґрунту, перш за все перероблюється личинками комах (скрипунів, златок, сверлиль), які використовують її в їжу. Їм на зміну приходять гриби, міцелій яких, в першу чергу, оселяється в ходах, що пророблені в деревині комахами. Гриби ще сильніше розрихлюють та руйнують деревину. Така крихка деревина та сам міцелій служать їжею для личинок вогнецьвіток. На наступному етапі в такій сильно зруйнованій деревині оселяються мурашки, які знищують майже всіх личинок та створюють умови для поселення в деревині нової генерації грибів. Грибами починають живитися слимаки. Завершують гуміфікацію та руйнування деревини мікроорганізми-редуценти.

Аналогічно проходить гуміфікація та мінералізація диких та свійських тварин, що надходять до ґрунту.

У комах, постійних мешканців ґрунту, є велике число спеціальних пристосувань до життя в цьому середовищі. Як було показано **М.С.Гіляровим** (1970), ґрунтові комахи відрізняються сплющеною формою тіла, багато хто з них здатний згортатися в клубок, захищаючи себе від хижаків та висихання, а інші, як, наприклад, вовчок, отримали в процесі еволюції потужні передні кінцівки риучого типу.

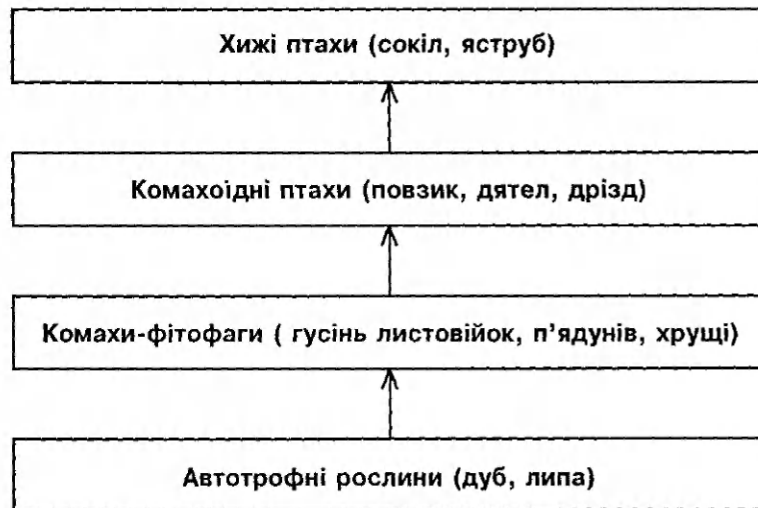
У цілому всі живі істоти ґрунту виступають як дуже важлива частка біоценозу. Слід підкреслити, що діяльність ґрунтових організмів проходить на основі кооперації різних груп, які послідовно переробляють органічну речовину ґрунту. Ґрунтове населення являє собою таку ж закономірну цілісність, як і наземне.

### 3.6. Трофічні ланцюги та трофічні піраміди

Наведені вище матеріали показують, що між живими організмами екосистем існують різноманітні зв'язки. Одними з центральних зв'язків, які немовби цементують досить різні організми в одну екосистему, є харчові або трофічні. Харчові зв'язки об'єднують між собою організми за принципом «їжа — споживач». В екосистемах зв'язком «їжа — споживач» охоплюються всі живі організми. Це призводить до виникнення харчових, або трофічних ланцюгів. На початку кожного трофічного ланцюга знаходиться автотрофна жива рослина, що здійснює фотосинтез (у меншій мірі первинний синтез органічних речовин ведуть хемосинтезуючі мікроорганізми). Ця група організмів називається продуцентами. За ними

йдуть консументи, а замикають трофічні ланцюги редуценти, які мінералізують органічну речовину

До кожного конкретного трофічного ланцюга звичайно входить 4 — 5 видів організмів або груп організмів із різним або однаковим типом живлення, але в окремих біомах трофічні ланцюги можуть бути вкорочені. Так, на **рис.22** представлений елементарний трофічний ланцюг, що складається з чотирьох ланок: зелені рослини — рослинодні комахи — комахоїдні птахи — хижі птахи



**Рис.22.** Один з варіантів трофічного ланцюгу

Як правило, іжа кожної живої істоти більш-менш різноманітна. Тільки всі зелені рослини однаково «живляться» вуглекислим газом та іонами мінеральних солей. У тварин випадки вузької спеціалізації харчування не такі вже численні. У результаті можливості зміни харчування тварин трофічні ланцюги перехрещуються між собою, що веде до виникнення в екосистемі єдиної трофічної мережі. Трофічна мережа екосистеми є основним способом інтеграції в них усіх живих організмів. Наявність складних трофічних мереж із можливістю переключення живлення окремих груп організмів на паралельні ланцюги робить екосистему більш стійкою. Знищення того чи іншого компонента трофічної мережі не веде до знищення всієї екосистеми, як це може трапитися в тих випадках, коли трофічна мережа відсутня й організми зв'язані між собою одним трофічним зв'язком.

У межах загальної трофічної мережі екосистеми доцільно виділяти конкретні найбільш завантажені та відносно самостійні трофічні ланцюги. Такі ланцюги за їх типом підрозділяють на пасовищні трофічні ланцюги та детритні трофічні ланцюги.

Пасовищні трофічні ланцюги становлять таку послідовність живих організмів: автотрофні зелені рослини — консументи-фітофаги — консументи-хижаки. У кожному конкретному випадку ланка консументів може бути багатоскладовою. Так, в океанах та морях пасовищні трофічні ланцюги можуть починатися з фітопланктону. Ним харчується зоопланктон. Фіто- та зоопланктоном харчуються деякі види риб. Ці риби, в свою чергу, є їжею для хижих риб. Закривати таку послідовність можуть птахи, що харчуються хижими рибами.

У детритних трофічних ланцюгах продукція автотрофних рослин або консументів прямо в іжу не використовується. У цьому випадку жива речовина попередньо відмирає та надходить до поверхні ґрунту чи на дно водойм. Такий мертвий органічний матеріал називається детритом. Він включає в себе рослинний опад, фекалії, трупи тварин або



продукти життєдіяльності, що виділяються в навколишнє середовище. Детрит стає їжею для різних груп рослинних тварин, грибів, мікроорганізмів, поетапно піддаючись гуміфікації та мінералізації. Описані у розділі 3.6 послідовності організмів, що змінюють один одного на деревині, є прикладом детритного трофічного ланцюгу. Детритні трофічні ланцюги реалізуються не лише в ґрунті, вони досить характерні й для придонних частин водойм.

Живі організми в детритних ланцюгах, на відміну від пасовищних ланцюгів, повністю залежать від кількості та якості детриту. Звичайно першими організмами, що використовують детрит, бувають в одних прикладах гриби та бактерії, а в інших — дощові черв'яки, слимаки та рослинні ґрунтові чи водні комахи. Наступну ланку детритного трофічного ланцюгу складають хижакі. Часто це амеби та нематоди. Більшість з них мікроскопічного розміру і харчується грибами та бактеріями. Але є й більші форми — жуки, мурахи, терміти. Хижацтво таких організмів умовне. Вони звичайно поїдають гриби разом з детритом. Так ведуть себе багатоніжки, мокриці, ногохвістки. Деякі їх види всеїдні, інші — вузько спеціалізовані щодо живлення трупами, екскрементами або іншим видом детриту. На трофічну діяльність усіх організмів детритотрофічного ланцюгу найбільше впливають температура, вологість, наявність кисню та азоту. Завершується детритний ланцюг повною мінералізацією органічної речовини з її розкладом на вуглекислий газ, воду та мінеральні речовини.

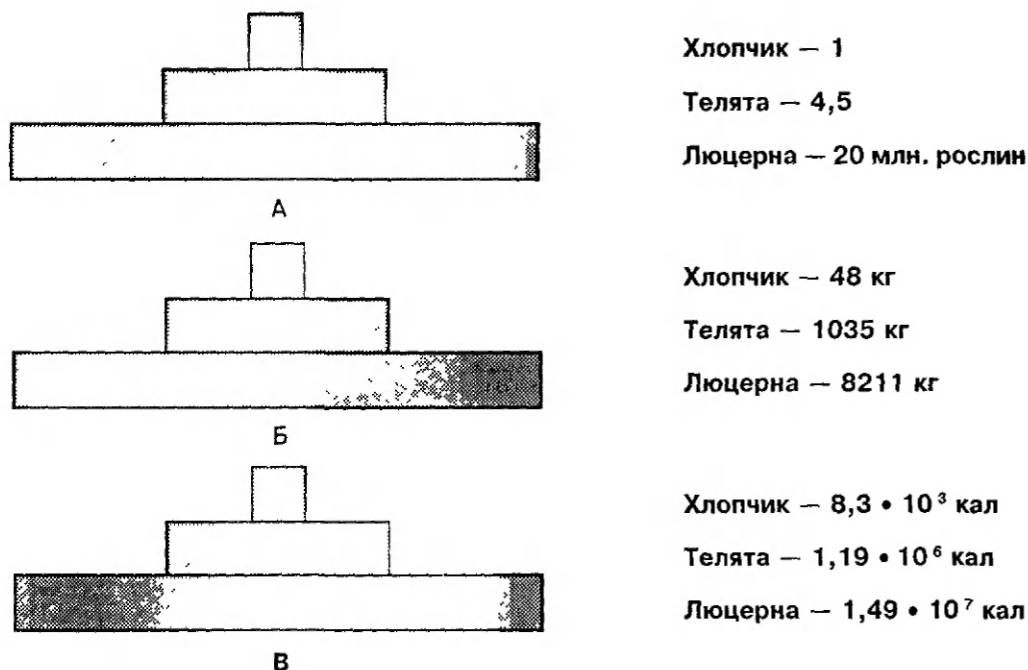
При описанні трофічних ланцюгів зручніше об'єднувати організми подібного типу харчування в один трофічний рівень. У цьому випадку всі автотрофні рослини складають перший трофічний рівень — рівень продуцентів. На другому трофічному рівні будуть розташовані консументи 1-го рівня — фітофаги, на третьому трофічному рівні — консументи 2-го порядку — хижакі і т. д.

У трофічних ланцюгах органічна речовина, що використовується, завжди несе в собі ту чи іншу кількість зв'язаної енергії. При переході від однієї ланки трофічного ланцюга до іншої передача зв'язаної енергії не відбувається до 80 — 90 % її розсіюється у вигляді тепла. Ця обставина є головним лімітом довжини трофічних ланцюгів. Останнім ланкам ланцюгу вже не дістається зв'язаної енергії. Найменш ефективна передача енергії в ланці продуценти-фітофаги. Найбільш повно передається енергія від одного консумента до іншого, і тому ця частина трофічних ланцюгів виявляється найбільш довгою. За підрахунками екологів, перехід від одного трофічного рівня до іншого за неповнотою передачі зв'язаної енергії веде до зменшення біопродукції приблизно в 10 разів. Очевидно, що чим менші втрати, тим більш «підібрані» живі організми один до одного, і трофічний ланцюг працює більш ефективно.

В екології співвідношення чисельності організмів, їх біомас або зв'язаної в біомасі енергії звичайно зображують у формі екологічних пірамід (рис. 23). Відповідно розрізняють екологічні піраміди чисельності, біомаси та енергії. В основі екологічної піраміди розміщуються організми першого трофічного рівня, а на її вершині — організми кінцевого для даної екосистеми трофічного рівня. Природно, що екологічні піраміди, як правило, звужуються від основи до вершини. Для енергетичних екологічних пірамід таке звуження — це взагалі універсальний закон. В екологічних пірамідах чисельності та біомас, навпаки, іноді верхні рівні можуть бути ширші, ніж нижні.

З точки зору оцінки загальної ефективності біоценозів найбільшу інформацію дають екологічні піраміди енергії. Вони відображають швидкість утворення біомас та показують, скільки енергії утримується на кожному з трофічних рівнів за певний період часу (звичайно за рік). Біомаса різних організмів вміщує різну кількість зв'язаної енергії, що при порівнянні біомас може привести до хибних заключень щодо важливості тієї чи іншої групи організмів для екосистеми. Екологічні піраміди енергії характеризують не тільки якість біомаси, але й активність її переробки. Так, при біомасі 1 г/м<sup>2</sup> ґрунтові бактерії пропускають через себе потік енергії в 4200 кДж/м<sup>2</sup> за добу, прямокрилі

комахи — 1,7 кДж, олені — 1,9 кДж, а м'якуни — 0,42 кДж. Зрозуміло, що енергія є зручною універсальною екологічною одиницею.



**Рис.23.** Екологічні піраміди.

**А** — чисельність організмів, **Б** — біомаси організмів, **В** — зв'язаної енергії (за Одумом, 1986).

### 3.7. Концентрація речовин у трофічних ланцюгах

У трофічних ланцюгах всі види речовин послідовно переходять від одного організму до іншого. Органічні речовини в цьому процесі перетворюються в специфічну для кожного виду рослин та тварин форму. Так, білки рослин в процесі живлення фітофагів, які їх споживають, розщеплюються до амінокислот, і вже з них в організмі тварини синтезуються свої специфічні білки.

Інша доля притаманна окремим хімічним речовинам, зокрема так званим ксенобіотикам — речовинам, що в природі спочатку були відсутніми, а потім синтезовані людиною. Такі речовини проходять через трофічні ланцюги незмінними. У силу того, що розмір біомаси в екологічних пірамідах закономірно знижується при переході на кожний новий трофічний рівень, концентрація ксенобіотиків у розрахунку на одиницю біомаси стає більшою. Цей ефект називається законом концентрування речовин у трофічних ланцюгах.

Закономірності концентрування речовини в трофічних ланцюгах були детально вивчені на прикладі ДДТ — пестицида, який застосовується для знищення ряду комах та відрізняється високою стійкістю. За даними **Н.Гріна** та ін. (1990), в США в трофічному ланцюгу з чотирьох ланок концентрація ДДТ зростала таким чином: у тілі водяних рослин (ДДТ вносили для знищення комарів) його концентрація складала 0,04 г на один кг біомаси,

у риб, що харчуються водяними рослинами, вона підвищилася до 10 г на один кг біомаси, у хижих великих риб досягала 50 г на один кг ваги тіла, а у птахів, що харчуються рибою, досягла 75 г на один кг біомаси. Очевидно, що всього за 4 ланки трофічного ланцюга концентрація ДДТ в тканинах зросла в 1875 разів.

Аналогічним чином йде концентрація в трофічних ланцюгах радіоактивних речовин (зокрема цезію), важких металів (свинцю, кадмію та ін.), а також будь-яких ксенобіотиків. **Д.А.Криволуцький** та ін. (1989) показали, що при переході радіоактивного цезію ( $^{137}\text{Cs}$ ) від одної ланки трофічного ланцюга до іншої його концентрація зростає в 1,5 — 8 разів. **М.Краус** (1989) вивчив проходження важких металів у трофічному ланцюгу рослини — комарі — хірономіди — ластівки. Виявилось, що в цьому трофічному ланцюгу спостерігалось виражене накопичення важких металів в тілі ластівок. У мозковій тканині та печінці накопичувався свинець, у м'язах, шкаралупі яєць та в тканинах ембріонів — хром та нікель, а в пір'ї — мідь та свинець.

Концентрування речовин у трофічних ланцюгах має важливі наслідки для всієї практики господарювання людини в природних екосистемах. Забруднення, яке вважається незначним при оцінці кількості забруднювача в навколишньому середовищі, стає катастрофічно небезпечним при дії закону концентрування та небезпечним перш за все для самої людини, яка знаходиться на вершині усіх трофічних ланцюгів пасовищного типу.

Трофічні ланцюги виконують ще й бар'єрну функцію. Із концентруючими та бар'єрними функціями живої речовини пов'язана здатність екосистем до самоочищення. Вона проявляється стосовно великого класу речовин. Ряд з них, потрапляючи до трофічного ланцюгу, поступово руйнується. Але така здатність біомас до самоочищення не безмежна. Є верхній граничний рівень концентрації, перевищення якого вже не дає можливості біому очиститися від даної речовини. Тут багато чого залежить від типу забруднюючої речовини та швидкості її надходження в екосистему. При поступовому надходженні забруднюючих речовин самоочищення йде ефективніше, ніж при разових викидах в екосистему великої кількості ксенобіотика.

Деякі забруднюючі речовини в біогеохімічних циклах не руйнуються, а переходять у депо даного циклу (гірські породи, атмосферу і т.п.), та їхня шкідлива дія на організм знижується. Це відбувається з багатьма мінеральними речовинами.

Кількісну оцінку здатності екосистем до самоочищення проводять на основі порівняння швидкості надходження тієї чи іншої речовини до екосистеми зі швидкістю асиміляції цієї речовини екосистемою. У прикладі, що наводять **Д.Бейч** та **І.Макескіл** (**D.H.Bache, I.A.McAskill**, 1984), для однієї з природних екосистем США цей показник складав для води 3,3 кг/га у рік, для фосфору — 4,0, азоту — 11,8, міді — 0,9, кадмію — 4,7. У цьому прикладі при комплексному забрудненні критичним виявилось б забруднення азотом, яке повинно контролюватися в першу чергу.

### 3.8. Розвиток та еволюція екосистем

Екосистемам, як і усім природним об'єктам, властиві закономірні зміни у часі. Ці зміни відповідають принципу самостійного розвитку та руху матерії. Для позначення явища розвитку екосистем звичайно використовують термін «еволюція». Він не зовсім вдалий. Зі словом «еволюція» у більшості випадків асоціюється історичний розвиток живих організмів, боротьба за існування та природний добір. На рівні екосистем цих явищ немає, але термін «еволюція» тут застосовується більшістю авторів і замінювати його немає підстав. Хоча, за **М.А.Голубцем** (1969), доводиться говорити про екосистемну еволюцію. Екосистемна еволюція включає в себе «зміну у часі просторової та функціональної організації екосистем» (М.Голубець, 1982).

В екосистемній еволюції існує дві узгоджені форми розвитку

**а) еволюція живих організмів;**

**б) самоорганізація неживої матерії.**

Закономірності біологічної еволюції, відкриті **Ч.Дарвіним**, вже добре вивчені. Порівняно новою сторінкою в екології є встановлення фактів та механізмів самоорганізації в неорганічному світі.

Самоорганізацію неживої матерії вивчає самостійна наука — **синергетика**. Назва (від грецького слова, що означає сумісний, узгоджено діючий) та саме становлення цієї науки в 70-х роках нашого століття пов'язане з працями **Г.Хакена**. Відкриття самоорганізації в неорганічному світі як протиположності зростанню ентропії має епохальне значення, і його філософські наслідки ще до кінця неусвідомлені.

У неживій матерії до саморозвитку здатні відкрити системи, що складаються з підсистем із колективною поведінкою. У протиположності до другого закону термодинаміки, який був сформульований ще у 1857 році **Р.Клаузіусом**, що стверджує про можливість ентропії тільки зростати, синергетика стверджує, що в неорганічній матерії однак відомі випадки, коли порядок виникає з безладу.

В екології розвиток у формі самоорганізації матерії є важливою властивістю екосистем. Кооперативна поведінка живої матерії, що еволюціонує, та абіотичних компонентів екосистем, що самоорганізуються, веде до виникнення все нових і нових форм організації. Вони і складають зміст екосистемної еволюції. Відкритий характер екосистем зумовлює, що їхня еволюція визначається внутрішніми особливостями екосистем, які саморозвиваються. Але вона здійснюється також і за рахунок зовнішніх стосовно екосистем збурень.

Внутрішнім джерелом самоорганізації екосистем є протиріччя форм та темпів розвитку живого та неживого компонентів їхньої структури. Детальний аналіз, проведений **М.А.Голубцем** (1982), показав, що за рахунок еволюції екосистем у біосферний кругообіг речовин включаються все нові потенційні середовища життя і підвищується продуктивність та стабільність біогеоценологічного покриву Землі в цілому. Ще до нього **А.І.Лотка** (1925) сформулював правило максимуму потоку енергії в біологічних системах, відповідно до якого екосистемна еволюція зорієнтована так, що все більша й більша частка енергії направляється на збільшення незалежності та автономності екосистем щодо зовнішніх збурень.

Важливим рушієм поступових змін екосистем є процес життєдіяльності організмів. За неповної замкненості біогеохімічних циклів в екосистемах накопичуються органічні та неорганічні залишки специфічного характеру. Так, очевидно, що на самих ранніх етапах еволюції екосистем в них не було організмів, які використовували для дихання вільний кисень, тому що його в атмосфері просто не було. У міру накопичення кисню в результаті фотосинтезу зелених рослин на Землі почали формуватися екосистеми, що вміщували живі організми, які дихали киснем.

Інший рушій екосистемної еволюції — це сама біологічна еволюція, тобто зміна організмів різного рівня організації. Як показано **М.А.Голубцем**, вся сукупність генотипів тієї чи іншої екосистеми, що складає генопласт, також є об'єктом еволюції. **Ю.Одум** (1986) підкреслював важливість для еволюції екосистем двох ефектів: коеволуції та групового добору. Поява тісної кооперації типу «рослина та її фітофаги», «жертва та хижак», спеціалізовані квітки та їх запилювачі — все це результат коеволуції.

Дані геології свідчать, що еволюція екосистем зумовлена ходом вікових змін самої геоморфологічної структури Земної Кулі та пов'язаними з ними змінами клімату.

Аналізуючи фактори еволюції екосистем, **М.А.Голубець** (1983) підкреслював, що екосистеми як природні структури утримують значну кількість акумульованої в них вільної енергії. Це спричинює їхній нестійкий стан та веде до періодичних самозбурень. Таким

чином, можна стверджувати, що процес екосистемної еволюції базується на трьох основних факторах

- 1) **зміні середовища;**
- 2) **спадковій мінливості живих організмів та природному добору;**
- 3) **наявності в екосистемах вільної енергії.**

Загальний аналіз закономірностей зміни екосистем показує, що в умовах більш чи менш стабільного екологічного середовища екосистеми, які мають велике внутрішнє різноманіття, витісняють прості екосистеми. Екосистемна еволюція йде від простого до складного. За **В.С.Голубєвим** (1992), критерієм прогресивності еволюції екосистем та біосфери є темп нарощування в них вільної енергії, що сприяє збільшенню стійкості функціонування екосистем та здатності до саморегуляції

Якщо теоретичні основи екосистемної еволюції розроблені досить повно, то конкретного матеріалу з еволюції тих чи інших екосистем дуже мало. Однак загальна схема еволюції екосистем Землі протягом трьох мільярдів років їхнього існування в загальних рисах відома

Відтворенням еволюції екосистем займається окрема наука — **палеоекологія**. Вона спирається на вивчення комплексів викопних залишків організмів та на дані палеокліматології. Велику допомогу у відтворенні шляхів еволюції екосистем кайнозоя надає вивчення залишків пилку, які добре збереглися в торфових та мулистих покладах. Метод побудови пилкових діаграм дозволив отримати багато важливих даних про екосистеми минулого

1.3

### 3.9. Сукцесії

Будь-які структурні особливості екосистем є результатом їхнього розвитку. Окремим випадком еволюції екосистем є **сукцесії**. **Сукцесія** — це послідовна зміна біогеоценозів (екосистем) на одній і тій же території під впливом природних факторів або діяльності людини

Початковою точкою такого розвитку при розгляді сукцесій зручно вважати такі ділянки, які повністю не зайняті будь-якими живими організмами. Це, наприклад, поля лави, оголення ґрунту після зсуву, свіжі річкові наноси. Угрупування живих організмів, які першими опиняються в таких місцях, називаються піонерними. У міру розвитку будь-якого піонерного угруповання, воно рано чи пізно досягає стійкої рівноваги, коли угруповання не може замінюватися іншим угрупованням. Такі угруповання називаються клімаксними.

Повний набір угруповань живих організмів у часовій послідовності їхніх заміни від піонерного до клімаксного складає сукцесійний ряд.

Аналізуючи екосистеми, розрізняють сукцесію екосистеми в цілому та окремо сукцесії рослинності, тваринного та мікробного населення. У типовому випадку узагальнена схема сукцесії полягає в послідовній зміні нижчих рослин і тварин більш організованими, а в рослин — ще й багаторічними формами (**рис.24**). Розрізняють первинні сукцесії, коли заселяється початково позбавлений життя субстрат, та вторинні сукцесії, коли формування екосистеми йде на базі такого угруповання, що раніше існувало, але згодом було зруйнованим. Вторинні сукцесії беруть початок на місцях згарищ, вирубок, занепалого сільськогосподарського землекористування і т.п.

Концепція сукцесій була сформульована в 1916 році **Ф.Е.Клементсом**. На його думку, всі основні сукцесії обов'язково завершуються одним **клімаксним угрупованням**, яке відповідає даному клімату. Такий підхід отримав назву **моноклімаксу**. Пізніше було показано, що й в умовах одного типу клімату, залежно від характеру ґрунту, гідрологічного режиму і т.п. формується цілий набір різних, але стійких угруповань. Це явище отримало назву **поліклімаксу**.

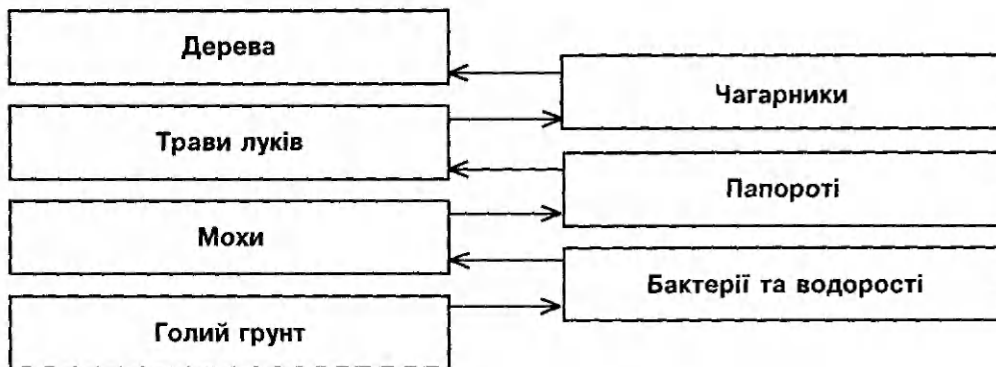


Рис.24. Принципова схема сукцесії в лісовій зоні.

У 1942 році **Р.І.Ліндеман** висловив припущення, що максимальна біопродукція екосистем проявляється у фазі їхнього клімаксу. Але наступні дослідження показали, що це далеко не так. Максимальна швидкість біопродукції частіше відповідає угрупованням, яким властива сукцесія. Інша справа, що, наближаючись до фази клімаксу, все більше накопичується біомаса. Це відбувається тому, що клімаксні біоценози формуються за рахунок великих рослин, а життя серед них більш різноманітне.

**Клімакс як екологічне явище** характеризується особливим типом розподілу біогенних хімічних елементів. Вони концентруються в біомасі, тоді як абіогенне середовище збіднюється на них. Клімаксні угруповання відрізняються й тим, що в них більше дестриту, а фітофаги відступають на другу позицію порівняно з детритофагами.

Встановлення сукцесійного віку екосистем та біоценозів є непростою справою. Вона успішно вирішується спеціалістами. У будь-якій місцевості екосистеми сукцесійно різновікові. Залежно від історії їх формування та тривалості існування окремі біоценози є піонерними, інші — сукцесійними, треті — клімаксними.

Аналіз біоценозів показує, що це в повній мірі стосується й України. Найбільш прості сукцесійні ряди властиві прісноводним болотним екосистемам. Яскравою ілюстрацією таких сукцесійних рядів є ділянки Причорноморських плавнів.

На початку ХХ століття в пониззях рік Дунаю та Дністра переважали угруповання рдесту пронизанолістого та канадської елодеї. З кінця 50-х перевагу отримали прикріплені форми: спіральна валіснерія та різуха морська, які віддають перевагу засоленим водам. У сучасний період тут переважають форми, що типові для евтрофованих водойм, які засолоняються і стік їх зменшується.

**В.С.Ткаченко та А.П.Генов** (1992) у заповіднику «Кам'яні могили» Донецької області описали цікавий сукцесійний ряд степової екосистеми. Тут послідовно змінюють одна одну піонерна, типчакова, ковилова, корневищно-злакова, злаково-різнотравна, чагарникова та лісова фази. Примітно, що початкові фази цього ряду проявляють щорічні флуктуації, які сильно залежать від проникнення напівпаразитичної рослини дзвінець весняний. У поєднанні з ріючою діяльністю сліпака це повертає степову екосистему до початкової фази. Розвиток відбувається мовби за своєрідними напівпетлями. Досить важливо, що в цьому випадку сукцесія є не тільки зміною характеру рослинного покриву, це динамічний процес усієї екосистеми.

За цими прикладами можна побачити, що аналіз сукцесій є вдалим методом з'ясування динаміки розвитку великих екосистем та біосфери в цілому.

### 3.10. Штучні екосистеми – екосфери

Розуміння основних закономірностей функціонування створило передумову для реального конструювання, хоч і сильно спрощених, але досить стійких екосистем. Такі екосистеми в наш час споруджуються як герметично закриті і, таким чином, матеріально замкнені об'єми. Живі організми, що знаходяться в них, отримують із зовнішнього середовища тільки променисту енергію.

Розробку принципів та технологій конструювання штучних екосистем вперше почав з 1967 року **К.Фолсом** з Гавайського університету, США. Пізніше такими екосистемами зацікавився Центр космічних досліджень США — НАСА. Ведуться такі роботи і в ряді інших країн. Створювані за технологією К.Фолсома штучні екосистеми отримали назву **екосфер**.

**1.3**

Звичайно **екосфера** — це округлий замкнений скляний посуд об'ємом у 25 — 1000 см<sup>3</sup> і більше. Кожна екосфера вміщує морську воду, пісок та повний набір організмів з автотрофним та гетеротрофним живленням. Ці організми підбираються так, щоб вони повністю здійснювали по можливості маловідходний біоелементарний цикл. Як правило, в такі екосфери вміщують водорості (продуценти, що ведуть синтез органічних речовин), коловертки (консументи — споживачі органічних речовин) та бактерії (редуценти). Головною технічною проблемою при створенні екосфер є попереднє повне звільнення усіх живих організмів від патогенних інфекцій. Інфекція, у випадку її попадання до екосфери, дуже швидко знищує її, оскільки низьке видове різноманіття живих організмів в екосфері та відсутність складної трофічної мережі не дає змоги переробки речовин у паралельних трофічних ланцюгах.

Необхідну променисту енергію екосфери отримують від природного сонячного освітлення. Деякі моделі екосфер випускають із штучною системою освітлення. Добре сбалансована екосфера може існувати 10 і більше років. **Дж.Аллен** та **Е.Босс** (1991—1993) сконструювали в штаті Арізона, США, великогабаритну екосферу, яка отримала назву «Біосфера-1» і мала площу основи приблизно 1 га. У «Біосферу-1» штучно подавався вуглекислий газ та кисень. Більш досконалий варіант «Біосфера-2» повністю автономний.

Роботи розглядання та ускладнення екосфер зараз ведуться досить інтенсивно. Екосфери розглядаються як прообраз життєзабезпечення космонавтів у тривалих космічних польотах.

#### **Опрацювавши даний розділ, Ви повинні вміти:**

1. Дати наукове визначення термінам: екосистема, біогеоценоз та біоценоз.
2. Розрізнити ресурси та умови існування живих організмів і знати основні їх види.
3. Довести, що ґрунт справді є біокосним природним тілом.
4. Перерахувати основні форми кооперації коренів автотрофних рослин з ґрунтовими мікроорганізмами та грибами.
5. Навести приклади трофічних ланцюгів, що є у відомих Вам екосистемах та визначити, до якого типу вони належать.
6. Розкрити зміст закону концентрування речовин у трофічних ланцюгах.

#### **Питання для самоперевірки та обговорення:**

1. Перерахуйте ознаки, за якими розрізняються різні екосистеми.
2. Обговоріть значення абіотичних факторів в існуванні екосистем, які Ви знаєте за власними спостереженнями у природі.

3. Назвіть основні сезони року та перерахуйте ознаки, за якими їх можна розмежувати.
4. Розгляньте ґрунтовий біоценоз та проаналізуйте функції окремих груп організмів в його існуванні.
5. Обговоріть можливі випадки концентрування радіоактивних речовин у трофічних ланцюгах після аварії на Чорнобильській АЕС.
6. Що таке штучна екосфера?
7. Обговоріть основні шляхи екосистемної еволюції. Якими основними факторами вона характеризується?



## Розділ 4

# ЕКОСИСТЕМИ СВІТУ ТА УКРАЇНИ

### 4.1. Різноманіття екосистем

**Екосистеми**, що є в сучасній біосфері, належать до двох основних категорій. По-перше, це природні екосистеми, що виникають та існують незалежно від людини, та, по-друге, штучні антропогенні екосистеми, які, як, наприклад, посіви, створюються людиною. Важко не помітити, що всі природні екосистеми зараз у тій чи іншій мірі змінені під впливом господарської діяльності людини.

I.4

Природні екосистеми досить різноманітні. Але за спільністю основних структурних ознак, особливостями функціонування, характеру потоку енергії та кругообігу речовин їх можна об'єднати в декілька основних типів. Практично при виділенні типів екосистем перш за все базуються на ознаках біоценозів. У цьому випадку все різноманіття екосистем світу можна звести до 15 основних типів (табл.4). Ці типи часто називають біомами. **Біоми** — це великі регіональні одиниці розчленування біосфери, що мають специфічну фауну та флору, які пристосувалися до певних ґрунтово-кліматичних умов та сумісного життя. Найбільш важливими для біосфери є біоми лісів та різних типів злакової рослинності. На лісові біоми припадає 27% території суходолу (40,5 млн. км<sup>2</sup>).

**Таблиця 4. Класифікація основних природних екосистем світу.**

А.	Екосистеми суходолу
	1. Тундра
	2. Шпилькові ліси помірної зони
	3. Листяні ліси помірної зони
	4. Степи
	5. Тропічна та субтропічна злакова рослинність
	6. Савана
	7. Пустеля
	8. Вічнозелений тропічний дощовий ліс
	9. Болота
	10. Луки
Б.	Екосистеми водойм
	11. Стоячі водойми: озера та ставки
	12. Екосистеми текучої води: ріки та ручаї
	13. Екосистеми відкритого океану
	14. Екосистеми континентального шельфу
	15. Естуарії

**Р. Уїттекер** (1975) залежно від об'єму створюваної в екосистемах біопродукції підрозділяв їх на чотири основних класи:

1. Екосистеми найвищої продуктивності, в межах 2000 — 3000 г/м<sup>2</sup> на рік. До них належать екосистеми тропічних вологих лісів.

2. Екосистеми високої продуктивності, в межах 1000 — 2000 г/м<sup>2</sup> на рік. До них належать листяні ліси помірної зони та луки.

3. Екосистеми помірної продуктивності, в межах 250 — 1000 г/м<sup>2</sup> на рік. До них належать степи та чагарники.

4. Екосистеми низької продуктивності, менше 250 г/м<sup>2</sup> на рік. До них належать пустелі та напівпустелі.

Різноманіття екосистем на нашій планеті є важливим фактором загальної стійкості біосфери.

## 4.2. Тундри

Екосистеми тундр розміщуються головним чином у Північній півкулі, на Євро-Азіатському та Північно-Американському континентах в районах, що межують з Північним Льодовитим океаном. Загальна площа, яку займають екосистеми тундр та лісотундри у світі, дорівнює 7 млн. км<sup>2</sup> (4,7% площі суходолу).

**Клімат тундр дуже суворий.** Середня добова температура вище 0°С спостерігається протягом 55 — 118 діб у рік. ґеґетаційний період починається в червні та закінчується у вересні. Кількість опадів незначна — 200 — 400 мм на рік, але вологість ґрунту влітку досить висока внаслідок низького випаровування (на нього витрачається тільки 30% загальної кількості опадів) та наявності вічної мерзлоти. Суворість клімату тундри посилюють постійні сильні вітри, в зимовий період під їхнім впливом відмирають всі частини рослин, що розташовуються над поверхнею снігу. Тундри Євразії та Північної Америки дуже подібні між собою. Ареали багатьох видів рослин та тварин тундр охоплюють обидва континенти. Аналогічні кліматичні умови складаються у високогір'ї, де формуються гірські тундрові екосистеми, що схожі на зональні.

**Рельєф поверхні тундри** в основному рівний. Ґрунти слабо розвинуті, торфові та болотисті. Вони погано прогріваються і тому процеси гуміфікації та мінералізації йдуть в них повільно. Ґрунти завжди кислі і вміст гумусу в них не перевищує 1 — 2%.

**Тундра безліса.** В рослинному покриві переважають низькорослі чагарники — карликова берізка, приземисті види верби, чорниця, лохина та водяниця. Місцями ростуть осоки та пухівка. Основний фон рослинного покриву складають куцисті лишайники та мохи. Широко поширені види лишайників з родів *Cladonia* та *Cetraria*. До них належить відомий оленячий мох — ягель. Вищі рослини тундр звичайно представлені багаторічними видами, що мають потовщені підземні частини з запасами поживних речовин, завдяки яким забезпечується раннє весняне відростання та швидке цвітіння. Ця особливість тундрових рослин дуже важлива в умовах короткого літа.

**Тваринний світ** екосистем тундр бідний. Його формування обмежує злиденний запас рослинної їжі та суворість клімату. На зиму більшість мешканців тундри мігрує в лісову зону, птахи відлітають на південь. Постійними зимовими мешканцями тундри є невелика кількість видів: лемінги, деякі ховрахи, пєсці, полярна совя. У багатьох місцях ходи-нори лемінгів займають до 20% площі. **Б.А.Тихомиров** (1959) показав, що вони сприяють накопиченню на поверхні ґрунту рослинних залишків та надають поверхні ґрунту дрібнувато бугристого вигляду. Влітку життя тундр оживляє маса водоплавних птахів (гуси, казарки, качки, кулики), але вони включаються в тундрові трофічні ланцюги тільки частково, оскільки харчуються в основному на прибережних водоймах. Однак гуси та качки використовують в їжу до 50 — 80% рослинності тундри в місцях свого гніздування. Особливо сильно вони пошкоджують квіткові бруньки.

Постійними мешканцями тундри є північні олені. Але це кочові тварини. Вони залишають тундру на зимові місяці, коли з-під твердого снігового покриву вони не можуть здобувати собі ягель та мох — основну свою їжу. Середина літа північні олені проводять на узбережжі, де достатньо кормів та вітер відганяє кровосисних комах. Такий самий характер мають кочівлі і домашніх північних оленів. У результаті перевипасу оленями мохо-лишайникові тундри перетворюються в лугові з переважанням на них щучника та тонконога.

Хижак тундри представлені совами, песцями, частково білим ведмедем. У цілому вони нечисленні. Чисельність хижаків в різні роки помітно змінюється, повторюючи відповідні зміни чисельності травоядних тварин, особливо лемінгів.

В ентомофауні тундр переважають справжні комарі та мошки. Їхні личинки живляться відмерлими рослинними залишками, а дорослі форми — кровососи.

Грунтові тварини заселяють тільки поверхневі частини ґрунту. У деструкції органічної речовини в екосистемах тундри перше місце посідають не бактерії, а гриби.

У цілому вплив тварин на рослинний покрив тундр досить великий. На прикладі тундр добре помітна взаємозумовленість існування цих двох груп живих організмів. Трофічна мережа тундрових екосистем наведена на **рис.25**.

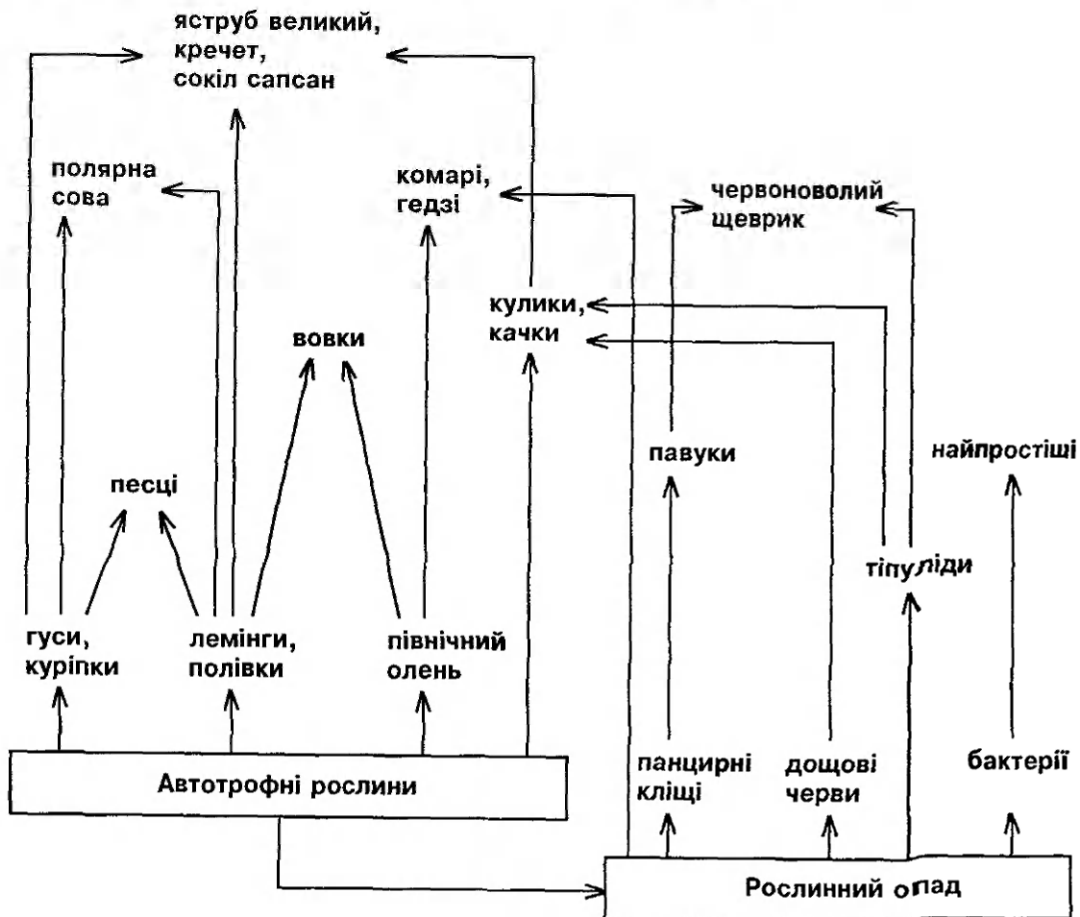


Рис.25. Спрощена трофічна мережа екосистеми тундри.

Вона досить сильно спрощена та включає тільки основні форми, на прикладі яких можна прослідкувати основні трофічні ланцюги, що властиві цій екосистемі.

Первинна продуктивність екосистем тундр невелика та складає в середньому 140 г сухої органічної речовини на 1 м<sup>2</sup> в рік. Валова біологічна продуктивність в тундрах не перевищує 340 г/м<sup>2</sup> у рік. Запаси фітомаси коливаються від 0,1 до 100 тонн на гектар.

Тундрові екосистеми характеризуються крихітністю та вразливістю. Порушення цих екосистем зберігаються досить довго, відновлювальні процеси йдуть поволі.

### 4.3. Лісові екосистеми помірному поясу

Лісові екосистеми займають на Земній Кулі великі площі. В їхньому рослинному покриві переважають дерева. Залежно від ґрунтово-кліматичних умов та географічного положення лісові екосистеми поділяються на **тайгу, змішані та листяні ліси**.

**Тайга.** Тайгою називають шпилькові ліси, що широкою смугою простягаються на Євро-Азіатському та Північно-Американському континентах південніше лісотундри. Екосистеми тайги займають 13,4 млн км<sup>2</sup>, що становить 10% поверхні суходолу або 1/3 всієї лісовкритої території Земної кулі.

Для екосистем тайги характерна холодна зима, хоча літо досить тепле та тривале. Сума активних температур у тайзі становить 1200 — 2200°. Зимові морози сягають до -30° — -40° С. Опадів випадає від 300 до 1600 мм на рік. Ґрунтові процеси внаслідок тривалої зими йдуть мало активно, гуміфікація сповільнена. Ґрунти в основному підзолисті.

**Деревостій** у тайзі представлений ялиною сибірською або європейською, ялицею, соснами та модриною. У Північній Америці їх заміняють тсуга та псевдотсуга. Всі ці види в цілому маловибагливі щодо родючості ґрунту. Модрина переважає на сході Євразії, сосна тяготеє до сухих або заболочених ґрунтів. Для Земної Кулі екологічно важливі соснові ліси — вони займають друге місце після вологих тропічних лісів за продукцією газоподібного кисню в розрахунку на одиницю поверхні ґрунту.

Кореневі системи дерев, як правило, поверхневі (окрім сосни). Це робить тайгу нестійкою до посух та схильною до буреломів. Зімкнутість крон дерев висока і на землю проникає мало світла. Тому у тайзі слабо розвинуті підлісок та трав'яний покрив. Ґрунт вкритий зеленими мохами, а в більш вологих місцях — сфагнумом. На моховому покриві часто ростуть дрібні чагарнички — брусниця, чорниця, лохина та мучниця.

Після вирубок чи пожеж на місці шпилькового деревостою початково оселяються дрібнолисті деревні породи — береза чи осика. Пізніше під їхнім покривом оселяються відновлені шпилькові породи, які з часом переростають та витісняють менш довговічні дрібнолисті види дерев. Такий тип відновлення шпилькового деревостою називають відновленням через заміну порід.

**Фауна** екосистем тайги більш багата, ніж тундри. Тут трапляється багато видів травоядних ссавців та рослиноїдних птахів. Типовими для тайги є бобри, лосі, білки, заєць-біляк, бурундуки, глухарі, тетеруки, рябчики. Важливим видом кормів є насіння шпилькових порід дерев. Ними харчується велика кількість видів гризунів та птахів. Врожай насіння шпилькових порід досить сильно змінюється у різні роки, тому у тварин спостерігаються кочівлі, при яких в пошуках корму білки, шишкарі, горіхівки та інші тварини, що харчуються насінням, переміщуються на великі віддалі. Важливим джерелом корму в тайзі є бруньки дерев та чагарників. Їх широко використовують в їжу снігурі, смеречники, омелюхи, вівсянки, тетеруки, глухарі та рябчики. Численні тут і комахи-фітофаги, зокрема ті, що живляться деревиною. На деревах поселяється велика кількість видів паразитичних та сапрофітних грибів. Є тут також тварини ризофаги, що живляться корінням. Найбільш характерні в цій групі дротяники — личинки жуків-коваликів.

У підстилці та поверхневому шарі ґрунту немало фітофагів, з яких починається детритний ланцюг живлення. Це кліщі орибатіди, ногохвістки, нематоди, дощові черви.

Фауна хижаків представлена колонком, риссю, соболем, росомахою, вовком, бурим ведмедем, лисицею. Чимало тут комахоїдних видів птахів — дятли, повзики, дрозди, синиці та ін. Є тут також земноводні та плазуни.

У тайзі трапляється багато кровосисних комах (кліщі, комарі, мошки та комарі). У цілому трофічна мережа тайги більш багата та складніша, ніж у тундрі. Трофічні ланцюги більш довгі та мають паралельні ділянки (рис.26). Тому екосистеми тайги порівняно з тундровими більш стійкі до різних порушень.

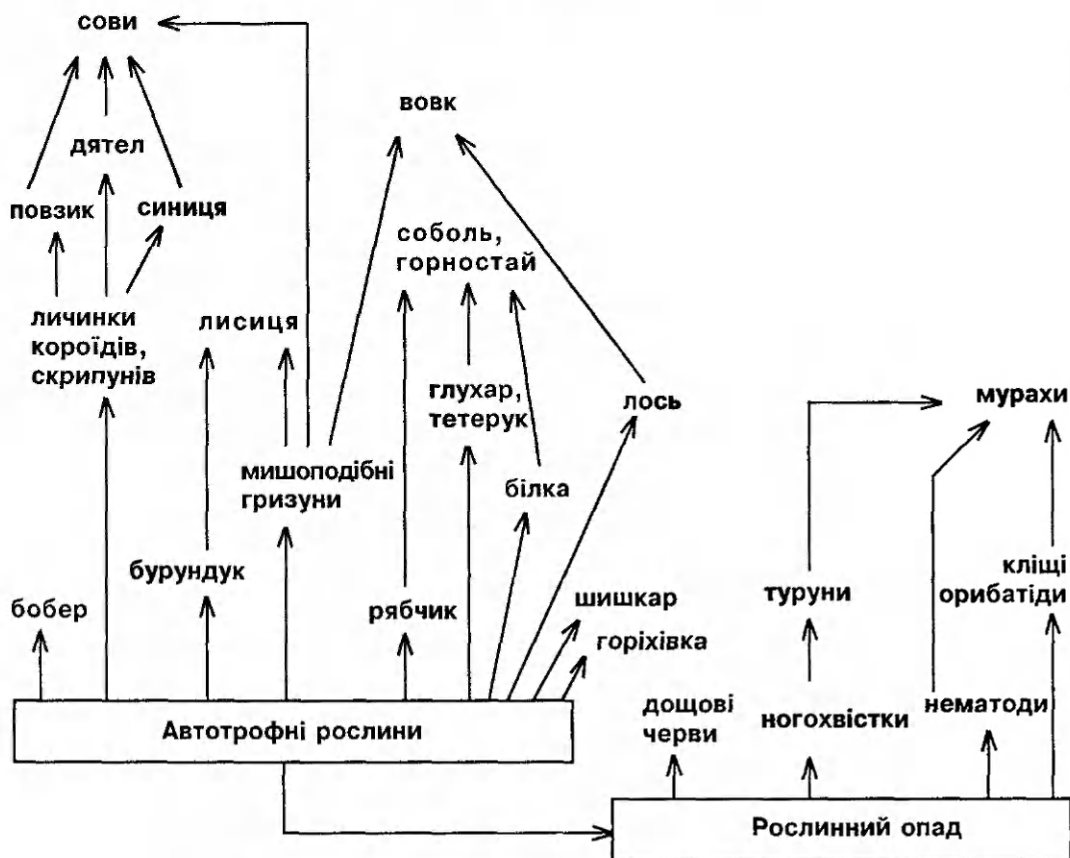


Рис.26. Спрощена схема трофічної мережі екосистеми тайги.

Біомаса екосистем тайги складає 350 — 400 тонн/га, а річна продукція — 8 — 10 тонн/га. В умовах більш континентального клімату, де переважає модрина та деревостої розріджені, біомаса знижується до 50 — 200 тонн/га, а річна продукція до 4 — 6 тонн/га.

Екосистеми тайги можуть також формуватися в гірських масивах і представляють там один із гірських поясів. Такі типи екосистем можна спостерігати в Карпатах. Тут вони утворені ялиною європейською, білою ялицею та сосною. Деревостої частіше одноярусні, підлісок відсутній. Як зауважував **М.А.Голубець** (1971), ялиця в Українських Карпатах не утворює однодомінантних угруповань. Для фауни характерна присутність ізольованих популяцій таких видів, як глухаря та довгохвостої сови. **В.Б.Сочава** (1956) оцінював

карпатські шпилькові ліси не як тайгові, а як неморально-темношпилькову зональну формацію. На користь цієї точки зору може служити великий генетичний зв'язок цих формацій з буковими лісами.

Середньоєвропейські соснові ліси в Україні поширені на крайньому заході, у Розточчі. Серед загальних характеристик усіх формацій тайги можна назвати:

- а) монодомінантність (деревостій формується лише за рахунок однієї породи дерев),
- б) однорідність та одноманітність на великому просторі умов, що створюються під покривом лісу,
- в) проста вертикальна та горизонтальна будова рослинного покриву,
- г) переважання мезофітів,
- д) некомпенсованість кругообігу мінеральних речовин.

За **А.І.Толмачовим** (1954), екосистеми тайги — історично молоді, вони сформувалися у другій половині третичного періоду на місці субтропічних лісів. Таке їх походження проявляється у великій кількості вічнозелених видів рослин.

**Змішані та листяні ліси помірної зони.** Екосистеми цього виду поширені на південь від зони тайги. Вони охоплюють майже всю Європу, простягаються більш чи менш широкою смугою в Євразії, добре виражені в Китаї. Є ліси такого типу й в Америці.

*Кліматичні умови* в зоні листяних лісів більш м'якші, ніж в зоні тайги. Зимовий період триває не більше 4 — 6 місяців, літо тепле. На рік випадає 700 — 1500 мм опадів. Ґрунти підзолисті.

Листовий опад сягає 2 — 10 тонн/га на рік. Він активно залучається до гуміфікації та мінералізації. Тому ґрунти листяних лісів більш багаті на гумус та мінеральні речовини, ніж ґрунти у тайзі. Запас гумусу досягає 10 — 20 тонн/га. У фауні ґрунтових фітофагів переважають дощові черв'яки, але й чимало нематод, ківсьяків, багатоніжок, кліщів-орібатід.

Для екосистем, утворених листопадними породами, характерний різко контрастний режим освітленості. Взимку та напровесні, коли дерева та чагарники стоять без листя, освітленість на рівні ґрунту висока; влітку, навпаки, затінення стає досить високим. Це призводить до появи у листяних лісів особливої синузії весняних ефемероїдів. Їхня активна життєдіяльність проходить раною весною, коли температура вже підвищилася, але дерева ще не встигли одягнутися у листя.

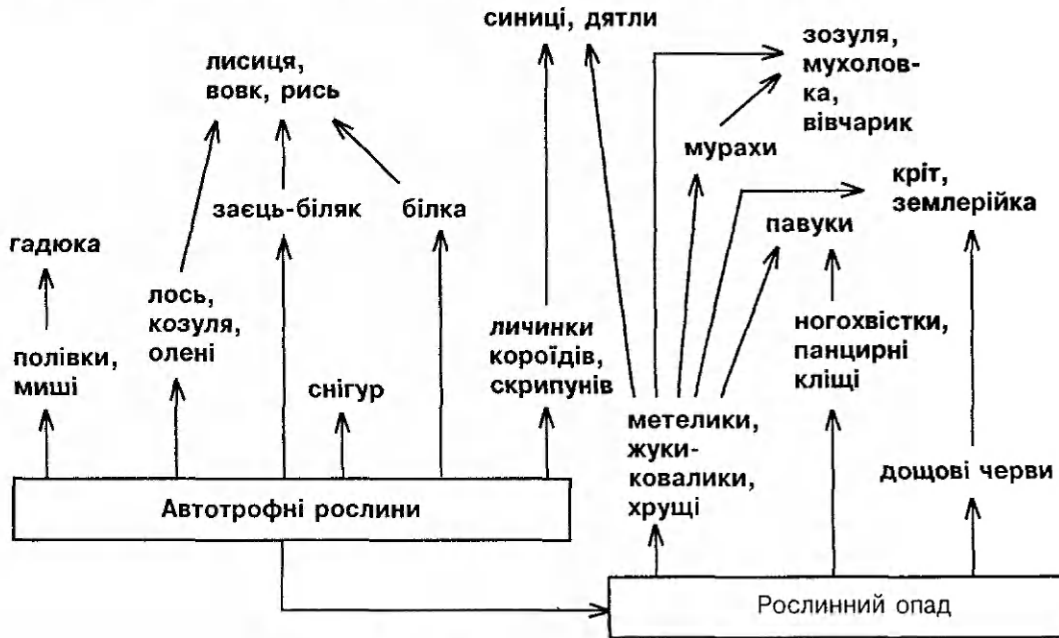
*Різноманіття видів дерев та чагарників* в зоні листяних лісів дуже велике. В Європі можна виділити три основні зони за переважаючими лісоутворюючими породами. У Західній Європі переважають ліси дуба черешчатого з домішками сосни, берези, вільхи, осики та клену. У Центральній Європі ліси утворені буком європейським, грабом та липою. На західному узбережжі Європи у Франції та Великій Британії більш поширені дуб черешчатий та дуб скелястий, граб.

Ярусна структура листяних та змішаних лісів більш складна, ніж тайги. Верхній ярус утворюють великі високорослі дерева, часто є і другий ярус деревостою, добре розвинутий також ярус чагарників. У ньому найчастіше зустрічається ліщина, вовче лико, жимолость, калина та горобина. При утворенні розрідженого верхнього ярусу сильно розростається травостій із конвалії, яглиці, зеленчуку, копитняку та осоки. Моховий покрив звичайно розвинутий досить слабо внаслідок пригнічення його росту великим листовим опадом. Найбільш складну будову мають ліси Біларусі та Правобережної України.

*Тваринне населення* екосистем листяних лісів досить різноманітне. Характерна наявність великих рослиноїдних видів ссавців: благородного оленя, лося, бізона. Типовим для листяних лісів є кабан. У змішаних та листяних лісах живе велика кількість видів птахів. Це сойки, дубоніс, дятли та сови. Частина їх належить до фітофагів, інші — до хижаків. Велика кількість видів харчується насінням, плодами та бруньками. Група комахоїдних птахів представлена дроздами, мухоловками, кропив'янками, вівчариками та синицями.

Хижаків представлені бурим ведмедем, риссю, вовком, росомахою, лисицею. Деякі птахи та ссавці мігрують на зиму в більш південні місця, де менше снігу та легше здобути їжу.

У групі лісових комах багато ксилофагів, що харчуються живою та мертвою деревиною. Є комахи, що пристосувалися поїдати листки (наприклад, дубова листовійка). Часто зустрічаються богомоли та цикади. У ґрунті є багато видів ризофагів: дротяники — личинки жуків-коваликів та личинки пластиновусих жуків і особливо хрущів. Серед комах чимало хижих форм: туруни, хижі кліщі та багатоніжки, оси-наїзники та ін. У цілому для екосистем змішаних та листяних лісів характерні складні трофічні мережі (рис.27).



1.4

Рис.27. Спрощена трофічна мережа екосистеми змішаного лісу.

Запаси біомаси в листяних лісах становлять 400 — 500 тонн/га при річній продуктивності в 10 — 50 тонн/га. На долю зоомаси припадає до 1 тонни/га, що перевищує цей показник в усіх інших біомах суходолу.

Південний кордон поширення листяних лісів визначає дефіцит вологи та засолення ґрунту. Тут ліси поступово переходять у лісостеп, а далі у степи.

Екосистеми листяних та змішаних лісів розташовані в найбільш сприятливому кліматі, де здавна оселялася людина. Це привело до того, що величезні масиви таких лісів були вирублені. У середньому вже втрачено більше 3/4 площі змішаних та листяних лісів помірної зони. У США 3/4 таких лісів вирубані, в Китаї — 90%. У лісах, що збереглися, спостерігається збідніння флори та фауни. У Північній Америці повністю знищений мандрівний голуб, майже зник бізон. У той же час збільшення площ галявин та зріджування деревостою стало причиною проникнення до лісів степових видів тварин: зайців, хом'яків, куріпок, польового жайворонка, ховраха та куниця.

В Україні ліси складають 13,8% усієї території. Тут розпізнають 28 лісових формацій. Відповідно до лісових деревних порід вони розподіляються таким чином: соснові ліси займають 33,6% загальної території, ялинові — 9,8%, ялицеві — 1,4%, дубові бори — 26,1%, букові ліси — 9,8%, вільхові — 4,3%, березові — 5,6%. В Україні нараховується більше 200 видів дерев та чагарників. Сучасна Україна — це бідна на ліси країна. Але в V столітті до н.е. давньогрецький історик Геродот після своїх подорожей у регіонах,

що лежать зараз на півдні України, дав їм назву «Галлія», що означає Лісова країна.

Ліси України в наш час зосереджені головним чином у північній та північно-західній частинах країни, включаючи гірські райони Карпат та Криму. Лісам Карпат та Криму характерна вертикальна поясність.

У рівнинних лісах України за характером рослинного покриву та представниками тваринного світу можна виділити шість великих регіонів.

Західне Полісся займає північну частину Волинської та Рівненської областей. Це найбільш лісисті регіони України. Тут на дерново-підзолистих ґрунтах ростуть соснові, березові та вільхові (чорна вільха) ліси. Центральне Полісся займає північну та середню частину Житомирської області. Лісоутворюючими породами тут є сосна, береза, чорна вільха та дуб. Східне Полісся охоплює північну частину Київської, Чернігівської та Сумської областей. Ліси тут головним чином складаються з сосни та дуба. Мале Полісся розташоване на території Львівської, Рівненської, Тернопільської та Хмельницької областей із прилеглими передгір'ями Карпат. Ліси цього регіону складаються з сосни, дуба, берези, бука, чорної вільхи.

Гірський лісовий регіон Карпат відрізняється досить різноманітними лісовими екосистемами. Тут ліси займають до 1 млн. га площі. Головними лісовими породами цього району є ялина європейська та біла ялиця. У передгір'ях Карпат значні площі зайняті дубовими лісами.

Гірському лісовому регіону Криму також властиве велике різноманіття лісів, які займають біля 223,6 тис. га площі. Ліси розташовані в основному на північних схилах. В їх формуванні бере участь понад 100 видів дерев та чагарників. Є тут і ендеміки, як, наприклад, кримський бук. На південних схилах ліси утворені фісташкою. За даними **Я.П.Дідуха** (1992), в Криму є 14 формацій лісів та 2 формації рідколісся.

У цілому серед інших регіонів України найбільш багате лісовими екосистемами Полісся.

#### 4.4. Вічнозелений тропічний дощовий ліс

Тропічні дощові ліси, що інколи називаються **гілеєю** або **джунглями**, формуються в умовах досить вологого та жаркого клімату. Сезонність тут не виражена і пори року розпізнаються за дощовим та відносно сухим періодами. Середня місячна температура цілорічно утримується на рівні 24° — 26° С та не опускається нижче плюс 18° С. Опадів випадає в межах 1800 — 2000 мм на рік. Відносна вологість повітря зазвичай перевищує 90%.

Тропічні дощові ліси займають площу, рівну 10 млн. кв. км. У фітомасі тропічного лісу утримується 40% всього зв'язаного вуглецю планети. Основні масиви таких лісів розміщені в басейні ріки Амазонки (Південна Америка), в басейні ріки Конго (Африка) та на південному сході Азії.

**Ґрунти** слаборозвинуті, бідні на поживні речовини внаслідок швидких процесів гуміфікації та мінералізації. Усі поживні речовини швидко перехоплюються коренями або вимиваються з ґрунту зливами. Корені рослин проникають у ґрунти не глибше 50 см. Такі ґрунти після вирубки лісу та сільськогосподарського використання швидко піддаються ерозії та втрачають родючість.

Загальною особливістю тропічного дощового лісу є надзвичайно велике розмаїття видів рослин та тварин. Тут представлено майже 50% світового генофонду рослин і 2/3 видів тварин планети. Так, в південноамериканських гілеях нараховується тільки дерев понад 3 тисячі видів. У середньому, за **Ф. Фіткау** (1988), на 1 га тропічного дощового лісу припадає 90 тисяч видів живих організмів. Майже всі рослини тут вічнозелені. Тривалість життя окремого листка складає 12 — 14 років, опадають вони поступово, і рослини



завжди стоять вкриті листям. Частина листків має пристосування до всмоктування дощової води, інші, навпаки, пристосовані до швидкого стікання води з їхньої поверхні вздовж спеціальних жолобків та виростів.

Набір різних життєвих форм рослин дуже різноманітний. Тут представлені як карликові (2 — 3 м заввишки), так і гігантські (30 — 45 м і навіть до 70 м) форми. Трапляється багато різновидів ліан, стебла яких завдовжки сягають інколи 240 м. Широко представлені епіфіти, що оселяються на стовбурах та гілках дерев. На епіфіти особливо багата Америка. Цвітіння рослин тропічного дощового лісу спостерігається протягом всього року.

**Тропічні дощові ліси мають складну багоярусну структуру рослинного компоненту**, яка впливає на ярусне розміщення тварин. На поверхню ґрунту потрапляє мало світла, воно перехоплюється верхніми ярусами, і тому трав'яний покрив зріджений або зовсім відсутній. Усе життя такого лісу зосереджене на верхніх ярусах.

**Фауна** тропічного дощового лісу також різноманітна. Тут багато видів комах, плазунів та птахів. Ссавці представлені значно менше, великих видів мало. Серед них трапляються дрібні олені, антилопи, тапіри. Переважають гризуни, що живляться рослинною їжею. У тропічному дощовому лісі є багато видів мавп. Особливого колориту екосистемам тропічного дощового лісу надають великі види метеликів, терміти, мурахи. Тут є багато видів кліщів, тарганів, п'явок, ногохвісток, скорпіонів, павуків.

**Трофічна мережа** дощового лісу відрізняється великою складністю (рис.28). Жива біомаса тропічного лісу складає 350 — 700 і навіть 1000 тонн/га, опаду — до 100 тонн. Тваринна біомаса сягає до 200 — 300 кг/га або 0,02% усієї біомаси. На долю хребетних припадає 13 — 20 кг/га. У цілому тут найбільша щільність біомаси на планеті. Екосистеми тропічного дощового лісу з важливими постачальниками газоподібного кисню: вони продукують його в кількості 30 тонн/га на рік. Поглинання вуглецю та виділення кисню в тропічних лісах зрівноважені.

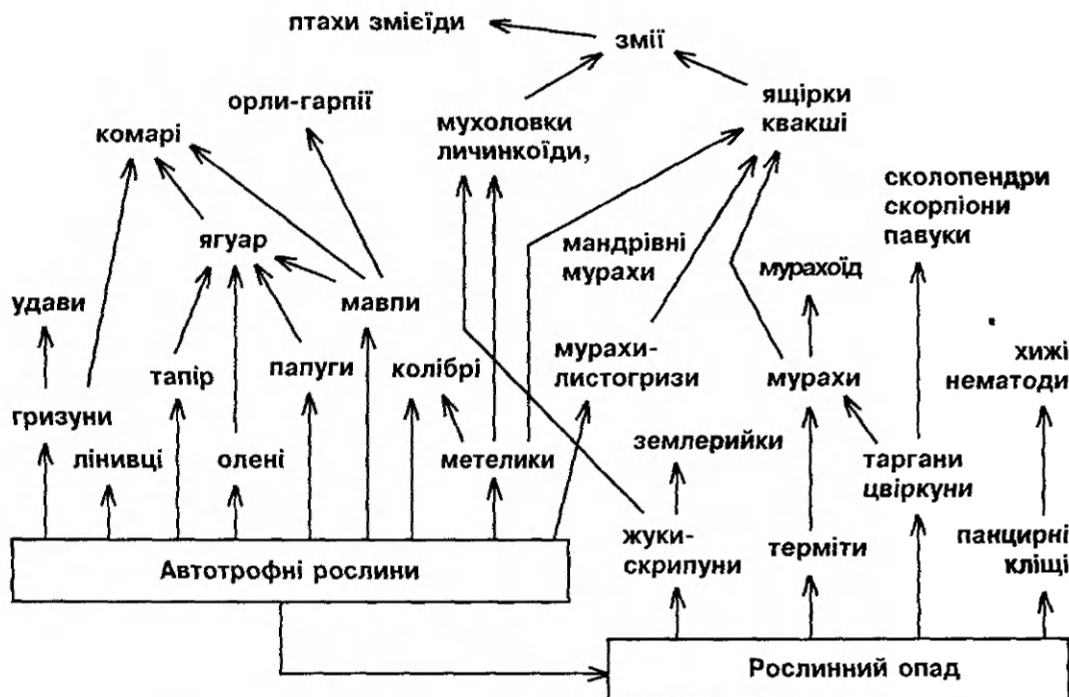


Рис.28. Спрощена трофічна мережа тропічного дощового лісу.

1.4

Екосистеми тропічного дощового лісу при всій своїй складності досить крихкі і легко можуть бути зруйновані під впливом господарської діяльності людини. Найбільших збитків завдають вирубки цінних порід деревини, наприклад, червоного дерева, махогонії, білого кедра, бальси, ебенового дерева. Для лісозаготівлі та потреб перелогової системи землекористування щороку вирубається майже 7,1 млн. га лісу. Зокрема, в Африці початкова площа тропічного дощового лісу скоротилася більш як на 60%. Відновлення ж екосистем тропічного лісу йде поволі та вимагає десятків, якщо не сотень років.

## 4.5. Степи

Степові екосистеми формуються в помірному поясі в умовах посушливого клімату і тому мають внутрішньоконтинентальне розташування. Середньорічна температура дорівнює плюс 3 — 7,5° С. Опадів випадає на рік від 250 до 750 мм. Зволоження є головним фактором, що визначає розвиток рослинного покриву.

У Північній півкулі степова зона розташовується на південь від лісової та широкою смугою тягнеться в центрі Євразії. У місцях з океанічним типом клімату стеги виклинюються та заміщуються іншими екосистемами. Аналогічне розташування мають стеги і на Північно-Американському континенті (тут їх називають преріями). У Південній півкулі аналогом степів є пампа та злакові рослинні угруповання.

**Грунти степів** — це потужні чорноземи (тільки в південній частині їх замінюють бідні чорноземи та каштанові ґрунти). Підстилка завжди незначна, вона швидко гуміфікується. Але швидкість мінералізації тут низька. Це є причиною накопичення потужних шарів гумусу. Його тут в 5 — 10 разів більше, ніж в лісовій зоні. Корені рослин проникають у ґрунт на глибину до 2 м.

**Рослинний покрив** степів формується за рахунок багаторічних трав. Головним чином це злакові. Рослинному покриву степів характерна полідомінантність та багатоярусність травостою. Є в степах і чагарники та чагарнички (степовий мигдаль, таволга, терен, степова вишня), але суцільного ярусу вони не утворюють. Усі рослини степів несуть на собі ознаки пристосованості до недостатності вологозабезпечення. У них є опушення, восковий покрив на листках, глибокі кореневі системи. Своєрідною є життєва форма перекотиполе. Такі рослини (їх більше 10 видів) з настанням осені зломлюються на рівні ґрунту та, завдяки кулеподібній формі, переганяються вітром на значні відстані, постійно розсіюючи своє насіння. Степам характерне почергове цвітіння різних видів рослин, що проявляється в послідовній зміні аспектів. Протягом вегетаційного періоду їх буває 8 — 10. Видове різноманіття в степах досить значне, на 1 кв. м реєструється до 80 видів квіткових рослин.

У північних частинах степів переважають мезофітні крихкодернові та кореневищні злаки, в південних їх замінюють дерновинні. Північні стеги іноді називають луговими, або ковилково-різнотравними. Тут звичайні ковила та типчаки, до складу різнотрав'я входять жовтецеві, свербіжниця підмаренник, перстач та шавлія. Південний степ завжди має переважно більшість злаків, які представлені різнотравно-типчаково-ковилковими, типчаково-ковилковими та полинно-злаковими формаціями. Південним степам характерна синюзія ефемероїдів, що проходять основний життєвий цикл навесні, тобто в період найбільшої зволоженості. *П. Халтенорт* (1988) поділяє степові екосистеми на дві головні категорії: а) високотравні стеги (розташовуються в місцях із річною кількістю опадів понад 300 мм та мають товстий горизонт гумусу); б) низькотравні стеги (формується в основному на каштанових ґрунтах та мають вміст гумусу 2 — 3%).

Тваринний світ сучасних степів сильно збіднений та фрагментований.

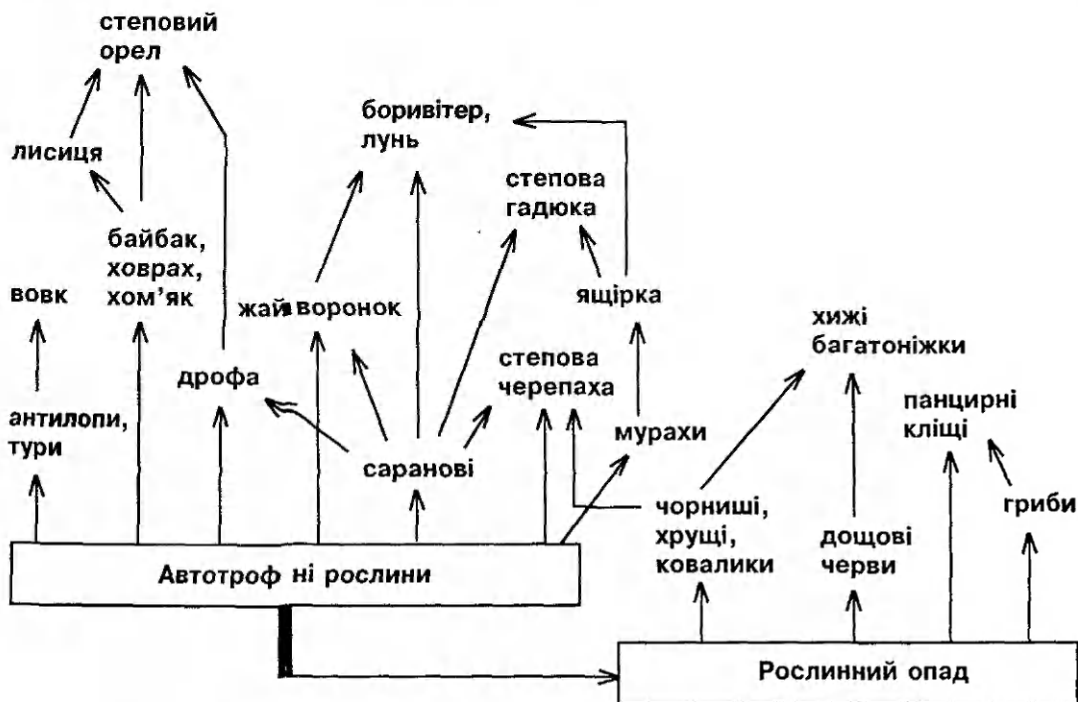
У нижніх ярусах степів травоїдні тварини представлені гризунами, що живляться насінням — це ховрахи та байбаки. Тут також поширені гризуни-ризофаги, що поїдають корені: кроти сліпаки. Вони переміщують величезні об'єми ґрунту в пошуках корму та

створюють у степах особливий мікрорельєф. Існує в степах декілька видів рослинних птахів з роду куроподібних (луговий тетерук, сіра куріпка, перепілка), а також жийворонки. Є тут і всеїдні птахи, наприклад, дрофа та хохітва. Хижі птахи представлені степовим орлом. Звичайні в степах гадюки, ящірки, степова черепаха. Степові птахи ряду видів віддають перевагу не польоту, а бігу. Так вони менш помітні для хижаків. У травостої проходить активне життя комах фітофагів та хижаків: сарани, цикад, пінявок, клопів, трипсів, метеликів.

Степи України зберігали багату фауну до 30-х років, але після колективізації та ліквідації меж суцільна оранка знищила місця мешкання багатьох видів тварин. Початкова цілина мала високе видове різноманіття тварин. Тут мешкали великі стада великих ссавців: дикі коні, антилопи, зубри, тури.

У зв'язку з чітко вираженою зміною літнього та зимового сезонів у ряду тварин спостерігається зимова сплячка. Спрощена трофічна мережа степової екосистеми наведена на **рис.29**.

1.4



**Рис.29.** Спрощена схема трофічної мережі степової екосистеми.

Для північної частини степів, де вони переходять у лісостеп, характерне своєрідне спільне помешкання степових та типово лісових видів тварин. Тут поруч можна побачити білу куріпку та тушканчика, рись та дрофу, білку та ховраха. У лісостепу тварини звичайно полюбують селитися та жити в лісі, а здобич шукати в степу. Така взаємопроникність степових та лісових екосистем є додатковою ілюстрацією континуальності біосфери.

Біомаса степових екосистем помірної зони вимірюється в межах 10 — 150 тонн/га, в середньому — 50 тонн/га. Річна біопродукція дорівнює 5 — 30 тонн/га. На долю зоомаси припадає 10 — 50 кг/г.а. У різні роки біопродукція змінюється від 36 до 72 ц/га.

Висока родючість ґрунту степів та сприятливий клімат спричинили те, що степова

зона стала найзручнішою для землеробства. Основна маса степових екосистем зараз повністю розорана.

## 4.6. Пустелі

Пустелі формуються в умовах континентального клімату з різкою перевагою випаровування над опадами. Розташовані вони головним чином у тропічному та субтропічному поясах. Типова пустеля — це спекотна, суха територія. Так, в пустелі Сахара зареєстрована температура повітря у затінку плюс  $58^{\circ}\text{C}$ , у каліфорнійській пустелі Долина Смерті —  $56,5^{\circ}\text{C}$ . У зв'язку з континентальним положенням пустелям характерні сильні добові коливання температур. Уночі в тій самій Сахарі прохолодно і температура може знижуватися до  $+10-12^{\circ}\text{C}$ . Кількість опадів не перевищує 250 мм на рік, а перевищення випаровування над опадами у 5-6 разів робить клімат вкрай посушливим.

У світі пустельні екосистеми займають 48,8 млн кв км, що складає 32% суходолу. Якщо до них ще приєднати близькі екосистеми напівпустель, то в сумі вони охоплюватимуть 43% суходолу. Найбільші пустелі світу — це Сахара (7 млн кв км) та Лівійська пустеля в Африці (2 млн кв км), Гобі в Азії (1 млн кв км), Великий Басейн в Америці (1 млн кв км).

**За характером ґрунту** пустелі підрозділяються на піщані, глинисті, кам'яністі, солончакові та ін. Ґрунтовий покрив малопотужний. Гуміфікація йде дуже повільно через нестачу рослинного матеріалу та низьку вологість.

**Рослинний покрив** пустель сильно зріджений. Біопродукція низька, запаси біомаси вимірюються до 2,5 тонн/га сухої органічної речовини. Життєві форми рослинних організмів відрізняються своєрідністю, що виробилася в результаті тривалої еволюції щодо ефективного отримання вологи та її економної витрати. Більшість рослин пустель дрібнолистякові, часто замість листків вони мають луски або колючки. На поверхні самих рослин розвивається потужний прошарок кутикули або кори. Листки в багатьох випадках сильно опушені. Кореневі системи рослин типових для пустель проникають у ґрунт на глибину 3 — 10 м. В окремих бобових чагарників корені проникають на глибину до 30 м.

Багатьом пустелям характерна весняна синюзія ефемерів та ефемероїдів, весь цикл активного росту та розмноження яких пов'язаний з коротким весняним, але найбільш вологим періодом року.

**Особливим елементом екосистем пустель є оази**, що знаходяться в дельтах рік та біля інших джерел води. В оазах рослинність утворена головним чином культурними формами, оскільки вони здавна були основним місцем поселення людини в пустелях. Вздовж річок у долинах ростуть в основному тополі, тамариск, лох, обліпіха.

**Домінуючі види рослин** пустель залежать від типу ґрунту та географічного положення самих пустель. В азіатських пустелях деревно-чагарникові форми представлені саксаулами, джузганом та дроком. Трави порівняно нечисленні. Це різні види аристиди та полину. Пустелям американського континенту притаманні різновиди кактусів та агав, які запасують воду в стеблах та листках. Злаки представлені бізоновою травою.

У місцях з трохи сприятливішим водним режимом пустелі переходять в напівпустелі. Зовні це проявляється в більш щільному злаковому рослинному покриві. Річна біопродукція тут вища.

**Тваринний світ** екосистем пустель бідний. Він так само, як і рослинність, сформувався під впливом дефіциту вологи. Тільки під час весняних та осінніх перельотів тут вирує життя: з'являються зграї качок, гусей, журавлів та інших птахів.

Корінні види тварин пустель тісно пов'язані з ґрунтом, де вони знаходять вологу та захист від спеки. Це плазуни, гризуни, терміти та земляні комахи. Багато видів тварин

виробили здатність зберігати вологу у вигляді жирових депо (горб верблюда, підшкірний жировий прошарок у гризунів, жирове тіло в основі хвоста тушканчиків тощо). Цей жир при біохімічному окисленні виділяє вільну воду, що необхідна для організму. Деякі види тварин залишають пустелю на період найспекотніших місяців, перебираючись на території, більш вологі та прохолодні.

Активність тварин пустель проявляється у нічні прохолодні години. Вдень тварини ховаються чи у ґрунті, чи, навпаки, піднімаються на верхівки гілок чагарників і дерев, де повітря прохолодніше порівняно з піском, розпеченим сонцем. У норах гризунів велика кількість птахів влаштовує свої гнізда.

Основні фітофаги пустель — верблюди, гризуни та черепахи. Листя активно поїдається різними видами саранових. Невелика кількість видів пристосувалася до поїдання коренів (ризофаги). Хижаків представлені шакалами, гієнами, в пустелі Африки заходять леви.

Детритний трофічний ланцюг екосистем пустель представлений термітами, чорнишами та скарабейми. Схема трофічної мережі пустель наведена на **рис.30**.

1.4



**Рис.30.** Спрощена трофічна мережа екосистеми пустелі

Тварини пустель завжди тяжіють до водойм. Внаслідок їх незначної кількості тварини змушені багато пити про запас. Вода, що отримується з великими труднощами, використовується бережливо з метою запобігання втрат води. Тіла тварин мають товстий хітиновий (комахи) або роговий (плазуни) покрив. Але в будь-якому випадку випаровування необхідне для охолодження тіла. Тому у багатьох видів спостерігається швидке дихання, роти та дзьоби утримуються відкритими. Саме з цієї причини вуха у тушканчиків та зайців великі. Деякі види взагалі не п'ють воду, задовольняючись тією водою, яку отримують з їжею (рослинною чи тваринною). Існують дуже цікаві способи забезпечення молодняка водою. Так, деякі види птахів, зокрема рябки, які гніздяться далеко від водойм, прилітають

на водопій та рясно змочують своє пір'я Після цього швидко повертаються до гнізда, де їхні пташенята смочуть вологе пір'я і таким чином отримують необхідну воду

Чиста біопродуктивність в пустелях не перевищує 0,2 кг/м<sup>2</sup> на рік, при цьому 75% біомаси зосереджено у ґрунті

Сучасні екосистеми пустель несуть значний відбиток діяльності людини Інтенсивний випас худоби та інші види господарської діяльності сильно порушили рослинний покрив та збіднили тваринний світ Великих збитків завдає ерозія ґрунтів

## 4.7. Екосистеми луків

За думкою **В.В.Альохіна** (1925), луки належать до азональних природних екосистем Це означає, що в їхньому формуванні провідну роль відіграє не клімат, а рельєф та ґрунт Типові луки розвиваються в заплавах річок і їх називають заплавними Вигляд заплавних лук в багатьох випадках визначається характером річкових відкладів

Заплавні луки розміщуються в різних кліматичних зонах Вздовж течії північних річок вони сягають зон тайги та тундри, вздовж течії південних річок — степів та пустель У залежності від положення у самій заплаві екосистеми луків можуть розміщуватись на дуже родючому або дуже бідному ґрунті Відповідно такі біотопи можуть бути або сухими, або перезволоженими Стосовно цього в заплавах розрізняють три основні частини 1) прируслова частина з крупнопіщаних відкладів з низькою родючістю та швидким висиханням субстрату, 2) центральна частина заплави з родючими мулистими відкладами, 3) притерасна заплава з дрібномулистими відкладами, перезволожена або навіть заболочена

**Ґрунти луків** дернові, лугові У заплавах стелових річок вони засолені У таких випадках виникають солончакові луки з ячменем короткоостим, подорожником та ситником Жерара

Неабияку роль для лугових екосистем має режим розливу рік У ріках, що мають витоки на рівнинах, повинь спостерігається весною, а в ріках, що стікають з гір, — у середині літа, коли починається сходження снігу У ріках України через масове вирубування лісів повені стали малими, а в певні роки взагалі не спостерігаються

**Рослинний покрив** луків формується за рахунок багаторічних дводольних трав та злаків У прирусловій заплаві ростуть довгокореневищні види (стоколос безостий, пирій, кунічник наземний) У центральній частині заплави зазвичай розвивається багатий травостій з дернових злаків, бобових та різнотрав'я У притерасній заплаві переважають осоки, очерет та комиш Згідно з **Д.Я.Афанасьєвим** (1965), на луках Дніпра травостій має такий склад багаторічні трави — 69%, дворічні та багаторічні трави — 1,3%, типові дворічні — 6,7%, однорічні та дворічні види — 3,6% та однорічні трави — 19% У залежності від кліматичної зони, в якій розташовані луки, до їх складу можуть входити тундрові, лісові або степові види

**Фауна луків** не відрізняється специфічністю Їх у багатьох випадках складають окремі зональні фауністичні комплекси На луках часто оселяються кроти, полівки

Значна частина екосистем луків є результатом діяльності людини, яка вирубує ліс, сприяє формуванню луків В Україні суходільні луки не займають великих площ Всього в Україні нараховується 6,8 млн га природних луків Лугові екосистеми відрізняються одна від одної залежно від зонального положення На території України чітко виділяються луки заплав у лісовій зоні, луки заплав середньої течії Дніпра та Сіверського Дінця, луки заплав лісостепових річок, луки заплав плавнів Дніпра, Дунаю та Дністра

Луки скрізь використовуються у сільському господарстві і дають у середньому 12 — 14 ц/га сіна або 6 — 8 ц/га пасовищного корму на рік До складу флори лук України входить більш ніж 500 видів судинних рослин

Заплавні луки здавна використовують як сіножаття та для випасу худоби Їхній природний характер із цієї причини в значній мірі втрачений

## 4.8. Болота

Болотні екосистеми, як і лугові, є азональними. Вони виникають в місцях сильного перезволоження ґрунту. У таких випадках детритний трофічний ланцюг вкорочується та не завершується утворенням гумусу. Рослинний опад накопичується з року в рік у напіврозкладеному стані та утворює торф.

Загальна площа боліт Землі становить 350 млн га. Торфова маса погано прогрівається, бідна на мінеральні речовини, і тому рослинний покрив боліт в цілому досить убогий. Болотному ґрунту характерна так звана «фізіологічна сухість». При загальній високій вологості корені рослин ледь отримують з нього воду. Перешкодою є низька температура торфової маси та насиченість води гуминовими кислотами. Відповідно до основних характеристик боліт вони підрозділяються на три види: а) низинні, б) перехідні, в) верхові.

**Низинні болота** виникають у місцях виходу ґрунтових вод або на місці озер. Рослинний покрив таких боліт формується з осоки, очерету, рогозу та комишу. Вони є основними торфоутворювачами. Часто такі болота мають розріджений деревостій з вільхи та верби. У низинних болотах мінералізація досить виражена, а болота такого типу визначаються як ефототрофні.

**Верхові болота** утворюються головним чином на водотривких гірських породах за рахунок атмосферних опадів, але вони ще можуть виникати й на місці низинних боліт. Основу рослинного покриву верхових боліт складають сфагнові мохи. Після відмирання формується торф, потужність залягання якого може сягати 5 м. Сфагновий торф погано піддається гуміфікації та мінералізації, тому ґрунти таких боліт дуже бідні, а болота називаються оліготрофними.

**На сфагнових болотах** може розміщатися розріджений сосновий деревостій. Ростуть тут також чагарники та чагарнички: андромеда, касандра, баглиця та чорниця. Часто зустрічається журавлина. Видове розмаїття вкрай низьке. На 1 кв. м тут нараховується лише 2—5 видів рослин.

**Перехідні болота** є стадією переходу від низинних до верхових боліт. Часто вони розміщуються навколо верхових боліт. За вмістом поживних речовин вони також займають проміжне положення та називаються мезотрофними. Для їхнього рослинного покриву характерна більша кількість осоки.

**Болотні екосистеми небагаті на тварин.** Найчастіше тут зустрічаються птахи.

У розміщенні боліт прослідковується загальна закономірність. У зоні лісотундри представлені головним чином бугристі болота. У тайговій зоні переважають аапа-болота, що являють собою грядово-мочажні комплекси з увігнутою поверхнею. У таких комплексах чергуються евтрофні, мезотрофні та оліготрофні гряди. Деревина тут не росте. На крайньому півдні тайгової зони з'являються опуклі грядово-мочажні болота. У лісостепу та степу болота евтрофні, осокові та очеретяні. На півдні степової зони та в пустелях розвиваються зволожені трав'яні болота.

В Україні болота можна спостерігати в усіх трьох природно-кліматичних зонах. В Українському Поліссі найбільш поширені оліготрофні сосново-сфагнові та евтрофні трав'янисті болота. У лісостепу України частіше зустрічаються евтрофні осокові та очеретяні болота. У степу їм на зміну приходять прісноводні чи засолені трав'янисті болота. У цілому в Україні можна виділити три основні райони поширення боліт:

- а) поліські сфагнові болота,
- б) поліські та лісостепові трав'яно-гіпнові болота,
- в) поліські лісові болота.

Всього болотних формацій в Україні налічується 53.

Запаси біомаси в болотних екосистемах вимірюються в межах 90—1770 ц/га. Болотні екосистеми відіграють у біосфері виняткову роль. Вони є накопичувачами прісної води та,

займаючи всього 2% площі суходолу, утримують в зв'язаному вигляді (у формі торфу) 14% вуглецю З боліт починається більшість річок Особливо важлива роль боліт як своєрідних фільтрів або ж очисних систем, що затримують в шарі торфу різноманітні ксенобіотики та нітрати, які потрапляють разом із стічними водами та атмосферними опадами

На болотах збирають ягоди Врожаї журавлини досягають 100 — 1000 кг/га Після осушення боліт на них заготовляють сіно або випасають худобу

## 4.9. Прісноводні екосистеми

Прісноводні екосистеми широко представлені на всіх континентах Ріки та озера Землі вміщують 116 куб м води Основна частина цієї води прісна, хоча деякі внутрішні водойми мають солону воду (це характерно для жаркого та сухого клімату)

У прісноводних озерах завжди виділяють три частини, які можна розглядати як окремі екосистеми Це прибережна частина — **літораль**, глибоководна частина — **профундаль** та основна товща води — **пелагіаль** Найбільш заселена живими організмами — **лектораль** Прибережні зони будь-яких водойм є їхніми головними трофічними областями Окрім напівзанурених рослин, у водоймах живуть придонні організми, які складають бентос, та планктон, що плаває у товщі води Продукція більшості водойм часто лімітується нестачею біогенних мінеральних речовин Річ у тім, що життя зосереджене у верхніх шарах води, де є достатньо сонячного світла, а мінеральні речовини надходять з придонних шарів Верхні та нижні прошарки води розділені між собою так званним тремоклином, що особливо чітко проявляється у водоймах субтропічного та тропічного поясів Термоклин перешкоджає вертикальному водообміну та призводить до дефіциту мінеральних речовин у поверхневих шарах води

**Літораль** характеризується наявністю великої кількості прикріплених рослин — макофітів Фауна представлена комахами та їх личинками З моллюсків часто зустрічаються ставковики та плоскі котушки На дні живуть жабурниці Багата і фауна хижаків Тут зустрічаються п'явки, водяні клопи, плавунці Численні личинки бабок, одноденок, комарів

У прибережній частині озер звичайними є такі види риб, як плітка, краснопірка, лин, дикий короп, колюшка Хижі риби представлені щукою, окунем та судаком Прибережна частина озер є звичайним місцем помешкання жаб, тритонів, вужів та гадюк

Придонна частина озер майже не має рослин, вода мало рухома і зберігає протягом майже всього року температуру +4° С Фауна таких місць збіднена Вона представлена в основному личинками комарів-дзвонців та моллюсками

**У пелагіалі** рослини представлені планктном із синьозелених, діатомових та зелених водоростей, макрофітами, що плавають (*елодея*, *рдести*) Усі живі організми мають різноманітні пристосування, що допомагають їм утримуватися в товщі води У рослин — це парашутоподібні вирости, крапельки жиру в тілі, тварини активно плавають У пелагіалі водяться озерна форель, сигові риби Тут багато хижих коловерток, веслоногих рачків та циклопів

**Рослинний та тваринний світ озер** у багатьох випадках визначається наявністю у воді поживних речовин За цією ознакою озера поділяються на евтрофні, що багаті на азот, фосфор, оліготрофні, бідні на азот і фосфор (нітратів менше 1 мг/л) та проміжні між ними озера — мезотрофні Фауна риб суттєво відрізняється в цих трьох типах озер Для оліготрофних озер характерні сиви, гольці, окуні, щука та плітка В евтрофних озерах живуть види, які стійкі до частого тут дефіциту кисню — короп, лин, карась, плітка та лящ

У розвитку річкових екосистем основну роль відіграють характер дна та берегів, температура води та швидкість течії У прибережній частині струмків та річок ростуть звичайні для цих місць очерети, комиші, лепешняки та стрілолист У товщі води плавають елодея, латаття При зростанні швидкості течії до 0,3-0,6 м/сек та більше товща води вже не зростає Для річок планктон не характерний, оскільки зноситься течією



**Річкова ентомофауна** досить різноманітна. Тут чимало водяних комах та їхніх личинок. Часто зустрічаються рачки-бокоплави. Вздовж течії рік спостерігається своя закономірність у розподілі іхтіофауни. У витоках чистих рік з прозорою водою живе форель. У середній течії основними видами є харіус та вусач, тут звичайні лини та головань. У нижній частині рік, де течія сповільнюється, до складу іхтіофауни входять лящ, короп, щука та верховодка.

Трофічні ланцюги прісноводних екосистем та особливо річок короткі через відсутність багатой кормової бази. Вони починаються з автотрофних рослин та закінчуються в пасовищних трофічних ланцюгах хижими рибами, а в детритних трофічних ланцюгах — мікроорганізмами.

На території України зареєстровано 71 тисяча річок, що мають загальну довжину 243 тис. км. Більшість рік належить до басейнів Чорного та Азовського морів. В Україні 3 тисячі озер із загальною площею водного дзеркала 2 тис. кв. км. Окрім цього, країна має 23 тис. ставків та водосховищ, особливо їх багато в районі середнього та нижнього Дніпра.

Ріки та озера України вміщують у собі 195 видів водяних макрофітів (Дубина та ін., 1993), а також багато тисяч видів водоростей. В Україні є 57 водних рослинних формацій. Водні екосистеми є важливим національним багатством. Це і сховища прісної води, і джерела різноманітної продукції, і місця відпочинку населення.

1.4

## 4.10. Принципи екологічного районування

Усі природні екосистеми так або інакше відношенні використовуються людиною. Рациональність використання визначається правильними виділеннями типів екосистем та зв'язком із ними регіональних виробничих об'єктів.

Розчленування земної поверхні та неповторні за комплексом екосистем частини називають районуванням. Існує ряд типів районування, що відрізняються принципами, покладеними в основу оцінок подібності та відмінності екосистем. Найпопулярніші такі типи районування:

- а) галузеве, що ведеться за переважним видом використання екосистем,
- б) комплексне районування, що враховує природні особливості та вид господарського використання,
- в) екологічне, що базується на фундаментальних особливостях екосистем.

При використанні природних багатств екосистем нерідко здійснюють ресурсне районування, що виділяє ті чи інші просторові одиниці, які мають подібні види ресурсів та приблизно однакову їх кількість. Так, наприклад, при заготівлі лікарських рослин використовують ресурсне районування, що відображає запаси конвалії, валеріани та інших видів лікарських рослин.

Результати районування представляють у вигляді карт або схем. В останні роки з метою об'єктивізації районування використовують математичні моделі та комп'ютерну техніку. Правильно зроблене екологічне районування та наступне розумне використання природних ресурсів забезпечує тривале та стійке збереження природних екосистем.

### **Опрацювавши цей розділ, Ви повинні вміти:**

1. Визначити, що таке біом.
2. Перерахувати основні біоми та екосистеми Земної Кулі.
3. Назвати основні лісові райони України та описати їхні особливості.

4. Пояснити причини високої видової різноманітності екосистем тропічних дощових лісів
5. Показати, в чому проявляється азональність лугових екосистем
6. Перерахувати, чим корисні болота для людини
7. Назвати відмінності між низинними та верховими болотами

**Питання для самоперевірки та обговорення:**

1. Чи однакова біопродукція різних екосистем, та в чому причини різниці рівня біопродукції?
2. Обговоріть значення видової різноманітності щодо функціонування екосистем з точки зору трофічних ланцюгів
3. Які основні фактори обмежують розмір біопродуктивності тундрових екосистем?
4. Проаналізуйте трофічний ланцюг змішаного та листяного лісу Спробуйте його доповнити
5. Проаналізуйте трофічний ланцюг степової екосистеми Спробуйте його доповнити.
6. Які основні фактори лімітують розміри біопродуктивності пустель?
7. Обговоріть позитивні та негативні сторони осушення боліт

## Розділ 5

# ПОПУЛЯЦІЇ

### 5.1. Поняття популяції

У самих загальних рисах під **популяцією** розуміють реально існуючу в природі групу організмів одного біологічного виду, що займає певну територію та відрізняється наявністю серед цих організмів функціональних зв'язків та спільності структур. Як і більшість понять екології, термін «**популяція**» неоднозначний. Спеціалісти різного профілю, виділяючи популяції у природі, користуються різними критеріями.

У генетиці популяції розглядають як структурні одиниці, що утворюють таксономічний вид. Обов'язковою умовою виділення окремої популяції в цьому випадку є наявність вільного обміну генами серед усіма особинами даної популяції, що забезпечує спільність генофонду. Такі популяції називають **менделівськими**. Вони невеликі за розмірами. Річ у тім, що у рослин при вітрозапиленні та при запиленні комахами пилок розноситься, як правило, на невеликі віддалі. У вітрозапильних чагарників та дерев вона не перевищує 100 — 150 м. В ентомофільних рослин комахи можуть розносити пилок на віддалі, не більш за 1 — 3 км, але звичайно взяток береться в радіусі всього декількох сот метрів. Невеликі шлюбні території й у тварин.

У менделівських популяціях особини теоретично повинні бути повністю ідентичні. Але звичайно це не спостерігається. Така ідентичність має місце лише тоді, коли живі організми розмножуються нестатевим шляхом або автогамно. Так формуються популяції кореневищної рослини пірью, гермафродитних тварин типу паразитичного ціп'яка або партеногенетичних скельних ящірок.

У ботаниці критеріями виділення популяції служить її розміщення в межах певного біоценозу. Такі популяції називають **ценотичними**. Розміри ценопопуляцій можуть бути різними. У невеликих ценозах вони невеликі, а в монотонно-однорідних типу тайгового лісу можуть охоплювати території у сотні та тисячі гектарів і складатися з багатьох мільйонів особин.

В екології та зоології популяції частіше виділяють за ознаками їхнього розподілу на певній території та достатній відмежованості від популяцій того ж виду. У цьому випадку популяцію називають **локальною**.

Механізми ізоляції окремих популяцій бувають двох типів: а) територіальні та б) репродуктивні. У першому випадку межами між популяціями виступають певні бар'єри: гірський хребет, річка і т.п. У другому випадку ізоляцією є неможливість схрещування між особинами різних популяцій. Наприклад, особини конюшини гірської на південному та на північному схилах одного й того ж пагорба можуть належати до різних популяцій, оскільки на північному схилі цвітіння починається тоді, коли цвітіння на південному схилі вже пройшло.

**Популяція** — це реальна біологічна одиниця, у формі якої існують види рослин, мікроорганізмів та тварин. Кожна популяція може бути охарактеризована певними ознаками — популяційними параметрами. Основні з них такі: а) **чисельність** — загальна кількість особин, що входять до складу даної популяції, б) **щільність** — кількість особин, що припадає на одиницю території або одиницю об'єму простору, що займає популяція, в) **запас біомаси популяції** в цілому та в розрахунку на одиницю площі чи об'єму, г) **народжуваність** — число нових особин, що з'являються в популяції при народженні, д) **смертність** — кількість особин, що відмирають у певний проміжок часу, е) **ріст популяції** — співвідношення народжуваності та смертності, що призводить до збільшення або зменшення чисельності.

особин у популяції. Важливим атрибутом будь-якої популяції є також її просторова структура, яка проявляється в особливостях розміщення особин на площі популяційного поля.

Розуміння законів життя популяцій досить важливе для екології. Популяції — це саморегульовальні біосистеми з певними межами саморегуляції та стійкості. Всі живі організми в природі існують лише у формі популяцій. Популяційна екологія має широке прикладне значення.

## 5.2. Особливості популяцій рослин та тварин

Популяційна екологія рослин та тварин розвивалася практично паралельно, що в цілому сприяло прогресу в цій галузі знання, але затінило більшість важливих особливостей цих двох царств живих організмів.

Між рослинами та тваринами існує чимало глибоких відмінностей (табл. 5). Проявляються вони на рівні окремих особин, та на популяційному рівні. Найбільш важливі в галузі екології особливості рослин, що виходять з їхнього нерухомого способу життя та відсутності у багатьох видів рослин чітких меж серед окремих особин. У тварин, завдяки рухомості, існує можливість вибору місць для помешкання та розмноження. Це може знімати стреси, що викликані несприятливою дією екологічних факторів, дефіцитом ресурсів або локальним переселенням, шляхом міграції. Рослини таких можливостей не мають. Вони реагують на стресові фактори іншим чином — пластичністю розмірів та форм. Це забезпечує сам принцип організації їх тіла з модулів, тобто пагонів.

**Таблиця 5. Характеристика рослин та тварин, що зумовлена їхніми відмінностями на популяційному рівні.**

Рослини	Тварини
Межі особин не завжди чітко визначені, і як структурні елементи популяції виступають і генети, і рамети.	Межі особин чітко визначені.
Мають, як правило, необмежений ріст за рахунок меристем, що зберігаються протягом всього життя і призводять до наростання фітомаси даної популяції в період життя особин.	У більшості випадків (ссавці, комахи) завершують ріст у фазі репродуктивної зрілості або раніше, що забезпечує порівну стабільність біомаси в популяціях статевозрілих особин.
Володіють модульною структурою, при якій елементами тіла виступають пагони.	Модульна структура відсутня.
У певному віці особини можуть відрізнятись одна від одної за розмірами.	Одновікові особини мають практично однакові розміри.
Щільність популяції зберігається протягом періоду існування особин, що входять до її складу, змінюючись лише за рахунок народжуваності та смертності.	Щільність популяції сильно змінюється у часі за рахунок міграції особин.
Зовнішні фактори неоднаково впливають на різні особини популяції через різницю в розмірах та екологічні ніші.	Зовнішні фактори по-різному впливають на особини однієї вікової групи лише за умов їхньої фенотипічної або генетичної відмінності.
У зв'язку з прикріпленим способом життя рослин для них важливим є онтогенетичні адаптації до екологічних та ценотичних факторів.	Здатність до міграцій дозволяє тваринам уникати небажаних (несприятливих біотипів, не вдаючись до морфогенетичних адаптивних механізмів.
Заселення популяційного поля в ряді випадків йде за рахунок «насінневих банків», що зберігаються у ґрунті.	Резервні групи такого типу відсутні.
Відсутня активна турбота про потомство.	Є численні форми турботи про потомство.

Для забезпечення генеративного розмноження рослин потрібні посередники, які забезпечують транспорт як гамет до місць запилення, так і насіння до місць їхнього майбутнього проростання. У тварин розмноження є процесом індивідуальним і на цей період материнські особини, напроти, максимально ізолюються, скорочують свою екологічну нішу. Тут, особливо на найвищих ланках еволюції, діє широкий набір форм труботи про потомство.

Зовсім інакше складається у тварин та рослин внутрішньо-популяційна ієрархія. Асиметрія стосунків (коли дві сусідні особини впливають одна на одну по-різному), що зумовлена різною різноманітністю особин рослинного царства. Так, і саме поняття особин у рослин та тварин не збігається. Особина в царстві тварин (за винятком лише небагатьох форм, наприклад, коралів) — це завжди генет, тобто безпосередній продукт злиття гамет. У рослин це не завжди так. У тварин генет завдяки дезінтеграції та автономізації дає самостійні організми — рамети.

### 5.3. Екологічні ніші

1.5

Кожна популяція існує в певному місці, де поєднуються ті чи інші абіотичні та біотичні фактори. Таке місце помешкання виступає як своєрідна «адреса» популяції. Якщо вона відома, то існує ймовірність знайти в даному біотипі саме таку популяцію.

Але кожна популяція може бути охарактеризована ще і її екологічною нішею. Екологічна ніша є функціональним поняттям. За уявленнями спеціалістів, які розробили концепцію екологічної ніші, вона є тим діапазоном умов, за яких живе та відтворює себе популяція. При цьому екологічна ніша сприймається не як об'єм фізичного простору, а як характеристика популяції стосовно всієї системи абіотичних та біотичних факторів, при яких вона може існувати.

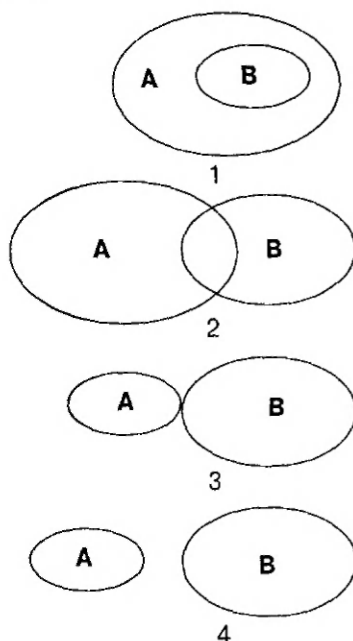
Щодо кожного конкретного фактору чи умов життя кожен **вид** має свою амплітуду, при якій він може існувати. Але оскільки факторів існування у тварин та рослин багато, то екологічну нішу можна уявити собі як область в багатомірному просторі факторів, при яких може існувати дана популяція.

Кожній популяції характерна фундаментальна екологічна ніша, що представляє собою комплекс екологічних факторів, необхідних для даного виду при відсутності конкурентів. Цей тип ніші відповідає потенційним можливостям виду. На відміну від цього реалізована екологічна ніша охоплює ту амплітуду умов, яка доступна виду в присутності його конкурентів. Реалізована ніша, як правило, в тій чи іншій мірі менша фундаментальної.

Співвідношення між екологічними нішами різних популяцій можуть бути дуже різноманітними: від збігання екологічних ніш до повного розмежування (**рис. 31**). У межах власної екологічної ніші кожна популяція є найбільш сильним конкурентом. Тому двом різним популяціям з однією і тією ж нішею разом уживатися важко. У біоценозах постійно йде процес диференціювання видів за екологічними нішами.

Диференціювання за екологічними нішами є дуже важливим механізмом утворення угруповань рослин та тварин. Воно забезпечує співіснування видів в одному і тому ж біоценозі. Видове різноманіття завжди вище тоді, коли процес диференціації ефективний, що прослідковується в мозаїчних багатих біоценозах. У тварин механізм диференціації за екологічними нішами часто буває досить сильним. Рослини, навпаки, часто мають подібні екологічні ніші, оскільки в принципі у них однакові джерела живлення — сонячна радіація, вода, поживні речовини ґрунту. Але й тут завжди є диференціація: види можуть займати різні яруси, з метою пом'якшення конкуренції за опилувачів, або квітнуть вони в різний час, і т.п. При конструюванні штучних біоценозів прийняття до уваги процесу диференціювання за екологічними нішами забезпечує створення стійких угруповань та отримання більшої кількості біопродукції. Так, для забезпечення високих та стабільних з

року в рік врожаїв зеленої маси здавна практикувалися посіви суміші трав та бобових (наприклад, конюшина та тимофівка). У таких сумішах рослини суттєво диференційовані за різними екологічними нішами: бобові споживають в основному фосфор, злаки — азот, немає конкуренції за запилювачів.



**Рис.31.** Можливі співвідношення між екологічними нішами видів А та В: екологічні ніші можуть повністю накладатися одна на одну (1), частково збігатися (2), стикатися (3) або бути повністю розділеними (4).

#### 5.4. Співіснування популяцій — норма їх існування

Взаємовідносини між видами рослин та тварин складають широкий спектр взаємодій від несприятливих до взаємодопомоги. З часів Ч. Дарвіна в співіснуванні популяцій перш за все вбачали боротьбу — **конкуренцію**. Дійсно, обмеженість ресурсів та високі потенціали розмноження неухильно ведуть до змагання між організмами. Біоценози практично завжди є багатовидовими біологічними системами. Тому кожна окрема популяція зазнає з боку всіх інших популяцій біоценозу сумарний конкурентний тиск. Цей ефект називають **дифузною конкуренцією**.

Дифузній та попарній конкуренціям надається велика роль в організації біоценозів. На формування такого погляду великий вплив мали класичні дослідження **Г.Ф.Гаузе** (1934). Він зробив серію дослідів з двома видами інфузорій, які відрізнялися одна від одної здатністю захоплювати їжу. Виявилось, що під впливом конкуренції один вид, конкурентно слабкіший, повністю випадав із популяційної суміші двох видів. Важливий екологічний механізм, що діє в такому випадку, отримав назву «**принципу конкурентного виключення**». Цей принцип діє серед популяцій різних видів тварин та рослин. Так, у прісних водоймах один вид ряски *Lemna gibba* витісняє інший вид ряски *L. polyrrhiza*.

Однак, численні спостереження в природі показали, що конкурентні види існують в одних і тих же угрупованнях. Очевидно, що конкуренція, хоч і пригнічує партнерів та

звужує їхні реалізовані екологічні ніші, однак не веде до повного випадання їх з біоценозів. Співіснування біологічних видів рослин та тварин з досить однаковими вимогами стосовно довкілля є екологічною нормою.

Існує чимало механізмів забезпечення співіснування популяцій різних видів. Види використовують різні ресурси, та якщо характер необхідних їм ресурсів однаковий, то вони використовують їх в різний час. Найбільш відомий приклад — розподіл хижих тварин на нічних та денних. Це зокрема такі пари зі спорідненим положенням у трофічних ланцюгах: сови — соколи, коники — цвіркуни та ін.

Оскільки найбільша потреба в ресурсах у всіх рослин припадає на період їх цвітіння, у популяції різних видів рослин, що ростуть разом, саме цвітіння розмежовується у часі. Такий же механізм робить менш гострою конкуренцію за опилувачів. Пом'якшує конкурентні взаємовідносини територіальність у тварин та ярусність у рослин: простір підрозділяється так, що конкуренти, які співіснують, використовують його різні ділянки.

1.5

## 5.5. Стратегії життя рослин та тварин

Світ живих організмів надзвичайно різноманітний. Різноманітні не лише форми або розміри істот, різноманітні пристосування, завдяки яким рослини та тварини вирішують свої головні проблеми — виживання та розмноження. Перш за все у різних видів живих організмів дійсно різні розміри тіла. Це має не останнє екологічне значення. Великі рослини та тварини більш стійкі і мають більше можливостей зберегти свої функції при зміні умов існування. Великим тваринам легше впоратися зі здобиччю або протистояти хижакам. Зате дрібні за розмірами організми потребують менше речовин та енергії на реалізацію своїх життєвих функцій, їм легше знайти укриття або сховатися від хижака.

Неоднаково вирішують різні види живих істот і проблему розмноження. Велика кількість видів бамбуку цвітуть та плодоносять тільки раз у житті, в очерету та яблуні це повторюється щорічно. Деякі види тварин народжують лише одного-двох потомків, а інші — десятки і навіть сотні. Досить широко змінюється і сама турбота про потомство.

У багатьох випадках вся різноманітність форм життя визначається доцільністю витрат речовин та енергії на ті чи інші структури або процедури. Завжди є альтернатива — спрямовувати наявні в організмі ресурси на збільшення власного тіла або витратити їх на потомство. Що ліпше, мати нечисленних, але великих та стійких потомків або дрібних, але у великій кількості. Спробу знайти закономірність у вирішенні в процесі еволюції живих організмів робить концепція **r-** та **K-доброру**. Ця концепція була сформульована **Р.МакАртуром** та **Е.Уілсоном** (1967), але в найбільш повній мірі розвинута **Е.Піанкою** (1981).

У позначеннях, прийнятими цими авторами, **r** — справжня (миттєва) швидкість росту популяції, **K** — означає максимальну щільність популяції, тобто число особин у розрахунку на одиницю площі, при якому чиста швидкість розмноження дорівнює **1**, а **r=0**.

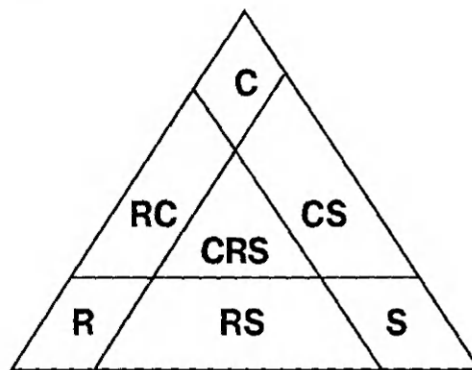
Було показано, що еволюція в нестабільному середовищі сприяє збільшенню **r**, а знаходження популяції в умовах її рівноваги з середовищем — до збільшення **K**. У крайніх варіантах **r-види** — це невеликі організми, з коротким періодом індивідуального життя, що спрямовують більшу частину речовин та енергії на формування органів розмноження. Головна риса стратегії їхнього життя — розмноження. Навпаки, **K-види** є великими організмами з тривалим життям. Вони пізно приступають до розмноження та витрачають на нього лише малу частку наявних ресурсів. Головна риса їхньої життєвої стратегії — виживання особин та контроль території, якою вони володіють. Більш по-

вна порівняльну характеристику **r**- та **K**-стратегів наведена у *табл.6 Е.Піанка* підкреслював, що визначити тип стратегії якого-небудь організму можна тільки в порівнянні з іншими

**Таблиця 6. Порівняльна характеристика r- та K-видів**

<b>r-види</b>	<b>K-види</b>
Значення показника <i>r</i> (природжена швидкість росту популяції) високе	Значення показника <i>r</i> низьке
Швидкість розмноження однакова в популяціях різної щільності	Швидкість розмноження падає із зростанням щільності
Вид займає дану територію тимчасово	Вид займає дану територію на тривалий час
Процес розселення швидкий	Процес розселення повільний
На продукцію зачатків розмноження витрачається більша частина біомаси організму	На продукцію зачатків розмноження витрачається невелика частина загальної біомаси організму
Особини дрібні	Особини великі
Переважно недовговічні організми	Тривалість життя організмів велика
Мало спеціалізовані форми	Часто спостерігається вузька спеціалізація
<b>Приклади:</b> блакитна синиця, бактерії хвилястий папуга, однорічні трави	<b>Приклади:</b> кондор альбатрос дерева, чагарники

У сучасній екології отримала поширення ще й інша, суто емпірична система оцінки стратегії життя. Вона була запропонована англійським вченим *Д.Граймом* (1974), та пізніше розвинута *Б.М.Міркіним* (1985). Суть цієї системи добре ілюструє *рис.32*. Для позначення типів стратегій використовуються латинські літери. За системою *Д.Грайма* виділяють три основні стратегії та чотири проміжні. Основні стратегії відповідають кутам «трикутника стратегій»



**Рис.32.** Трикутник стратегій Дж. Грайма

**C** — конкуренти, **R** — рудерали, **S** — стрес-стійкі організми  
Поєднання букв **CRS** означає різні варіанти проміжних стратегій

**C-стратегія реалізується видами-конкурентами.** Це тварини та рослини з високою конкурентною спроможністю. Вони живуть у стабільних умовах і погано переносять



порушення середовища. Фундаментальна та реалізована екологічні ніші у **C**-стратегів близькі між собою, типовими видами-конкурентами є, наприклад, бук Карпатських лісів, слон та лев африканських саван.

**S-стратегія відповідає стрес-стійким організмам**, які пристосовані до життя в умовах частих порушень біотопів. У цих рослин та тварин фундаментальна та реалізована екологічна ніші також близькі між собою. Кожен зі стрес-стійких видів пристосований до стресу певного виду. Універсальної стрес-стійкості немає. Прикладом стрес-видів можуть служити ящірки, саксаул.

**R-стратегія характерна рудеральним організмам**, які мешкають у відкритих біотопах. Вони мають високі репродуктивні можливості та швидко заселяють такі біотипи. Конкурентна здатність у них низька. Але зате рослини з рудеральною стратегією мають великі «грунтові банки» насіння. Типовими **R**-стратегіями є ворона, щиріця та інші бур'яни.

Стратегія життя є не стільки властивістю видів, скільки властивістю популяції. Існує чимало випадків, коли популяції одного й того ж виду реалізують різні стратегії. Очерет в плавнях веде себе як типовий **C**-стратег, але його популяції на засолених ґрунтах реалізують вже **S**-стратегію. **C**-стратегом в лісовій зоні є дуб, але в південних насадженнях його популяції виявляються **S**-стратегіями.

1.5

## 5.6. Розмір популяції

Розмір популяції характеризується загальною кількістю організмів у популяції та запасом видоспецифічної біомаси. За своїми розмірами популяції живих організмів надзвичайно різноманітні. До того ж розмір популяції не постійна величина. Він дуже змінюється за сезонами та роками. Особливо характерні такі зміни для сукцесійних угруповань. У клімаксових угрупованнях, навпаки, розмір популяції більш стабільний.

Розмір популяції залежить від ємності біотипу популяції даного виду та ряду внутрішньопопуляційних властивостей. Серед останніх особливо важлива тактика репродукції. Тут можливі два варіанти. Перший полягає в продукції більшої кількості потомків за кожним актом розмноження, та другий — у продукції малої кількості потомків, але більшої життєздатності. При обмеженості матеріальних ресурсів ці варіанти репродуктивної тактики альтернативні. У попелиці потомство від однієї самиці налічує сотні особин, а лосі приводять у рік 1-2 потомків. При цьому вся популяція попелиці може розміщуватися на одній зараженій рослині (наприклад, сосні), а популяція лося займає територію в десятки квадратних кілометрів. В еволюції кожного виду виробляється свій специфічний варіант розмноження.

У цілому, розмір кожної популяції є результатом динамічної рівноваги її здатності до розмноження і тим опором, який чинить даній популяції навколишнє середовище.

Чисельність особин у популяціях рослин та тварин у різні роки сильно коливається. У рослин в окремі роки популяція може бути взагалі представлена лише насінням у ґрунті. Досить велика амплітуда коливань чисельності тварин у різні роки. Розмір популяції травневих хрущів може змінюватися в 1 млн разів, у кролів — у сотні разів, у копитних — у десятки разів. Наявність хвиль чисельності популяцій є загальним біологічним законом існування популяції.

Але в цілому даних про розмір популяцій рослин та тварин ще дуже мало. Це суттєво гальмує рішення питання про допустимі величини вилучення особин та біомаси популяцій при їх господарському використанні.

## 5.7. Просторова структура популяції

Кожна популяція розміщується в тому чи іншому просторі. У рослин у зв'язку з прикріпленим способом життя він легко й наочно визначається та називається **популяційним полем**. У тварин також завжди існує територія, що використовується особинами популяції, вони її контролюють, оберігають від вторгнення інших особин цього або навіть й інших видів тварин. Територіальність слабкіше виражена у травоядних тварин, завдяки більшій доступності кормів, та більш сильно — у хижих видів зі спеціалізованим харчуванням. Характерно, що тварини ніколи не охороняють корм (за винятком хижаків на момент споживання жертви), охороняється територія, на якій може потенційно бути добутий потрібний тип корму.

Кожне популяційне поле рослин та кожна територія проживання тварин мають свою **екологічну ціну**. Вона визначається наявністю ресурсів та умов, необхідних для життя, та відсутністю факторів, несприятливих для живих організмів. Чим більший розмір контрольованої території, тим більша потенційна кількість там кормів. Але із збільшенням розміру території ростуть витрати часу та енергії на її обхід та захист. Тому у тварин розмір території, на якій вони живуть, визначається як компроміс між цими двома тенденціями. Очевидно, що з погляду економії енергії ідеальним варіантом є вузько локальна територія, якби вона забезпечувала організм усім необхідним. У такому випадку немає ніяких витрат на її обхід та пошуки корму. Цього ідеалу в певній мірі досягли автотрофні рослини, які контролюють лише той розмір простору, в якому вони розміщені. Реально у тварин розміри контрольованої території відповідні до їхніх розмірів тіла. Чим більші особини тварини, тим більші території вони контролюють. Це природно. Добова потреба в м'ясі у вовка дорівнює в середньому 1 кг, а у комахоїдних синиць — лише кільком грамам.

Ємність середовища у значній мірі й визначає розмір популяції, і в багатьох випадках вона більш важлива, ніж просто розмір доступного для популяції фізичного простору.

Організація територій помешкання живих організмів завжди спрямована на пом'якшення внутрішньовидової конкуренції. Вона сильно виражена у рослин, які мають схожі джерела живлення: сонячну енергію, вуглекислий газ, воду, мінеральні солі. У тварин корми більш різноманітні, і в межах біологічного виду вироблені суто біологічні механізми пом'якшення внутрішньовидової конкуренції. Так, у ряду видів птахів дзьоб самців та самиць має різну довжину, і це дозволяє їм використовувати різні джерела їжі. Молодь та дорослі досить часто харчуються різними кормами. Наприклад, зерноїдні птахи вигодовують своїх пташенят комахами. Однак внутрішньовидова конкуренція залишається реальною дійсністю, і тому просторова структура популяції відіграє досить важливу роль.

Розміри території, що займає окрема популяція, можуть бути досить різними. Але тут прослідковуються і загальні екологічні закономірності. У рослиноїдних тварин корми більш доступні і кормова територія менша, хижакам для забезпечення себе їжею доводиться освоювати набагато більший простір. До речі, з цієї причини загроза антропогенного вимирання хижаків більша (специфічні корми та необхідність великих територій для полювання). Велика кількість заповідників та резерватів організовуються без урахування цієї обставини і тому не досягають своєї мети в охороні всього комплексу тваринного населення.

Особини рослин створюють в межах популяційного поля той чи інший малюнок свого розміщення. Він визначається рядом факторів. На розміщення рослин впливає спосіб розмноження та розповсюдження зачатків. У випадку переважання вегетативного розмноження дочірні особини розміщуються купчасто навколо материнських. Існує і контроль розміщення з боку середовища, який полягає в тому, що проросток утворює дорослу особину там, де існують для цього сприятливі умови. Деякі рослини безсумнівно тягнуть

до певних мікроділянок, на яких є сприятливі умови для проростання насіння. Контролює розподіл рослин і біоценотичне середовище — взаємовідносини популяцій різних видів рослин та тварин. Купчасте проростання сибірського кедру, наприклад, пов'язане з тим, що горіхівка заготовує насіння цієї рослини на зиму окремими купками, та про більшість з них птахи забувають.

Розподіл живих організмів у популяційному полі зводиться до трьох основних типів: **рівномірний, випадковий та контагіозний**. Рівномірний розподіл спостерігається відносно рідко, але його можна побачити в штучних біоценозах типу посіву культурних рослин. Рівномірно розподіляються в біотопі більшість комахоїдних птахів, коли в період кожна пара охороняє приблизно однакові гніздові ділянки. Не так часто трапляється зовсім **випадкове** розміщення особин у популяційному полі. Воно виникає тоді, коли популяція розподіляється на території, яка забезпечує всі особини ресурсами. Такий тип заселення властивий, наприклад, личинкам волохокрильців на дні водойм або мучнистих хрущаків у борошні. Рослинам найбільш властиве контагіозне розміщення, що є результатом вегетативного розмноження та опадання важкого насіння в непосредній близькості від материнського організму, а також групування особин у місцевостях, що найбільш сприятливі проростанню насіння та розвитку проростків. Виникненню контагіозного розміщення сприяє мозаичність помешкання, що призводить до концентрації тварин в місцях, найбільш сприятливих для них.

Територіальні взаємовідносини вищих тварин часто впорядковані за рахунок їхніх активних дій. Цьому сприяє система безумовних поведінкових рефлексів. Вони спрямовані на створення візерунку рівномірного розміщення особин на території, що пом'якшує конкуренцію, або, в інших випадках, на створення щільних поселень, де особини можуть надавати одна одній допомогу в здобуванні їжі та захисті від ворогів.

**Територія помешкання тварин** підрозділяється на певні ранги. Існує власне територія помешкання, яка регулярно відвідується особинами. В її межах виділяються території, де здобувається корм (кормова територія), та індивідуальна ділянка, на якій тварина влаштовує гніздо або схованку та проводить багато часу (гніздова територія). Ряд видів, наприклад тетеруки, мають ще й шлюбну територію, де влаштовуються шлюбні ігри та на короткий час утворюються батьківські пари.

**Тип заселення** території залежить від виду тварин. В одних випадках територія, що займається популяцією, більш або менш рівномірно розподіляється серед сімейних пар. В інших — особини утворюють групи того чи іншого розміру — стадо, зграя, прайди і т.п. Окремим біологічним видам тварин властивий осілий спосіб життя, для інших — кочовий. З урахуванням цього основними формами організації популяції тварин є такі:

**1 Поодинокий спосіб життя**, коли окремі особини існують практично незалежно одна від одної, лише на короткий період формуються репродуктивні пари.

**2 Сімейний спосіб життя** властивий тваринам, у яких партнери, що беруть участь у розмноженні, утворюють пари на тривалий період. Вони утворюються не лише на період спарювання, але й зберігаються під час виведення, вигодовування та виховування молоді. У птахів відомі види, які схильні до збереження сімейних пар на все життя. При сімейному способі життя тварини, як правило, намагаються контролювати територію свого помешкання.

**3 Зграйний спосіб життя** полягає в об'єднанні тварин в групи чисельністю в декілька десятків або сотень особин. Зграї, як правило, існують цілорічно — на період розмноження особин можуть розбиватися на сімейні пари. У перелітних птахів зграї формуються на період міграцій. Зграї мають великі переваги в здобуванні їжі (вовки) або захисті від ворогів (копитні). Структура зграй може бути різною: іноді в них всі тварини рівноправні (риби), але частіше в зграї є лідер та складна ієрархія підпорядкування особин. Ієрархічна організація дає великі переваги, оскільки забезпечує

спокійне існування тварин без зайвих витрат енергії. Ранг у зграї визначається звичайно тільки один раз. Після його встановлення сутички між тваринами припиняються, інформація про ранг повідомляється партнерам у зграї особливими сигналами або особливим типом поведінки. Ієрархія забезпечує відповідальність поведінки тварин зграї та збільшує виживання всіх особин.

**4. Стадо.** Як найбільш стійку форму існування груп особин виділяють стадо. У стаді здійснюються всі функції популяції: пошук корму, розмноження, охорона та вирощування молоді. Розміри стада залежать від наявності корму. Для стада особливо характерна ієрархічна структура та наявність лідера. Лідер — це тварина, яка найбільш пристосована до даних умов існування, здатна до швидкого вироблення умовних рефлексів. У стаді зубрів лідером є найбільш сильний та досвідчений самець, а в стаді північних оленів лідирує група найбільш досвідчених самок.

**5. Колонії** представляють собою групові поселення тварин різного віку та статі. Такі колонії можуть бути постійними або виникати на період розмноження. Колоніальний спосіб життя полегшує захист від ворогів. Особливо характерні поселення ряду видів птахів та гризунів. Складну організацію мають колонії таких комах, як мурахи, бджоли та терміти.

**6. Прайдами** живуть леви. Окремий прайд включає одного самця, двох-трьох самиць та декілька особин молодняку.

Організація популяції у вигляді колонії, прайда, зграї або стада дає певні переваги: полегшуються пошук корму, забезпечується захист від ворогів, у риб та птахів менше енергії витрачається на переміщення у просторі, оскільки основну роботу з долаття опору води чи повітря виконують більш сильні тварини, що рухаються попереду зграї.

В усіх випадках групового контролю території в стаді, зграї, колонії та в інших об'єднаннях можливі три види їхньої структури:

- а) група утворена з рівноцінних тварин, такими, наприклад, бувають зграї молодняку,
- б) група з одним лідером, звичайно це самець з групою самиць та приплодом,
- в) група зі складною лінійною ієрархією підпорядкування особин.

У багатьох видів тварин наявне намагання жити на одній, освоєній колись території. Воно отримало спеціальну назву — хомінг (від англ. home — дім). Хомінг дуже корисний щодо тварин, він дозволяє притримуватися тієї території, яка їм добре відома та де вони легко знаходять їжу й укриття.

Власна територія контролюється тваринами, особини свого виду на неї не допускаються і активно виганяються. Тут спрацьовує ціла система міток або звукових сигналів. Як мітки найчастіше використовуються пахучі виділення. В антилоп такий пахучий секрет виділяється біля краю ока, у сарн — біля основи рогів. Кішки та собаки мітять свою територію сечею. Ведмеді та інші тварини обдирають кору на деревах, що ростуть на межі їхньої території. У птахів контроль території здійснюється за рахунок звукових сигналів. Деякі види за допомогою таких сигналів оберігають територію не тільки від особин свого виду, але й від птахів інших видів. Щодо цього особливо цікаві птахи-пересмішники, які можуть удавати спів птахів інших видів. Жулан, наприклад, видає звуки, що копіюють спів приблизно 10 видів птахів. Це дозволяє йому створювати враження, що дана територія заселена й синицями, й дятлами й іншими видами птахів — забиратися на неї не варто.

Ряд видів тварин активно захищають свою територію. Але сутички, що мають місце, практично ніколи не мають тяжких і тим паче смертельних наслідків. У більшості випадків вони мають ритуальний характер. Звичайно територія залишається за тією особоною, яка освоїла її першою. На своїй території тварини тримаються більш впевнено й досить агресивно, а на іншій переважає орієнтувальний рефлекс. Частіше справа не доходить до сутичок, і все обмежується демонстрацією певних поз. Території, що контролюються

тваринами, частково перекриваються і члени однієї популяції завжди підтримують зв'язки між собою. Вони особливо необхідні в період розмноження, під час пошуку партнера.

Ряду видів тварин властиві **популяції кочового типу**. При стадній організації популяція в такому випадку не прив'язана до невеличкої ділянки території, а здобуває корм на великих територіях. Індивідуальні ділянки в окремих тварин відсутні.

Просторова структура популяцій тварин є високо динамічною. Вона змінюється за сезонами року, залежить від фази продуктивного циклу та достатку кормових ресурсів.

Вивчення територіальності та популяційних полів у тварин і рослин засвідчує, що для будь-якої популяції властива специфічна і складна просторова структура. Вона побудована на екологічній та біологічній нерівнозначності особин у популяціях, на складній системі ієрархії особин, що включає домінуючі та підпорядковані організми. Біологічні види можуть існувати та реалізовувати свої екосистемні та біосферні функції лише за умови цілісності просторової структури популяції. Її антропогенне руйнування навіть без прямого фізичного знищення живих організмів неминуче веде до їхнього випадання з екосистем та до загибелі. Охороняти той чи інший вид тварин — це означає забезпечити збереження території, до якої прив'язаний даний вид тварин.

1.5

## 5.8. Внутрішньопопуляційна структура

Певна внутрішня структурність є фундаментальною властивістю будь-якої популяції. Така структурність є фактором підвищення виживання популяцій і її порушення неминуче знижує їх життєздатність. Під **внутрішньопопуляційною** структурою розуміють **поділ популяції** на групи особин, що відрізняються за тими чи іншими властивостями. Залежно від обраного критерію оцінки особин існує декілька видів внутрішньопопуляційної структури.

**Генетична структура популяцій.** Наявність у популяції двох або більше генетично різних форм називається генетичним поліформізмом. Для виявлення нетотожності особин та їхньої належності до тих чи інших внутрішньопопуляційних генетичних груп найбільш надійними є такі методи:

- а) вивчення ізоферментного складу методом гелі-електрофорезу,
- б) виявлення успадкованих відмінностей у морфологічній структурі особин,
- в) пересадження рослин в місця з різко зміненим середовищем.

За початковим визначенням **менделівські** популяції повинні складатися з **генетично подібних** особин. Ймовірно, що це одна з причин, через яку генетики уникають визначати розмір популяцій та виділяти популяції у природі. Якщо популяцію виділити як досить дрібну за розмірами одиницю, то в ній важливу роль буде відігравати **інбридинг**, тобто схрещування серед близьких родичів, що веде до інбридної депресії, зниження життєздатності потомства. Та якщо популяцію виділити як більш чисельну групу особин, то неминуче зросте шанс зустріти в такій популяції генетично подібні особини.

У популяціях, які виділяються екологами, рівень внутрішнього поліформізму досить різний. В окремих рослин та тварин популяція сформована з генетично однорідних організмів та генетичний поліформізм відсутній. В інших випадках генетичний поліформізм досить високий. Дослідження методом гелі-електрофорезу показує, що поліформізм рослин в середньому можна оцінювати на рівні 25,9%. У цілому генетична структура популяцій пристосована до того екологічного простору, в якому популяція живе. Генетичний поліформізм сприяє більш повному заповненню цього екологічного простору та підвищує стійкість популяції до коливань екологічного режиму.

**Статева структура популяцій.** Розподіл особин на чоловічі та жіночі (у рослин на тичинкові та маточкові) веде до формування особливої статевої структури популяцій. У

цьому випадку під статевою структурою мають на увазі співвідношення особин різної статі. Особливості статевої структури популяцій визначаються їхньою видовою належністю. На відміну від побутових уявлень у живих організмів спостерігається не тільки розподіл на самців та самиць, але й широкий спектр проміжних за статтю особин. Якщо особини двостатеві, як це спостерігається у багатьох квіткових рослин, то статева структура популяції не виражена.

При наявності статевої диференціації особин вони можуть **відрізнитися за морфологічними та фізіологічними ознаками**. Нерідко особини різної статі мають неоднакові розміри. У тварин чоловічі та жіночі особини можуть відрізнитися типом харчування. У ряді видів комарів, як відомо, самиці є кровососними, а самці харчуються нектаром рослин.

Співвідношення особин різної статі в популяціях при генетичному контролі складає приблизно 50% на 50%. В людському суспільстві співвідношення статей також відповідає цій пропорції. Але стать контролюється ще й середовищем. За таких причин можуть спостерігатися відхилення від цього співвідношення. Часто це пов'язано з більш високою смертністю самців, і тоді їхня доля в популяції (особливо в певні періоди) помітно знижена. Таке явище спостерігається у синиць та ряді видів гризунів.

**Вікова структура популяції.** Якщо покоління нових особин з'являється в популяції одноразово та перехід з одного вікового стану в інший йде синхронно, то в такій популяції вікова структура не виражена. У будь-який час всі особини в ній мають однаковий вік та однаковий віковий стан. Це має місце в популяціях культурних рослин, де завдяки одночасності посіву та сортової ідентичності особин їх розвиток йде досить синхронно. Але у переважної більшості випадків популяції рослин та тварин складаються з особин різного віку та різного вікового стану.

У деревних рослин та тварин вікову структуру популяції аналізують за абсолютним календарним віком особин. У цих випадках він досить легко визначається у дерев за річними кільцями на деревині, у ссавців за будовою зубів. Коли ж календарний вік визначити важко, вікову структуру популяції оцінюють за віковим станом особин. Віковий стан особин — це певний етап онтогенетичного розвитку, який характеризується наявністю в особин специфічних властивостей та якостей. Цей підхід широко застосовується при аналізі популяцій трав'янистих рослин. Виділяють чотири основні вікові періоди, та в їх межах ще декілька вікових етапів (*табл. 7*).

Таблиця 7. Періодизація онтогенезу вищих рослин.

Періоди та етапи онтогенезу	Умовні позначки
I Латентний	
Насіння	sm
II Віргінальний	
Проростки	p
Ювенільні рослини	j
Іматурні рослини	im
Віргінальні рослини	v
III. Генеративний	
Молоді генеративні	g <sub>1</sub>
Зрілі генеративні	g <sub>2</sub>
Старі генеративні	g <sub>3</sub>
IV Сенільний	
Субсенільні рослини	ss
Сенільні рослини	s
Відмираючі рослини	sc

**Насіння** знаходиться в стані спокою, обмін речовин в них зведений до мінімуму. **Проростки** мають зародкові корінці та перші листки, живляться вони змішано — за рахунок мобілізації запасних поживних речовин насіння та фотосинтезу. **Ювенільні** рослини повністю переходять до самостійного живлення, але їхні листки відрізняються особливою формою та розмірами. **Іматурні** рослини мають ознаки переходу від ювенільних до дорослих. **Дорослі вегетативні** особини мають всі риси будови, що притаманні даному виду, але не здатні до розмноження. Для **генеративних** особин характерна наявність органів розмноження. **Сенільні** рослини поступово припиняють формування генеративних структур, вегетативне відростання у них послаблене.

Частка в популяції особин різного вікового стану отримала назву **вікового спектру**. Якщо у віковому спектрі переважає насіння, ювенільні та вегетативні особини, то популяція називається **інвазійною**. При наявності в популяції представників усіх вікових станів її називають **нормальною**. Нормальні популяції можуть бути повночленними, якщо включають весь спектр вікових станів, і неповночленними, якщо особини тих чи інших вікових станів у популяції відсутні. **Регресивними** називають популяції, у яких переважають сенільні та старі генеративні рослини.

Аналіз вікового стану популяцій дозволяє оцінити їхній поточний стан та прогнозувати перспективи розвитку на найближчі покоління. З метою прогнозу в цьому випадку використовують математичні моделі. Досить добре виправдовує себе аналіз вікового стану популяцій з метою прогнозування чисельності промислового стада в рибному господарстві.

**Розмірна структура популяцій.** В одновікових популяціях особини рослин відрізняються за розмірами та за загальним розвитком. Це створює ще один тип гетерогенності внутрішньопопуляційної структури — **розмірну структуру**, або, як її ще називають, **віталіетну структуру**. При оцінці загального розвитку особин за одною ознакою (наприклад, за вагою особин) більш доцільно використовувати термін «**розмір**», а при багатомірній оцінці особин одразу за комплексом кількісних ознак, які характеризують загальний розвиток особин, доцільне використання терміну «**віталіет**». Ієрархія розміру є результатом різної швидкості росту рослин та різного рівня продукційного процесу.

Передумовою виникнення розмірної структури популяції є біологічна мінливість. Функціонально найбільш важливі ознаки мають малу амплітуду мінливості. Кількість тичинок у рослин, будова органів розмноження тварин генетично захищені і мало змінюються. Проте є велика кількість ознак морфологічної організації, які характеризуються дуже великою мінливістю. Їх в основному і використовують при виявленні розмірної ієрархії особин в популяціях.

У першому наближенні розміри особин в популяціях визначаються за однією характерною ознакою. Її вибір, звичайно, в тій чи іншій мірі суб'єктивний, але часто за розмірний показник приймають розміри надземної фітомаси (вагу) рослин та вагу тіла тварин. Більш інформативним є багатомірний підхід щодо оцінки статусу особин. У цьому випадку для оцінки стану особин використовують 2, 3 та більше ознак. Але такий підхід вимагає об'єктивізації вибору ознак та певного їх «зважування».

**Розмірна ієрархія особин** в популяціях — це дуже **важливий показник**, що має високу кореляцію з її стійкістю та статусом в угрупованні. У багатьох випадках розміри особин більш важливі для їхньої долі, ніж віковий стан. Причини відмінностей у розмірах особин можуть бути різними і визначаються, головним чином, на рівні мікромісць перебування. У рослин на розміри особин впливає багато факторів: об'єм ґрунту, що припадає на одну особину, відмінності початкового розміру насіння, час проростання насіння, абіотичні та біотичні фактори, що діють в безпосередньому сусідстві з рослиною, пошкодження фітофагами. У силу того, що конкуренція за своєю природою асиметрична, вона також сприяє посиленню ієрархії розмірів особин.

При характеристиці розмірної структури популяції особини підрозділяються на кілька (найчастіше на три) розмірних класи або класи віталітету. Такий аналіз характеризується великими можливостями і дозволяє розкрити внутрішню гетерогенність популяцій. Залежно від співвідношення в популяції особин різних розмірів (великих, середніх та дрібних) популяції підрозділяються на три типи: депресивні, рівновісні та процвітаючі.

На відміну від вікового стану розмірні параметри мають високий рівень мінливості, досить точно відбиваючи флуктуації та тенденції зміни еколого-ценотичної ситуації. Це робить їх високо інформативними при оцінці статусу популяцій. Для потреб моніторингу популяцій віталітетний аналіз є одним з найбільш корисних інструментів.

В цілому, чим більше виражені в популяції різноманітні форми її внутрішнього різноманіття, тим більш стійкою вона є. При створенні штучних популяцій слід притримуватися цього важливого принципу.

## 5.9. Динаміка популяцій

Спеціалісти в галузі екології вкладають в поняття динаміки популяції різний зміст. Дійсно, це дуже емне поняття. Динамічний популяційний процес включає в себе декілька відносно самостійних явищ: зміна розмірів території, яку займає популяція, зміна щільності особин в межах популяційного поля, межі при цьому можуть залишатися попередніми, та, нарешті, зміна розмірів запасу фітомаси в розрахунку на одиницю площі за рахунок трансформації стану особин, що входять до популяції. Якщо все ж таки динаміку популяцій розуміти тільки як зміну чисельності особин, то трансформація властивостей особин, зміщення співвідношення між різними їхніми групами і особливо функціонування популяції будуть тоді виступати як механізми, що забезпечують динаміку чисельності. Коливання чисельності особин в популяціях, що є типовими для багатьох рослин та тварин, називаються флуктуаціями.

Загальний хід зміни чисельності особин в популяції визначається рівнянням:

$$N_{t+1} = N_t + B - D + I - E,$$

де  $N$  — чисельність особин в популяції,  $B$  — народжуваність,  $D$  — смертність,  $I$  — імміграція,  $E$  — еміграція,  $t$  — час. Розміри популяції можуть зростати або за рахунок великої народжуваності, або за рахунок високої імміграції, або за рахунок поєднання обох цих факторів. Знижує розмір популяції смертність та еміграція особин за її межі.

**Народжуваність** — це число нових особин, які з'являються в популяції за певний період часу у розрахунку на одну особину. Для порівняльної характеристики народжуваності використовують особливий показник — питому народжуваність, яку обчислюють як кількість новонароджених особин, що віднесена до початкового розміру популяції. Величина народжуваності суттєво змінюється у різних біологічних видів. Наприклад, в оселедця одна особина відкладає до 50 тис. ікринок, а в акул — тільки декілька штук. Звичайно народжуваність пов'язана з наявністю турботи про потомство. Якщо така турбота є, то народжуваність нижча. Широко варіює цей показник у рослин. Орхідні продукують до мільйона насінин, але вони пилоподібні та не мають добре диференційованого зародку. Та у деяких видів пальм в рік утворюється всього декілька плодів, але кожний з них важить більше кілограма, вони мають великий зародок та великий запас поживних речовин. Природний добір спрямований не на звичайне збільшення плодовитості, а на таке співвідношення плодовитості з характером зачатків розмноження, яке забезпечує найбільшу життєздатність потомства.



**Рівень народжуваності** помітно змінюється протягом років. Добре відомі цикли плодоношення яблунь. У дрібних гризунів (лемінги, миші) вибухи високої народжуваності відбуваються один раз у 3-4 роки. Їм відповідають і сполохи народжуваності в популяціях хижаків: лисиці, песці, сови. У сарни сполохи народжуваності спостерігаються в середньому один раз у 40 років.

**Смертність особин** у популяціях ще недостатньо вивчена. Одні фахівці гадають, що старіння і смерть особин генетично запрограмовані та мало залежать від умов існування організмів. Інші вчені вважають, що будь-який організм потенційно безсмертний. Старіння та наступна смерть є наслідком накопичення метаболітів, псування мембран і т.п. процесів, які мають обов'язковий характер. Однак у кожного організму є свої межі біологічного життя. Вимирання особин у популяціях може спостерігатися на різних фазах розвитку особини. Закономірним є вимирання найбільш старих, але пік смертності припадає на молоді особини. Майже у всіх рослин найбільша кількість смертей припадає на фазу проростання насіння, у тварин — на фазу молодняка.

Динаміка зміни чисельності особин в популяціях може мати різноманітний характер. Якийсь час ріст популяції може бути експоненційним, але більш реалістичні моделі сигмоїдного росту або *j*-подібного. Ріст популяцій відповідно до сигмоїдних кривих найчастіше спостерігається в популяціях бактерій та дріжджів. Він може бути описаний рівнянням:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{rN(K - N)}{K},$$

де  $dN/dt$  — швидкість зміни чисельності особин в популяції у часі,  $r$  — природжена швидкість росту популяції, що визначається біологічними особливостями виду. Високі значення  $r$  вказують на високу швидкість розмноження.  $K$  — ємність середовища по відношенню до даної популяції, вона чисельно може бути рівною максимально можливо-му в даних умовах числу особин в популяції.

Стан популяції при її сигмоїдному рості залежить від співвідношення параметрів  $N$  та  $K$ . У випадку, коли  $N > K$ , швидкість росту популяції стає від'ємною величиною і число особин в ній зменшується. При  $N < K$  швидкість росту популяції додатна і число особин у ній прогресивно зростає. При  $N = K$  розміри популяції стабільні.

Криві *j*-подібного росту популяції описуються рівнянням

$$\frac{dN}{dt} = rN.$$

У цьому випадку при позитивних значеннях популяція зростає експоненційно, а при від'ємному значенні — кількість особин в ній зменшується. Ріст популяцій за *j*-подібною кривою іноді називають ростом типу «бум/крах». Дійсно, в цьому випадку зростання числа особин в популяції йде швидко, але потім в момент виснаження ресурсів починається різкий спад. У цього типу росту немає положення стабілізації чисельності особин у популяції.

Є два основних варіанти росту популяції: **незалежний та залежний від щільності**. У першому варіанті число особин в популяції зростає незалежно від їхнього числа в популяції, в другому — відтворення має зворотний зв'язок з щільністю популяції. Чим більша щільність популяції, тим нижча народжуваність. За певної порогової величини показника щільності народжуваність дорівнює смертності, і число особин в такій популяції стабілізується.

Задля **стійкого існування** популяції оптимальна **певна специфічна** для даного біологічного виду і типу середовища **щільність**. При розрідженому заселенні популяційного поля ускладнюються зустрічі партнерів по розмноженню, територію важко оберігати від вторгнення конкуруючих особин. Перенаселення, навпаки, створює дефіцит поживних

речовин, а у тварин викликає стреси та досить часті сутички між особинами. Перенаселення настільки несприятливе, що в процесі еволюції виробилося багато різних механізмів його запобігання.

### 5.10. Популяція як об'єкт використання, моніторингу та управління

При всіх видах використання природних ресурсів об'єктом діяльності людини виявляються, в першу чергу, популяції рослин та тварин — лікарських, сировинних, рибних, мисливських і т.п. В усіх таких випадках використання спирається на здатність природних популяцій до автономної регуляції чисельності. Після вилучення з популяції тієї чи іншої частини особин, їхня чисельність в популяції поступово відновлюється. Більш того, помічено, що в багатьох випадках вилучення з популяції деякої кількості особин веде до збільшення потенціалу її відтворення. **А.В.Яблоков** (1987) підкреслював, що визначення меж відведення особин та біомаси з популяції є центральним завданням природо-користування.

Популяція як елементарна біосферна одиниця життя є першим акцептором, який сприймає всю різноманітність порушень, що вносить у навколишнє середовище діяльність людини. Якщо антропогенна діяльність навіть і не направлена прямо на ту чи іншу популяцію, вона опосередковано сприймає такі дії. Оцінка порогу стійкості популяцій до таких опосередкованих впливів — це теж важлива прикладна задача.

Перевищення порогів використання популяцій завжди загрожує серйозними наслідками. Найбільш яскравим прикладом є вісім популяцій атлантичного оселедця, що знаходиться в акваторії Північно-Західної Атлантики. У 1975 році спеціалісти виявили критичне зниження чисельності особин та потенціалу відтворення оселедців в цих популяціях. Але масовий промисел проте не був припинений. У результаті до початку 80-х років чисельність оселедців в цих популяціях знизилася так сильно, що їх промисловий вилов став нерентабельним, Підірвані колись популяції атлантичного оселедця до сих пір не відновили свою базову чисельність і людство втратило досить важливий ресурс харчів.

Популяція живих організмів практично завжди виступає як базова одиниця використання та управління. Окрім чисельності особин, стійкість популяцій в умовах користування визначається і рядом інших популяційних параметрів — статеву, віковою та розмірною, просторовою структурою та ін. При постійному спостереженні (моніторингу) за популяційними параметрами та контролі за величиною вилучення з популяції особин популяції можуть існувати та зберігати свої корисні властивості необмежено довгий час.

Управління чисельністю особин в популяціях є актуальним і для видів рослин і тварин, які називаються «шкідниками». Еколого-популяційний підхід повністю виключає таке поняття, як знищення популяції, або, ще більше, біологічного виду як шкідливого для людини. Замість цього зусилля повинні бути спрямовані на знаходження таких порогів чисельності популяції, при яких вони б стійко існували в природних або штучних біоценозах, але не завдавали економічно помітних збитків людині.

У наш час десятки тисяч видів рослин та тварин потребують охорони. При біо-моніторингу опора на популяційні параметри стає найбільш надійним засобом отримання широкої інформації про стан видів рослин і тварин в різних екосистемах.

#### **Опрацювавши цей розділ, Ви повинні вміти:**

1. Дати визначення популяції та назвати критерії виділення популяцій.
2. Пояснити різницю між біотопом популяції та екологічною нішею.

3. Пояснити причини досить стабільної чисельності популяцій рослин та тварин у природних екосистемах.
4. Встановити різницю понять чисельності та щільності.
5. Назвати головні структури популяцій (статева, вікова та розмірна).
6. Розкрити суть поняття генетичного поліморфізму.

**Питання для самоперевірки та обговорення:**

1. У чому полягає різниця між фундаментальною та реалізованою екологічними нішами?
2. Які механізми забезпечують репродуктивний потенціал популяцій?
3. Як хижаки впливають на чисельність особин в популяції жертви?
4. На чому побудований метод біологічної боротьби зі шкідниками сільського господарства? Наведіть приклади.
5. Обговоріть можливі причини сполохів чисельності в популяціях рослин та тварин. Зіставте їх із демографічним сполохом чисельності населення Землі в кінці XX століття.
6. Обговоріть проблему «надмірної чисельності» тих чи інших видів рослин та тварин. Сформулюйте своє ставлення до неї.

**1.5**

## Розділ 6

# БІОЛОГІЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ

### 6.1. Автотрофне та гетеротрофне живлення

Все живе створюється в результаті біопродукційного процесу та є наслідком життєдіяльності організмів: живлення та розмноження рослин, тварин або мікроорганізмів. Завдяки біопродукційному процесу існують екосистеми та біосфера Землі. При багатьох рисах подібності живі організми несхожі стосовно способів створення органічної речовини та джерел отримання сировини та енергії, що необхідні для цього процесу.

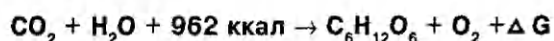
У світі живих істот (при всьому їхньому різноманітті) реалізується **два** основних докорінно **різних типи живлення: автотрофне та гетеротрофне**. Організми з автотрофним типом живлення використовують для побудови свого тіла неорганічні речовини, перетворюючи їх в органічні сполуки за рахунок зовнішніх джерел енергії. Організми з гетеротрофним живленням не здатні до самостійного синтезу органічних речовин, вони отримують їх в готовому вигляді. Гетеротрофи тільки перетворюють їх у специфічні органічні речовини свого тіла.

У суто хімічному плані автотрофне живлення полягає в утворенні великих молекул органічних сполук з окремих атомів хімічних елементів або простих молекул неорганічних сполук. Так, наприклад, зелені рослини в ході процесу живлення з ізольованих атомів вуглекислого газу  $\text{CO}_2$  та іонів мінеральних речовин ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  та ін.) утворюють макромолекули органічних речовин. Таким чином, автотрофне живлення — це немовби процес агрегування атомів у макромолекули, з яких складається жива речовина. Він вимагає обов'язкового притоку енергії. Без нього автотрофне живлення неможливе.

У живих організмів з **автотрофним** живленням в процесі еволюції виробилися два біохімічні механізми, які здатні забезпечувати їх енергією. Вони називаються **фотосинтезом та хемосинтезом**.

**Фотосинтез** — це процес утворення органічних речовин за рахунок використання енергії сонячної радіації. У фотосинтезуючих організмів для поглинання сонячної радіації сформувався комплекс пігментів, головним серед яких є хлорофіл. Хлорофіл має здатність поглинати кванти сонячної енергії та направляти їх на синтез органічної речовини. Хлорофіл має зелений колір і тому вся група живих організмів, що мають хлорофіл, складають світ зелених рослин. Усі зелені рослини є автотрофами, і всі вони використовують енергію сонячного світла для забезпечення свого живлення.

Принципова схема фотосинтезу наведена на **рис.33**. Цей процес може бути виражений сумарним хімічним рівнянням



Процес фотосинтезу веде до накопичення вільної енергії  $\Delta G$  у кількості 470 кДж/моль.

При фотосинтезі не тільки утворюються органічні речовини, а й відбувається виділення кисню. Спеціалісти з геохімії встановили, що первинна атмосфера нашої планети носила відновлювальний характер. До її складу входили азот, окис вуглецю, водень та інші гази. Вільний кисень у ній повністю був відсутній. Надходження кисню до атмосфери Землі

почалося тільки з моменту виникнення (це відбулося приблизно 3 млрд. років тому) зелених автотрофних рослин, які проводили фотосинтез. За час існування зелених рослин в атмосфері накопичилося 20,95% кисню.

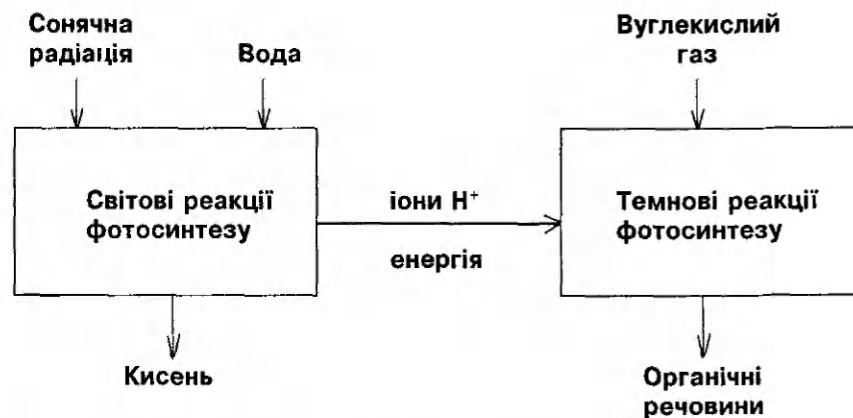
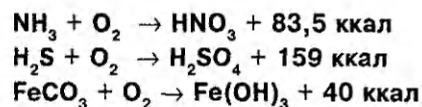


Рис.33. Схема процесу фотосинтезу у зелених автотрофних рослин.

1.6

**Хемосинтез** — це також процес утворення органічних речовин, але в цьому випадку як джерело енергії використовуються деякі типи хімічних реакцій, при яких виділяється енергія. Хемосинтез ведуть лише мікроорганізми. Він був відкритий в 1887—1890-х роках **С.М.Виноградським**. Як джерело енергії хемотрофи використовують прості неорганічні сполуки сірки, заліза або азоту, які при окисленні дають вільну енергію. Процес отримання енергії при хемосинтезі йде за такими схемами:



Відповідно мікроорганізми, які використовують ту чи іншу з цих трьох екзотермічних реакцій, називаються **азотобактеріями**, **сіркобактеріями** або **залізобактеріями**.

**Гетеротрофне** живлення принципово відрізняється від автотрофного тим, що організми, які реалізують його, будують своє тіло за рахунок готових органічних сполук. Енергію, необхідну для засвоєння та перетворення цих речовин, вони отримують за рахунок окислення цих же органічних сполук. За цієї обставини біопродукційний процес гетеротрофних організмів не веде до збільшення живої речовини на Земній Кулі. Він тільки збільшує різноманіття форм живої матерії.

## 6.2. Особливості живлення мікроорганізмів, рослин, тварин та людини

Основних типів живлення в світі живих організмів тільки два — автотрофне та гетеротрофне. Але форми їхнього здійснення у рослин, тварин та мікроорганізмів досить різноманітні. Сам по собі біопродукційний процес проходить тільки на рівні особин. Але на нього суттєво впливає організація популяцій та екосистем, до складу яких входять ці організми.

Автотрофне живлення за формами його реалізації порівняно однорідне. Усі зелені рослини користуються одними і тими ж ресурсами при фотосинтезі. Зате форм та видів гетеротрофного живлення безліч.

Перш за все слід виділити гетеротрофні мікроорганізми, яким властиве поглинання органічних речовин шляхом їхнього всмоктування через всю поверхню свого тіла. Частина таких мікроорганізмів використовують органічні речовини вже відмерлих рослин та тварин. Це сапрофіти. Інші види вилучають потрібні їм органічні речовини прямо з тіл ще живих рослин та тварин. Їх називають паразитами. Типові гетеротрофи — гриби. Вони можуть бути як сапрофітними (мукор та інші плісневі гриби), так і паразитами (іржисті гриби, головня).

**Всі тварини — гетеротрофні.** Як правило, на відміну від гетеротрофних мікроорганізмів та рослин тварини поглинають готову органічну речовину не шляхом всмоктування, а у «твердому» стані. Як орган поглинання їжі тут сформувався рот, який у різних видів може мати різну будову.

Всім тваринам характерна спеціалізація, що спрямована на використання певного виду їжі. Ще Ч. Дарвін помітив, що дощові черв'яки використовують в їжу тільки листки рослин із певним хімічним складом. В Австралії коала — сумчастий ведмідь харчується листками евкалиптів тільки певних видів. Але більшість видів тварин мають більш широкий асортимент кормів, хоча при можливості вибору перевагу віддають якомусь одному виду корму. Тому **А.А.Шмальгаузен** (1952) розподіляв їжу на основну, якій віддається перевага, заміну та випадкову. Невибіркове харчування властиве тільки нижчим гетеротрофам, які всмоктують їжу поверхнею тіла. Однак низька вибірковість трапляється й у вищих форм тварин. Так, наприклад, живляться кити, захоплюючи ротом всі організми, які входять до складу планктону.

Серед тварин-гетеротрофів чимало травоядних форм — фітофагів, які живляться лише рослинами для задоволення своїх потреб в органічних речовинах та енергії. Інші тварини є хижаками. Їхня їжа — це інші живі тварини. Треті вживають тільки мертвих тварин. Певна частина тварин всеїдна: до складу їхньої їжі входять як рослини, так і тваринні компоненти.

З урахуванням спеціалізації типів живлення усіх тварин підрозділяють на три групи. **Стенофагами** називають тварин, що живляться їжею тільки певного виду, **олігофаги** можуть використовувати 2-3 види їжі, а **еврифаги**, або **поліфаги** — мають досить широкий неспеціалізований асортимент їжі. Наприклад, стенофагом є колорадський жук — він використовує в їжу рослини тільки з родини пасльонових. Граки та ворони в умовах міста є поліфагами, використовуючи в їжу майже все, що можна з'їсти. При великому видовому різноманітті тварин та широкій амплітуді способів їхнього живлення всі вони мають загальну екологічну рису — їхнє живлення як гетеротрофів залежить від наявності готових органічних речовин.

У ході еволюції процесу живлення відбулися численні **адаптивні пристосування форм живлення** до конкретних умов існування даного виду рослини або тварини. Вони направлені на підвищення ефективності біопродукційного процесу. Так, у рослин виробилися численні пристосування до більш повного засвоєння енергії сонячного світла. Основним органом фотосинтезу став листок. За своїм виглядом він придбав форму високоспецифічного плоского екрану, коли, при мінімальних витратах органічної речовини на побудову самого листка, він має максимальну зовнішню поверхню, що забезпечує найбільш повне поглинання світла та засвоєння вуглекислого газу з повітря. Через приблизно скрізь однакову освітленість та концентрацію вуглекислого газу в повітрі рослини залишилися нерухомими та у взаємній боротьбі за оптимізацію біопродукційного процесу змінюють тільки форму росту.

Гетеротрофне живлення тварин пов'язане зі швидким «виידанням» їжі в безпосередній близькості від даної особини. Загроза загибелі від голоду в таких умовах сприяла вироб-

ленню активної рухомості, що дозволяє знаходити та наздоганяти свою здобич. У тварин сильно виражений так званий тиск добору, що спрямований на збільшення ефективності здобування та споживання їжі. Адже чим нижча ефективність цього процесу, тим менше часу та енергії у тварин залишається на розмноження та інші життєві функції. Тому для тварин важливим показником пристосованості до середовища є сумарний час, що витрачається на харчування. Якщо за деяких умов цей час стає досить тривалим, то вид просто випадає з даної екосистеми. Критерієм життєздатності тварин є, таким чином, не формальна наявність трофічних ресурсів, а їхня доступність.

Різні види тварин мають неоднакову ефективність перетравлювання їжі. У копитних, наприклад, засвоєння їжі відбувається приблизно тільки на 40 — 70%. Дрібні гризуни засвоюють їжу на 90 — 95%, а в нутрії цей показник, за оцінкою **В.Д.Абатурова** (1987), досягає 99%. Очевидно, що висока ефективність засвоєння їжі досить вигідна. Чим вона вища, тим менше загальний об'єм споживаної їжі та менші витрати часу на її здобування.

Ефективність використання їжі у деяких тварин підвищує повторне використання кормів. Це явище називають **копрофагією**. Проявляється копрофагія в поїданні тваринами своїх фекалій. На такому поїданні екскрементів спеціалізується досить велика група комах (деякі види мух, жуки-гнояки та ін.). Їхній біопродукційний процес прямо залежить від наявності в екосистемах достатньої кількості фекалій.

У процесі еволюції у ряду рослиноїдних ссавців (зайці та деякі інші гризуни) виробилася здатність поїдати свої власні фекалії. Така автокопрофагія забезпечує повторне пропускання їжі через травну систему і тим самим збільшує ефективність перетравлювання та засвоєння їжі. За даними **М.П.Наумова** (1965), у кролів, яким властива автокопрофагія, їхні первинні фекалії, що називаються м'якими екскрементами, вміщують 28,5% білків. Але після повторного поїдання екскрементів вторинні фекалії (тверді екскременти) вміщують тільки 9,2% білків.

Варіації способів живлення у різних видів тварин досить різноманітні. Велике екологічне значення має здатність багатьох видів тварин змінювати свій тип харчування. Так, комахи, у яких личинки є хижаками, у дорослому стані стають фітофагами. Шпаки весною поїдають комах та вигодовують ними своїх пташенят, але потім переходять в основному на рослинну їжу, поїдаючи, головним чином, різноманітне насіння та плоди. Комахами вигодовують своїх пташенят взагалі багато видів типових зерноїдних птахів: куріпки, зяблики та ін. Навіть представники різної статі можуть мати різний склад кормів. Відомо, що серед комарів паразитами-кровососами є тільки самиці, а самці — фітофаги. У ляща самці та самиці, живучи поряд, використовують в їжу різні види зоо- та фітопланктону.

Дуже важливу роль у формуванні екосистем відіграє партнерство в живленні. Випадки партнерства в живленні незліченні. Вищі зелені рослини дуже часто вступають в партнерство при живленні з ґрунтовими мікроорганізмами. Ґрунтові гриби, оплігаючи корені рослин або навіть проникаючи в їхні тканини, полегшують тим самим поглинання коренями мінеральних елементів та води. Гриби отримують від рослин необхідні їм органічні речовини. Загальновідоме співіснування бобових рослин з азотфіксуючими мікроорганізмами ґрунту, які утворюють бульбашки на їхніх коренях. Рослина-хазяїн у такому випадку підгодовує свого співмешканця органічними речовинами, а від нього отримує азотні сполуки, якими бульбашкові бактерії дуже багаті, завдяки своїй здатності зв'язувати вільний азот повітря, що недоступний вищим рослинам. Взаємними «інтересами» зв'язані багато видів квіткових рослин та їхні опилувачі — комахи, деякі види птахів та іноді кажани. Опилувачі використовують в їжу пилок та нектар і одночасно здійснюють дуже важливий процес для рослин, перенесення пилку з однієї квітки на іншу.

Однією з екологічно суттєвих форм партнерства живлення є підготовка їжі одним видом іншому. Це добре виражено у ґрунтових сапрофітних мікроорганізмів. Утилізація органічної речовини опадів рослин відбувається за рахунок послідовності роботи ряду мікроорганізмів, які ведуть поетапну мінералізацію.

У рослиноїдних тварин важливою формою партнерства в живленні, що впливає на біопродукційний процес, є симбіоз із мікроорганізмами, які оселяються безпосередньо в їхній травній системі. Цією особливістю відрізняються ссавці та комахи-фітофаги. Симбіотична мікрофлора кишечника травоїдних ссавців не просто полегшує травлення, що само по собі дуже важливо, а й додатково забезпечує організм тварини вітамінами, амінокислотами та іншими біологічно активними речовинами. Мікрофлора кишечника — це ще й надійний захист від патогенних мікроорганізмів. У нормальних умовах вона їх швидко пригнічує, не дає можливості масового розмноження та появи хвороби. З цієї причини небезперечним виявилось розпочате в 60-ті роки широке застосування антибіотиків як добавок до корму сільськогосподарських тварин. Вони дійсно сприяли збільшенню ваги, але водночас, знищуючи корисну мікрофлору кишечника, робили тварин вразливими щодо різного роду інфекцій. Додавання антибіотиків до кормів сприяє появі нових штамів мікроорганізмів, стійких до них. Тому в ряді країн Західної Європи та Китаї використання антибіотиків при вигодовуванні сільськогосподарських тварин заборонено.

**Б.М. Міркін** (1995) особливо підкреслював, що в природних екосистемах існує мовби система «договорів», завдяки яким трофічні ресурси, як правило, не видаються повністю. Кочове стадо диких оленів ніколи повністю не знищує травостій пасовища. Вовки та інші хижаки вилучають зі стада хворих та ослаблених тварин, але поголовно не знищують здобич. Це один із видів забезпечення стійкості взаємного існування організмів із різними типами живлення в одному і тому ж біотипі. Раніше вважали, що у тварин основним фактором величини біопродукції є доступність кормів. Останні дослідження екологів показали, що це не так, і на перше місце за важливістю треба ставити якість їжі. У це поняття входить калорійність їжі, кількість та співвідношення в ній білків, жирів та вуглеводів, наявність незамінних амінокислот та вітамінів і т.п.

Розглянутий матеріал про особливості біопродукційного процесу, який лежить в основі життєдіяльності усіх живих організмів, показує, що збіднення живої природи на кінець нашого століття далеко не завжди є результатом прямого знищення людиною того чи іншого виду живого організму. Частіше вимирання або скорочення чисельності рослин або тварин є результатом порушення людиною тих тонких зв'язків у живленні, до яких вони пристосувалися. Так, в Україні вже давно заборонено відстрілювати хижих птахів (соколів, шулік та ін.), але вони все одно стають все більш рідкісними. Це є результатом знищення людиною їхньої природної кормової бази — зайців, куріпок, тетеруків. На острові Маврікій в Індійському океані нелітаючий голуб додо був єдиним розповсюджувачем насіння дерева кальварія. Повне знищення додо людиною призвело до різкого зниження чисельності рослин кальварії, і зараз її розводять тільки штучно. Насіння ряду лісових рослин України (фіалки, гусяча цибулька, ряст та ін.) розносяться мурахами, які збирають це насіння заради особливого приладку на них, багатого на поживні речовини. Знищення мурашників, як було показано, веде до скорочення чисельності цих рослин. Лящ в Азовському морі живиться майже тільки рачком *Hyperiola Kowalewskii*. Скорочення чисельності цього рачка, який дуже чутливий до забруднення води, призвело до зменшення вилову лящів.

Людина за типом харчування є гетеротрофною. За формами харчування вона займає проміжне положення між фітофагами та м'ясоїдними організмами. До їжі сучасної людини входять і рослинні, і тваринні продукти. Сам процес перетравлювання їжі носить симбіотичний характер. У кишечнику людини мешкає 400 — 500 видів корисних мікроорганізмів, які забезпечують перетравлювання клітковини та інших продуктів харчування. Важливою особливістю харчування, що відрізняє людину від тварин, є попередня підготовка їжі до споживання різними видами кулінарної обробки.

Формально ефективність харчування у людини досить висока: на процес харчування витрачається всього 1 година на добу. Але тут час перестає бути критерієм ефективності



харчування, адже людина витрачає на добу 6 — 8 годин на те, щоб заробити гроші, необхідні для купівлі продуктів харчування.

Людині важлива якість їжі не менше, ніж тваринам. Дефіцит в їжі будь-якого одного, але важливого компоненту не тільки погіршує здоров'я, але й веде до серйозних захворювань. Загальновідомо, що дефіцит йоду в їжі, що характерно для деяких регіонів, сприяє розвитку так званого ендемічного вола — захворювання щитовидної залози.

Склад їжі людини до певної міри залежить від національних традицій та кліматичного регіону, де вона проживає. Населенню прибережних районів Північного Льодовитого океану, наприклад, характерне використання в їжу переважно м'яса та риби. У ряді тропічних країн і до цього часу основу раціону складають рослинні продукти — фрукти та овочі. Але сучасне населення більшості регіонів Землі все більше відходить від традиційних національних типів харчування і використовує змішану дієту з м'яса, риби, овочів та фруктів. Вуглеводистий компонент їжі представлений в основному хлібом або рисом. Національні особливості їжі зберігаються лише в способах її приготування та застосування різних приправ.

### 6.3. Продукційний процес. Продуценти, консументи і редуценти

1.6

Усі екологічні системи від екосистем до біосфери відрізняються присутністю живої речовини. Постійна присутність живої матерії в екосистемах забезпечується безперервним процесом оновлення живої речовини, її синтезом. Процес продукування живої речовини, що здійснюється в ході живлення, є центральною екосистемною функцією життя. Її прийнято називати біологічною продуктивністю. У біологічній продуктивності беруть участь усі живі організми і цим вони роблять свій внесок у підтримку існування біосфери.

Мірою біологічної продуктивності слугує величина продукції біомаси, яка створюється за одиницю часу, віднесеної до одиниці площі або об'єму простору ( $m^3$  та  $m^2$ ).

В екології розрізняють первинну та вторинну продукцію. Первинна продукція — це частина живої речовини, яка створюється завдяки діяльності організмів з автотрофним типом живлення. У межах первинної продукції розрізняють валову та чисту продукцію. Валовою продукцією називають масу органічної речовини, яка утворюється при фотосинтезі або хемосинтезі. Але, природно, якась частина первинної продукції витрачається на дихання. Залишок органічних речовин після цих витрат і складає чисту продукцію. Різниця між валовою та чистою продукцією досить велика, чиста продукція складає 40 — 80% валової продукції. Для екології основне значення має чиста продукція і тому, оцінюючи біопродукційний процес, звичайно мають на увазі саме чисту продукцію.

Вторинна продукція складається з органічних речовин, які утворюються при гетеротрофному типі харчування. Вторинна продукція завжди нижча, ніж первинна, оскільки, по-перше, не вся первинна продукція з'їдається гетеротрофними організмами, частина її накопичується у ґрунті у формі гумусу (до речі, кам'яне вугілля — це також залишок мінералізованої біомаси, яка створена автотрофними організмами), і, по-друге, гетеротрофи не можуть забезпечити 100% перетворення первинної продукції у вторинну.

У сукупності жива речовина усіх автотрофних та гетеротрофних організмів складає біомасу. Можна говорити про біомасу окремого організму або про біомасу того чи іншого виду рослини чи тварини. Біомасу вимірюють в одиницях маси (сухого залишку) на одиницю поверхні, тобто у вигляді  $kg/m^2$ ,  $ц/га$ ,  $т/км^2$  і т.п. У зв'язку з тим, що біомаса формується в результаті процесу живлення, спорідненого зі зв'язуванням енергії, для оцінки розміру біомаси придатні й енергетичні одиниці (джоулі, калорії та ін.). Ця енергетична форма вираження має дві переваги. Вона показує, наскільки енергетично ефективні

були процеси утворення біологічної маси даного виду, а також дозволяють об'єктивно порівнювати організми або екосистеми, у яких біомаса має різний хімічний склад.

Оцінка розміру продукції та запасів біомаси у масштабах земної кулі в цілому досить важка справа. Загальна її методика ще не розроблена і дані різних авторів відрізняються. Сумарна біомаса всієї біосфери Земної Кулі в середньому оцінюється в  $1,8 \times 10^{18}$  г або  $30 \times 10^{21}$  Дж. Первинна продукція Земної Кулі досягає 100 млрд. т/рік. За даними **В.А.Ковди** (1973), загальна біомаса суходолу дорівнює  $3 \times 10^{12}$  —  $1 \times 10^{13}$  тонн. На суходолі основний внесок роблять ліси. У тропічних лісах чиста первинна продукція досягає 20 т/га, а в лісах помірної зони — 1242 г/м<sup>2</sup>/рік. Океани мають низьку первинну продукцію, що пов'язано, головним чином, із нестачею поживних речовин для рослин. На долю океанів та морських акваторій припадає  $55 \times 10^9$  тонн сухої біомаси.

У природному середовищі всі живі організми мешкають поряд. Співіснуючі рослини та тварини звичайно мають різні типи та способи живлення. Але для певних груп, що мешкають разом, базовий тип живлення є однаковим. У цьому випадку й роль цих організмів в екосистемі є також однаковою. Так, наприклад, в лісі ростуть і великі дуби, і ліани, і трави, і мохи. Конкретні механізми оптимізації фотосинтезу у них різні, але роль в екосистемі ідентична — всі вони мають автотрофне живлення та здійснюють первинний синтез органічних речовин. У цьому зв'язку з урахуванням основної екосистемної функції живі організми об'єднуються в **три** важливі групи: **продуценти, консументи та редуценти**. Групу консументів підрозділяють на декілька підгруп: первинні, вторинні і т.д.

**Продуценти** — це усі організми з автотрофним живленням. Як компоненти екосистеми вони синтезують органічну речовину та накопичують рослинну біомасу. У цьому зв'язку при вирішенні суто екологічних проблем іноді неважливо, до якого конкретного виду належить даний організм — він оцінюється лише за кількістю та якістю біомаси, яку продукує.

**Первинними консументами** називаються усі рослиноїдні організми, тобто усі фітофаги. Їхня їжа — це рослинна біомаса. У процесі живлення вони перетворюють її у нову форму — в органічні речовини свого тіла. Корова, кріль, колорадський жук у цьому розумінні займають однакову екологічну позицію. Вони — первинні консументи.

Групу **вторинних консументів** складають всі м'ясоїдні організми. Їжею їм слугують фітофаги, тобто рослиноїдні організми. Основними представниками цієї екологічної групи є хижаки та тварини, що живляться мертвими організмами.

І, нарешті, **редуцентами** називають групу, головним чином, мікроорганізмів (але не лише їх), в ході трофічної діяльності органічна речовина руйнується та мінералізується. Так, у ґрунті різні дрібні черв'яки та личинки комах живляться органічними речовинами відмерлих частин рослин (опад) та відмерлими тваринами. Органічні речовини, проходячи через їхній травний шлях, сильно спрощуються та, в свою чергу, стають їжею для ґрунтових мікроорганізмів та грибів, які завершують деструкцію органічних речовин.

Розглянуті групи організмів, кожна з яких виконує свою екосистемну функцію, відповідно складають так звані трофічні рівні (**табл. 8**). У спеціальній екології дуже важливо знати, до якого трофічного рівня належить той чи інший організм. Це одразу визначає його екосистемну позицію.

**Таблиця 8. Типи та способи живлення живих організмів різних трофічних рівней.**

Трофічний рівень	Типи та способи живлення
Продуценти	Автотрофне живлення: фотосинтез та хемосинтез
Первинні консументи	Фітофагія, сапрофітизм, паразитизм, копрофагія
Вторинні консументи	Хижацтво, паразитизм
Редуценти	Сапрофіти: всмоктування їжі

## 6.4. Генетичні фактори продуктивності

У всіх живих організмів рівень біопродуктивності чітко зумовлений їхньою видовою належністю і, відповідно, контролюється генотипом. **Генотип** визначає й іншу властивість живих організмів, що впливає на планетарне накопичення біомаси, — темпи розмноження. У результаті продукція, що створюється тим чи іншим живим організмом, залежить від двох факторів:

- а) від інтенсивності біопродукційного процесу;
- б) від темпів розмноження. Обидва ці фактори мають генетичну зумовленість.

У тих випадках, коли рівень біопродукційного процесу досить високий, він визначає запаси біомаси, які створюються даним організмом. У мікроскопічних організмів при їх мікроскопічних розмірах тіла накопичення біомаси цілком визначається темпами розмноження. Окремі акти розмноження бактерій та інших мікроорганізмів у сприятливих умовах можуть відбуватися кожні 30 — 60 хвилин. Теоретично це призводить до того, що вже протягом кількох років мікроорганізми змогли б сформувати біомасу розміром із Земну Кулю. Однак цього не спостерігається, оскільки швидкість розмноження мікроорганізмів обмежена великою кількістю зовнішніх факторів і, перш за все, нестачею органічної речовини для живлення. Тому в сучасній біосфері Землі сумарна біомаса мікроорганізмів невелика. Найбільша її частина зосереджена у ґрунті. За підрахунками спеціалістів ґрунт

1.6

вміщує 0,3 кг/м<sup>2</sup> бактерій, 0,3 — грибків, 0,15 — актиноміцетів. У вищих зелених рослин (**табл. 9**) продукування біомаси коливається в дуже широкіх межах. Це пов'язано з розмірами їхнього тіла. Особини ряски, наприклад, мають масу всього декілька грамів, а маса самого великого на нашій планеті дерева секвої гігантської, що росте в Каліфорнії (США), становить приблизно 2 тисячі тонн. У таблиці 10 наведені також дані щодо чистої надземної продукції в одного з видів грибів — шампінйонів. Вони показують, що в сприятливих умовах цей представник організмів із гетеротрофним живленням має надзвичайно високий потенціал продуктивності. У середньому в розрахунках на 1 га поверхні чиста надземна продукція зелених рослин варіює від 3 до 60 тонн/рік. Така ж велика варіація біомаси тіла і у тварин. Вона коливається від часток граму в найпростіших до кількох тонн у китів, кашалотів та слонів.

**Таблиця 9. Чиста біологічна наземна продукція деяких видів рослин.**

Види	Чиста наземна продукція в т/га/рік
Вирощувані шампінйони	1100
Пенісетум	85
Цукрова тростина	63—67
Папірус	40—60
Кукурудза	20—30
Тополя	8,7—22,4
Рис	8—18
Береза	7,4—13,1
Пшениця	9—13
Жито	6—13
Ялина	3,2—11
Картопля	3
Суниця	1

**Таблиця 10** вміщує приблизні відомості щодо виробництва деяких основних продуктів, що дають тварини, які розводяться людиною. Видно, що рівень продуктивності, перш за все, визначають генетичні особливості організму, його видова належність.

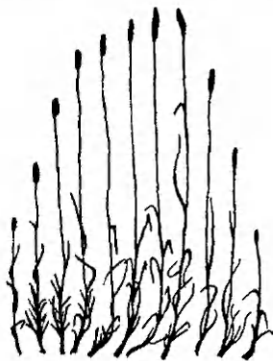
**Таблиця 10. Показники продуктивності (за рік) деяких видів тварин.**

Види продукції	Вироблена світова продукція в млн. тонн (чи шт*)
М'ясо сільськогосподарських тварин	76,9
Риба	42,4
Ракоподібні та молюски	4,8
Яйця	14,0*
Молоко	354,9
Мед	0,23

Дослідження селекціонерів та тисячолітній досвід ведення сільського господарства показали, що як у рослин, так і у тварин, продукція дійсно контролюється генетично, але спеціального «гену врожайності» немає. Здатність формування біомаси визначається генотипом в цілому. Незалежні набори генів впливають на морфологічні, фізіологічні та біохімічні параметри, що контролюють процес накопичення біомаси.

У світі живих істот діє загальна закономірність: чим більший розмір біомаси особини певного виду рослини чи тварини, тим нижчий темп розмноження та менша кількість потомства продукується за один акт репродукції. Природа немовби контролює продукційний процес, не допускаючи перевиробництва біомаси одного виду та сприяючи збільшенню біомаси різних видів.

Однак окремі рослини та тварини відрізняються високим рівнем біопродукції. Найчастіше це пов'язано з явищем поліплоїдії. **Поліплоїдія** — це природне чи штучне збільшення числа хромосом у ядрах. Найбільш характерна вона рослинам, але спостерігається й у тварин, зокрема вона властива дощовим черв'якам. Особини поліплоїдів відрізняються великими розмірами і мають підвищену стійкість до несприятливих факторів (*рис.34*). У сільському господарстві у зв'язку з цим ведеться цілеспрямована робота щодо створення поліплоїдів з максимальною продуктивністю. Підвищує біопродукцію і гібридизація.



**Рис.34.** Вплив рівня поліплоїдності на висоту рослин тимофіївки. Число наборів хромосом зростає зліва направо з 3 до 13. Найбільша висота рослин спостерігалася при числі набору хромосом, рівному 7.

Узагальнюючи викладений вище матеріал, варто підкреслити, що вимоги кожного з видів організмів до екологічних факторів високо специфічні. Ця твердо встановлена закономірність вперше була сформульована **Л.Г.Раменським** (1924) і отримала назву правила **екологічної індивідуальності видів**.

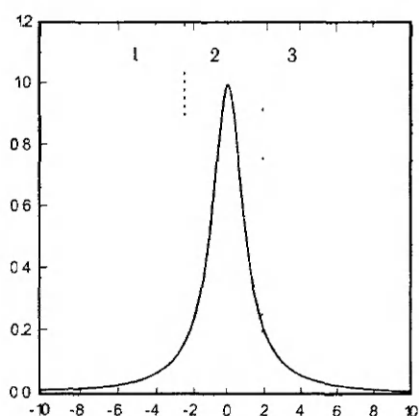
## 6.5. Екологічний контроль продуктивності

Особливості навколишнього середовища і, в першу чергу, режим абіотичних факторів створюють помітний вплив на процес синтезу органічної речовини автотрофними та гетеротрофними організмами.

Загальна зумовленість біопродукції екологічними факторами підпорядковується закону толерантності (**рис.35**). Відповідно до цього закону в амплітуді дії того чи іншого фактору є зона оптимуму, в межах якої біопродукція максимальна, та дві зони песимуму, в області яких формування біопродуктивності гальмується або нестачею даного ресурсу, або його надлишком.

У сукупності ресурси та умови, що сприяють можливості отримання біологічної продукції від живих організмів, розуміють як родючість природного угіддя. Розрізняють природну родючість як винахідну потенційну продуктивність угіддя, тобто ділянки суходолу або водойми, та економічну родючість як реальну кількість біологічної продукції, яку можна отримати від даного угіддя.

Природна родючість є базовою властивістю будь-якої природної екосистеми. Отримання продукції за рахунок природної родючості безвитратне. Витрати необхідні тільки для збору біомаси та її доставлення в потрібне місце. Економічна родючість — поняття більш складне. Воно включає в себе співвідношення між біомасою, що отримується, та витратами матеріалів, енергії та праці на її отримання. Економічна родючість може бути від'ємною величиною, коли вартість сукупних витрат перевищує вартість біопродукції. При цьому «вартість» розуміється у грошовому вираженні, але можливе її вираження у формі енергетичних одиниць.



**Рис.35.** Загальний вигляд кривої, що показує залежність розміру біопродукції живих організмів від екологічних факторів. 2 — зона оптимуму, 1 та 3 — зони песимуму.

Ресурсами, що необхідні для обміну речовин зелених рослин, є вуглекислий газ, вода, мінеральні речовини та сонячна енергія. У тварин головним є доступність та якість їжі, кисень та вода.

**Температура.** У зелених рослин температурний режим найчастіше виявляється критичним для продукційного процесу. Температура впливає майже на всі біологічні процеси рослин. Із підвищенням температури змінюється розчинність у клітинному соку різноманітних компонентів обміну речовин і, в тому числі, вуглекислого газу. У межах амплітуди температури від 0°C до 30°C підвищується активність майже усіх ферментів. У результаті при температурі 20–30°C фотосинтез має свій максимум. В усіх зелених рослинах підвищення температури від 0°C до 15°C веде до помітного зростання швидкості росту, з 15°C до 30°C вона майже постійна, та при температурі, більшій за 30°C, швидкість росту знижується. **Метод «суми ефективних температур»** в його різних видах широко застосовується в агрономії для оцінки умов росту та розвитку рослин.

Існує дві групи тварин: **теплокровні** та **холоднокровні**. У птахів та ссавців температура тіла постійна і підтримується обмінними процесами. Вони порівняно автономні щодо температурного режиму екотопу. У холоднокровних тварин такої автономності немає. Але навіть і теплокровні тварини реагують на температуру. Відомо, що як і вівці (теплокровні), так і бджоли (холоднокровні організми) мають схильність збиватися в тісні групи при похолоданні. Інші види захищаються від похолодання шляхом міграцій в теплі регіони або впадають в зимову сплячку. Завдяки теплокровності вищі тварини менше залежать від температури навколишнього середовища, і тому температурна зона поширення тварин ширша, ніж у рослин. Їхня біопродукція не так тісно пов'язана з температурою, як у рослин.

**Вода.** Вода є важливим фактором біопродукційного процесу рослин та тварин. Рослинам потрібна дуже багато води для процесу фотосинтезу, вода в них не стільки ресурс живлення, скільки речовина, за допомогою якої регулюється температура тіла шляхом випаровування з поверхні листків досить великої кількості води.

Рослини використовують воду на випаровування дуже неекономно. Продуктивність транспірації, тобто співвідношення кількості утвореної за одиницю часу органічної речовини до кількості води, що втрачається на випаровування, складає у рослин величину порядку 1/200 — 1/1000. Іншими словами, на утворення 1 г органічної речовини витрачається в середньому 300 — 500 г води. Щодо цього суттєвим є контроль біопродукції вологістю ґрунту та відносною вологістю повітря.

На формування біопродукції рослин впливає не тільки режим опадів, але і їх форма. Для багаторічних рослин особливо важливе значення має сніг. Взимку в Північній півкулі випадає 13,5 млрд тонн снігу. Але розподіляється він вкрай нерівномірно. Сніг — найкраща «ковдра» для озимих злаків та всіх багатолітніх рослин. Користь снігу полягає не лише в захисті рослин та їхніх кореневих систем від сильних морозів, сніг — це ще своєрідне підживлення. **І.В.Вернадський** показав, що разом зі снігом до рослин надходить широкий набір мікроелементів. Та хоча їхня концентрація в сніжній масі всього 0,001 — 0,005%, тала вода є хорошим стимулятором росту рослин.

Біопродукційний процес тварин теж залежить від режиму вологості. У посушливих біотопах ряд видів через нестачу води впадає в літню сплячку (естивація).

Способи отримання води можуть бути досить цікавими. Більшість видів отримує воду з водойм, звідки вони її просто п'ють. Інші види всмоктують воду через зовнішні покриви тіла (більшість земноводних). Треті повністю задовольняють свої потреби у воді за рахунок їжі. Домашні кішки майже не п'ють води при нормальному раціоні. Є види тварин (верблюди, одежна міль), які отримують воду метаболічним шляхом, окислюючи жирові речовини свого тіла.

**М.С.Гіляров** (1970) з'ясував, що деякі види комах лісової зони живуть на поверхні ґрунту, а у лісостепу та степу вони ж мешкають в товщі ґрунту. Цим шляхом підтримується оптимальний режим вологості, і, власне, в різних зонах комахи живуть фактично в одному і тому ж мікрокліматі. Відомо, що у комах кладка яєць йде лише при певній вологості повітря. Комахи не кусаються, якщо вологість повітря менша 40%.

**Вуглекислий газ та кисень.** У сучасній атмосфері загальні умови не для автотрофних рослин не оптимальні і не можуть забезпечити генетичну продуктивність. Концентрація вуглекислого газу в атмосфері, що дорівнює  $0,03\%$  цієї концентрації, при якій фотосинтез найбільш продуктивний. У більшості зелених рослин оптимум фотосинтезу спостерігається при концентрації  $\text{CO}_2$ , рівній  $0,1\%$ . У рослинних угрупованнях у шарі розміщення зелених частин рослин вуглекислий газ взагалі дуже швидко «вичерпується» листям та його концентрація в денні години тут знижується до  $0,01\%$ , що в 10 разів нижче від оптимуму. Та й використовується вуглекислий газ, як показали дослідження **В.М.Любименка** (1925) та **М.І.Будика** (1977), з низькою ефективністю. Із загального дифузного потоку вуглекислого газу листки рослин поглинають його тільки на  $10\%$ .

Концентрація кисню в атмосфері також не оптимальна для зелених рослин. Вона вища тих значень, при яких фотосинтез максимальний. Очевидно, що сучасна біосфера розбалансована у співвідношенні  $\text{CO}_2/\text{O}_2$ . Однією з причин такого розбалансування є неоптимальне співвідношення в біосфері автотрофних та гетеротрофних організмів. Інша причина розбалансування лежить у змінах газового складу атмосфери під впливом промислового та сільськогосподарського виробництва.

Всі тварини набагато більше, ніж рослини, чутливі до газового складу атмосфери. Аеробним тваринам кисень потрібен для дихання, а для анаеробів кисень, навпаки, отруйний.

**Сонячна радіація.** Біопродукція зелених рослин суттєво залежить від надходження сонячної радіації. Для гетеротрофних організмів прямої необхідності у світлі немає. Гриби та бактерії часто відмінно ростуть у темряві. Але високоорганізовані тварини потребують світла, оскільки зір у них є важливим фактором при здобуванні їжі. Щодо яскравості освітлення тварини чітко підрозділяються на денних (наприклад, горобинні птахи) та нічних (кажани). Добова періодичність освітлення у багатьох видів тварин служить сигналом початку розмноження. Довгий день у північних широтах (до 18 — 24 годин) забезпечує можливість більш довгого періоду пошуку та здобування їжі. Саме тому більшість видів птахів переміщуються на північ на період розмноження, оскільки їхні потреби в їжі різко зростають під час вигодовування пташенят.

**Грунт.** Для автотрофних рослин важливим фактором їхньої життєдіяльності є родючість ґрунту. Це досить емне поняття, але в більшості випадків родючість визначається наявністю в ґрунті достатньої кількості макро- та мікроелементів мінерального живлення рослин. Виснаженню ґрунту сприяють деякі природні явища, наприклад, водна та вітрова ерозія, але найчастіше на площах, що використовуються людиною для отримання сільськогосподарської продукції, ґрунти виснажуються під впливом їхньої непомірної експлуатації.

**Територія.** Своєрідним екологічним фактором контролю продуктивності є простір. Він необхідний і для рослин, і для тварин. У тварин біомасу чітко визначає розмір кормової ділянки. Для ряду видів тварин у період розмноження властива вузька територіальність, коли кожна сім'я або група сімей здобувають їжу на ділянках, що належать їм. Такі ділянки ретельно охороняються від вторгнення особин свого виду. Для цього застосовуються голосові засоби (птахи), пахучі мітки (ссавці) і т.п.

Розміри кормових ділянок звичайно пов'язані з величиною тіла тварин. Наприклад, полівка вагою тіла у 27 г потребує на добу всього 2,4 г сухого корму. Вона може зібрати його з ділянки всього у декілька квадратних метрів. Для лося з масою тіла у 200 кг або слона з масою тіла у 4 тонни їжі потрібно декілька десятків кілограмів і кормові ділянки будуть відповідно більшими. У Карпатах для життєзабезпечення однієї особини карпатської сарни потрібно 7 — 10 га, та стійкою буде тільки популяція з 800 — 1600 особин, який, таким чином, потрібно 12 — 15 тисяч га території. Є територіальний контроль і в хижаків. Кормові ділянки левів складають 25 — 50 км<sup>2</sup>. Але розміри таких ділянок завжди залежать також і від кількості на них кормових ресурсів.

Не менш важлива і якість їжі. Так, якщо самиці колорадського жука отримують у їжу старі листки картоплі, то через 11 діб у них повністю припиняється відкладка яєць. При годуванні самиць молодими листками кладка продовжується більше місяця. Тоді, коли вівцям замість потрібного їм сіна пропонуються в їжу соковиті корми — кормова капуста, корнеплоди, зменшується не тільки приріст, але стає ще неможливим і розмноження. Відсутність їжі потрібної якості скорочує тривалість життя. За цієї причини дощові черв'яки не можуть жити в посадках з вільхи або акації. Для них несприятливий хімічний склад листків цих рослин.

Нормальний біопродукційний процес у тварин пов'язаний з певними ландшафтними особливостями території: наявністю лісу, водойм, галявин і ін. Так, граки — мешканці лісів, що переважають з перелісками, лелека може селитися лише в тих місцях, де у водоймі є великі дерева, що необхідні для гніздування. Хоча лелеки в умовах антропогенного ландшафту навчилися класти гнізда й на телеграфні стовпи та на опори ліній електропередач.

Ландшафтне різноманіття є важливим фактором життя багатьох тварин. Ті ж граки можуть здобувати їжу тільки у травостой, висотою не більше, ніж 15 см. Тому весною вони живляться на ланах. Як тільки трава підростає та досягає критичної для них висоти, граки переміщуються на пасовища, до середини літа вони годуються на сіножатті, а наприкінці літа після збирання врожаю знову переміщуються на поля.

У цілому вплив абіотичних факторів на утворення біопродукції має комплексний характер. Визначає можливість біопродукції не один, хоча й важливий фактор, а їхнє сполучення. В екології цей факт відомий як закон **А. Мітчерліха — Б. Бауле**. Так, наприклад, коефіцієнти використання сонячної енергії, вуглекислого газу та води рослинами не є постійними. Вони змінюються і набувають більших значень у сприятливих для рослин природних комплексах, де значення інших абіотичних параметрів близькі до оптимуму, і нижчих значень — у несприятливих умовах. В Україні коефіцієнт використання сонячної радіації рослинами закономірно змінюється з півдня на північ від 0,6 до 1,0% паралельно росту кількості опадів та підвищенню гуміфікованості ґрунтів. Поєднання окремих абіотичних факторів і умов формує такі середовищні комплекси як тривалість вегетативного періоду, клімат місцевості, конкретний режим погоди, тип ґрунтового покриву. Тому географічні карти первинної продукції рослинного покриву принципово збігаються з картами клімату та з ґрунтовими картами.

Якщо клімат для живих організмів є деякою абстракцією, погодні умови виступають як повсякденний фон реалізації біопродукційного процесу. При вирощуванні культурних рослин навіть існує поняття метеотропного ризику, котре включає в себе всю сукупність відхилення погоди, що перешкоджає отриманню оптимального врожаю.

Екологічні зв'язки тварин зростають завдяки їхній рухомості. Звісно, є й нерухомі тварини (корали), а у багатьох видів осілих тварин спостерігається прив'язаність до певної, і часто досить невеликої ділянки території. Але багато видів тварин широко мігрують і на різних фазах розвитку можуть займати різноманітні біотопи. Деякі водяні та суходільні тварини можуть переміщуватися на віддалі до 10 тисяч км. Такі міграції пов'язані з динамікою використання їжі. Так, на великі віддалі в пошуках місць багатих на зоо- та фітопланктон переміщуються кити. У лососевих риб та вугрів молодь та дорослі особини мешкають в надзвичайно віддалених одна від одної ділянках водойм. На багато тисяч кілометрів перелітають птахи, залишаючи негостинні для них зимою помірні широти, але повертаються сюди знову весною, коли спостерігається пік зростання біомаси рослин та тварин, які є їхньою їжею.

Сполучення екологічних факторів різноманітні в різних регіонах планети. Тому є чітка різниця в біопродукції на континентах (**табл. 11**), яка зумовлена їхнім географічним положенням та пануючим кліматом. Оцінка такого роду даних дозволяє зробити висновок, що в глобальному масштабі біопродукцію контролюють тепло та вологість. Очевидні знижен-



ня біопродукції в тих регіонах, де великі території відрізняються низьким водозабезпеченням (пустелі) або мають холодний клімат. За даними **Ю.М.Куражсковського** (1969), біологічна продуктивність природних угідь, яка виражається в центнерах сухої речовини з гектара на рік, чітко пов'язана з типом природної зони. Для природних зон України вона складає (ц/га в рік): в лісовій зоні — 75, в лісостеповій зоні — 125, в степу — 85, в сухих степах — 50.

Таблиця 11. Продукція природного рослинного покриття.

Територія	Продуктивність в гр/м в рік
Європа	850
Азія	980
Африка	1030
Північна Америка	820
Південна Америка	2090
Австралія та Океанія	860
<b>Континенти в середньому</b>	<b>950</b>
<b>Океани в середньому</b>	<b>150</b>
<b>Земна Куля в середньому</b>	<b>400</b>

1.6

Максимальна біопродукція властива лісостеповій зоні. Лісостепова зона України — це її головне природне багатство. Відповідно до наведених показників знаходиться і зональна зміна продукції сільськогосподарських тварин, що відображає кількість та якість кормів.

У серії робіт **Є.О.Дорогонівської** (1952 — 1960) та інших авторів показано, що екологічні умови у формі природно-кліматичних комплексів впливають не тільки на кількість біомаси, але й на хімічний склад. Так, ячмінь при вирощуванні в лісовій зоні вміщує тільки 10 — 13% білку в зерні і воно придатне в основному для пивоваріння, будучи малоцінним кормом. У степовій зоні вміст білку в зерні ячменю складає 15 — 25%. Таке зерно вже є повноцінним кормом.

Важлива сторона екологічного контролю продукційного процесу — це нестабільність абіотичних факторів. Рослини та тварини змушені витратити енергію на пристосування до коливань екологічного режиму і біопродукція падає.

Деякі коливання погоди носять суто стохастичний характер, інші мають виражену циклічність. Спостереження, що виявили циклічність екологічного режиму, проводили ще **С.П.Крашенінніков** (1745 — 1755) та **М.В.Ломоносов** (1750 — 1765). У наш час відоме існування циклів зміни клімату різної тривалості. Циклічним змінам екологічних режимів відповідають цикли розміру первинної біопродукції автотрофних рослин.

За **А.С.Мончадським** (1958), екологічні фактори підрозділяються на **три основні групи** за рівнем періодичності:

а) **первинні періодичні фактори** з добовою, сезонною та річною ритмікою — температура, освітленість; усі живі організми порівняно легко адаптуються до них.

б) **вторинні періодичні фактори** характеризуються періодичністю, що пов'язана з режимом первинних факторів — це вологість повітря, концентрація в повітрі вуглекислого газу; адаптація до них у живих організмів менша.

в) **неперіодичні фактори**, мінливість яких носить стихійний характер, це штормові вітри, пожежі, виверження вулканів; адаптування живих істот до них найнижче.

## 6.6. Ценотичний контроль продуктивності. Біопродукція в різних біомах

Оточення будь-якого живого організму, що бере участь в біопродукційному процесі та розмноженні, включає в себе не лише абіотичні фактори навколишнього середовища, до нього також входять й інші живі організми цього ж або іншого виду. Жити та формувати біопродукцію кожній живій істоті доводиться в умовах того чи іншого біоценозу в тісній взаємодії з іншими організмами. Такі ценотичні зв'язки інколи настільки важливі, що як фактор контролю розміру та якості біопродукції вони перекривають за силою дії абіотичні фактори.

Кожен живий організм не тільки відчуває певний вплив на себе з боку своїх співмешканців у ценозі, але й сам впливає на них. Такі впливи можуть підрозділятися на три типи: позитивні, нейтральні та негативні. Це веде, як показано в таблиці 12, до виникнення між організмами ряду специфічних форм взаємодії.

Основні з них такі:

**нейтралізм** — при сумісному проживанні організми не чинять один на одного ні позитивного, ні негативного впливу,

**конкуренція** — два види організмів або особини одного виду використовують один і той же подільний ресурс або намагаються витіснити один одного,

**паразитизм та хижацтво** — один з видів використовує організми іншого виду як трофічний ресурс,

**мутуалізм або співробітництво** — при сумісному проживанні організми сприяють один одному,

**аменсалізм** — взаємозв'язок між організмами носить односторонній характер: для одного партнера він сприятливий, а для іншого байдужий.

Таблиця 12. Класифікація форм взаємозв'язків між живими організмами.

Вид А	Вид Б	Тип зв'язків
+	+	Мутуалізм
+	0	Коменсалізм
0	0	Нейтралізм
0	—	Антибіоз
+	—	Хижацтво та паразитизм
-	—	Конкуренція

Одним із дуже поширених механізмів ценотичного контролю продукційного процесу є конкуренція. Форми конкурентних взаємозв'язків надзвичайно різноманітні. Види рослин та тварин конкурують за їжу, за оптимальні умови існування, за простір.

Цілком очевидна конкуренція рослин за світло, коли вони тягнуться вгору, намагаючись перерости сусідів та перехопити більшу частину сонячної радіації. У посівах культурних рослин йде активна конкуренція з бур'янами не лише за світло, але й за воду та мінеральні речовини ґрунту. У випадку сильного конкурентного впливу з боку бур'янів врожай культурних рослин може сильно зменшуватися. Птахи активно конкурують за місця гніздівель. У хижих ссавців (соболь, куниця, ласка) чітко проявляється конкуренція за територію, де вони здобувають собі їжу. В усіх цих випадках конкурентно пригніблений вид знижує свою біопродукцію, може навіть бути повністю витісненим з даного еко-топу.

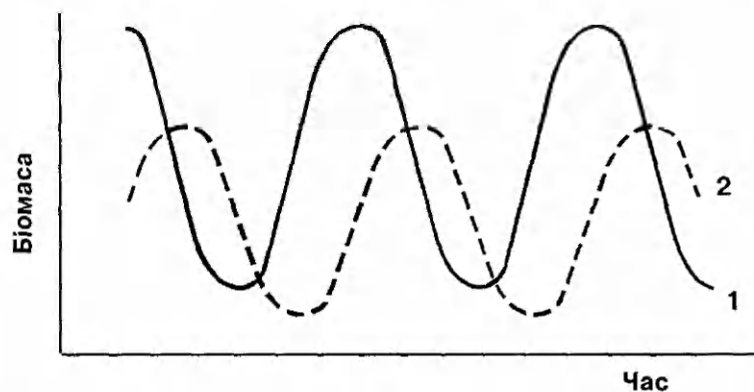
Досить сильно впливають на рівень біопродукційного процесу паразитизм та хижацтво. Але в природних умовах, як правило, відношення даного типу не ведуть до повного

зникнення особин хазяїна або жертви. Йде хвилеподібне коливання розміру сумарної біомаси та чисельності цих організмів (рис.36). Під впливом хижацтва або паразитизму біомаса популяції жертви сильно знижується, що призводить у відповідь до зниження чисельності та біомаси хижака або паразита. За цим йде нова хвиля збільшення чисельності хазяїна і т.д.

Описаний тип стосунків організмів принципово відрізняється від типу використання природних ресурсів людиною, коли ресурс знищується або повністю, або до такого рівня, що він вже не може самопоновитися. Саме таким чином був знищений бізон у преріях Північної Америки, морська корова Стелера у берегів Камчатки та ряд інших видів. Публіцисти називають такий тип використання біологічних ресурсів „хижацьким“, але як літературне порівняння це невірно. При справжньому хижацтві популяція жертви повністю ніколи не знищується. У Канаді, наприклад, при чисельності лосів менше ніж 0,2 особин/км<sup>2</sup> вовки взагалі не заселяють біотоп, що сприяє нормальному розмноженню та виживанню молодняку лосей.

У природі дуже поширені і мутуалістичні стосунки. Найкращим прикладом чіткого мутуалізму є лишайники, організм яких сформований із грибів та водоростей. Кожен із компонентів такого псевдоорганізму вилучає з сумісного життя користь. Мутуалістичний характер мають симбіотичні взаємозв'язки бобових рослин та бульбашкових азотфіксуючих бактерій. Збільшення біопродуктивності під впливом такого симбіозу давно відоме на практиці у сільському господарстві. Жуйні тварини перетравлюють клітковину за допомогою бактерій, які розкладають целюлозу і живуть в кишечнику тварин. Раки-самітники полюбують жити разом з актиніями, які використовують залишки їхньої їжі, але від самого рака-самітника відлякують багатьох хижаків.

1.6



**Рис.36.** Взаємозумовлений хвилеподібний тип динаміки біомаси жертви та хижака. 1 — жертва, 2 — хижак. Піки біомаси хижака завжди нижчі, ніж у жертви та запізнюються у часі по відношенню до піків біомаси жертви.

Власне механізми і позитивних, і негативних зв'язків між живими істотами можуть бути дуже тонкими і зовні непомітними. Історично порівняно недавно й при суттєвому внеску українських вчених **С.І.Чорнобривенка** (1956), **М.Г.Холодного** (1949), **А.М.Гродзинського** (1965 — 1973) був детально вивчений спосіб впливу одних організмів на інші за допомогою прижиттєвого виділення в навколишнє середовище складних органічних сполук. Взаємозв'язки між організмами, зумовлені такими виділеннями, отримали назву алелопатичних, а галузь науки, яка їх вивчає, алелопатії. Алелопатичні відносини помітно впливають на розмір біопродуктивності культурних та дикорослих рослин. Так, відомий український вчений **П.А.Мороз** (1990) на основі поглибленого вивчен-

ня алелопатичних відносин розробив оптимальні варіанти чергування культур плодоягідних насаджень України. Відповідно до наведених ним даних, яблуня має найбільш високі показники біопродукції при її розміщенні після смородини та малини, для сливи найкращі попередники — це груша та персики. Як показали дослідження **А.М.Гродзинського** (1973), алелопатія є одним із важливих механізмів і її подальше вивчення обіцяє розкрити багато нового серед механізмів природних регуляцій продуктивності рослин.

Роль ценотичних факторів в біопродуктивному процесі проявляється в тому, що різні сполучення живих організмів — біоми відрізняються один від одного і розміром первинної продукції, і запасами біомаси (**табл. 13**). Так, в помірній зоні при принципово подібних режимах абіотичних факторів біопродукції її рівень відмінний від того, в оточенні яких живих організмів, в яких їхніх комплексах йде біопродукційний процес.

**Таблиця 13. Показники продуктивності основних біомів Земної Кулі.**

Біоми	Біомаса в кг/м <sup>2</sup>	Чиста первинна продукція в г сухої речовини на м <sup>2</sup> на рік
Вологі тропічні ліси	45	2200
Шпилькові ліси помірної зони	35	—
Листяні ліси помірної зони	30	1300
Тайга	20	800
Савана	4	700
Степи	14	500
Тундра	0,6	140
Пустелі та напівпустелі	0,7	90
Сільськогосподарські землі	1,0	650
Болота	15	2000

Система взаємодії живих організмів настільки значуща для природних систем, що дозволила **Д.Лавкову** та **Л.Маргулісу** в 70-х роках нашого століття запропонувати так звану гіпотезу Геї (Гея — давньогрецька богиня Землі). Відповідно до цієї гіпотези система взаємодії між живими організмами Землі настільки єдина та потужна, що перетворює біосферу в цілісну кібернетичну систему, що наділена властивістю саморегуляції. Метою цієї саморегуляції є підтримка на Землі умов, сприятливих для життя. Гіпотеза Геї ще мало розроблена, але сам факт її висунення означає визнання видатними спеціалістами наявності численних механізмів взаємодії між усіма живими організмами. Ці взаємодії надають біосфері цілісного характеру та забезпечують підтримку продукції різноманітних форм живої речовини на планеті. Біосфера або є як єдине органічне ціле, або вона руйнується, якщо зруйновані механізми її самопідтримки.

## 6.7. Принципи лімітування біопродукції. Управління продукційним процесом

Думка про те, що той чи інший екологічний фактор може опинитися критичним для життєдіяльності живих організмів, вперше була висловлена в 1840 році німецьким вченим **Ю.Лібихом**. Можливість деяких факторів навколишнього середовища обмежувати біопродукцію отримала назву закону Лібіха. Суть цього закону полягає в тому, що в загальній сукупності екологічних факторів, які необхідні для життєдіяльності, в мінімумі може знаходитися якийсь один. Саме він і визначає верхню межу біопродукції, яка мож-

лива в даних умовах. Лімітуючим може бути як абіотичний, так і біотичний (наприклад, чисельність шкідників) фактор.

Такий прямолінійний підхід щодо оцінки залежності продукційного процесу від екологічного середовища в реальному оточенні найчастіше не виправдовується. **Ю.Одум** застеріг, що в початковому формулюванні закон мінімуму немовби статичний. Насправді у міру витрати ресурсів співвідношення між ними змінюється і лімітуючий фактор вже перестає бути ним. Його може замінити будь-який інший. Сучасні екологи віддають перевагу розгляду комплексу лімітуючих біопродукційних факторів життя, який відповідає принципу сумісної дії на організм факторів життя, що був сформульований **А.Мітчерліхом** та **Б.Бауле**.

Назва „закон мінімуму“ невдала і в тому розумінні, що лімітувати біопродукцію може не тільки нестача ресурсу, але й надлишок будь-якого фактора. Наприклад, надлишок вуглекислого газу в атмосфері в кількості більше, ніж 1—10% за об'ємом гальмує фотосинтез та знижує врожай.

Залежно від стану організму та умов його існування дія лімітуючого фактору змінюється. Біомаса та чисельність колорадського жука в якомусь районі можуть чітко лімітуватися площами, що зайняті картоплею. Але якщо в цьому районі вирощують баклажани та інші пасльонові культури, то площа посадки картоплі вже не буде лімітуючим фактором для колорадського жука. Замінюваність ресурсів взагалі досить важлива для підтримки рівня біопродукції. Відомо, що ряд молюсків використовують на побудову своєї черепашки солі стронцію замість солей кальцію.

У цілому, управління біопродукційним процесом можливе лише на основі чітких знань та використання законів, які лежать в основі цього явища. Біологічна продукція створюється тільки живими організмами і оптимальними для її формування є такі умови, що звичні для даного організму, до яких він добре адаптований. Цей комплекс умов повинен включати в себе в достатній, але не надлишковій кількості усі подільні ресурси та забезпечувати потреби організму в неподільних абіотичних та біотичних факторах. Управління біопродукцією не можна уявити без розуміння динамічного характеру зв'язку організмів зі своїм довкіллям. Той екологічний фон, що підтримує високий рівень біопродукційного процесу на даній фазі росту та розвитку живих істот, вже недостатній на наступних фазах. Фактори, що необхідні для приросту маси тіла особин, не збігаються з факторами, що забезпечують розмноження та збільшення чисельності рослин або тварин.

1.6

#### **Опрацювавши даний розділ, Ви повинні вміти:**

1. Пояснити суть автотрофного та гетеротрофного живлення живих організмів.
2. Розрізняти різні відомі вам живі організми за способом їхнього живлення.
3. Дати чітке визначення, що таке первинна та вторинна продукція.
4. Навести кілька прикладів, коли біопродукція живих організмів визначається їхнім генотипом.
5. Пояснити, як доступність території та вільного простору впливає на біопродуктивність рослин та тварин.
6. Пояснити, що таке алелопатія.
7. Пояснити, в чому полягає суть гіпотези Геї.

#### **Питання для самоперевірки та обговорення:**

1. Яке походження має вільний кисень атмосфери Землі?
2. Чому людину слід вважати гетеротрофною істотою?
3. Обговоріть, які речовини служать їжею мікроорганізмам, рослинам та тваринам, та дайте порівняльну оцінку ефективності їхнього живлення.

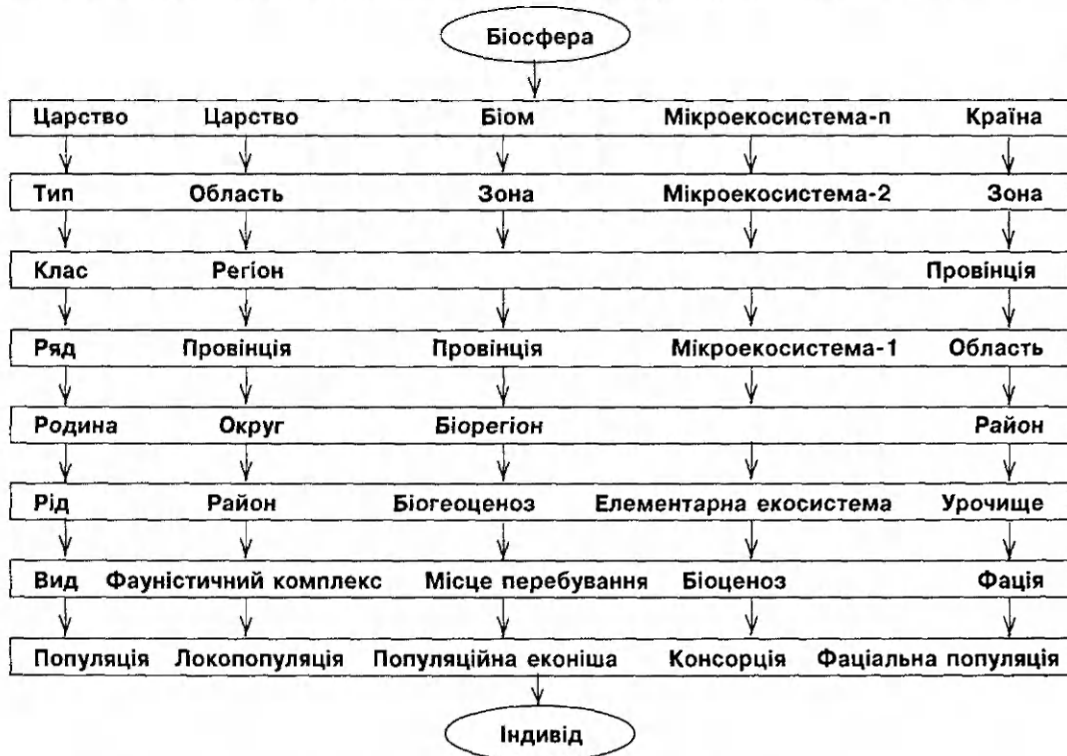
4. Обговоріть проблему взаємної залежності живлення різних груп організмів та дайте оцінку масштабів цієї взаємної залежності.
5. Що таке екологічний контроль розміру біопродукції?
6. Обговоріть корисність закону мінімуму щодо аналізу виробництва молока на молочній фермі.
7. Назвіть основні форми взаємовідносин між організмами та наведіть 2-3 приклади кожної з форм.
8. Які причини, на Вашу думку, лежать в основі того, що в природних умовах хижаки ніколи не знищують усі живі істоти, які є об'єктом їхнього харчування?

## Розділ 7

# БІОЛОГІЧНА ТА ЕКОЛОГІЧНА РІВНОВАГА

### 7.1. Біологічне різноманіття — основа стійкого існування екосистем

Усім екосистемам властиве **біологічне різноманіття**. Це інтегральне поняття, що описує варіабельність, яка властива всім видам наземних та водяних екосистем. Воно підрозділяється на **генетичне різноманіття** — різноманіття генотипів рослин та тварин, **внутрішньовидове** — наявність різновидностей та популяцій в межах виду, **видове** — кількість та різноманіття видів на певній території. У межах видового різноманіття **Р. Уїттекер** (1980) розрізняв три категорії: **a, b** та **g** — відповідно різноманіття видів в угрупованнях, екосистемах або цілих ландшафтів. Загальна схема класифікації категорій біологічного різноманіття наведена на **рис.37**. Основними категоріями біологічного різноманіття є: **а) різноманіття індивідуальних організмів за віком, життєвим станом та статтю, б) різноманіття популяцій за їхніми структурними типами, в) різноманіття видів, або, точніше, генотипів, г) різноманіття угруповань, д) різноманіття екосистем.**



**Рис.37.** Схема ієрархічних рівнів біологічного та ландшафтного різноманіття (за **Шеляг-Сосонко** та **Ємельяновим**, 1997).

Особливу категорію різноманіття складають ряди динаміки тієї або іншої екосистеми у часі. Так, процес поступового заростання ставу становить собою серію послідовних змін характеру цієї екосистеми, що теж є однією з форм біологічного різноманіття у природі.

Таким чином, біологічне різноманіття є інтегральною формою варіабельності живої матерії, формою її існування, і тому є однією з об'єктивних цінностей природного середовища. У 1992 році була прийнята Міжнародна конвенція про збереження біологічного різноманіття на нашій планеті.

## 7.2. Загальні принципи стабільності та стійкості біосистем та екосистем

У 1884 році французький хімік **А.Ле Шательє** сформулював принцип (пізніше він отримав ім'я вченого), відповідно до якого будь-які зовнішні впливи, що виводять систему зі стану рівноваги, викликають у цій системі процеси, що намагаються послабити зовнішній вплив та повернути систему в початковий рівноважний стан. Початково вважалося, що принцип Ле Шательє можна застосовувати до простих фізичних та хімічних систем. Пізніші дослідження показали можливість застосування принципу Ле Шательє і до таких великих систем, як популяції, екосистеми і навіть до біосфери. Так, наприклад, принципу Ле Шательє підпорядковується екосистема Світового океану. Її біота поглинає до половини вуглекислого газу атмосфери і тим компенсує підвищене надходження антропогенного вуглекислого газу. Але біота суходолу вже виведена зі стану, коли вона підпорядковувалася цьому принципу, і в наш час наземні екосистеми в сумі виділяють більше вуглекислого газу, ніж в доантропогенну еру.

Стійкість організмів, популяцій або екосистем проявляється у самому факті їхнього існування протягом тривалого часу. Але біосистеми не існують вічно. Як смерть окремих особин, так і вимирання видів є природним процесом. У ході еволюції, коли певні види вимирають та їм на зміну приходять інші, більш пристосовані до умов існування, видове різноманіття біосфери зростає.

Інша справа, коли вимирання організмів та руйнування екосистем іноді стають наслідком катастрофічних природних або антропогенних порушень (виверження вулканів, повені і т.п.). Розвиток цивілізації супроводився найрізноманітнішими природними катастрофами. Основні їхні види такі:

- а) повені, від яких особливо потерпає населення Індії та Китаю;**
- б) землетруси, що найчастіше спостерігаються в сейсмічно нестійких регіонах. Це Японія, захід США, Індонезія. Великі людські жертви та економічні збитки принесли землетруси 1988 року у Вірменії та 1989 року в Каліфорнії (США);**
- в) сильні урагани, від яких потерпають південний схід США та Японія та яких на земній кулі в рік реєструється не менше 80;**
- г) цунамі та затоплення морськими водами, що характерні узбережжям Пакистану та Японії.**

За розмірами збитків, що приносять ці лиха людині, вони розподіляються так: повені — 40%, тропічні циклони — 20%, землетруси — 15% та посухи — 15%. Лише за останні 20 років від стихійного лиха загинуло близько 3 млн людей і ще близько 1 млрд людей отримали поранення. Прикладів спустошення, загибелі великої кількості людей, значних матеріальних збитків, на жаль, дуже багато. Так, в 1970 році в Бангладеш тропічний циклон, що пройшов зі швидкістю до 200 км/рік, був причиною загибелі 200 тисяч людей.

Природні катастрофи настільки небезпечні своїми наслідками, що ЮНЕСКО оголо-



сило десятиліття з 1990 до 2000 року «Десятиліттям попередження небезпечних наслідків природних катастроф»

На жаль, не менші збитки людині та природному середовищу, де вона мешкає, приносили дії, скоєні самою людиною (або бездумно, або навмисно) без врахування віддалених негативних наслідків таких дій

Іноді популяції та види знищуються людиною безпосередньо, а можуть знищуватися опосередковано, коли під впливом антропогенної діяльності середовище змінюється таким чином, що стає повністю непридатним для існування будь-якого організму. Таке опосередковане знищення біологічного різноманіття людиною в сучасну епоху є основним. Заборона мисливства, наприклад, не зберігає від вимирання сокола-сапсана тоді, коли повністю зруйновані його місця проживання та знищена природна кормова база.

Для оцінки стійкості екосистем та біосфери щодо природних катастроф та антропогенних порушень корисним є **поняття про екологічний резерв екосистеми**, що було введено **Ю.А.Ізраєлем** (1989). Екологічний резерв екосистеми — це різниця між гранично допустимим відхиленням та фактичним станом екосистеми. Вона вказує на розміри тієї буферної зони, в межах якої можливі зміни, що не руйнують екосистему. На жаль, методів оцінки екологічного резерву екосистем різного типу поки що немає. У багатьох випадках екологічний резерв екосистем оцінюється інтуїтивно, «на око». Наукові розробки в цьому напрямку дуже актуальні.

Розвиток — загальна властивість матерії, що охоплює всі її форми від неживих структур до людського суспільства — соціуму. При розгляді розвитку будь-яких біосферних структур від організмів до самої біосфери варто мати на увазі співвідношення стихійного та розумного начала.

Перші фази розвитку соціуму здійснювалися в умовах явного переважання стихійного розвитку. Саме так змінювали один одного такі важливі етапи, як одомашнення диких тварин, виникнення осілості та хліборобства, заміна примусової праці рабів та кріпаків на працю вільнонайманих робітників, науково-технічна революція. В усіх цих випадках домінував саморозвиток суспільства.

Новим етапом у розвитку соціуму, до якого наблизилося людство на рубежі XXI століття, є **формування екологічного суспільства**. Він вимагає відмови від загальноприйнятої орієнтації на зростання матеріального багатства як єдиної мети суспільства. Цей етап вже не може здійснитися як стихійний розвиток. Він може бути реалізований тільки системою свідомих дій та знаменує перехід від етапу стихійного до етапу саморозумного розвитку соціуму, тоді як кожна окрема людина, так і суспільні об'єднання різних рангів аж до держави усвідомлюють, що вони є частками біосфери та беруть участь в її регулюванні.

1.7

### 7.3. Адаптація

Серед стратегій виживання організмів існує дві альтернативи: а) **адаптація**, тобто пристосування до середовища або б) **уникнення, ухилення**. Основною є перша стратегія. Здатність до адаптації є важливою основою стійкості живих організмів. **Адаптація** може бути визначена як **відповідність** між організмом та його середовищем. Вона охоплює весь комплекс морфологічних, фізіологічних, поведінкових та інших особливостей живих організмів, які забезпечують їхнє існування в певних умовах. Розрізняють загальну адаптацію як пристосування широкого характеру (наприклад, наявність плавців у всіх риб) та спеціальні адаптації, що забезпечують виживання організму в своєрідних умовах (наприклад, особливі солевидні протидії у деяких рослин солонцевих пустель).

Аналізуючи адаптації **Т.Добжанський** (1970) розрізняв власне адаптації — вже наявну пристосованість до певних умов життя, та пристосовуваність — здатність пристосовуватися до нових умов. Обидві ці якості є важливим для живих істот, хоча вони не завжди збігаються. Більш того, спеціальні адаптації в багатьох випадках є серйозною перешкодою для досить швидкої пристосовуваності до змін умов життя.

Адаптація лежить в основі виживання організмів та підтримує на необхідному рівні їхню здатність до розмноження. Організми досить швидко та ефективно адаптуються до факторів, які трапляються досить часто в межах їхнього місця життя. До незвичайних факторів та умов пристосовуватися важче. І взагалі будь-який процес адаптації вимагає додаткових витрат енергії та матеріальних ресурсів.

Жити — це означає адаптуватися, тому конкретних прикладів адаптації у рослин та тварин можна навести велике число. Підвищена тіневитривалість сходів дуба є адаптацією до відновлення під покривом деревостою. Загострена зернівка ковили, що має спіральну зігнуту довгу ость, виступає як адаптивний механізм до заривання зернівки в ґрунт. Здатність котячих втягувати пазури є пристосуванням, що запобігає затупленню та зберігає їхню гостроту, важливу у момент утримання здобичі.

Окрім адаптивних ознак, існують ознаки та функції, що не мають такого характеру. Преадаптація — це опосередкований випадковий наслідок добору, який виявився корисним. Так, модрина має адаптацію до суворої зими на противагу іншим шпильковим деревам скидати хвою на зиму. В антропогенний період ця властивість виступає як преадаптація до забруднення атмосфери — в зимовий час модрина сприймає з навколишнього середовища набагато менше шкідливих речовин, ніж вічнозелені рослини.

Живі організми існують в складному біотичному та абіотичному оточенні, тому їхня загальна адаптованість є певною середньою лінією, компромісом між тими чи іншими можливостями пристосування. Так, у степових злаків, що ростуть в умовах дефіциту вологи, є тенденція до зменшення розмірів листової пластинки та зменшенню кількості продихів, яка забезпечує економне використання вологи. Але листок — орган фотосинтезу, а продихи — «ворота» для надходження вуглекислого газу з повітря до тканин листка. Тому адаптація, що полягає в зменшенні розмірів листків, веде до зниження фотосинтетичного потенціалу рослини та обмежує можливість синтезу органічних речовин. Реальні розміри листка є компромісом між цими двома потребами рослини.

Кожний конкретний живий організм має адаптований комплекс фізіологічних, морфологічних та екологічних особливостей, які доповнюють одна одну та сприяють більш успішному виживанню та розмноженню виду. Такі адаптивні комплекси **Е.Піанка** (1981) назвав «сузір'ям адаптації». У сузір'ях адаптації реалізовані біохімічні, фізіологічні, анатомічні та морфологічні пристосування. У цілому вони забезпечують онтогенетичне адаптування організмів до середовища життя.

Адаптація — це не тільки властивість організмів, це й властивість популяцій. На популяційному рівні адаптації проявляються у формуванні гетерогенного складу популяції та появи в них екотипів — особливих форм, що відрізняються характером пристосувань до середовища та розширюють амплітуду умов, в яких може вижити даний вид. Диференціація популяцій на окремі екотипи дуже важлива і в еволюційному плані. **Р.Фішер** (1935) сформулював положення, згідно з яким швидкість зростання пристосованості тим вища, чим більше екотипичне різноманіття в середині популяції. Важливим механізмом адаптації є і диференціація особин в популяціях за віковим складом та розмірами.

Існує пристосованість біоценозів та екосистем. Вона проявляється в їхній здатності змінювати видовий склад (навіть до зміни домінуючих видів), характер трофічних зв'язків, а отже й потоку енергії та кругообігу речовин. **Е.Лежявічюс** (1986) висловив думку, що точність механізмів адаптації зростає до верхніх поверхів біологічної ієрархії. Але темпи

такої адаптації тут нижчі, ніж в окремих організмів. Тому екосистеми та біосфера виявляються особливо вразливими щодо антропогенних змін навколишнього середовища, які виникають більш різко та скорше, ніж природні зміни.

## 7.4. Стійкість організмів, популяцій та екосистем

Біосистеми та екосистеми мають певний запас потужності, що дозволяє їм протистояти змінам у навколишньому середовищі. В особин живих істот, їхніх популяціях та екосистемах така стійкість базується на різних механізмах.

**Стійкість організмів.** На рівні окремих особин рослин та тварин існують численні механізми, що забезпечують стійкість до таких природних змін екологічного режиму, як коливання температури у вигляді приморозків або морозів, засухи, що супроводжується дефіцитом вологи та високою температурою, підтоплення та перезволоження ґрунту тощо.

В епоху глобального антропогенезу особливо важливе значення отримала стійкість живих істот до різного роду хімічних речовин, які в природному середовищі відсутні. Звісно, отрути є і в природі. Але живі організми вже давно та поступово адаптувалися до них. Так, у тварин виробилася система розпізнавання та знешкодження отрут, що можуть вміщуватися в їхній їжі. Велика рогата худоба на пасовищах просто не поїдає отруйні рослини. Отруєння трапляється тільки весною, коли після довгого зимового стійлового утримання тварини вперше випускаються на вільний випас.

У рослин та тварин є чимало випадків формування механізмів знешкодження отруйних речовин. Відомо, наприклад, що листки тютюну вміщують отруйний алкалоїд нікотин. Однак листками тютюну живиться гусінь тютюнового бражника. Більш того, гусінь знаходить потрібні їй листки саме завдяки нікотину. Якщо гусінь покласти на лист фільтрувального паперу, на який нанесена краплина нікотину, то вона знайде це місце і буде гризти папір саме в цьому місці. Але у тютюнового бражника є система швидкого виведення нікотину з організму.

Листки беладони та деяких інших трав вміщують так звані серцеві глікозиди, які мають отруйні властивості. Але гусінь метеликів данаїд з'їдають їх, тому що в їхньому тілі глікозиди одразу ж виводяться з активного стану та накопичуються в особливій тканині — в депо. Ця тканина поступово переводиться в тіло лялечок, а далі — метеликів. Вони стають отруйними для тварин. Більшість птахів навчилися розпізнавати цих метеликів та не поїдають їх. Таким чином, отрута працює на користь того, хто зумів виробити механізми його знешкодження.

Інша справа з ксенобіотиками. Так називають хімічні сполуки, що є прямим чи опосередкованим наслідком господарської діяльності людини та які не можуть бути використані живими організмами для отримання енергії або для побудови свого тіла. Число таких ксенобіотиків величезне. Проте за рахунок преадаптації живі організми здатні протистояти їхньому шкідливому впливу. На рівні організму в усіх живих істот є декілька способів захисту від ксенобіотиків.

**а) у людини є розумова діяльність, що дозволяє розпізнавати ксенобіотики та уникати їх;**

**б) у всіх тварин та людей є гормональна система, що розпізнає ксенобіотики, які вже потрапили до організму;**

**в) на рівні клітин у рослин та тварин є мембранні бар'єрні механізми, що запобігають проникненню ксенобіотиків у середину клітини;**

**г) усі живі організми мають ферменти, здатні руйнувати більшість ксенобіотиків;**

**д) в тілі живих організмів є депо, куди направляються шкідливі речовини для запобігання їхнього впливу на активний обмін речовин;**

**е) у ряді випадків рослини та тварини мають внутрішньоклітинні та тканинні транспортні системи виведення ксенобіотиків з організму.**

Робота усіх цих механізмів забезпечує певний захист організму від шкідливих речовин та підтримує його стійкість у несприятливому середовищі. Особливо важливу роль відіграють мембрани клітин. Вони мають спеціальні білки-переносники, які забезпечують перенесення речовин до клітин з навколишнього середовища. Ці білки специфічні для кожної речовини свій переносник. Тому у молекул ксенобіотиків часто немає відповідного переносника, і з цієї причини вони не потрапляють в середину клітини. Проводять білки-переносники і зворотний транспорт, виводячи за межі клітини речовини, що потрапили до неї. Зараз відкрито близько 200 таких білків, здатних виводити з клітин ксенобіотики. Однак справляються вони зі своєю роботою лише до тих пір, поки концентрація шкідливих речовин не дуже висока. Та ряд речовин, зокрема важкі метали і серед них, в першу чергу, кадмій, пошкоджують мембрани, відкривають їх до будь-яких речовин та порушують нормальне виведення отрут із клітин.

До певної міри непогано справляються з рядом ксенобіотиків ферменти, які їх руйнують. У людини та тварин вони зосереджені, головним чином, у печінці. Таке руйнування йде поетапно. Але відомо чимало випадків, коли проміжні продукти такого руйнування початкового ксенобіотика виявляються більш отруйними, ніж він сам.

У рослин та тварин існують депо для виведення у них отрути та ксенобіотиків. У тварин та людей — це жирова та кісткова тканина, у рослин — деревина. Добре вивчений механізм переводу у жирове депо такого шкідливого пестициду, як ДДТ. Тетрациклін переводиться в кісткову тканину. Але і цей механізм працює до певної межі. При високих концентраціях починається отруєння самої тканини такого депо.

**Стійкість популяцій.** Стійкість популяцій проявляється у їхній здатності до самопідтримки та збереження в умовах несприятливих зовнішніх впливів. Механізми стійкості популяцій дуже різноманітні. У рослин стійкість популяцій підтримує саморозрідження. Воно спостерігається при підвищенні щільності популяцій та полягає в диференціації особин за розмірами на дрібні та великі з наступним відмиранням найбільш слабких. В інших випадках стійкості популяцій рослин сприяє висока фенотипічна пластичність особин. При загущенні змінюється весь вигляд рослини. Вони стають витягнутими, мають менше листків та гілок. У таких популяціях при варіюванні числа особин на одиницю площі листової поверхні залишається стабільною і популяційне поле повністю контролюється популяцією.

Ще більш різноманітні механізми стійкості популяцій тварин. Збереження оптимальних для популяції параметрів і особливо щільності здійснюється перш за все за рахунок сильного рефлексу орієнтації молодняку, який самостійно залишає територію, що зайнята батьками. При скупченому поселенні, коли таке відкочовування неможливе, в популяціях виникає канібалізм — дорослі особини з'їдають власний молодняк. Особливо характерне це явище при обмеженості трофічних ресурсів.

Міграція як засіб зниження щільності популяції при нестачі кормів добре вивчена у перелітної сарани. При підвищенні щільності популяції сарани вище оптимуму личинки починають змінювати свій вигляд: у них виникає загальне яскраво-жовте з чорними плямами забарвлення та подовжуються надкрила. У результаті здійснюється гормональна перебудова, і сарана залишає рідні місця проживання, розлітаючися величезними зграями на сотні і тисячі кілометрів. Після перельоту в розрідженій популяції за 2-3 покоління відновлюється попередня форма сарани. Подібного роду масові міграції підвищують стійкість популяцій, що спостерігається після років надзвичайного масового розмноження не тільки у сарани, а й у леменгів, попелиць.

При об'єднанні особин в групи стійкість популяцій підвищується. Ця закономірність відома під назвою Оллі. Відомо, що риби, які знаходяться в групі, краще переносять дію отрути, доданої до води. Більш того, якщо рибу посадити у воду, в якій раніше перебувала група риб, то вона має більшу стійкість щодо сторонніх хімічних речовин. Очевидно, продукти метаболізму, що знаходяться в такій воді, сприятливі для організму. Система хімічних взаємозв'язків особин виступає як стабілізатор та охоронник живих істот.

Але в екології не так багато універсальних правил. Все живе різноманітне. Відмічається, що в акваріумах, де вирощувалася велика група дафній, навіть після їхнього вилучення нові дафнії ростуть погано. Має місце ефект аутоксикації, спрямований на регуляцію чисельності особин в популяції. Подібне явище спостерігається й у інших водних організмів.

Фахівці з екології при оцінці стійкості популяцій спираються на таке поняття, як «мінімальна життєздатність популяції». Це складний параметр, що оцінюється з урахуванням багатьох властивостей та особливостей популяції. Більш стійкими виявляються генетично мінливі, лабільні популяції, які швидше пристосовуються до змін умов існування. Не менш важлива і суто фенотипічна пластичність, що проявляється в можливості зворотної адаптації до умов, що виникають тимчасово. При наявності складної внутрішньопопуляційної структури рослини та тварини більш стійкі та життєздатні. У крайньому випадку популяція втрачає лише одну внутрішньопопуляційну групу особин.

Фактором стійкості є величина території, що зайнята популяцією, та розмір самої популяції. Малі популяції, що розміщені на невеликих ділянках, деградують та вимирають швидше від усіх. У малих популяціях проявляється інбридна депресія. При родинно-близькому схрещуванні, як було показано ще Ч. Дарвіном, життєздатність нащадків різко падає. У першу чергу, стають нестійкими молоді особини. Їхня смертність різко зростає. У домашніх тварин, наприклад, інбридна депресія проявляється тоді, коли розмір поголів'я в популяції виявляється меншим, ніж 50 осіб.

**Стійкість екосистеми та біосфери.** Стійкість екосистеми в значній мірі сполучена з рівнем їхньої еволюційної просунутості. Існує думка, що еволюційно більш молоді та прогресивні екосистеми складної організації зі значними ресурсами питомої вільної енергії мають підвищену стійкість. Знижується стійкість екосистеми при спрощенні їхньої структури та територіальному подрібненні екосистеми на окремі фрагменти. Такі острівці завжди менш стійкі, ніж великі компактні ділянки.

В основі стійкості біосфери лежить широкий комплекс механізмів та її структурних особливостей. Головний фактор стійкості біосфери — це наявність в ній живої матерії. Саме вона визначає переважання в біосфері процесів синтезу та структурування над процесами розпаду. Надає стійкості біосфері різноманітність форм життя. Організми з різними типами та формами живлення по-різному освоюють життєві ресурси. Це складає широкий асортимент дублюючих один одного каналів потоку енергії та кругообігу речовин.

#### **Опрацювавши даний розділ, Ви повинні вміти:**

- 1 Пояснити суть принципу Ле Шательє щодо застосування його до екосистем
- 2 Пояснити принципову різницю впливу природних та антропогенних факторів на організми та екосистеми
- 3 Сформулювати різницю в поняттях «адаптація» та «пристосовуваність»
- 4 Перерахувати основні механізми, що лежать в основі стійкості живих організмів до ксенобіотиків

**Питання до самоперевірки та обговорення:**

1. Що таке екологічний резерв екосистеми?
2. Обговоріть роль стихійних та свідомо керованих процесів в житті людського суспільства щодо збереження біосфери.
3. Що таке адаптація?
4. Що таке преадаптація? Наведіть приклади.
5. Яке значення має різноманіття для стійкості екосистем?
6. Обговоріть значення внутрішньопопуляційних взаємовідносин для стійкості живих організмів.

## Розділ 8

# АНТРОПОГЕННА ДЕГРАДАЦІЯ БІОСФЕРИ

### 8.1. Науково-технічний прогрес та проблеми екології

В історії виробничої діяльності людства звичайно виділяють чотири головних етапи:

**1) збирання та мисливства**, що зайняло приблизно 4 тисячі років.

Примітивні людські спільноти, що знаходилися на цьому етапі розвитку, існували в єдності з природними екосистемами;

**2) землеробства та скотарства**, коли розвиток цивілізації став базуватися, головним чином, на використанні живої речовини, що вироблялася в штучних чи напівштучних екосистемах. Цей перехід до виробничих форм господарювання отримав назву «неолітичної революції» та вимагав вирішення таких великих проблем, як одомашнення тварин та введення в культуру рослин;

**3) промислового виробництва**, зорієнтованого на широке споживання невідтворних ресурсів та енергії. Впродовж цього етапу тиск, що спричинювало людське суспільство на природне середовище, безперервно зростає. Лише з середини ХХ століття світовий національний продукт зріс в 5 разів, людство опанувало ядерною енергією та способами синтезу багатьох речовин. Стрибокподібно збільшилося використання нафти та виробництва ряду товарів (*табл. 14*). Паралельно цьому йшла деградація біосфери, було втрачено близько 20% родючих ґрунтів, в атмосфері зріс вміст вуглекислого газу, з'явилися «діри» в озоновому екрані планети, всюди стали звичайними кислотні опади, скоротилася ресурсна база, катастрофічно забруднилися усі геосфери планети різного роду відходами та викидами.

1.8

**Таблиця 14. Об'єми товарів на світовому ринку в млн.т або в млн. шт. (за М.Алленом, 1991).**

Роки	Нафта	Автомобілі	Чавун	Пшениця	Добрива
1900	0,025	—	70,0	69,0	—
1920	5,6	—	80,0	105,0	—
1940	20,0	5,0	95,0	140,0	31,0
1960	125,0	16,4	336,0	250,0	62,0
1980	260,0	30,0	716,0	445,0	210,0

**4) інформаційне суспільство**, що об'єднане комп'ютерними технологіями та робить спроби переходу до ноосферної діяльності.

**К.Рітгер** в 30-ті роки одним із перших назвав Землю «загальнолюдським домом». Але благополуччя в цьому «домі» має досить довгу історію. Це історія попереджень, які не були почуті, історія науково-технічного прогресу будь-якою ціною, історія самоосліплення людства уявною могутністю своїх можливостей «перетворення» природи.

Розвиток деградаційних процесів на планеті передбачався давно. Великий мислитель Ібн Сіна (Авіцена) ще десять століть тому зрозумів, що хід суспільного розвитку та господарської діяльності згубний для природи та небезпечний для людства. Особливо

численними стали застереження щодо деградації природи планети у другій половині нашого століття. Приблизно чверть століття тому, в 1972 році, Римський клуб надрукував тривожний прогноз розвитку людської цивілізації «Межі росту», зроблений в Массачусетському технологічному інституті (США) групою фахівців під керівництвом **Д.Медоуза**, де передбачалася деградація природного середовища. Пізніше Д.Медоуз підготував та видав нову книгу «За межами росту», в якій дав аналіз системи «людство — природне середовище» на основі матеріалів 1970 — 1990 років, де також свідчилося про глобальну екологічну кризу. Але усі ці застереження майже не мали відповідних дій. Член Ірландської партії зелених **Пітер Емерсон** (1991) вважав, що усі соціально-економічні системи, випробовані людством за весь час його існування, базувалися на пріоритеті «споживання» і тому виявилися ворожими природі.

Фінський вчений **Г.Х. фон Райт** (1989) сформулював концепцію кризи цінностей як ментальну основу морального виправдовування людства перед нащадками за деструктивний шлях розвитку цивілізації. За даними **Дж.Уеста** (1991), західна цивілізація дала цілий комплекс догматичних уявлень, що забезпечували протиріччя в системі «людське суспільство — природа». Це антропоцентризм, споживацька парадигма, презирство до «примітивних народів», які живуть в гармонії з природою. Символами прогресу та добробуту в суспільстві став розвиток техніки та потужність промислового виробництва, а не якість життя та збалансованість взаємин людства з середовищем.

Провідниками технократичного варіанту цивілізації є, перш за все, економічно розвинуті країни. Стосовно цього еталоном розвитку в бік економічного добробуту за будь-яку ціну може служити ФРН. Для неї характерні:

- а) майже повна урбанізація — в містах проживає 90% населення;
- б) високий потенціал розвитку промисловості, яка домінує в економіці;
- в) розвинута інфраструктура — в країні найбільша в світі щільність автошляхів та залізниць, а власний автомобільний транспорт має щільність 100 одиниць на 1 кв. км території;
- г) розвинута енергетика — в країні працює 19 АЕС. Але одночасно ФРН, як і інші економічно розвинуті країни, не виявилася еталоном екологічного добробуту, і проблеми стану довкілля тут не менш гострі, ніж в інших регіонах світу.

Каналів впливу людства на навколишнє середовище чимало (**рис.38**). Це безпосередній вплив людини як біологічної істоти на середовище (використання кисню на дихання, використання біомаси рослин та тварин у їжу та ін.), а також численні прямі та опосередковані зміни, що виникають як віддалені та є не завжди явними наслідками виробничої діяльності людини.

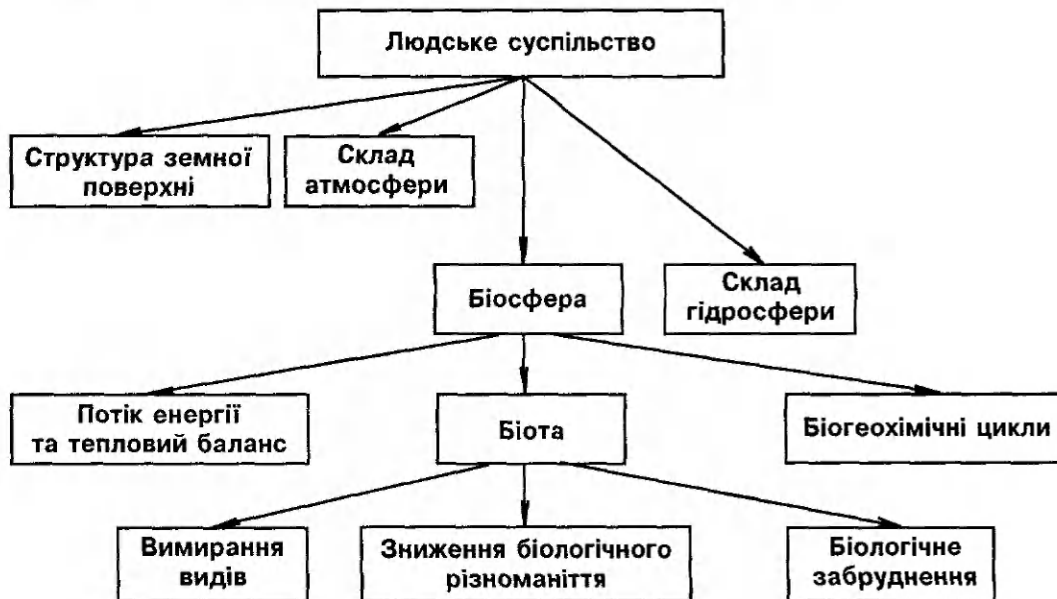
Деградація природного середовища здійснюється під впливом негативної дії двох типів:

- а) порівняно незначних за силою, але тривалих за часом;
- б) разових катастрофічних, що мають місце при аваріях та небезпечних не тільки своєю потужністю, але й несподіваністю та різкістю дії.

Протягом другої половини нашого століття зібралось достатньо прикладів негативної дії на біосферу і тих, і інших антропогенних впливів. Але для широких верств населення вагомими сигналами неблагополуччя природного середовища та господарської діяльності є екологічні катастрофи, за яких стан довкілля стрибкоподібно змінюється в несприятливий бік.

Так, широкий світовий резонанс мала трагедія Севезо. Севезо — це невеличке італійське містечко, що у 30 км від Мілану. Тут в липні 1976 року трапилося аварія на хімічному заводі, в результаті якої в атмосферу було випущено всього 2 кг особливої речовини ТХДД — тетрахлор дібензодіоксина. Але ТХДД — сильна отрута, її дія в 67 разів перевищує дію ціаністого калію. У результаті цієї аварії в окрузі Серезо велика кількість людей отримала тяжкі хронічні захворювання, загинуло 78 тисяч сільськогосподарських тварин. Протягом багатьох років в цьому районі продовжували народжуватися діти з природженими недоліками.





**Рис.38.** Шляхи впливу людського суспільства на навколишнє природне середовище.

У населення України велику тривогу в свій час викликала чернівецька ситуація. В м. Чернівці в 1988 — 1989 рр. стало швидко розвиватися масове тяжке захворювання дітей, що супроводжувалося випаданням волосся, враженням нервової системи та дихальних шляхів. Причина захворювання була віднесена на рахунок забруднення навколишнього середовища талієм та частково бором в результаті разового промислового викиду, але моральні та матеріальні збитки міста були незліченні.

Не менш сумну славу має «кірішінський синдром». В м. Кіріші, що знаходиться на північному сході Росії, виникло масове захворювання жителів. Воно було викликане викидами збудованого тут біохімзаводу з виробництва мікробіологічного білку — папріну, або БВК (білково-вітамінний концентрат). Виробництво БВК має досить довгу історію. Вперше мікробний синтез білку за рахунок грибків з роду *Candida* був здійснений у Німеччині ще в часи першої світової війни. Пізніше ця технологія отримала певне поширення в США та Великобританії. У колишньому СРСР виробництво БВК було розпочате у 80-х роках на основі рідких парафінів нафти, метанолу та природного газу і сягало більше 1 млн. тонн БВК (папріну) в рік. Але це виробництво було екологічно таким брудним, технологія та техніка безпеки порушувалися настільки грубо, що викиди дрібнодисперсного папрінового пилу в атмосферу виявилися практично неминучими. Його вплив на органи дихання людини вкрай несприятливий і веде до розвитку тяжких алергічних астмоподібних захворювань, що нерідко закінчуються смертю. Усі біотехнологічні виробництва мають підвищену небезпечність, оскільки для їх здійснення методами генної інженерії почали створювати особливі штами мікроорганізмів. Вириваючись «на волю», вони можуть ставати набагато небезпечнішими, ніж хімічні або радіоактивні забруднювачі.

Моделями найбільш великих екологічних катастроф виявилися Чорнобильська аварія, Аральська екологічна криза, війна в Ірані. На жаль, число та частота великих екологічних катастроф в світі зростають: за десятиріччя з 1960 до 1970 р. їх трапилося 14, а за десятиріччя з 1980 до 1990 р. таких катастроф зареєстровано вже 70. Тільки протягом одного 1989 р. у світі трапилося 1773 великі аварії з викидами нафти та різних токсичних речовин у

навколишнє середовище. Почали реєструватися техногенні землетруси (Німеччина, Біларусь та ін.), що виникли в результаті виробки гірських порід, нафти або газу, заповнення водосховищ, заповнення пластів гірських порід промисловими стічними водами, або відкачування таких вод. Середовище, що нас оточує, стає все більш ненадійним.

Однак головна небезпека для людства полягає не в окремих екологічних катастрофах, якими б трагічними вони не були, а в поступовій деградації природного середовища під впливом немовби малопомітних результатів виробничої діяльності.

## 8.2. Джерела екологічної кризи ХХ століття та її вплив на біосферу

Глибоке порушення природної екологічної рівноваги та напружений стан взаємин між людиною та природою, що пов'язане з невідповідністю виробничих сил та виробничих відносин в людському суспільстві ресурсним можливостям біосфери, називають **екологічною кризою**. Кризи за своєю природою зворотні, тоді як перехід кризових явищ в екологічну катастрофу означає необоротний характер змін, що відбулися.

В Україні розрізняють дві категорії регіональних несприятливих екологічних ситуацій: екологічна катастрофа, в результаті якої гине велика кількість живих організмів і це веде до економічних збитків, та екологічна небезпека, при якій з'являються ознаки несприятливих змін, що ставлять під загрозу здоров'я людини, стан природних об'єктів та господарську діяльність.

Кризи, катаклізми та інші порушення, як можна бачити за палеографічними даними, не були рідкістю впродовж історії цивілізації. Одна з перших екологічних криз розігралася наприкінці плейстоцену, коли в результаті інтенсивного полювання були виснажені запаси основної дичини — мамонтів, шорстистого носорога, гігантського оленя, степового зубра. Вона спонукала людину перейти від полювання як основного способу отримання їжі до землеробства та скотарства. Інша криза спостерігалася в деяких районах північно-західної Індії та Передньої Азії, де швидка деградація ґрунтів та запустелювання, що розвинулися в міру інтенсивного ведення господарства та неправильної системи зрошування, зробили ці найродючіші райони мало придатними для життя людини. Але в минулі століття вихід з таких криз був порівняно простим — центр економічного розвитку зміщувався в інший район або людина змінювала спосіб господарювання.

Наприкінці нашого століття людство почало відчувати приближення ще однієї екологічної кризи. Екологічна криза ХХ століття має якісно іншу природу порівняно з усіма попередніми кризами. Це перша криза, що охопила всю планету та цілком зумовлена не природними процесами, а технолого-виробничими причинами. Темпи зміни параметрів біосфери, причиною яких є ця екологічна криза, виявилися в сотні і тисячі разів більшими, ніж темпи її природної еволюції. Почалася загальна глобальна деградація природного середовища.

Чималу роль грає в розвитку екологічної кризи складний соціальний фон з розколом людського суспільства на конкуруючі блоки: соціалізм — капіталізм, Захід — Схід, країни, що розвиваються — економічно розвинуті країни, сільське населення — міське населення. Соціально-економічні умови в цих блоках не однакові. Так, за даними ООН у 1990 році в розвинутих країнах світу середній прибуток однієї людини складав 11 тисяч доларів США в рік, тоді як в країнах, що розвивалися, проживало 1 млрд. 125 млн. людей із середнім прибутком всього 370 доларів в рік. Економічна та соціальна нерівність породжує прагнення досягти більш високого рівня за будь-яку ціну. Національний сепаратизм веде до ігнорування глобальних екологічних проблем. Сільські жителі не можуть сприймати гостроту екологічних проблем великих міст.

Як елементи тиску цивілізації на природне середовище виступають високовідходні та високо витратні технології, що застосовуються в промисловості та сільському господарстві, автомобільний транспорт та урбанізація. Чималу роль в розвитку екологічної кризи грає гонка озброєння. Майже неконтрольовані громадськістю військово-промислові комплекси розвинутих країн світу є найбільшими споживачами ресурсів та енергії.

Відомий канадський соціолог **Мюррей Букчин** (1979) головною причиною екологічної кризи вважав тип організації людського суспільства.

На думку чеського вченого **Р.Колярського** (1989), екологічна криза — це криза філософії, криза духовності. Деградація природного середовища є результатом не просто та не тільки техногенного тиску на нього, а наслідком зубожіння моральності суспільства, сліпоти щодо майбутніх наслідків прийнятого стилю життя. Чималий внесок у розвиток кризових явищ додає існуюче протиріччя особистих та суспільних інтересів, переважання регіонального мислення над глобальним.

Техногенний тип розвитку цивілізації в умовах швидкого росту населення вимагає залучення до виробничих процесів все більшої кількості природних ресурсів. Так, тільки з 1958 р. до 1986 р. в світі було використано 117 млрд. тонн викопного палива, яке є невідновним ресурсом. Для видобування викопного палива та руд здійснюються великомасштабні втручання в геосферу планети. В одному тільки колишньому Радянському Союзі в рік видобувалося більше 1 млрд. тонн гірської породи, корисна частина якої складала менш ніж 20%. Відбуваються ці процеси й в інших країнах світу. У результаті порушуються геологічні структури масивів гірських порід, виникають кар'єрно-відвальні комплекси, хвосто- та шламосховища, рови. Змінюється ландшафт величезних територій.

У світі зареєстровано більш ніж 9 млн. видів штучно отриманих хімічних речовин. Близько 300 тисяч видів їх надходить у продаж. Величезні масштаби отримав штучний синтез органічних речовин: у 1950 році світова промисловість виробляла їх 7 млн. тонн, а у 1985 році вже 250 млн. тонн. Асортимент штучних органічних речовин перевищує 2 млн. назв. Багато з них токсичні для живих організмів, але гранично допустимі концентрації (ГДК) розроблені тільки для 4,5 тис. з них. ГДК для речовин, що токсичні для рослин та тварин, не розроблюються взагалі. Для більшості забруднюючих речовин відсутні методи реєстрації їхньої наявності в природному середовищі.

Широкомасштабне споживання ресурсів та матеріалів веде до зростання кількості відходів. У середньому в промисловості тільки 1 — 1,5% споживаних ресурсів включається в кінцевий корисний продукт. Решта — це відходи, що забруднюють природне середовище. Загальний їхній об'єм в світі оцінюється в 600 млн. тонн на рік. Високовідходним є сільське господарство та промисловість.

У цілому, екологічна криза кінця XX століття виявилася наслідком спільної дії багатьох факторів. Тому простого шляху виходу з неї немає, хоча варіантів вирішення кризової ситуації розглядається чимало. Один із них зорієнтований головним чином на контроль демографічних процесів у формі обмеження народжуваності. Другий націлений на докорінне перетворення менталітету людини, формування біосферної етики, екологічну конверсію усіх форм промисловості та сільськогосподарське виробництво.

Є і третя альтернатива — створення на заміну деградуючої біосфери нової оболонки життя — техносфери. Але цей шлях ілюзорний. За підрахунками **В.Горшкова** (1989), в техносфері на стабілізацію навколишнього середовища засобами техніки буде витрачатися 99% енергетичних та трудових ресурсів людства. На підтримку та розвиток самої цивілізації залишається всього 1%. При такому співвідношенні витрат людство не зможе існувати.

Деякі вчені для вирішення екологічних проблем висувають і четверту, ще більш гіпотетичну альтернативу — освоєння Космосу. Розглядається можливість створення штучних біосфер на Марсі та Венері. Також був висунутий проект розвитку промислових виробництв на стаціонарних супутниках Землі і на Місяці з перенесенням туди, в першу

чергу, екологічно брудних виробництв. Але всі ці проекти, зорієнтовані на позаземні території як екологічний резерв земної цивілізації, не обґрунтовані фактичними розрахунками достатності ресурсів та енергетичних можливостей Землі.

**Д.Тірапак** (1991) вважав реальним тільки дві вірогідні моделі виходу з екологічної кризи. Одна відповідає світу, що поволі змінюється, з поступовим наростанням деградації природного середовища та небезпечним загостренням на цьому ґрунті соціальних протиріч. Друга — світу, що швидко змінюється, з форсованою конверсією усіх виробництв та регулюванням народжуваності. Ніякої відстрочки в прийнятті рішень природа не дає. Вже в наш час перед людством повстали екологічні проблеми, що вимагають прийняття термінових заходів. До них належать:

1. **Забруднення природного середовища відходами промислового та сільського виробництва;**
2. **Потепління клімату та викликане цим підняття рівня Світового океану;**
3. **Кислотні опади;**
4. **Запустелювання великих територій;**
5. **Швидкі темпи зниження біологічного різноманіття, вирубка лісів та втрата цілих екосистем.**

Зрозуміти природу екологічної кризи в цілому й в окремих її проявах та зробити висновки з допущених прорахунків розвитку, скоригувати розвиток економіки, політики та культури — ось основні задачі, які мають вирішувати люди всієї планети. У протилежному випадку екологічна криза переросте в незворотну екологічну катастрофу з повним руйнуванням біосфери.

### 8.3. **Форми та механізми деградації біосфери. Роль промислового та сільськогосподарського виробництв**

Сучасне виробництво — це, перш за все, гігантський споживач. Та матеріальне виробництво неминуче супроводжується утворенням речовин, що є побічним результатом тієї чи іншої технології. Виникають відходи і в процесі споживання виробленої продукції.

Споживацька концепція виробництва привела до того, що відходи та побічні продукти, незалежно від їхньої шкідливості, протягом багатьох десятиліть просто викидалися в навколишнє середовище. Тільки починаючи з другої половини ХХ століття стали застосовувати різні засоби для зв'язування та знешкодження промислових, сільськогосподарських та побутових відходів. У країнах Європейського Союзу відходи розділяють на три категорії:

- 1) **«зелені»** — безпечні;
- 2) **«жовті»** — шкідливі, і на їхнє складування потрібен спеціальний дозвіл;
- 3) **«червоні»** — дуже небезпечні, що знаходяться під суворим контролем.

Але далеко не всі сучасні промислові та сільськогосподарські технології передбачають знешкодження відходів, а якщо й передбачають, то найчастіше ефективність цього процесу низька.

Усі сторонні речовини, що надходять до навколишнього середовища внаслідок людської діяльності, за пропозицією **Р.Парсона** називають антропогенним забрудненням, а в результаті природних процесів — природним забрудненням. Антропогенне забруднення може бути у вигляді газоподібних викидів, рідких стоків на твердих відходів. Але поняття антропогенного забруднення звичайно розглядається більш широко. До нього належать усі види та форми порушень структури та функціонування природних об'єктів, що виникають у результаті діяльності людини. Розрізняють такі види антропогенного забруднення навколишнього середовища:

1. **Хімічне**, що зводиться до надходження до навколишнього середовища різноманітних ксенобіотиків;
2. **Фізичне**, до якого відносять знищення територій, шумові перешкоди та електромагнітне випромінювання;
3. **Термічне**, яке спостерігається при скидах у водойми нагрітої води з промислових підприємств і, в першу чергу, з ТЕЦ;
4. **Радіоактивне**, що пов'язане з надходженням в природне середовище штучних ізотопів;
5. **Засмічення**, що проявляється в надходженні до навколишнього середовища різного роду твердих відходів;

6. **Біологічне**, при якому в природних та антропогенних екосистемах з'являються не властиві їм організми. Особливим випадком такого виду забруднення є мікробіологічне, пов'язане з розвитком у навколишньому середовищі паразитичної мікрофлори.

У цілому, під забрудненням природного середовища розуміється будь-яке привнесення до неї не властивих їй живих або неживих компонентів або структурних змін, які викликають порушення біогеохімічних циклів та потоку енергії в біосфері і в кінцевому результаті чинять несприятливу дію на живі організми та людину.

У зв'язку з тим, що забруднювачі не тільки приносять взагалі збитки природі, але й шкодять здоров'ю людини, для оцінки рівня забруднення середовища використовують особливу величину — **гранично допустима концентрація (ГДК)**. ГДК — це максимальний рівень забруднення, яке людина витримує без шкоди своєму здоров'ю. ГДК визначається для кожного забруднювача окремо. При використанні концепції ГДК варто мати на увазі, що шкода від забруднюючих речовин зростає завдяки ефекту синергізму, який полягає в тому, що шкода від комплексу забруднювачів перевищує просту суму ефектів від кожного з них окремо.

Антропогенне забруднення привело до залучення у планетарні біогеохімічні цикли великої кількості сторонніх для них речовин. Це, головним чином, метали. У біогеохімічні цикли щорічно надходить заліза  $4 \times 10^9$  тонн, алюмінію —  $10^9$  тонн, свинцю —  $3 \times 10^5$  тонн, кадмію —  $2 \times 10^3$  тонн. До них додаються різноманітні органічні та неорганічні ксенобіотики.

Промислове та сільськогосподарське виробництво зумовили появу особливого, техногенного, типу міграції речовини на планеті. Техногенна міграція полягає в переміщенні на великі віддалі сировини, продуктів виробництва та відходів. Техногенна міграція приводить до особливо різких порушень біогеохімічного циклу вуглецю, оскільки в кругообіг включається все більша його кількість, що раніше знаходилася в депо у вигляді вугілля, нафти та природного газу. Сильно порушуються біогеохімічні цикли азоту (за рахунок щорічного його надлишкового надходження до біосфери у кількості приблизно в 9 млн. тонн) та фосфору (за рахунок підвищеного його стоку у водойми).

Різновидностей порушень, що привносить людина в біосферу, і що ведуть до її деградації, досить багато. До їх числа належить навіть туризм, який деякі люди схильні вважати як форму «контакту людини з природою». Внаслідок демографічного вибуху та урбанізації туризм став масовим. Місць, недоступних для сучасного туризму, в світі залишилося дуже мало. Тварини, особливо в період розмноження, ще витримують поодиноких людей, які рідко з'являються, але їх дуже турбують туристичні групи, які часто намагаються встановити тривалий контакт з тваринами, «спостерігаючи» за їхньою поведінкою. У таких умовах більшість видів тварин припиняють свій репродуктивний цикл, не залишаючи потомства.

Безперечні збитки природним екосистемам завдає спорт. Так, наприклад, в останні десятиліття в Японії став популярним гольф. Виявилось, що територія, яка зайнята майданчиками для гольфу, до 1990 року досягла  $37483 \text{ км}^2$ , що для цієї невеликої країни чимало. Але це не лише втрати території, майданчики для гольфу швидко зазнають ерозії,

в них вноситься велика кількість добрив. Масовий любительський та професійний лижний спорт приносить великі збитки Альпам, Карпатам, Кавказькому хребту та іншим гірським системам світу. В Альпах встановлено 13 тисяч підйомників для лижників, прокладено 45 тисяч лижних трас. На рік цей гірський масив відвідує більш ніж 100 млн. туристів. Німеччина навіть була вимушена розгорнути пропаганду за організацію «ніжного» туризму, тобто такого, що зберігає природу.

Повсюдним та небезпечним для біосфери стало любительське полювання. У Франції, яка займає 1-е місце у Європі за цим показником, зареєстровано 1,8 млн. мисливців. Не випадково на її території при дослідженні різних видів птахів *Д.Гейн* та ін. (1992) знайшли у волах 19% птахів від 1 до 62 шротинок. Пір'я таких птахів вміщувало підвищену концентрацію свинцю. У Великобританії був проведений облік кількості свинцевого шроту, що потрапляє до природного середовища під час спортивного полювання. Виявилось, що у донних відкладеннях озер накопичилося від 3,4 тисячі до 16 тисяч шротинок на 1 га. У ФРН за рік продається 9 тисяч тонн свинцевого шроту. У США в ряді регіонів зареєстровано більше 100 тисяч шротинок на 1 га мисливських угідь. Тут 10,9% траурних голубів мають шріт в своїх волах. Вважається, що 20 — 50% лебедів гине від свинцевого отруєння, оскільки концентрація свинцю в організмах бентосу, якими вони живляться, різко підвищена. *Дж.Майю* (1990) у зв'язку з цим пропонує виготовляти шріт з сталі. Це вирішить проблему свинцевого отруєння, але знищення тварин не припинить.

Під впливом антропогенного пресу швидкими темпами почали змінюватися екосистеми. З них почали випадати цілі блоки організмів, спростилися структури, функціонування стало менш ефективним. Як результат прямого знищення живих організмів людиною в процесі полювання, рибальства та заготівлі лікарських рослин йде збідніння живої речовини біосфери планети. Має місце і опосередковане знищення, коли рослини та тварини вимирають внаслідок знищення їхніх місць життя та розмноження. До цього додаються антропогенні катастрофи: пожежі, аварійні викиди великої кількості шкідливих речовин, аварії на транспорті та лініях електропередач і т.п., які впливають на все живе.

Об'єми вилучення біопродукції з біосфери досягли 70%, а жива матерія функціонує на оптимальному рівні тоді, коли з продукції біосфери вилучається не більше 1%. Екосистеми і біосфера в цілому все більше втрачають здатність до саморегуляції та самопідтримки. У кінцевому результаті це надає кругообігу речовин на земній кулі якісно нового та непередбачуваного характеру. Сама стабільність функціонування біосфери опинилася під загрозою. Забрудненням та деградацією охоплені усі геосфери Землі. Повітря, вода та ґрунт стали втрачати свої основні природні властивості.

### 8.3.1. Забруднення атмосфери

Атмосферне забруднення спричинюють тверді часточки (попіл та пил) та різноманітні газоподібні речовини. До забруднення атмосфери найбільший внесок додає промисловість. Забруднення атмосфери метаном, аміаком, пилом створює сільськогосподарське виробництво. Загальні об'єми промислових викидів в повітряний простір колосальні. Найбільш небезпечними забруднювачами атмосфери є кислотоутворюючі окисли — окисли азоту, окисли сірки, а також вуглекислий газ, чадний газ, аміак, фтор, хлор та промисловий пил. Їхнє надходження у повітря помітно змінило склад сучасної атмосфери порівняно з доіндустріальним періодом (*табл. 15*).

Сірчастий газ  $SO_2$  утворюється як побічний продукт при металургійному виробництві та спалюванні кам'яного вугілля або нафти, що вміщують домішки сірки. Об'єми викидів сірчастого газу залишаються великими в промислово розвинутих країнах (*табл. 16*), де введений жорсткий державний контроль та економічні санкції на наднормативні викиди окислів сірки.

Таблиця 15. Концентрація деяких газоподібних речовин в атмосфері в доіндустріальну та сучасну епоху.

Речовини	Концентрація в частинах на мільйон	
	Доіндустріальна епоха	Сучасність
Вуглекислий газ	275	354
Метан	0,7	1,7
Окисли азоту	0,228	0,310
Тропосферний озон	0,015	0,035
Хлорфторвуглеводні	0	0,00028

Таблиця 16. Викиди оксиду сірки в атмосферу в деяких країнах Європи в 1988 році з розрахунку на 1 кв. км території країни (за Бекмом, 1990).

Країна	Розміри викидів оксиду сірки в тонн/рік
Великобританія	14,8
Німеччина	10,6
Франція	3,1
Чехія, Словаччина	25,0
Австрія	1,6
Швеція	0,6

1.8

У країнах, що розвиваються, промислові підприємства обладнані установками, що уловлюють такі окисли в меншій мірі.

В утворенні окислів азоту велику роль відіграють теплові електростанції. На їхню долю припадає більше 50% викидів цих окислів.

До сумарних викидів вуглекислого газу чималий внесок робить автотранспорт — його внесок оцінюється в 47%. Навіть така невелика країна, як Японія, створює викиди вуглекислого газу завдяки автомобілям в  $144077 \times 10^3$  тонн/рік. На другому місці за розмірами викидів антропогенного вуглекислого газу знаходиться паливне енергоукомплектування. У цілому розвинуті країни давали 54% антропогенного вуглекислого газу, а країни, що розвивалися, — 46%. У сукупності антропогенні викиди вуглекислого газу привели до того, що за останні 100 років його кількість в атмосфері зросла на 20%, а за іншими оцінками навіть на 30%. Так або інакше, на початку нашого століття вміст вуглекислого газу в атмосфері складав 0,03% за об'ємом, а зараз він становить 0,035%.

Викидається в атмосферу й метан. За даними *Дж.Голдена* (J.Holden, 1992), за останні 100 років його кількість в атмосфері збільшилася у 100 разів.

Стала зростати кількість в повітрі тропосферного озону ( $O_3$ ). Його утворення пов'язане з роботою транспортних засобів, а також зі спалюванням нафтопродуктів та природного газу. На відміну від стратосферного озону, що формує озоновий екран планеті, тропосферний озон відіграє негативну роль. Це сильний фотоокислювач. Однак в Європі його концентрація в атмосфері щорічно збільшується на 1%. Максимум озону спостерігається в денні години. Вже при концентрації 360 — 400 мкг/м<sup>3</sup> тропосферний озон сильно подразнює слизові оболонки, а на території ФРН в останні роки реєструвалася його концентрація до 600 та більше мкг/м<sup>3</sup>.

У цілому, за рахунок промислових та сільськогосподарських викидів газовий склад

атмосфери до кінця XX століття почав якісно змінюватися. У ній у все більшій кількості почали накопичуватися небажані речовини. Під загрозою опинився і кисень атмосфери — його кількість падає. За підрахунками **В.І.Вульфсона** (1969), до 2000 року тільки на спалювання палива буде витрачатися 57 млрд. тонн кисню, що складає 13% його об'єму, що продукують зелені рослини.

Зміна хімічного складу повітря несприятливо впливає на більшість біосферних процесів. Забруднення повітря токсичними хімічними речовинами навіть при малій їхній концентрації веде до зниження неспецифічної стійкості організму та сприяє розвитку багатьох захворювань людини, несприятливо впливає на стан тварин та рослин.

### 8.3.2. Забруднення та деградація ґрунту

За час розвитку людської цивілізації площі ґрунтів, придатних для землеробства, безперервно скорочуються. Це відбувається в результаті відведення земель під міське та сільське будівництво, транспортні комунікації, ложа водосховищ та на інші потреби. Забруднення ґрунтів полягає в тому, що до них надходять нові, нехарактерні для них речовини, або поселяються та розмножуються в них нові мікроорганізми.

У другій половині XX століття в результаті забруднення стала характерна масова деградація ґрунтів з втратою їхньої основної властивості — родючості. Факторів деградації ґрунтів дуже багато. Головні з них такі:

а) **неправильне землекористування**, що призводить до втрати родючого шару ґрунту при ерозії;

б) **знищення екосистеми**, в межах яких формувався даний тип ґрунту;

в) **забруднення** промисловими, сільськогосподарськими та побутовими **відходами**;

г) **зміни кліматичних факторів** і, в першу чергу, гідрологічних умов.

Залежно від регіону та умов господарювання на перший план у деградації ґрунтового покриву може висуватися будь-який із цих факторів.

Для ґрунтів є небезпечним накопичення в них металів. За своїм походженням важкі метали в ґрунті підрозділяються на три групи:

а) **літогенні**, що є в складі гірських порід;

б) **педогенні**, що пов'язані з ґрунтом;

в) **антропогенні**, які вносяться в ґрунт у результаті діяльності людини. Найбільшу небезпеку становить остання група.

Найбільш токсичними для ґрунту (1 клас небезпечності) є свинець, ртуть, уран, торій, кадмій, берилій, хром, нікель та кобальт. Токсичні також германій, олово, вольфрам, молібден, літій, вісмут, марганець, мідь, миш'як, селен, алюміній. Більшість цих речовин концентрується в трофічних ланцюгах. Хоча самі по собі важкі метали не є ксенобіотиками, але в підвищених концентраціях вони приводять до біологічної шкоди всім живим організмам. Наприклад, при концентраціях алюмінію, основними джерелами яких є посуд, чай та аспірин, більше ніж 10 мг/л, розвивається хвороба Альцгеймера. Чотиривалентний хром, що утворюється як відходи гальванічних виробництв, дуже шкідливо впливає на нирки та легені. Кадмій пошкоджує печінку, веде до розвитку гіпертонії, а в підвищеній концентрації має канцерогенну дію. Антропогенна трансформація ґрунтів набула такого поширення, що **Л.В.Єстеревська** (1989) вважала доцільним виділяти особливу категорію ґрунтів — техноземи.

Сильно забруднюють ґрунти пестициди та залишкова кількість мінеральних добрив. Аварії на АЕС та випробування ядерної зброї супроводжуються забрудненням ґрунту радіонуклідами. Видобування, переробка та використання нафтопродуктів веде



до забруднення ґрунту залишковою кількістю сирої нафти, бензинів, мастильних матеріалів.

В останні десятиліття серед різних видів хімічного забруднення на перше місце вийшло надходження до навколишнього середовища діоксинів. Під назвою «діоксин» виступає більше 15 поліхлорованих похідних дибензодіоксину та фуранів, що утворюються при відбілюванні целюлози та спалюванні побутових відходів та характеризуються високою токсичністю. Діоксин отруйний для усіх аеробних організмів. Він важко розкладається в природних умовах. Діоксин входив до складу так званого «оранжевого агента», який США використовували як дефоліант в період війни у В'єтнамі. У результаті у місцевого населення та у солдатів США — ветеранів цієї війни до сих пір реєструється підвищена частота ракових захворювань.

У сільськогосподарських районах велика кількість ґрунтів втрачається в силу активних ерозійних процесів. Відомий канадський зерновий пояс до нашого часу втратив 50% органіки, яка початково вміщувалася в його ґрунтах. У Великобританії середні втрати ґрунтів від ерозії оцінюються від 2,2 до 12,2 тонн/га у рік. У ряді регіонів деградація ґрунту пов'язана з неправильно проведеною меліорацією: ґрунт або висушується (при осушенні боліт), або перезволожується (в районах дії зрошувальних систем). Нерідко зрошування веде до вторинного засолення ґрунтів.

Стан «здоров'я» ґрунтів контролюється в наш час погано. Серед величезної кількості ксенобіотиків, що надходять до ґрунту, реєструються тільки декілька десятків. Продукти їх перетворення, часто більш токсичні, ніж сама початкова речовина, взагалі ніяк не враховуються. Темпи втрат ґрунтової родючості та самих ґрунтів стали такими високими, що **Г.В.Добровольський, Л.О.Нарпачевський** та ін. відомі ґрунтознавці ставлять питання про підготовку «Червоної книги ґрунтів», до якої повинні бути занесені типи ґрунтів, яким загрожує повне знищення. Червона книга ґрунтів може бути основою для ведення моніторингу стану ґрунтів та для збереження еталонів природних типів ґрунтів.

1.8

### 8.3.3. Забруднення Світового океану та континентальних вод

Забруднення акваторії Світового океану та континентальних водойм здійснюється через три основних джерела:

- а) стічні води промисловості;**
- б) стоки сільськогосподарських виробництв;**
- в) стоки населених пунктів.**

Розрізняють первинне та вторинне забруднення водойм. Первинне пов'язане з надходженням до акваторії відходів господарської діяльності людини. Вторинним називають забруднення, що розвивається внаслідок біохімічних порушень в життєдіяльності живих організмів морів та прісних вод та веде до втрати природних зв'язків між організмами з різними типами живлення.

Найбільш небезпечно хімічне забруднення водойм різноманітними токсичними речовинами. Воно настільки велике, що водойми все в більшій мірі перетворюються в «стічну канаву цивілізації». Хімічні забруднювачі, концентруючись в ланцюгах живлення, не тільки безпосередньо нищать живі організми, вони вкрай несприятливо діють опосередковано: вода втрачає прозорість, в ній падає вміст кисню.

Загальний об'єм стічних вод в світі, з яких 95% не очищені або недостатньо очищені, складають 1870 км<sup>3</sup>/рік. У Північній Америці він дорівнює 440 км<sup>3</sup>/рік, а в Європі — 308 км<sup>3</sup>/рік, в Китаї — 36,8 км<sup>3</sup>/рік.

Максимальну забрудненість мають ділянки узбережжя водойм до глибини у 100 м. Особливо небезпечним є забруднення внутрішніх морів. До Азовського та Чорного морів зі стоками надходить велика кількість хлору, натрію, калію та інших речовин. Йде змив з ланів залишкової кількості пестицидів. Підраховано, що в Каркінітській затоці України втрати рибних ресурсів, пов'язані з забрудненням води, у десятки разів перевищили економічний ефект від зрошення та хімічних препаратів захисту рослин.

Велика кількість забруднювачів утримується в воді дуже довго, ще довше проходить їхня циркуляція в ланцюгах живлення. Відомо, що виробництво та використання ДДТ припинено приблизно 25 років тому, але його продовжують знаходити в Світовому океані навіть на глибині до 2500 м. У ланцюгах живлення водяних організмів циркулюють досить різноманітні токсичні речовини. За підрахунками **С.Драй-Жільмо** (1991) пестициди, що потрапляють до океанів із континентальними стоками, отруюють живі організми за рахунок ефекту їхньої концентрації в ланцюгах живлення. Якщо припустити вміст пестицидів у морській воді за одиницю на літр, то у планктоні вміст пестицидів складає вже 70 одиниць на 1 літр, в тканинах риби — 25 тисяч одиниць на кг, а в тканинах та у жирі дельфінів та хижих морських риб — 800 тисяч одиниць на кг.

Негативною дією характеризуються і біологічно корисні речовини, якщо їхня кількість у воді перевищує певний рівень. Зокрема ріст концентрації біогенних елементів (особливо фосфору в концентрації більш ніж 0,07 мг/л) у водоймах веде до евтрофікації — посиленому розвитку рослинності водойм («цвітіння води») без паралельного росту чисельності гетеротрофів. Внаслідок дефіциту кисню евтрофікація завершується гнильними процесами та втратою чистої води. Головною причиною «цвітіння води» є посилений стік до водойм залишкової кількості азотних та фосфорних добрив, а також залишкової кількості миючих засобів (детергентів), що застосовуються в побуті та вміщують фосфор.

Серйозну небезпеку для водойм усіх видів має зростаюче забруднення поверхнево-активними речовинами (ПАР), що використовуються як миючі засоби. Їхнє світове виробництво досягло  $2,8 \times 10^6$  тонн у рік. За хімічним складом ПАР підрозділяються на три види: катіонні, аніонні та ті, що не вміщують іонів. Найбільш поширені аніонні миючі засоби. Вони утворюють плівки на поверхні води, що стійкі до біоруйнування. Вода, забруднена ПАР, чинить пригнічуючу дію на всі живі організми.

Серйозною проблемою, що призводить до виникнення епідемічних захворювань, є забруднення водойм заразними хвороботворними мікроорганізмами. За даними ВООЗ, у світі щорічно вмирає більш ніж 6 млн. дітей через забруднення питної води. **В.І.Бондаренко** та **В.І.Задорожня** (1991) протягом останніх 25 років проводили обліки забруднення води у водоймах України ентеровірусами. Виявилось, що стічні води м. Києва після очистки у 13 — 23% випадків мали в собі ентеровіруси. У водопровідній воді їх знаходили в 16,9% випадків, у річковій воді в межах великих міст України в 22,8% випадків і навіть хлорована вода закритих дитячих басейнів в 8,9% випадків вміщувала ентеровіруси. Вони були знайдені в 8,1% випадків на поверхні плодів та овочів, що надходять у продаж. Нерідко в питній воді виявляється кишкова паличка, велика кількість штамів якої стійкі до антибіотиків і є причиною літніх вибухів кишкових інфекцій. Це вказує на низьку якість очистки питної води, неефективне хлорування та зростаюче забруднення природних водойм.

Особливим видом забруднення акваторії є засмічення твердими відходами, які звичайно називають «обломками». Це різні предмети (або їхні залишки) з пластику, скла, картону, дерева та інших матеріалів. Особливо небезпечні пластикові обломки, оскільки вони не розкладаються дуже довгий час. Розміри засмічення Світового океану зростає катастрофічними темпами. Так, за даними **Ц.Бауєра** та **С.Індицелло** (1990), в 1975 році тільки з рибальських суден було скинено 340 тисяч тонн пластикових відходів. Засмічення приносить великі збитки водянній флорі та фауні.

Велика кількість плаваючого сміття в кінцевому результаті потрапляє до берегів та пляжів. **П.Шевальє** та **Д.Джонсон** (1994), провівши обстеження 20 пляжів на Атлантичному узбережжі США, встановили, що на кожні 10 кв. км пляжу припадає від 0,5 до 1,5 кг обломків пластику.

Забруднюється Світовий океан також при розлитті нафти, що має місце при аваріях танкерів та при стоці нафти з прибережних територій у воду. В останні роки до Світового океану щорічно скидається від 2,4 до 6 млн. тонн сирової нафти. Приблизно 36% цієї кількості дають берегові стоки нафтодобуваючих та нафтопереробних підприємств, 33% — стік з морських нафтових свердловин та промивка танкерів і 5% — аварії танкерів.

За останні десятиліття зареєстровано вже декілька великих аварій танкерів, які привели до локальних екологічних катастроф. Так, 19 грудня 1989 року танкер Харк-5 (Іран) отримав пробоїну біля Канарських островів. На узбережжя Марокко вилилося 70 тонн нафти з утворенням нафтової плями діаметром у 250 км. Для знешкодження цієї нафти довелося застосувати 500 тонн диспергентів, однак морській фауні та флорі була нанесена велика шкода, суттєво постраждали краби, сардини. Танкер «Ексон Валдіз», в 1989 році сів на мілину біля берегів Аляски, викинувши 41 тисячу кубічних метрів сирової нафти, від розливу якої загинуло приблизно 300 тисяч особин птахів та декілька тисяч морських ссавців. Для ліквідації цієї нафти було необхідно застосувати 60 тисяч куб. метрів ґрунту, було витрачено 2 млрд. долларів та застосована праця 11 тисяч робітників. Всього, за даними Регістру Ллойда, за період з 1973 до 1990 року аварії траплялися з 583 танкерами і при кожній з них у воду скидалося та чи інша кількість нафти. «Шоколадні» припливи стали звичайним явищем на багатьох морських пляжах. Згідно з супутниковим фотографуванням нафтовою плівкою вже вкрито близько 10 — 15% поверхні океанів та морів.

Для України особливо важливим є стан Чорного моря, яке є майже повністю «закритим» водоймищем і тому особливо чутливим до забруднення. У 1990 році до Чорного моря надійшло 5 млрд. м<sup>3</sup> стічних вод. Скиди на узбережжя дренажних вод з поливних площ Південно-Українського каналу в районі Скадовська привели до замулювання пляжів. За останні десятиліття надходження до Чорного моря з території України, Росії, Грузії та Туреччини солей важких металів, пестицидів, залишкової кількості добрив, миючих речовин настільки великі, що чітко реєструється збіднення іхтіофауни, зменшення вилову риби, а виловлена риба все частіше стає непридатною для вживання у їжу.

Особливістю Чорного моря є наявність глибоководної сірководневої зони, в якій можливе життя тільки анаеробних організмів. В останні роки виникла загроза «сірководневого вибуху» — підняття рівня сірководню до самого виходу його на поверхню. Вже в наш час верхня межа сірководневої зони в центрі моря піднялася до позначки 100 м, а у берегів — 300 м. Цей процес пов'язаний зі скидами в прибрежні води великої кількості неокислених побутових відходів на нафти.

У цілому, забруднення водойм всіх типів стало таким сильним, що у багатьох з них можливості до самоочищення вичерпалися, почався процес необоротної деградації. Конвенції про захист океанів, морів та прісних вод прийнято багато, але ефект від них поки що малий. Хоча в цілому Світовий океан ще здоровий, цього не можна сказати про внутрішні моря та прибережні зони.

### 8.3.4. Фізичні фактори забруднення середовища

Під фізичним забрудненням природного середовища маються на увазі різноманітні види шумів, антропогенно створювані електромагнітні випромінювання, порушення природного теплового балансу, та вібрація.

**Шумове забруднення.** Під шумом в екології розуміють будь-який звук, що сприй-

мається живим організмом, та порушує тишу й перешкоджає нормальній життєдіяльності цього живого організму. Відповідно до визначення Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) шум розглядається як фактор забруднення довкілля, свого роду «відходи» технічної цивілізації.

Антропогенних джерел шуму досить багато. Це різні транспортні засоби, промислове виробництво (металургія та текстильна промисловість в першу чергу), будівельне виробництво, робота радіоелектронної апаратури і т.п. У містах 80% шумів створює транспорт. Вивченням ролі шуму в природі займається акустична екологія.

На людину особливо погано діє шум з частотою 400 — 800 Гц. Під впливом шумів розвивається багато неспецифічних захворювань. Потужні шумові впливи можуть викликати загибель організму. У Давньому Китаї існувала навіть «музична страта» — засудженого на смерть карали тривалою дією сильного шуму, від якого він гинув. Для котів та собак смертельним є шумовий вплив у 165 дБ.

У промисловості в робочих приміщеннях вважається допустимим шум до 80 — 85 дБ, у жилих приміщеннях він не повинен перевищувати 50 — 60 дБ (в деяких країнах — 40 дБ), а вночі — 35 — 50 дБ. Ці норми всюди порушуються. У США ризикують втратити слух від промислового шуму силою більш ніж 100 дБ більше 9 млн робітників на штамповці, піскоструминній обробці, сверлінні і т.п.

Низькочастотні вібрації з рівнем 10 дБ і більше викликають судинні захворювання. Відповідно до спостережень, що були проведені в Японії, діти в сім'ях, які проживають поблизу аеропортів, низькорослі. Відповідно до директив, що розроблені для країн Європейського Союзу, при шумі більше 90 дБ необхідно користуватися засобами індивідуального захисту.

**Електромагнітні поля** виникають поблизу ліній електропередач, працюючих телевізорів, радарів, холодильників та в ряді інших випадків. Радарні та радіорелейні установки дають мікрохвильове випромінювання з частотою у 1 — 15 ГГц. Вплив електромагнітних полів на живі організми залежить від частоти.

Спорудження в колишньому СРСР в 60-ті роки надпотужних електростанцій та високовольтних ЛЕП вперше зробило актуальною проблему захисту населення від впливу електромагнітного поля. Його вплив на живі організми поки мало вивчено, але відомі факти негативного впливу електромагнітного випромінювання на здоров'я людей, які працюють в зоні дії такого випромінювання. Під впливом електромагнітного випромінювання (особливо коли лінія електропередач працює при частоті більш ніж 60 Гц) у людини виникає швидка втомленість, з'являється почуття апатії, нерідко трапляється збільшення ваги, може розвиватися лейкоз, реєструються вади розвитку.

Тому деякі спеціалісти наполягають на максимальному вкороченні будь-яких ліній електропередач та на встановленні екранів, що поглинають випромінювання. Вважається, що агресивність ряду водіїв автомобілів провокується перенасиченістю салону електромагнітним випромінюванням. Але інші спеціалісти вважають, що шкода від електромагнітного випромінювання перебільшена, а в дозах до 10 мТл вони взагалі безпечні.

### 8.3.5. Радіоактивне забруднення навколишнього середовища

Радіоактивні матеріали небезпечні своїм іонізуючим випромінюванням. Іонізуюче випромінювання буває кількох видів: альфа-випромінювання є потоком ядер гелію, бета-випромінювання — потік швидких електронів та гама-випромінювання — короткохвильове випромінювання, близьке до рентгенівських променів. Завдяки високій енергії радіоактивне випромінювання здатне відривати електрони з їх орбіталей та створювати позитивно та негативно заряджені іони.

У природі є багато джерел природного іонізуючого випромінювання. Радіацію породжують радіоактивні ізотопи багатьох елементів, що знаходяться в складі гірських порід та мінералів. Головними з них є калій-40 та вуглець-14. Неприятливість біологічної дії радіоактивних речовин пов'язана не тільки з їхньою разовою дією. Велика кількість радіонуклідів можуть акумулюватися в організмах на тривалий час. Так, стронцій-90 накопичується в кістках, йод-131 — в щитовидній залозі, цезій-137 включається в активний метаболізм, витісняючи азот. Чутливість різних організмів до радіоактивного випромінювання не однакова. Згідно з правилом **Бергон'є та Трибондо**, відкритим ще в 1906 році, в межах одного організму найбільш чутливі недиференційовані клітини та тканини, які характеризуються підвищеною ферментативною активністю. У тварин та людини це кровотворні тканини та залози внутрішньої секреції, у рослин — меристема.

Біологічна дія випромінювання залежить від розміру дози, що діє за одиницю часу. Помічено, що високі дози опромінення, що діють одноразово, менш шкідливі, ніж низькі дози, що діють тривало.

Середня доза іонізуючого випромінювання в сучасних індустриальних країнах в середньому дорівнює 2,4 мЗв/рік. Загальний фон радіоактивного випромінювання на території України складає 70 — 200 мБер/рік. На поверхні землі до 50% загального природного фону радіоактивного випромінювання дає радон-222, що утворюється при розпаді урану-238. Він є в ряді гірських порід. Іхнє використання для отримання будівельних матеріалів привело до зростання концентрації радону в жилих приміщеннях. Звичайна концентрація радону в повітрі лежить в межах від 1 до 20 Бк/м<sup>3</sup>, але в міських помешканнях при використанні будівельних матеріалів, що вміщують радон, вона підвищується до 20-69 Бк/м<sup>3</sup>. Припустимий рівень радонового опромінення складає 200 Бк/м<sup>3</sup>. Перебування в зоні цього випромінювання викликає руйнацію тканин легень та створює умови для розвитку ракових захворювань. Зниження дози випромінювання радоном досягається досить легко — частими та активним провітрюванням жилих та виробничих приміщень.

**Проблема радіоактивного забруднення** природного середовища загострилася після винаходу ядерної зброї та розвитку атомної енергетики. Антропогенне радіоактивне забруднення довкілля починається з урановидобувних та переробних підприємств, які спричиняють забруднення ураном-238 та торієм-232. При виробництві ядерної зброї та роботі АЕС накопичуються відходи. За підрахунками **Г.Жорпette** та **Г.Стікса** (1990), до 1995 року обсяги низькорадіоактивних відходів на АЕС світу складатимуть 370 тисяч м<sup>3</sup>, а високорадіоактивних — 3,8 тисяч м<sup>3</sup>. 99,9% радіоактивних відходів АЕС утримується в твелах реакторів. До захоронення їх утримують 15 — 50 років в спеціальних сховищах. Полігони з відходами АЕС фактично втрачені для людства на термін у 100 тисяч років. Не вирішує проблему і захоронення радіоактивних речовин в океанах.

Небезпека, що пов'язана з атомною енергетикою та атомним озброєнням, була яскраво продемонстрована аварією на Чорнобильській АЕС у 1986 році. У результаті її в навколишнє середовище були викинуті радіоактивні ізотопи свинцю-239, цезію-137, стронцію-90, плутонію-240. Всього в атмосферу надійшло 77 кг радіоактивних речовин, що відповідає випромінненню у 1019 Бк або 50 млн. Кі (Національна доповідь Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, Київ, 1992).

Маса радіоактивних речовин була викинута на висоту близько 10 тисяч метрів та під впливом розносу вітрами охопила радіоактивним забрудненням площу, більшу за 10 тисяч кв. км. Радіоактивні речовини, що були викинуті під час аварії, потрапили у всі шари атмосфери і вітром були рознесені по всьому світу. Вітер у нижніх шарах атмосфери розніс радіонукліди на захід від Чорнобиля, в середніх шарах атмосфери, де була основна маса радіонуклідів — на Біларусь та Скандинавію, а у верхніх шарах — на Китай, Японію та США. Із загального радіоактивного викиду в Україну потрапило 25%, Біларусь — 70%, Росію та інші країни — 5%.

В Україні від наслідків аварії постраждало 2,5 млн. людей, які проживали в 11 обла-

стях. У Біларусі в тій чи іншій мірі ураженою виявилася територія у 40 тисяч кв. км, на якій проживало 2,2 млн. людей. В Україні в зоні вираженого радіоактивного забруднення опинилося 169 населених пунктів та два міста — Чорнобиль і Прип'ять.

За підрахунками **Ж.Медведева** (1992) ліквідація наслідків Чорнобильської аварії обійшлася у вартість 54-х атомних реакторів, такого типу, як аварійний. Таким чином, одна аварія АЕС за вартістю перекрыла економічні переваги, які надає атомна енергетика.

#### 8.4. Вплив людини на глобальні біосферні процеси

Окремі прояви екологічної кризи ХХ століття мають місцеве, локально-регіональне значення, але деякі спричинюють глобальний вплив на всю біосферу планети. До останніх належать чотири феномени, що проявились у повному обсязі лише наприкінці поточного століття та стали об'єктом пильної уваги цивілізованого людства: потепління клімату, кислотні дощі, руйнування озонного екрану атмосфери та запустелювання.

**Потепління клімату.** Зміни клімату протягом тривалих історичних періодів вивчають методом глибинного зондування вічних льодовиків. Таке зондування в Антарктиді проводилося до глибини у 2 км, що охоплює останні 160 тисяч років. Показано, що протягом історії Земної Кулі клімат суттєво змінювався, але до початку розвитку людської цивілізації такі зміни проходили поступово. Тільки у другій половині ХХ століття з'явилося нове явище — швидка зміна клімату під впливом антропогенної діяльності.

Антропогенні зміни клімату Землі відбуваються під впливом великої кількості чинників. Згідно з **М.Мюллером** (1992) потепління клімату викликається, головним чином, тепличним ефектом, якому на 46% сприяє виробництво енергії внаслідок спалювання викопного палива з викидами в атмосферу вуглекислого газу, на 24% забруднення атмосфери іншими хімічними речовинами, зокрема метаном, на 18% вирубкою лісів та ерозією ґрунту, що однаково веде до зниження біологічного зв'язування вуглекислого газу, на 9% інтенсифікацією сільського господарства, з якою пов'язане надходження до атмосфери підвищеної кількості оксидів азоту та на 3% спалюванням сміття. Вуглекислий газ, як і інші тепличні гази, має здатність утримувати теплове випромінювання у поверхні планети і цим викликати підвищення температури.

Загальний вміст тепличних газів в сучасній атмосфері складає (в частинах на мільйон) вуглекислого газу 355, метану — 1,75, оксидів азоту — 0,31, хлорфторвуглеводнів — 0,001. Річний ріст концентрації цих газів в повітрі (в процентах) складає: вуглекислого газу 0,5, метану — 0,7, оксидів азоту — 1,0, хлорфторвуглеводнів — 0,3. Зокрема завдяки природним процесам до атмосфери надходило та продовжує надходити приблизно  $70 \times 10^{10}$  тонн  $\text{CO}_2$ , антропогенне спалювання палива додало до цього ще  $1,5 \times 10^{10}$  тонн. В 1987 році в атмосферу планети надійшло 5,5 млрд. тонн вуглекислого газу, що становило 1 тону на 1 людину в рік. Розвинені країни продукували в цьому році 3,2 тонни  $\text{CO}_2$  на людину, а країни, що розвивалися, — 0,4 тонни. З 1950 р. до 1990 р. викиди вуглекислого газу зросли на 30%. Одна лише вирубка лісів дає збільшення вуглекислого газу на 20%.

Такі кількісні оцінки навіть на підставі найбільш деталізованих моделей не беззаперечні. Річ у тім, що перші, які виконувалися за стандартною методикою, підрахунки кількості вуглекислого газу в атмосфері були розпочаті лише в 1958 році на станції Мауна Лоа на Гавайських островах (цей район був обраний спеціально тому, що знаходиться на максимальному віддаленні від промислових центрів та дозволяє реєструвати глобальну, а не вузько локальну зміну концентрації вуглекислого газу в атмосфері). Але й ці, хоча короткотривалі дані, доводять, що швидке потепління клімату планети — це реальний процес.

Шведський вчений **С.Аррениус** ще в 1896 році висловив думку, що викиди в атмо-

сферу антропогенного вуглекислого газу призведуть до потепління клімату, оскільки океан не може поглинути весь антропогенний вуглекислий газ. Висновки сучасних спеціалістів збігаються у тому, що антропогенні забруднення атмосфери тепличними газами дійсно ведуть до потепління клімату, хоча вчені по-різному оцінюють розміри цього потепління. Збільшення середньої річної температури Землі в останні десятиліття визначається в межах від 6°C до 2 — 2,5°C. Вважається, що в середньому у другій половині ХХ століття температура збільшувалася за кожні 10 років на 0,3°C. За даними спеціалістів ООН, до 2100 року температура Землі зросте на 3°C.

Власне, саме потепління клімату може викликати зміну режиму погоди на території великих регіонів планети і, в першу чергу, вплинути на сільськогосподарське виробництво. Це буде вимагати зміну агротехніки, районування культурних рослин та тварин і взагалі реорганізації бази сільського господарства. Японський вчений **Д. Утідзіма** (1991) вважає, що вже тільки це підвищить вартість сільськогосподарської продукції на 10 — 20%.

Але, мабуть, більш небезпечне інше — під впливом потепління почнеться танення льоду Антарктики, Арктики та високогір'я. Зростання стоку призведе до підняття рівня Світового океану. У 1987 році прем'єр-міністр Норвегії **Г.Х. Брундтланд** зробив доповідь, в якій було висловлене серйозне занепокоєння щодо наслідків підняття рівня Світового океану. У доповіді зокрема говорилося: «... будуть затоплені низькорозташовані міста та сільськогосподарські райони, і більшість країн повинні враховувати, що їхні економічні, соціальні та політичні структури можуть бути серйозно порушені».

За останні 100 років, за даними точних спостережень за рівнем Світового океану, зареєстровано його підняття на 0,15 м, а швидкість підняття складає 1,2 мм на рік. Є небезпека, що до 2100 року рівень Світового океану підніметься якнайменше на 65 см, а за максимальними оцінками — навіть на 3,45 м.

Потепління клімату загрожує і серйозними змінами всього живого населення планети. В умовах потепління клімату почався перерозподіл опадів. За останні 100 років у Північній півкулі їхня кількість зросла на 6 — 8 мм у рік, відбувався зсув сезону опадів: їхній максимум з квітня — червня почав чітко переміщуватися на вересень — листопад, що несприятливо відбивається на сільськогосподарському виробництві.

У світового потепління клімату є ще й інший небезпечний аспект. Воно може викликати прискорення метаболізму, в першу чергу, у мікроорганізмів, підвищить темпи їхньої біологічної еволюції і приведе до виникнення нових епідемій серед людей та тварин, боротися з якими буде непросто.

За підрахунками спеціалістів ООН, економічні збитки від майбутнього потепління клімату можуть бути оцінені в  $10^{13}$  доларів. Людство не має таких ресурсів. Запобігти швидкому потеплінню клімату можна, перш за все, скороченням викидів в атмосферу планети тепличних газів. У 1988 році була прийнята Резолюція 43/53 ООН «Охорона глобального клімату для сучасності та майбутніх поколінь людства», яка орієнтує усі держави світу на розробку та впровадження конкретних заходів у цій сфері.

**Кислотні опади.** Кислотними називають будь-які види опадів — дощ, сніг, туман, тоді, коли їхнє рН нижче від 7,0, тобто вони мають кислу реакцію. Реєстрація динаміки кислотності атмосферної води ведеться досить точно за кислотністю льоду в Антарктиді, Гренландії та Альп. Вона показує (**Лал та ін.**, 1991), що ще 180 років тому рН дощової води була на рівні 7,0, тобто нейтральною. Кислотні дощі вперше зареєстровані в 1972 році в англійському місті Манчестері. Основною причиною випадання кислотних дощів було надходження до атмосфери окислів азоту та сірки.

Кислотні опади в наш час випадають всюди. Високою кислотністю характеризуються опади в Західній Європі, в 1990 році вона коливалася в межах від 3,8 до 6,8, що було на 0,2 нижче, ніж у 1989 році. Стали типовими кислотні опади і для України. У Черкаській області опади закислені азотною кислотою, в Сумській — сірчаною. **В.В. Скиба**, який

вивчав в 1987 — 88 рр кислотність опадів Закарпаття, встановив, що рН талої снігової води складала 5,7 — 6,6, а на високогір'ї навіть 4,2 — 4,6, рН дощових опадів дорівнювала 5,7 — 6,8. Вони відрізнялися високою концентрацією нітратів (10 — 20 мг/л). Частота випадання кислотних дощів швидко зростає.

Україна сильно забруднена за рахунок трансграничного перенесення шкідливих речовин із країн Західної Європи. Кислотні дощі надходять в Україну з масами атлантичного вологого повітря. Немає жодної сусідньої з Україною країни на заході, з боку якої перенесення забруднюючих речовин мало б нульовий чи від'ємний баланс.

Під впливом кислотних дощів йде швидке закислення води в річках, озерах, ставках та інших континентальних водоймах. Вода в таких водоймах з бікарбонатної стає сульфатною, в ній зростає кількість алюмінію та марганцю. У таких водоймах підвищена рухомість ртуті, міді та цинку. У водоймах із закисленою водою видове різноманіття знижується, найскорше вимирають молюски, раки, земноводні, поширюються 1 — 2 види організмів (часто це водорість мужоція).

Від кислотних опадів в першу чергу страждають закриті водойми — озера та ставки. Під впливом кислотних дощів зростає кислотність ґрунтів. У багатьох регіонах вона досягає рН 4,1 — 4,5. В Україні за останні 30 років площа кислих ґрунтів зросла на 30%. У таких ґрунтах підвищується міграція свинцю, цинку, нікелю та міді. Це завдає збитків сільському господарству та природній рослинності. Кислі ґрунти вимагають валнування, що збільшує вартість продукції.

Найбільш чутливі до кислотних опадів ялинкові та смерекові ліси в Європі почали висихати. Вважається, що в цьому районі від кислотних опадів до 1992 року постраждало 31 млн га лісу (табл. 17). У першу чергу починають висихати шпилькові деревостої віком біля 60 років. У Німеччині тільки з 1982 року до 1984 року кількість вражених кислотними опадами шпилькових лісів (лісових масивів) зросла з 8% до 50%, а до 1990 року до 75%.

**Таблиця 17. Пошкодження лісів кислотними дощами в окремих державах Європи (за Самеко, 1990; Душаном, 1991).**

Держава	Площа пошкоджених лісів в %% до загальної лісової площі
Данія	61
Нідерланди	57-59
Велика Британія	56
Швейцарія	52-56
Ліхтенштейн	55
Німеччина	52
Чехія	57
Словаччина	16
Польща	40-60
Бельгія	46
Угорщина	40
Югославія	39
Іспанія	37
Норвегія	36
Фінляндія	35
Австрія	33
Швеція	32
Греція	20-30
Румунія	20-30



У 1990 році в лісах Франції було 28% дерев, що загинули, в Іспанії масовим стало опадання листя у лісових рослин. Йде зміна видового складу нижніх ярусів лісу, посилюється переважання нітрофільних видів, розростається щучник, з травостою зникають чорниця та вереск. Трансформується уся екосистема.

Кислотні дощі згубно впливають на культурні та архітектурні пам'ятники. Під їхнім впливом швидко став руйнуватися мармур, активно йде корозія металів.

**Руйнування озонового екрану атмосфери.** Озоновий шар знаходиться в атмосфері на висоті 12 — 23 км та захищає поверхню планети від жорсткої ультрафіолетової радіації з довжиною хвилі 320 — 400 нм. Процес руйнування озону в атмосфері ініціюється різного роду речовинами. Як вперше показали вчені США **М.Моліна** та **Ш.Роуланд**, це хлор- та бромпохідні, які називаються фреоном, а також тетрахлорид вуглецю, метилхлороформ та інші речовини. Але основний внесок роблять фреони, що широко застосовуються в холодильних установках різних типів, в аерозольних балончиках та миючих засобах. Світове виробництво фреонів на початок 90-х років перевищило 1 млн 360 тисяч тонн у рік (71% фреонів виробляють США та розвинуті країни Західної Європи).

У руйнуванні озону стратосфери певний внесок має космічна та ракетна техніка завдяки викидам продуктів згоряння їхнього палива. Найбільш шкідливі ракети, що працюють на твердому паливі. За ступенем шкідливості різні типи ракет розподіляються таким чином. На першому місці за шкідливістю стоять американські ракети типу «Дельта» та «Титан II». На другому місці французькі — типу «Аріан V». На третьому — радянські «Вертикаль» та «Протон». Забруднюють високі шари атмосфери окислами азоту і сучасні надзвукові літаки.

Дослідження озонового шару у верхніх шарах атмосфери почалися з 1930 року. Згодом вони були розширені, і для ведення спостережень була створена спеціальна мережа станцій («мережа Добсона»). Виміри кількості стратосферного озону в період з 1980 до 1991 року з канадського супутника «Німбус 7» показали, що швидкість руйнування озону складає 0,224% на рік. За оцінками НАСА (США), в період з 1978 до 1990 року кількість озону в озоновому екрані скоротилася на 45%.

Зменшення товщі озонового екрану та розриви в ньому ведуть до зростання ультрафіолетового випромінювання, що досягає поверхні Землі. Відповідно до супутникових даних за останні 10 років ультрафіолетове випромінювання зросло на 10%, а в Антарктиді, де стійко зберігається «озонова дірка», на 40%.

За даними «Грінпіс», зменшення товщі озонового шару на кожні 10% веде до збільшення числа випадків захворювання раком шкіри на 300 тисяч. Стає більш частим захворювання катарактою очей. Показано, що підвищене ультрафіолетове опромінення знижує імунітет, стають більш важкими та частими інфекційні захворювання людини та сільськогосподарських тварин.

В Україні здійснюється пильний контроль стану озонового екрану над її територією. Працюють 6 спеціальних станцій (в містах Києві, Одесі, Борисполі, Богуславі, Львові та Феодосії), що контролюють надходження ультрафіолетової радіації. Вони показали, що з 1980 року озоновий екран над Україною стає менш потужним. З урахуванням цього Україна приєдналася до Конвенції 1985 року з охорони озонового екрану та скорочення викидів і виробництва фреонів та інших речовин, що руйнують озон.

**Запустелювання.** Запустелювання — це виснаження аридних та напіваридних екосистем під впливом діяльності людини та посух. Запустелювання відбувається головним чином в посушливих зонах. Воно проявляється в сильній деградації природних біомів та втрат родючості ґрунтів. Території, на яких проявляється запустелювання, вже не можуть самовідновлюватися. Цього процесу зазнали у світі вже 4 млрд 616 млн га і ці площі продовжують зростати. Темпи запустелювання дуже високі щорічно за його рахунок площі пустель світу зростають на 60 тисяч кв. км.

Сучасне людство вперше зіткнулося з цим явищем на великих територіях в 1968 — 1973 рр., коли запустелювання південного району Сахари, так званого Сахелю, спричинило голод серед місцевого населення.

Аналогічний процес йшов і в районі Аральського моря. Аральська катастрофа завершилася аридизацією клімату на великій території. Вона відчувається на південь від Аралу на 100 — 400 км. На віддалі до 250 км від Аралу рівень ґрунтової води знизився на 5 м. Арал для людини виявився прикладом рукотворної крупнорегіональної катастрофи, що була викликана народногосподарською діяльністю. Він повинен стати уроком для всього цивілізованого людства.

## 8.5. Живі організми в умовах антропогенного стресу. Трансформація та деградація біоти Земної Кулі

Трансформація та деградація біоти Земної Кулі наприкінці ХХ століття сформувалися як глобальні явища. Вони найбільш характерні тим регіонам планети, де:

*а) скоротилися площі природних угідь та відбулося їхнє територіальне розчленування на окремі острівці — інсуляризація;*

*б) природні угіддя перетворені в напівкультурні;*

*в) природні та напівкультурні угіддя мають високе експлуатаційне навантаження;*

*г) у природне середовище надходить велика кількість промислових та сільськогосподарських відходів.*

Під впливом діяльності людини та антропогенних стресів у біосфері відбулося багато змін. Виявилось, що велика кількість видів рослин та тварин були знищені. Змінилася чисельність видів живих істот, деякі з них стали рідкісними, інші — численними. Велика кількість живих істот гине від отруйних для них речовин, що надходять до екосистем в результаті людської діяльності. З'явилася навіть окрема наука — **екотоксикологія**, яка вивчає цей процес.

Існують **три основних механізми деградації** живої речовини біосфери:

1. **Надмірне добування**, яке спостерігається тоді, коли з популяцій рослин чи тварин вилучається більше організмів, ніж їх може утворюватися в процесі розмноження. Таким чином, йде знищення корисних рослин та тварин, які використовуються людиною як їжа, корми чи сировина.

2. **Руйнування місць проживання**, яке відбувається під впливом забруднення середовища сторонніми і, в тому числі, токсичними речовинами, або збідніння ресурсів, якими користуються живі організми.

3. **Біологічне забруднення** шляхом свідомого або випадкового вселення нових видів, які безперешкодно розмножуються в умовах відсутності в них природних ворогів та витісняють місцеві види живих організмів.

Антропогенез часто веде до роз'єднання різних груп організмів, які складають екосистему. В антропогенно змінених біомах відбувається заміна ланцюгів живлення новими. Такі ланцюги живлення, як правило, спрощені, більш короткі і тому більш вразливіші. В умовах розбалансування трофічних мереж екосистем прискорюється процес вимирання окремих видів.

Деякі специфічні форми антропогенного впливу на природне середовище вважались начебто нешкідливими, але фактично вони пригнічують живі організми та призводять до деградації біомів і біосфери в цілому. До цих категорій належать шумове забруднення, дія на організми різного роду випромінювання та ін.

Чималий внесок до деградації біомів додає і **біологічне забруднення**. Воно виникає або за рахунок самовільної експансії у вільні екологічні ніші сторонніх для даного

угруповання видів, або в результаті запланованої чи випадкової інтродукції видів людиною. Прикладом біологічного забруднення екосистем України є розселення колорадського жука та амброзії полинистої. Загальновідомі тяжкі наслідки ввезення в 1859 році до Австралії всього 24 особин кролів, яких до 1950 року стало декілька мільйонів, і вони стали свого роду екологічною катастрофою для цього континенту. Тільки зараження кролів вірусом міксоматозу, який поширюють мухи та комарі, дозволило знизити чисельність кролів на 99,8%.

У ХХ столітті особливо чітко проявилася тенденція до переексплуатації природних угідь. Переексплуатація — це, перш за все, результат демографічного вибуху і жодна з форм власності на природні ресурси не зберігає їх від деградації. Так, відкритий океан традиційно є загальнодоступним для використання усіма бажаними, землі прерій США були в основному приватною власністю, але в усіх цих випадках відбулася приблизно однакова деградація біомів цих екосистем. За період розвитку людської цивілізації, за даними **С.П.Горшкова** (1989), знищено більше 40% загальної біомаси планети і 18% гумусу.

Щорічно вирубується 150 тисяч кв. км лісів. Тільки з 1850 до 1990 років 1 млрд. га лісів замінені сільськогосподарськими угіддями, а за останні 20 років лісистість планети знизилася з 29 до 27%. Серйозне занепокоєння викликає процес знищення тропічних лісів, які дають 22% всієї біопродукції Землі. Щорічно їх вирубується приблизно 11,3 млн. га. При таких темпах цей біом може зникнути вже через півстоліття. Під впливом кислотних дощів та інших атмосферних забруднювачів деградують ліси на всіх континентах. Рослини, що зберігаються, набувають специфічних структурних рис: у них змінюється товща листків, знижуються показники фотосинтезу та дихання.

Гинуть не тільки рослини, в ще більшій мірі збіднюється фауна. На суходолі одними з перших страждають хижі види тварин. У Німеччині останній ведмідь був забитий у 1835 році, рись — у 1897 році, вовк — у 1881 році. У «Чорному списку» МСОП у числі повністю зниклих за період з 1600 року до 1970 року значиться 36 видів ссавців та 94 вида птахів. І цей список щорічно продовжує збільшуватися.

Масовим стало отруєння диких тварин ксенобіотиками та важкими металами. В США описана хвороба диких птахів «синдром Кестерсона», що розвивається під впливом отруєння селеном та миш'яком, які надходять до екосистем з дренажними водами після використання їх при зрошенні. У таких птахів втрачається зір, деформуються лапи та дзьоб.

Перетворення континентальних водоемів та океанів в «сточні канали» цивілізації поставило під загрозу існування їхніх мешканців. У Північній Америці з 1033 видів риб 292 вида, тобто 28% занесені до Червоної книги МСОП. В Австралії з корінної фауни риб з 192 видів 65 (34%) знаходяться під загрозою зникнення. Для Чорного та Азовського морів повної статистики збіднення флори та фауни немає, але серед зареєстрованих в них 3500 видів живих організмів чимала доля знаходиться на межі вимирання. Постало питання про створення Червоної книги Чорного моря.

До числа зниклих видів належать навіть акули. Їх близько 350 видів. 80% видів акул для людини не є небезпечними (в рік реєструється всього 30 — 100 випадків нападу акул на людину). Знищуються вони однаково з небезпечними видами, як об'єкти спортивного полювання та м'яса. Світовий ринок м'яса акул складає 600 тисяч тонн на рік. Акули ж виступають як найважливіший компонент трофічних ланцюгів океанів, і їхнє зникнення створює небезпеку порушення океанічних екосистем. Розмножуються акули поволі: одна самиця дає всього 2 — 50 потомків у рік.

Інтенсифікація рибальських технологій призвела до зниження чисельності багатьох видів не лише риб, а й інших водяних організмів. Зокрема в наш час вже більш ніж 2500 рибальських суден у світі обладнані так званими наддовгими сітками (їхня довжина сягає 80 км). Такі сітки, що перевіряються один раз у 7 — 14 годин, дають величезний «небажаний прилов» видів риб, молюсків, ссавців і навіть птахів, які не використовуються людиною. Всі ці організми гинуть, не даючи ніякої користі людині.

Одним з помітних проявів деградації біоти Земної Кулі є зменшення біологічного різноманіття. Велике біологічне різноманіття — фактор стійкості біосфери, воно дозволяє використовувати широкий асортимент ресурсів, забезпечує буферність трофічних мереж, є рекреаційною та естетичною цінністю. Є в цьому і моральна сторона — все живе має право на існування. Але прямо або опосередковано людством за порівняно короткий період історії його існування було знищено до 10% видів живих організмів. Темпи знищення видів рослин та тварин досягли 150 видів у рік. До видів, що зникли, відносяться тур, стелерова корова, гігантський лемур на Мадагаскарі. Ссавців зникло всього 120 видів, а птахів — 150 видів. Це не випадковість, а закономірний результат загальної деградації природних екосистем.

Міжнародний союз охорони природи та природних ресурсів (МСОП) для отримання точної інформації про кількість зниклих видів живих організмів за «точку відліку» прийняв 1960 рік, коли вже було встановлене основне різноманіття фауни та флори. Виявилось, що з 1960 року до 1975 року на Земній Кулі зникли 63 види ссавців, 74 види птахів. Особливо небезпечне вимирання рослин, оскільки з кожним з їх видів пов'язані своїм харчуванням та іншими функціями декілька видів безхребетних, а іноді і хребетних тварин. Це означає, що із зникненням одного виду рослини зникає не менше 10 видів тварин.

Процес вимирання видів торкнувся всіх континентів та акваторій. Згідно з оцінкою, що була зроблена в роботі «Світ в 2000 році — доповідь президенту» (США), до 2000 року на планеті повністю зникне від 500 тисяч до 2 млн видів живих організмів. Це складає 15 — 20% від числа існуючих в наш час рослин та тварин.

Йде зниження біологічного різноманіття не лише диких рослин і тварин. Це стосується й різноманіття порід домашніх тварин та сортів культурних рослин. Їх змінює мала кількість інтенсивних порід та сортів. Місцеві, що адаптувалися до місцевих умов, породи та сорти зникають. **Ю.А. Столповський** (1993) ставить питання про створення «Червоної книги домашніх тварин». За ініціативою ФАО в ряді країн вже розпочата робота з охорони рідкісних порід та сортів. Зоологічне товариство Лондону створило генетичний банк, з 1971 року функціонує заповідник рідкісних порід домашніх тварин. Пізніше на базі Ганноверського інституту ветеринарної медицини був створений Всесвітній банк генофонду сільськогосподарських тварин.

У цілому, живе населення планети стає все менш і менш різноманітним. Антропогенні екосистеми легко впізнати. Вони бідні на види рослин та тварин, домінування переходить до 1, 2 або 3 видів організмів. У таких випадках кругообіг речовин та потік енергії в екосистемі стає вузько каналізованим, що робить такі екосистеми легко вразливими. Знищення біоти призводить до втрати всієї екосистеми.

## 8.6. Військові аспекти деградації біосфери

Воєнні конфлікти, навіть у випадку їхнього локального характеру, приносять величезні збитки навколишньому середовищу. Глобальні воєнні дії з використанням ядерної та хімічної зброї без будь-якого сумніву будуть означати повне руйнування біосфери та приведуть людську цивілізацію до загибелі.

Навіть саме існування збройних сил та воєнної промисловості є джерелом забруднення та деградації природного середовища. За даними **М.Реннера**, в 1981 році на воєнні потреби в світі використовувалося близько 1% території Землі, що становить площу в 1,5 млн кв км. Тільки в колишньому СРСР воєнними об'єктами було зайнято 42 млн га земель, з них 30 млн га під полігони.

Воєнна промисловість є одною з найбільш екологічно шкідливих. Для потреб воєнної промисловості ведуться видобувні розробки та виплавляються в величезній кількості такі метали, як алюміній, нікель, залізо, платина. Йде видобуток та переробка радіоактивних

речовин. Воєнна промисловість дає багато відходів. За рахунок тільки одного воєнно-промислового комплексу США в рік утворюється 400 — 500 тисяч тонн токсичних відходів. Майже безперервно йде знищення застарілого воєнного обладнання, що також пов'язано із забрудненням довкілля.

В арміях світу служать 29 млн чоловік, а ще 16 млн працюють в галузях промисловості, що обслуговує армію. Польоти військових літаків спричинюють значне забруднення атмосфери, запуски ракет ведуть до надходження до верхніх шарів великої кількості окислів азоту, які руйнують стратосферний озон.

Цілком очевидні економічні, моральні та екологічні збитки людської цивілізації від будь-якої війни — великої чи малої. Друга світова війна велася на території в 22,6 млн кв км і забрала життя 55 млн чоловік (у тому числі 27 млн радянських громадян). Окрім людських втрат на рахунок цієї війни радіоактивне зараження міст Хіросіма та Нагасаки, зруйновані заводи, шахти, житлові будинки, знищені посіви.

Як спадщина від другої світової війни від фашистської Німеччини залишилося 250 тисяч тонн отруйних речовин — іприту, люїзиту та фосгену. Вони були частково захоронені в залишених шахтах та бурових свердловинах, а частково — в Балтійському морі. Крім цього, союзники у другій світовій війні СРСР, США та Великобританія затопили в Балтійському морі та Атлантиці 120 тис. бомб та снарядів з отруйними речовинами власного виробництва.

Збройні сили наклали свій відбиток на екологію усіх регіонів світу. У період холодної війни місцем протистояння наддержав стали Арктика та Антарктика. У цих регіонах було проведено 508 випробувальних ядерних вибухів із викидом близько 26 млн Кі цезію-137 та 20 млн Кі стронцію-90. У колишньому СРСР функціонував ядерний полігон «Об'єкт-700» на Новій Землі та ракетодом «Плесецьк» в Архангельській області. У 1961 — 1990 рр у Карському та Баренцевому морях було затоплено 11 тисяч контейнерів із радіоактивними відходами (головним чином ядерне паливо підводних човнів). На Новій Землі було проведено 132 випробування ядерної зброї, в тому числі 87 вибухів в атмосфері і 3 у воді.

Яскравою ілюстрацією серйозних порушень природного середовища під впливом воєнних дій є локальні воєнні конфлікти середини та кінця нашого століття. Це війна у В'єтнамі, воєнні дії в Афганістані, вторгнення Іраку в Кувейт, війна в Руанді та ряд інших «малих» війн. Кожна з них принесла не лише людські втрати, біль та страждання тисячам і тисячам сімей, але й супроводжувалася глибоким руйнуванням біосферних структур.

Найбільшу потенційну небезпеку для людства та природного середовища становить ядерна зброя. На небезпеку її розробки та використання вперше в 1908 році вказував англійський вчений **Ф. Содді**. Ідею заборони ядерної зброї у різні роки підтримували **В.І.Вернадський**, **Н.Бор**, **П.Кюрі**, **Ф.Жюліо-Кюрі** та багато інших видатних вчених та громадських діячів. Однак гонка ядерного озброєння йшла найвищими темпами. У наш час ядерною зброєю володіють або близькі до цього 30 держав світу. Великої шкоди завдали численні випробування ядерної зброї. За 40-річний період випробувань у повітря планети було викинуто приблизно 12,5 тонн радіоактивних речовин.

Застосування ядерної зброї у військових цілях означало б глобальну катастрофу. Ядерна зброя — це засіб самогубства людства та руйнування біосфери планети. «Ядерна війна — це зовсім не війна, а самознищення. Болісне та страшне» — писав академік **Н.Н.Мойсєєв** (1986).

На випадок термоядерної війни з вибухом 100 — 150 мегатонн ядерного матеріалу була розроблена в 1983 — 84 рр математична модель «Гейя» під керівництвом акад. Н.Мойсєєва. Вона показала, що ядерні вибухи призведуть до утворення такої кількості пилу та диму, що сонячне світло не буде доходити до поверхні планети. На 1,5 — 2 місяці настає «ядерна ніч», яка пізніше перейде у «ядерну зиму». В цей час температура знизиться на 15 — 20°C, а в північних широтах на 40 — 50°C проти звичайної середньої. Великі від'ємні температури на континентах при збереженні температури Світового океану при-

ведуть до сильних штормів та бурь. Вже на початок «ядерної зими» загине весь врожай сільськогосподарських культур, будуть знищені тропічні ліси, почнеться масова загибель населення від голоду.

За оцінками експертів ООН, на випадок розв'язання ядерної війни загине більш ніж 4 млрд. людей, в тому числі 3 млрд. від захворювань, що виникнуть від опромінення. «Ядерна зима», що наступить, додатково забере не менше 3 млрд. життів. Виділення окислів, що буде супроводжувати вибухи ядерних бомб, майже повністю зруйнують озоновий екран планети, що призведе до сильного опромінення живих організмів короткохвильовою радіацією. Природно, що ядерна війна принесе невиправні збитки рослинному та тваринному світу, Земній Кулі. Якщо збережеться біосфера, то це вже буде якісно інша біосфера, існування людини в якій буде досить сумнівним.

Наявність на планеті великої кількості АЕС робить самогубною навіть війну, в якій ядерна зброя не буде використовуватися. *Г.Іваницький* (1987) писав: «Що показав Чорнобиль? Він вніс абсолютну ясність у питання про атомну війну: жодна держава, чи буде вона нападаючою стороною, чи жертвою агресії або нейтральною, не переживе масованого ядерного удару, нанесеного в будь-якій точці земної кулі».

Не менш небезпечна хімічна та біологічна зброя. Вона вироблялася та накопичувалася протягом всього XX століття. США тільки в 1986 році загальмували її виробництво, а 1987 році знову почали. До 1990 року лише в США було 8 великих сховищ хімічної зброї, що вміщували 40 тисяч тонн нервовопаралітичного, гірчичного та бінарного газів в 500 тисячах контейнерів (А.Сheresiuk, 1989). Сила його дії величезна: одного грама ботулотоксина достатньо для смертельного ураження 8 млн. людей. Окремі віруси та бактерії (чуми, сибірської виразки) ще небезпечніші.

Сучасні війни через величезну потужність сучасних видів озброєння справедливо оцінюють як одну з форм екологічного тероризму, що не сумісне з поняттям людської цивілізації. Будь-яка війна неминуче призводить на довгий термін до вилучення земельних угідь з господарського використання. Йде пряме знищення природних структур, а у функціонування екосистем вносяться невиправні зміни. Війни призводять до відведення величезної кількості природних та людських ресурсів до воєнної промисловості та самі воєнні дії. Окрім невиправданих людських жертв, що неминучі при будь-яких воєнних конфліктах, після воєн на довгі роки залишаються бомби, що не розірвалися, контейнери з отрутохімікатами і т.п. воєнні об'єкти, які створюють загрозу для життя та здоров'я мирного населення. Про знахідки нерозірваних снарядів та бомб щорічно повідомляє преса України.

Все більшу загрозу становить прагнення ряду розвинутих країн світу використати у воєнних цілях космічний простір. Це не тільки підвищує загрозу війни і означає новий виток гонки озброєння, а й веде до забруднення поверхні планети. При старті ракети типу Сатурн-5 в атмосферу потрапляє до 6 — 9 млн. тонн спрацьованого палива. На старті одна ракета типу «Спейс Шатл» викидає 180 тонн хлору та пари соляної кислоти, що еквівалентно знищенню 10 млн. тонн озону в озоновому екрані планети.

Ряд країн світу розробляють суто екологічні засоби воєнних дій. Вони особливо небезпечні тим, що впливають на великі території та вражають не тільки та не стільки воєнні об'єкти, скільки цивільне населення.

До Організації Об'єднаних Націй неодноразово вносилися пропозиції, спрямовані якщо не на повне усунення воєн як явища, що не сумісне з біосферною етикою людства, то хоч би на можливе пом'якшення їхніх негативних екологічних наслідків. Ці пропозиції включають таке:

1. Заборона використання природного середовища як методу ведення екологічної війни;
2. Заборона виробництва та використання типів озброєння, що руйнують природне середовище, — це, в першу чергу, хімічна та ядерна зброя;
3. Недопущення застосування засобів навмисного руйнування природного середо-

вища, як наприклад, гербіцидів для знищення лісової рослинності, що мало місце у війні США проти Північного В'єтнаму;

4. Недопущення навмисного воєнного впливу на об'єкти, руйнування яких може викликати деградацію природного середовища. Це, впершу чергу, атомні електростанції та хімічні заводи;

5. Заборона на розміщення воєнних об'єктів та воєнних дій на території всіх природних національних парків, заповідників та заказників;

6. Проведення військових навчань та розміщення військових підрозділів в мирний час таким чином, щоб це не завдавало шкоди природному середовищу;

7. Повна заборона на використання ближнього та далекого космосу у воєнних діях.

На жаль, єдиної концепції, схваленої усім світовим співтовариством щодо взаємовідносин збройних сил з природним середовищем, поки що немає.

## 8.7. Територіальні аспекти антропогенного забруднення навколишнього середовища. Стан навколишнього середовища України

Глобальна екологічна криза кінця ХХ століття охопила всі континенти та акваторії. Ступінь деградованості навколишнього середовища та біомів є найбільшою в тих регіонах, де є вища щільність населення й досягнута найбільша інтенсифікація промислового та сільськогосподарського виробництва. Але в тій чи іншій мірі екологічною кризою охоплені усі регіони світу, в окремих з них ситуація близька до екологічної катастрофи.

Економічно розвинені країни роблять найбільший внесок в антропогенне забруднення навколишнього середовища, але вони мають і більші можливості щодо ліквідації наслідків забруднення. Перед обличчям серйозних проблем стоять США. На території цієї країни 41% ріллі охоплені ерозією, за роки 1964 — 1982 на 170% зросла кількість використаних пестицидів. У 1985 році на полив було використано 522 тисячі літрів води, що викликало засолення 5,6 млн. га земель. Для збереження власного природного середовища США намагаються розмістити екологічно брудні виробництва на території країн, що розвиваються. Робилася навіть спроба вивозити сміття для спалювання в Антарктиду, та Фондом захисту навколишнього середовища з цього приводу була порушена судова справа проти Національного наукового фонду США.

На Європейському континенті за рік утворюється 2 млрд. тонн відходів. Більшість із них скидаються до рік. Зараз тільки 4% рік чисті, тоді як 15 років тому їх було 20%. За прогнозами до кінця ХХ століття стоки таких рік, як Дунай, Дністр та Дніпро, зменшаться ще на 40 — 70%, а скиди стічних вод до них зростуть у 1,5 — 5 разів. Все більше погіршуються донні відкладення — в них концентруються важкі метали та токсичні речовини. Однією з найбільш екологічно забруднених країн Європи є Угорщина. За даними **М.Варкаса** (1991), її територія сильно забруднена побутовими та промисловими відходами, використовується бензин з високим вмістом свинцю. Складна екологічна ситуація в Чехії. Грунт на 60% сільськогосподарських угідь змінений під впливом кислотних дощів, процесом висихання охоплено 70,5% лісів. У результаті тривалість життя людей тут на 7 років менша, ніж в середньому в країнах Європейського Союзу. Під загрозою зникнення знаходиться 65% видів флори та 62% ссавців. По суті Чехія та Словачія — район екологічного лиха.

Завдяки переважно сільськогосподарській орієнтації виробництва країн, що розвиваються, там довго зберігали екологічну чистоту навколишнього середовища, але у другій

половині ХХ століття демографічний вибух та індустріалізація привели до швидкої деградації природного середовища і в цих державах Швидко зростає забруднення на території Китаю. Одного лише промислового пилу тут утворюється 13,9 млн тонн на рік, стічних вод — більше 25,2 млрд тонн.

Екологічна криза в Африці пов'язана з її європейською колонізацією, коли надзвичайно швидкими темпами стали руйнуватися традиційний побут та способи господарювання місцевого населення. Ускладнює ситуацію те, що Африканський континент має один із найвищих показників приросту чисельності населення.

Деградація природного середовища на величезній території колишнього СРСР була викликана реалізацією концепції, в якій головним пріоритетом була оголошена максимізація об'ємів виробництва за будь-якої ціни. Радянське суспільство було суспільством марнотратних споживачів. Соціалізм, як й інші суспільні формації, також виявився безпорадним перед руйнуванням природного середовища. Централізована економіка не сприйняла екологічного імперативу. Після розпаду СРСР усі країни Варшавського блоку опинилися, за висловом **Ч.Баріло** (1991), в «екологічній пастці» — екологічне середовище в дуже поганому стані, а його покращання в умовах ринкової економіки вимагає великих коштів, якими ці країни не володіють.

Не уникнула впливу глобальної екологічної кризи і територія України. Знаходячись у східній частині Європи, вона займає територію 60355 тисяч га. За природними ресурсами Україна належить до найбагатших держав світу. Але структурна деформація економіки з орієнтацією на продаж сировини та ресурсоємні виробництва в сполученні з екстенсивним розвитком сільського господарства при низькій екологічній культурі виробництва призвели до того, що на кінець ХХ століття природне середовище України також потерпіло деградаційні процеси. Найбільш забрудненими районами Європи є Донбас та Придніпров'я. Це природно, оскільки в цьому регіоні, що складають 18% від усієї території, проживає 28% населення та виробляється 40% всієї продукції. Виробнича сфера України щорічно залучає у використання більш ніж 1,5 млрд тонн природних речовин, з яких більше 1 млрд тонн надходить у відходи. Ряд промислових підприємств України недостатньо очищують відходи від токсичних речовин. Це веде до того, що до навколишнього середовища надходить неприпустимо велика кількість забруднюючих і навіть отруйних речовин.

У 1991 році у повітряний простір України надійшло з різних джерел 14,3 млн тонн забруднюючих речовин. Основні викиди дають металургійні підприємства (33%), енергетика (30%), вугільна промисловість (10%) та хімічна промисловість (7%). Це веде до сильної загазованості міст, що є промисловими центрами України. В м. Горлівка викидається ртуть до 0,015 кг/людину, в м. Костянтинівка — кадмію до 0,01 кг/людину, в м. Комунарську — промислового пилу до 1,9 т/людину, в м. Рубіжному — сірчаної кислоти до 2,9 кг/людину, в м. Красноперекіпську — азотної кислоти до 381,5 кг/людину. У доповнення до цього мали місце випадки завозу на територію України шкідливих відходів виробництва з Німеччини та інших країн Західної Європи.

Запаси прісної води в Україні характеризуються такими показниками: загальний стік складає 52,4 км<sup>3</sup>, об'єм прісної води в 1087 водосховищах дорівнює 55,1 км<sup>3</sup>. Але використовується та зберігається вода погано. Велика кількість підприємств споживає води в 2 — 3 рази, а деякі в 10 — 13 разів більше, ніж це передбачено технологією. Основний споживач води в Україні сільське господарство, яке використовує на зрошення 7,8 млрд м<sup>3</sup>.

В Україні спостерігається процес швидкої втрати якості поверхневих та підземних вод, що пов'язано зі скиданням сильно забруднених стічних вод. Основний стік (до 48%) неочищеної води дає комунальне господарство України. Це зумовлено недосконалістю очисних споруд. Забруднення ряду рік України перевищує ГДК в декілька разів. Вода в р. Дністер сильно забруднена аміаком та органічними речовинами. Забрудненість рік



басейну р. Дніпр в ряді випадків перевищує 14 норм ГДК нітратів, 11 ГДК нафтопродуктів, 10 ГДК фенолу. Майже усі підземні води, як показують аналізи, вміщують залишкову кількість пестицидів, в тому числі ДДТ, мінеральних добрив та інших речовин. У промисловому м. Донецьк р. Кальміус та Нижньо-Кальміуське водосховище вміщують сульфатів в 2 рази, нафтопродуктів в 3 — 4,5 разів та фенолів в 2 — 10 разів більше від санітарних норм.

У неблагополучному стані знаходиться весь Азово-Чорноморський басейн, що складає південний кордон України. До нього надходить велика кількість побутових та промислових стічних вод, нафтопродуктів та залишкової кількості добрив та пестицидів. Азовське море за ступенем забруднення в розрахунку на 1 м<sup>3</sup> води знаходиться на першому місці в світі. За даними **В.Н. Білоконя** та **Е.П. Нахшиної** (1993), в ряді водосховищ Дніпра донні відклади вміщують значну кількість важких металів. Ріка Дніпро та її притоки протікають в районах інтенсивного сільськогосподарського використання. До них надходить така значна кількість залишкових добрив та пестицидів, що самоочищення сильно порушилося та природні трофічні ланцюги розбалансувалися. Дністер виявився найбільш забрудненою рікою України. Тільки з 1991 — 1992 років, коли була вдосконалена система пропуску води в системі Дністровського водосховища, стан цієї ріки став покращуватися.

Забруднення рік та підземних вод призводить до різкого забруднення Азовського та Чорного морів. Щорічно в Азовське море скидається 1,1 млрд м<sup>3</sup> неочищених стоків, в Чорне море — 2 млрд м<sup>3</sup>. Із цим стоком тільки в Чорне море в 1990 році було скинуто 5,1 млрд тонн різного роду забруднюючих та токсичних речовин.

Матеріали обстеження ґрунтів України показують, що їхнє забруднення небезпечно зростає. Так, **В.В. Гріневич** та ін. (1989) при вивченні стану ґрунтів Київської області виявили, що 43% проб мали вміст азоту, що перевищував ГДК. Концентрація нітратів у ряді колодязів досягала 265 — 273 мг/л при нормі не більше 50. Має місце техногенне забруднення сільськогосподарських ґрунтів викидами промислових підприємств. Воно особливо велике в Донецькій, Луганській та Харківській областях. У цілому в Україні йде процес безперервного погіршення якості ґрунтів та зниження їхньої родючості.

1.8

### **Опрацювавши даний розділ, Ви повинні вміти:**

1. Назвати, якими речовинами забруднюється атмосфера, гідросфера та ґрунти
2. Вміти назвати категорії антропогенних забруднювачів та основні види забруднення природного середовища
3. Перерахувати райони та випадки екологічного лиха, вказати на їхні причини та наслідки
4. Дати визначення поняттям «екологічна катастрофа» та «екологічна небезпека» відповідно до законодавства України
5. Назвати основні механізми деградації біомів та вимирання окремих організмів
6. Дати опис механізму та причин евтрофікації водойм
7. Пояснити різницю між точковими та неточковими джерелами забруднення
8. Пояснити, чому миючі засоби, що вміщують фосфор, завдають шкоди природному середовищу
9. Перерахувати прямі та опосередковані фактори вимирання видів рослин та тварин та навести приклади
10. Назвати канали несприятливої дії на природне середовище воєнної промисловості та локальних воєн

**Питання для самоперевірки та обговорення:**

1. Спробуйте оцінити розмір Вашого власного «внеску» в забруднення навколишнього середовища. Для цього складіть перелік видів та кількість споживаних Вами матеріалів та речовин за повну добу та кількості відходів. Після цього підрахуйте річний об'єм вироблених Вами відходів.
2. Який вплив на клімат планети спричинює порушення біогеохімічного циклу вуглецю?
3. Обговоріть, чому антропогенне надходження біогенних елементів до природного середовища порушує екологічну рівновагу?
4. Обговоріть та доведіть, що зміни природного навколишнього середовища, які спостерігаються протягом останніх десятиліть поточного століття, мають характер глобальної екологічної кризи.
5. Що таке кислотні опади та чому вони виникають?
6. Обговоріть причини, що викликають запустелювання в Приараллі.
7. Що таке «антропогенне забруднення»?
8. Обговоріть, чому екологи зацікавлені в підвищенні продуктивності сільськогосподарських земель?
9. Чи погоджуєтеся Ви з тезою, що сучасний період життя суспільства є поворотним для розвитку цивілізації?
10. Які зміни відбудуться на планеті у випадку розв'язання атомної війни?
11. Обговоріть екологічну ситуацію в Україні у 1990 — 1997 роках та причини, що викликають напружену екологічну ситуацію у ряді регіонів країни.

**ЧАСТИНА II**

**СПЕЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ  
ЕКОЛОГІЇ**

## Розділ 1

# АГРОЕКОСИСТЕМИ

### 1.1. Забезпечення населення продуктами харчування

**Якість життя людини** визначається, перш за все, **отриманням повноцінного харчування**. Сучасному населенню планети основне продовольство надають культурні рослини та домашні тварини. Із загального різноманіття рослин людина використовує 6 тисяч видів. Але культивується лише приблизно 1,5 тисячі видів, решта використовується в дикорослому вигляді. Масово вирощується в світі лише 90 видів, а основну масу їжі дають не більше ніж 20 видів, 14 з них належать до двох родин — злакові та бобові.

Коло видів тварин, що розводяться, також не дуже широке. Проте чисельність особин велика. За даними FAO ООН, до початку 90-х років в світі вирощувалося 1 млн. 226 тисяч голів великої рогатої худоби, 1 млн. 138 тисяч овець, 774 тисячі свиней, близько півмільйона кіз та більше 7 млн. домашніх птахів.

В Україні практичну цінність як харчові, кормові або сировинні рослини мають 65% видів її флори. До їх числа належать лікарські — 800 видів, вітамінозні — 200, дикорослі їстівні — 150 та ефіро-олійні — 400, дубильні — 100, красильні — 150, волокнисті — 50, кормові — більше 1000, медоносні — 500. Запаси дикорослих корисних рослин дуже великі. Наприклад, ресурсні запаси плодів дикорослих яблук та груш оцінюються в 6 тисяч тонн, малини — 5,5 тисячі тонн.

Загальні об'єми продуктів харчування, що виробляються, достатні, щоб забезпечити їжею населення планети, хоча його розподіл за регіонами різко нерівномірний. Частка білків тваринного походження складає в добовому раціоні мешканців США 92%, Східної Європи — 39% та Африки — лише 20%.

Збільшення продовольчих ресурсів за останні десятиліття було досягнуте за рахунок інтенсифікації сільського господарства. Але поки що лише в декількох країнах ця галузь забезпечує населення продуктами харчування власного виробництва. Це Австралія, Канада, Нова Зеландія, США та ПАР. За даними FAO, приблизно половина населення планети не отримує повноцінного харчування. У 1980 році від недоїдання та голоду страждало 800 млн. людей. Це мешканці країн, що розвиваються, в Африці, Південній Америці та у Південно-Східній Азії. Сільськогосподарське виробництво контролюється кліматичними та ґрунтовими факторами, але в меншій мірі, ніж це прийнято вважати. Більш важливим є загальний соціально-економічний рівень виробництва. Не випадково в Каліфорнії (США) врожайність рису складає 8,5 т/га, а в Індії в більш сприятливому для цієї культури кліматі тільки 2,5 т/га.

Раціон людини включає чималу кількість продуктів тваринництва: м'яса та молока в першу чергу. Для їх отримання тваринам згодують від 33 до 40% продукції рослинництва (фуражне зерно). Використання посовищних кормів при утриманні тварин дає все менше результатів — пасовища усіх країн сильно виснажені через перевипас. За оцінками Інституту ботаніки НАН України, середня врожайність луків країни складає всього 17,5 ц/га, хоча при раціональному використанні може та повинна бути збільшена у 3 — 5 разів.

З еколого-енергетичного погляду тваринництво не вигідне. Трансформація біомаси з рослинної в тваринну зменшує її кількість у 10 разів. Висока частка м'яса та молока в раціонах харчування вимагає великої продуктивності від агроєкосистем. Таким чином, якщо споживання м'яса в світі довести до рівня мешканців США, то виробництво зерна

треба подвоїти, що не реально. Необхідне інше населенню розвинутих країн треба відкинути парадигму споживацтва стосовно м'ясо-молочної продукції та стати на шлях самообмеження. Взагалі зменшити навантаження на біосферу з боку агроєкосистем можна тільки одним шляхом — змінити місце людини в трофічному ланцюгу шляхом збільшення частки рослинних продуктів в її їжі. Якби в наш час населення економічно розвинутих країн різко скоротило споживання м'яса, молока, вершкового масла та інших продуктів тваринництва та перейшло на тип харчування населення країн, що розвиваються, для яких характерне переважне використання продуктів рослинництва, тоді зерна, що витрачається на корм худобі, вистачило б для харчування ще 2 — 3 млрд людей.

Світові ресурси продовольства поповнюють прісні та особливо морські водойми. У 1970 — 1990 роках вилов риби в світі стабілізувався приблизно на рівні 75 млн тонн на рік. У цілому морські біологічні ресурси додають людині приблизно 80 млн тонн морської продукції на рік. Її частка в харчуванні складає в середньому 5 — 10%, але вона з кожним роком зменшується. Рибальство деградує через виснаження запасів та забруднення прісних та морських водойм. Так, у 1992 році американський уряд був змушений видати надзвичайну постанову про заборону вилову риби вздовж великої частини атлантичного узбережжя через забруднення миш'яком, що надходив з промисловими стоками.

На зміну рибальству приходить аквакультура — вирощування устриць, мідій, розведення риби в ставках. Великі перспективи має розведення мідій, що дають смачне м'ясо з повноцінним білком. Мідія — двостулковий молюск, що отримує їжу шляхом фільтрації води. У Франції вихід м'яса мідій на 1 га водойми складає 200 — 250 тонн у рік, тоді як розведення курей дає 2 тонни живої маси, а корів — 0,3 тонни з гектара. До того ж аквакультура економічно більш вигідна. Цей досвід цікавий для України, оскільки мідія природно поширена в північно-західній частині Чорного моря, де можливе отримання до 150 тонн її м'яса з гектара на рік. Досвід розведення мідій вже відомий під Одесою та в Криму. При правильному підході до 2000 року аквакультура може дати людині до 7 млн тонн м'яса на рік.

Окрім кількості вироблюваного продовольства, чимале значення має його якість. До поняття якості продовольства поруч з іншими показниками входить його екологічна чистота. У країнах Європи активно розробляються стандарти щодо екологічної чистоти сільськогосподарської продукції. Так, наприклад, в Німеччині дозволене до продажу зерно пшениці вміщує кадмію менше 0,12, свинцю — менше, ніж 0,35 мг/кг сухої ваги. За нормами ВООЗ добове надходження нітратів з їжею повинно бути меншим, ніж 255 мг для людини вагою у 70 кг або 3,6 мг на 1 кг ваги тіла.

Наприкінці ХХ століття відкрився ще один шлях виробництва продуктів харчування та кормів для тварин — використання біотехнологій. Терміном «біотехнологія» називають мікробіологічний синтез білку та інших органічних речовин на основі відходів сільськогосподарства, деревини або навіть нафтопродуктів. Провідне місце серед біотехнологічних процесів займають США, Японія та Німеччина. Цей шлях виробництва продуктів повністю ще не сприймається, бо гігієнічні та екологічні аспекти його залишаються дискусійними. Досвід колишнього СРСР показує, що виробництво папріну екологічно небезпечне, якщо користуватися недосконалими технологіями та ще й при низькій культурі виробництва.

Соціальні аспекти забезпечення продовольством загострюються тим, що в країнах, які розвиваються, його виробництво зорієнтоване не на забезпечення населення харчуванням, а на економічні вигоди землевласників. У Бразилії, наприклад, чимала частина населення недоїдає. Спеціалісти пов'язують це з соціально-економічними факторами: за станом на 1985 рік 2% власників володіли 60% орної землі, яка засівалась економічно вигідними культурами (кава, чай, каучуконоси, цукрова тростина), та непродовольчими культурами. **Б.Небел** (1993) прямо пише: «Поки багаті нації спроможні купувати дорогі непродовольчі культури, а великі землевласники розпоряджаються їх виробництвом, земля навряд чи буде давати більше їжі».

## 1.2. Агроєкосистеми

Продукти харчування виробляються галузями сільського господарства (рослинництво та тваринництво), в створюваних задля цього **агроєкосистемах**. **Агроєкосистема** — це сукупність біогенних та абіогенних компонентів на ділянці суходолу або акваторії, яка знаходиться в сільськогосподарському використанні. Поняття про агроєкосистему є результатом застосування концепції екосистем до сільськогосподарських земель. Головною ланкою агроєкосистем є зелені рослини, які забезпечують первинне отримання органічних речовин та надають агроєкосистемам властивостей автотрофності. Роль гетеротрофної ланки виконують сільськогосподарські тварини.

**Територіально** агроєкосистеми в тій чи іншій мірі звичайно бувають зближеними, формуючи агроландшафт. Загальну сукупність агроєкосистем планети називають **агросферою**. Її складовими частинами є ділянки території або акваторії, що пристосовані для отримання рослинницької продукції (поля, сади, городи, пасовища, сіножаття), утримання та розведення худоби (ферми, тваринницькі комплекси).

Агроєкосистемами в світі зайняті великі площі. Рілля, плантації, сади та засіяні луки займають 19 млн кв км, пасовища та природні луки — 26,6 млн кв км. У цілому сучасна агросфера охоплює більше 10% поверхні суходолу, що зайнята ріллею, та ще 20%, що зайняті сіножаттями та пасовищами. Для отримання їжі та кормів також частково використовуються лісові угруповання. *Все це разом складає 32% площі суходолу.*

Порівняння природних екосистем та агроєкосистем (**табл. 18**) показує, що хоча за багатьма параметрами вони відрізняються лише кількісно, в сукупності це веде до глибокої якісної своєрідності агроєкосистем. Визначають **статус агроєкосистем** не лише їхні внутрішні особливості, але й сільськогосподарські ресурси (кількість вкладеної праці, матеріалів, енергії), тип використання продуктів агроєкосистем (відбір тільки зерна або вивезення з поля соломи) та характер зв'язку з суміжними агроєкосистемами (транспортування гною з одної агроєкосистеми в іншу).

Таблиця 18. Порівняльна характеристика природних екосистем та агроєкосистем.

Властивості	Природні екосистеми	Агроєкосистеми
Біологічне різноманіття	Високе	Низьке
Замкненість кругообігу речовин	Висока	Низька
Вилучення органічної речовини з екосистеми	Майже відсутнє	Відбувається постійно
Необхідність надходження речовин в екосистему ззовні	Відсутня	Висока
Трофічні ланцюги	Довгі	Короткі
Ерозія	Слабка	Сильна
Вимивання речовин з екосистеми	Слабке	Слабке
Необхідність в антропогенній енергії	Відсутня	Висока
Стійкість	Висока	Низька

II.1

Агроєкосистеми порівняно з природними екосистемами відрізняються значним спрощенням будови та функціонування. Автотрофним блоком в них служить практично один вид (монокультура), трофічні ланцюги вкорочені, трофічна мережа рудиментарна. Тварини в агроєкосистемах є перетворювачами первинної продукції. Займаючи разом з люди-

ною одне й те ж місце в трофічному ланцюгу, вони тим самим немовби конкурують з нею за рослинну їжу. Перетворення рослинної їжі в тваринницьку продукцію — молоко та м'ясо удорожчує харчові продукти. Але з погляду дієтетики воно в тій чи іншій мірі неминуче, оскільки велика кількість видів тваринної їжі легше перетравлюється і багата на ряд потрібних для людського організму речовин, зокрема на білки та незамінні амінокислоти. Хоча орієнтація на переважне харчування м'ясо-молочними продуктами, що характерне ряду країн світу, ще не має медичного обґрунтування.

Відповідно до законів загальної екології прості екосистеми нестабільні. Умовою стабільності є біологічне різноманіття, та воно відсутнє в агроєкосистемах. Тому стабільність, що так необхідна для господарської стійкості агроєкосистем, досягається іншим шляхом — вкладенням додаткової антропогенної енергії. І чим простіша агроєкосистема, тим більше вона вимагає такої енергії у вигляді ручної або механізованої праці, внесення добрив, пестицидів і т.п.

Для стійкого існування агроєкосистем необхідне їхнє постійне поповнення такими видами матеріальних ресурсів, що споживаються рослинами та тваринами в процесі функціонування. Цей процес веде до докорінної зміни потоку енергії та кругообігів речовин в агроєкосистемах.

У споживачької точки зору для агроєкосистем дуже важлива екологічна чистота середовища рослин та тварин. Її забруднення знижує врожаї, продуктивність худоби та якість продукції. Наприклад, за даними Н.П. Грицан (1992), в Дніпропетровській області забруднення атмосфери фтором знижувало врожаї пшениці на 39 — 60%, а ячменю — на 23 — 60%.

Агроєкосистеми створюються людиною, до самостійного виникнення та існування вони не здатні. Тому агроєкосистеми поєднують в собі екологічні та соціальні компоненти. Переплетення екологічних та соціальних феноменів в агроєкосистемах було помічене ще в ХІХ столітті та описане в класичному дарвінівському прикладі, що вказував на зв'язок воєн з врожайністю конюшини. Війни приводять до появи удовиць — удовиці розводять кішок, які вилловлюють мишей, ті розорюють гнізда джмелів — збільшується кількість джмелів, які запилюють конюшину — її врожаї стають вищими.

У цілому для агроєкосистем характерні такі особливості:

- 1. Постійне та значне вилучення з агроєкосистем органічної речовини.**
- 2. Велика залежність існування агроєкосистем від діяльності людини, що їх підтримує.**
- 3. Переважання в агроєкосистемах рослин та тварин, які є продуктом селекційної діяльності, а не природного добору.**
- 4. Низьке видове різноманіття автотрофного та гетеротрофного блоків.**
- 5. Розімкненість біогеохімічних циклів.**

### 1.3. Ресурси в агроєкосистемах

У будь-якому виді господарського використання вихідними виступають **ресурси**. **Природними ресурсами** називають об'єкти та явища, що прямо чи опосередковано використовуються для створення матеріальних благ суспільства та підтримки умов існування людства. Існують різноманітні підходи до класифікації ресурсів. Їх зокрема підрозділяють на такі ресурси:

а) **вичерпні** (наприклад нафта, кам'яне вугілля) та **невичерпні** (наприклад сонячна енергія/радіація, енергія припливів та відпливів);

б) **відновлювані** (наприклад біомаса рослин та тварин) та невідновлювані (наприклад мінеральні підземні корисні копалини);

в) **замінювані** (наприклад, кам'яне вугілля може бути замінене в багатьох випадках нафтою або газом) та незамінювані (такі, як вода, кисень, вуглекислий газ).

**Особливим видом ресурсу** в сільському господарстві виступає **територія**, на якій можна формувати агроєкосистеми. За даними **С.Лазаруса** (1990), для різних видів сільськогосподарського користування придатні 15 млрд. га суходолу або 11% від загальної кількості. Десять тисяч років тому на Землі було 4,5 млрд. га потенційно орних земель. Це найважливіше ресурсне джерело має тенденцію скорочуватися, головним чином, через втрати родючості ґрунту та ерозію. Територія, що придатна для розміщення агроєкосистем, втрачається також в ході урбанізації, спорудження транспортних мереж, відводиться під відвали гірських порід, ложа водосховищ та звалища. За роки існування цивілізації втрачено 2 млрд. га, тобто 44 від кількості тих, що могли бути використані. За розрахунками **Г.Вольмейера** (1992), до кінця XXI століття людство втратить ще 18% ріллі через ерозію та засолення. Одне тільки вторинне засолення орних земель вивело з ладу 2,75 млн. га родючих земель, які могли б прогодувати 9 млн. людей. У наш час резервної землі для ріллі в світі залишилося 1 млрд. га і майже вся вона в тропіках.

Земельний фонд України складає 60,4 млн. га. Розораність території дорівнює 56%, що вище від такої у США. В Європі за цим показником Україну перевершує Великобританія, де в сільськогосподарському використанні знаходиться 85% території. З урахуванням інших видів використання в сільському господарстві України активно використовуються 70% території (**табл. 19**). На одного мешканця України припадає 0,81 га сільськогосподарських угідь. Якщо зважити на те, що в 1960 році на кожного жителя України припадало 1,01 га, то це означає, що в останні 30 років промислово-індустріального розвитку та забруднення ґрунту радіонуклідами після Чорнобильської аварії привели до зниження частки ріллі, що припадає на одну людину, на 20%.

**Таблиця 19. Розподіл земельного фонду України за видами використання.**

Характер використання землі	Частка в %% від загального земельного фонду
Рілля	55,6
Лісовкрита площа	15,4
Пасовища	8,5
Водойми	4,1
Сіножаття	3,8
Населені пункти	3,3
Багаторічні насадження	1,7
Шляхи	1,7
Деревно-чагарникові насадження	1,5
Болота	1,5
Інші землі	2,9

Нарівні з територією головним ресурсом сільського господарства виступає також **ґрунт**. Тільки наявність родючого ґрунту дозволяє використовувати територію для створення на ній агроєкосистем. Найбільшою родючістю характеризуються степові та лучні чорноземи. Це одне з головних багатств України. Чорноземні та лугово-чорноземні ґрунти займають 42% її території, що складає 67% усіх чорноземів світу. Родючість ґрунтів України одна з найвищих у світі.



Екологічна ущербність прийнятої у світі стратегії сільськогосподарського виробництва полягає в тому, що в агроєкосистемах йде деградація ґрунтів: ерозія, втрата гумусу та вимивання поживних речовин з кінцевою втратою родючості. В Україні водної ерозії зазнають легкі піщані ґрунти Полісся та степової зони. Вітровою ерозією охоплено до 19 млн. га ріллі. У 1969 році пилова буря знищила близько 1 млн. га посіву озимини (М.Т. Масюк, 1989). У результаті водної ерозії збільшується мережа ярів. І.П. Ковальчук та ін. (1990) при обстеженні басейну р. Дністер встановили, що щільність ярів тут доходить до 2,59 м/кв. км території та швидкість росту до 0,1 — 2,6 м/рік на вершину яру. Це явище частіше спостерігається в Кіровоградській, Херсонській та Дніпропетровській областях.

Родючість орних земель у багатьох випадках визначається вмістом в них гумусу. 100 років тому вміст гумусу в ґрунтах України становив 4,2%, та в наш час він складає тільки 3,2%. Таким чином, кожний рік втрачалось 24,0 млн. тонн гумусу.

(Важливим видом ресурсу в агроєкосистемах є вода. Агроєкосистеми забезпечуються водою завдяки атмосферним опадам, запасам ґрунтових вод, прісних континентальних водойм та водотоків, вода яких може використовуватися для зрошення. У районах з посушливим кліматом для забезпечення потреб рослин у воді здавна створюється зрошувальні системи. У деяких країнах зрошується більше половини всієї орної землі (табл. 20). Водозабезпеченість атмосферними опадами в Україні задовільна, а в північних районах ще краща. Україна має великі ріки та водосховища. В Україні 1057 водосховищ та 27 тисяч ставків. Найбільші водосховища: Кременчуцьке, Каховське, Київське, Канівське, Дніпродзержинське.

Таблиця 20. Площа зрошуваних земель у різних країнах світу за станом на 1985 рік.

Країна	Площа зрошуваних земель у млн. га	Питома вага зрошуваних земель в %%
Японія	3,2	58
Китай	40,0	47
Індія	57,0	34
Болгарія	1,2	28
Румунія	2,3	22
США	25,0	18
Угорщина	0,5	9
Колишній СРСР	19,0	8

Використання ресурсів в сільському господарстві здійснюється відповідно до екологічних законів, згідно з якими отримання багатьох видів ресурсів (поживних речовин, води та ін.) йде шляхом вилучення з біогеохімічних циклів. Цей процес особливо масштабний щодо поживних речовин — азоту, фосфору, калію та ін.)

Наприкінці ХХ століття головним видом добрив стали синтетичні мінеральні речовини. Цей вид добрив буквально викликав революцію в землеробстві. Світове виробництво добрив безперервно зростає. У 1960 році їх вироблялося 30 млн. тонн, в 1970 — 71 млн. тонн, в 1983 — 124 млн. тонн, 1992 — 146 млн. тонн, а до 2000 року об'єми виробництва за прогнозами перевищать 300 млн. тонн (В.А. Ковда, 1975).

Україна нарощувала використання мінеральних добрив дуже інтенсивно. У період з 1960 до 1970 року на 1 га посіву їх припадало в середньому 46 кг, а в 1985 — 90 рр. — вже 146,8 кг. На душу населення вносилось 85 кг добрив на рік. (Повнота викорис-

тання корисних речовин з добрив невелика. Так, з нітратних та амонійних добрив засвоюється тільки 40% азоту, а з органічних — не більше 20%. До того ж погане зберігання, порушення норм та термінів внесення добрив приводять до їхнього вимивання за межі агроєкосистем із забрудненням водою нітратами та фосфором. /

#### 1.4. Сільськогосподарські рослини та тварини — продукт добору та генетичного конструювання

Важливою особливістю культурних рослин та домашніх тварин є їхня висока однорідність. При формуванні агроєкосистем з рослин одного сорту або тварин одного виду та однієї породи всі особини споживають один і той же вид ресурсів, однаково потребують основних умов життя і тому завжди змушені займати одну й ту ж екологічну нішу. Зусилля людини протягом багатьох тисячоліть ведення сільського господарства були спрямовані не на вдосконалення співіснування рослин та тварин різних видів, а на вибір найбільш продуктивних форм та їх розведення або вирощування в монокультурі.

Існувало, очевидно, два центри виведення культурних рослин: гірські райони, де створюються сприятливі для цього умови на родючих та добре зволжених ґрунтах схилів, та заплави великих рік, що насичувалися родючим мулом після кожної повені. У цих регіонах у період неолітичної революції склалися основні групи видів рослин, що вирощувалися, та тварин, яких розводили. У подальшому одомашнення та введення в культуру по суті припинилося. Почалася робота, що вимагала багатьох століть, якісної зміни культурних рослин та домашніх тварин, створення певних їхніх сортів та порід.

Створення нових сортів та порід проходило у два етапи. На першому, початок якого датується неолітичною революцією, здійснювався добір бажаних форм з природного різноманіття особин, у другому етапі, який розпочався в XX столітті, селекціонери перейшли до активного перетворення вихідних форм шляхом гібридизації, штучної поліплідії та реконструкції геному. Так, наприклад, були створені нові сорти пшениці, в геном яких вдалося вбудувати гени сої та гороху, що підвищило вміст високоцінних білків в зерні. Вигідною культурою для корму овець є люцерна, але її білок вміщує мало амінокислоти цистеїну, необхідного вівцям для синтезу білків шерсті. В Австралії успішно ввели в геном люцерни ген синтезу альбуміну і така люцерна повністю задовольняє вівчарів, бо дає якісні білки.

Результати діяльності селекціонерів вражають. Для всіх основних сільськогосподарських культур у наш час створені досить продуктивні сорти. Дикорослі предки основної продовольчої культури пшениці, не дають й одного центнера зерна з гектара, а її сучасні сорти за розрахунками відомих українських селекціонерів **В.М.Ремесла** та **А.В.Коломацького** (1980) мають можливу врожайність до 142 ц/га, а потенційну — у два рази більшу. Селекція створила групи так званих інтенсивних сортів. Це сорти більш врожайні, з цінним набором господарських ознак та високою чутливістю щодо високого агрофону.

Платою за підвищення продуктивності культурних сортів та порід стало зниження їх стійкості до хвороб, бур'янів та шкідників. Сучасні сорти культурних рослин та породи домашніх тварин в природному середовищі без підтримки людини існувати не можуть. Цей «захист» своїх годувальників обходиться людині все дорожче та дорожче, вимагаючи додаткових витрат матеріальних ресурсів та енергії.

Переробка рослинних кормів в тваринницьку продукцію, тобто його біоконверсія у різних тварин неоднакова. Найбільш вигідні щодо цього свині, які на створення одного кілограма продукції витрачають 8 кг рослинного білка. Велика рогата худоба екологічно «найдорожча». Тут для виробництва 1 кг продукції необхідно 20 кг рослинного білку. Дешевше свиней коштує тільки розведення птахів. Бройлерам достатньо 5 — 6 кг рос-

линного білку для виробництва 1 кг м'яса. У найбільш прогресивних системах вирощування бройлерних птахів 2 кг корму можуть перетворюватися в 1 кг живої маси.

Домашні тварини існують в штучному середовищі, яке імітує компоненти екосистем, що необхідні для їхнього життя, та створює сприятливий для них мікроклімат. Ферми, тваринницькі комплекси, птахофабрики та інші подібні об'єкти включають в себе будівлі, кормороздатчики, теплоізолюючі конструкції, водопровідну систему та інше, що задовольняє потреби тварин. Всі ці об'єкти являють собою складну систему з виробничих будівель, тварин та людини, яка веде догляд за тваринами та підтримує функціонування технічних засобів. Розведення тварин все більше пов'язане з тактикою концентрування поголів'я на фермах, комплексах і т.п. об'єктах.

Технічна імітація екологічного середовища, сприятливого для тварин, має свої негативні сторони. У тваринницьких приміщеннях все частіше стає шумно. Це викликає у тварин стресовий стан, а у птахів навіть особливе захворювання «шумова істерія». Тваринницькі комплекси насичені електромагнітними полями. Концентрація тварин та підвищена щільність їхнього утримання, що продиктоване необхідністю економії засобів для будівництва приміщень, веде до спалаху інфекційних захворювань. Територія в цьому випадку стає лімітуючим екологічним фактором. Тварини не мають вільного вибору їжі, як при пасовищному утриманні, раціон, що їм пропонується, не індивідуалізований та часто не відповідає потребам тварин. Це впливає не лише на кількість продукції, але й на її якість.

Для країн, що розвиваються, та країн СНД характерна низька продуктивність домашніх тварин. Це створює безліч несприятливих супутніх ефектів. Недостачу продукції доводиться перекидати збільшенням поголів'я тварин, а це, в свою чергу, вимагає більше кормів, більше території для утримання тварин, що призводить до забруднення природного середовища. Першочергова задача тут очевидна — це підняття реальної продуктивності тварин до їхньої потенційної породної можливості.

## 1.5. Енергетичний аналіз агроекосистем

Центральною енергетичною ланкою агроекосистем є зелені рослини, які трансформують сонячну енергію в зв'язану енергію органічних речовин. Ефективність цього процесу невисока. У помірних широтах, в яких знаходиться Україна, кількість сонячної енергії, що надходить до поверхні ґрунту за рік, дорівнює приблизно 14109 ккал. З урахуванням розмірів отриманого врожаю, за розрахунками *Д. Піментела* (1987), ефективність зв'язування сонячної радіації у найбільш врожайної культури кукурудзи на зерно складає 0,5%, у картоплі — 0,4%, а у пшениці всього 0,2%.

Теоретично рослинництво повинно бути енергетично прибутковим, оскільки воно базується на зв'язуванні сонячної енергії. Але це справедливо лише для примітивних землеробних систем, в яких застосовувалася тільки м'язова праця. У сучасних агроекосистемах додаткові витрати енергії при виробництві сільськогосподарської продукції перевищують за розмірами ту енергію, яка акумульована в ній. Таким чином, сучасні агроекосистеми збиткові, а сільське господарство є найбільшим енергоспоживачем. У США воно забирає 17% енергії, що виробляється в країні, в Індії — 29%. Енергетично найдешевше зерно виробляється в Англії.

Все сучасне сільськогосподарське виробництво таке, що в агроекосистемі вкладається додаткова антропогенна енергія. Так називають всю енергію, що вноситься в агроекосистемі при виробництві продуктів рослинництва та тваринництва у вигляді м'язевої енергії та енергії трудових затрат, необхідних при виробництві, транспортуванні та використанні добрив, пестицидів та інших речовин, а також при зрошуванні.

Витрати антропогенної енергії підрозділяються на три основні види:

а) витрати на підтримку високої життєздатності та продуктивності рослин та тварин в агроєкосистемах в період їхнього вирощування;

б) витрати на підтримку агроєкосистеми в стані, придатному для використання;

в) витрати на відшкодування речовин, що вилучаються з агроєкосистем з врожаєм та продукцією.

Енергетичні еквіваленти виробничих та трудових витрат на основні матеріали та процеси сільського господарства вже знайдені. Наприклад, вважають, що 1 кг азотних добрив еквівалентний 19100 ккал, 1 кг гербіциду — 63000 ккал, 1 л дизельного пального — 11400 ккал, зрошення 1 га посіву — 10582000 ккал, утримання однієї молочної корови в рік — 4475900 ккал і т.д.

Світовий досвід сільського господарства показує, що ефективність агроєкосистем залежить від розмірів конкретного господарства (ферми, сільського двору і т.п.). Виявляється, що найбільш ефективне виробництво саме в великих господарствах. Не випадково, що в США хоч великих ферм всього 15% від загальної їх кількості, але вони володіють 71,3% орної землі та виробляють більше 90% продукції (Кокс, 1987).

Аналізуючи тенденції змін розміру антропогенної енергії, що вноситься в агроєкосистеми протягом ХХ століття, **М.Ф.Реймерс** (1990) сформулював закон зниження енергетичної ефективності сільськогосподарського природокористування. Згідно з цим законом підвищення врожайності рослин та товарного тваринництва вимагає на кожну одиницю продукції все більшої і більшої кількості затрат антропогенної енергії.

Для того, щоб підвищити енергетичну ефективність сучасних агроєкосистем, існує чимало можливостей — зниження витрат палива за рахунок більш економічного режиму роботи двигунів, заміна мінеральних добрив гноєм, перенесення центру ваги в боротьбі з бур'янами та шкідниками з пестицидів на біологічні та агротехнічні методи, використання комбінованих агрегатів, які за один прохід виконують декілька операцій та ін. Але радикальне підвищення енергетичної ефективності сучасних агроєкосистем можливе лише на базі докорінної зміни стратегії сільськогосподарського виробництва.

## 1.6. Співжиття в агроєкосистемах. Бур'яни, хвороби та шкідники

II.1

Однією з важливих характеристик агроєкосистем є співвідношення в них посіву, пасовищ та поголів'я домашніх тварин. Звичайно у виробництві це співвідношення оцінюється за кількістю поголів'я худоби на гектар ріллі. Нормативи утримання тварин залежать від родючості ґрунту та типів його господарського використання. Згідно з балансовими розрахунками для Східної Європи з урахуванням кругообігу речовин в системі «ферма — гній — посів — навколишнє середовище» на 1 га ріллі доцільно мати від 0,8-1,1 до 2,2-3,0 умовних голів великої рогатої худоби. Відхилення від цих параметрів має завжди однакові наслідки: або дефіцит гною та деградація ґрунту через заміщення органічних добрив мінеральними, або деградація агроєкосистеми в силу необхідності інтенсифікації процесу кормовиробництва.

Має значення синхронізація життєдіяльності вищих рослин та мікроорганізмів в ґрунті. Вона визначає родючість ґрунту, стабілізує запаси поживних речовин та замикає кругообіг речовин. Співжиття в ґрунті зовні мало помітне, але дуже важливе. Відомо, що в середньому в товщі орної землі на 1 га живе 500 кг дощових черв'яків, 50 кг нематод, 40 кг ґрунтових ракоподібних та 20 кг змій та гризунів. На кожний квадратний метр ріллі припадає 2-3 кг внутрішньоґрунтової живої речовини, з якої 1,5 кг складають корені рослин.

У межах окремого посіву або стада стійкість видів забезпечується їхнім генетичним різноманіттям та проживанням в стабільному екологічному середовищі. Якщо практика

сільського господарства враховує другу половину цього принципу та намагається вирівняти та оптимізувати умови існування в агроєкосистемах, то перша частина порушується. Рослинництво та тваринництво спирається на посіви та стада, що сформовані з генетично однорідних груп рослин або тварин. Цим в значній мірі визначається уразливість агроєкосистем шкідниками, бур'янами та хворобами. Вони знаходять тут для себе сприятливе середовище у вигляді сконцентрованих кормів та ресурсів.

Зовні найбільш очевидними співмешканцями культурних рослин та домашніх тварин в агроєкосистемах є бур'яни та комахи-шкідники. За походженням бур'яни підрозділяються на дві основні групи:

а) **агрофіти** — справжні бур'яни, що пов'язані з культурними рослинами протягом багатьох тисячоліть;

б) **апофіти** — вихідці з місцевої флори.

Загальна кількість видів бур'янів, шкідників, патогенних мікроорганізмів обчислюється десятками тисяч. Бур'яни знижують потенційний врожай сільськогосподарських рослин на 10 — 12%, шкідники та хвороби забирають до 25% агропродукції.

Боротьба з бур'янами та шкідниками здійснюється в сучасному сільському господарстві, головним чином, завдяки хімічним препаратам, що отримали загальну назву пестицидів. Залежно від характеру дії пестицидів їх підрозділяють на гербициди — засоби знищення бур'янів, інсектоциди — препарати для боротьби з комахами, фунгіциди — речовини, що пригнічують патогенні гриби і т.п. Світовий асортимент пестицидів нараховує близько 900 основних типів. В Україні застосовується більше 170 видів.

Використання хімічних речовин для боротьби з шкідниками, хворобами та бур'янами має довгу історію. Ще Гомер писав про очисну дію препаратів сірки. Але «переможний» хід пестицидів почався з 40 — 50-х років нашого століття. Відкрив його сумно звісний ДДТ. **Пестициди** підрозділяються на два покоління. Пестициди першого покоління — це неорганічні речовини з вираженою токсичною дією. Пестициди другого покоління — синтетичні органічні сполуки. Вважається, що пестициди першого покоління мали широкий спектр дії, знищуючи чи пригнічуючи всі організми та були стійкими, довго зберігалися в природному середовищі, а пестициди другого покоління менш стійкі та мають велику вибірковість дії. Але ця вибірковість не така велика, як хотілося б. Такі препарати справді швидко розкладаються в ґрунті, але однак продукти їхнього розпаду інколи виявляються більш токсичними, більш стійкими, ніж вихідний пестицид. Тому антиєкологічність їхніх властивостей збереглася в повному об'ємі. Пестицидам властиві особливості, які роблять їхнє масове застосування неможливим. Перша полягає в тому, що пестицидів, що діють лише на один вид живого організму, немає і, скоріш за все, ніколи не буде. Вони в тій чи іншій мірі впливають не тільки на той вид, з яким ведеться боротьба, але й на його паразитів та конкурентів. Більшість з них в тій чи іншій мірі токсичні для людини. Друга особливість полягає в тому, що за рахунок генетичного різноманіття в межах виду завжди знаходяться форми, що несприйнятливі до даного пестициду. На загальному тлі пестицидних обробок такі форми швидко розмножуються і сумарна чисельність шкідників майже не знижується. Можливо, що йде мікроеволюційний процес, що призводить до виникнення мутацій, які не чутливі до даного пестициду.

Інформації щодо нешкідливості пестицидів для людини та корисних тварин поки що дуже мало. У США із загальної кількості пестицидів, що використовуються, тільки 10% перевірені на мутагенну активність, 30% — на канцерогенну та 40% — на тератогенну. Решта пестицидів надходять у виробництво без усякої перевірки.

Пестициди відрізняються стійкістю. Обстеження, виконане в 1990 році в Україні, показало, що в ряді регіонів пестициди проникли до ґрунтових вод на глибину до 220 м. А всього у підземних водах виявлено 40 видів залишкових кількостей пестицидів та їхніх метаболітів. До цього часу у ґрунтах та воді реєструється ДДТ, використання якого в Україні давно заборонено. Особливо схильні накопичувати залишкову кількість пестицидів

агроекосистеми лісостепової зони. Обстеження продукції рослинництва в Україні показало, що в 25% її є залишкова кількість пестицидів, в тому числі в 5,1% в кількостях, які перевищують максимально допустимий рівень. Не випадково, що в світі щорічно реєструється до 3 млн. отруень та 20 тисяч смертельних випадків від пестицидів.

Ще в 30-х роках відомий вчений **О.О.Любицев** показав, що оцінки шкідників в сільському господарстві як абсолютно небажаних і тих, що завдають тільки шкоди, не вірні. Саморегуляція агросистем досить висока, якщо не пригнічувати її непомірно великими дозами пестицидів. Правильна агротехніка із збереженням популяцій корисної фауни в посівах значно ефективніше, ніж застосування пестицидів. **І.Павлов** (1991) писав: «На мою думку, здійснення мрій деяких селекціонерів створення сорту, непридатного в їжу комахам, вбудувати в тканини рослин спеціальні відлякуючі речовини, привело б до катастрофи. Це блокада природних трофічних ланцюгів: немає комах — гине велика кількість інших тварин та рослин».

Шкідливість та корисність бур'янів, як і шкода від комах-шкідників, визначається їхньою кількістю. Більш правильно говорити про контроль бур'янів та шкідників, а не про боротьбу з ними з метою повного їх знищення. Масове розмноження окремих видів в посівах зумовлене відсутністю ворогів та надлишком трофічних ресурсів. У напрямку контролю та регулювання чисельності бур'янів та шкідників лежить стратегічний успіх конструювання високопродуктивних агросистем.

## 1.7. Фактори стабілізації агросистем. Сівозміни. Меліорація

Із нестійкістю агроекосистем сільське господарство зіткнулося ще в давнину. Тоді ж був розпочатий пошук таких систем землеробства, форм та методів, які б забезпечували стабільне отримання сільськогосподарської продукції та тривале збереження родючості ґрунтів.

Великий фахівець із землеробства **В.П.Нарцисов** (1982) стверджував, що **серцевиною** будь-якої системи землеробства є **сівозміна**. Давнє землеробство сівозміни не знало, якщо не рахувати, що чергування за схемою рілля-переліг, рілля-заваль є свого роду «сівозміною».

Для забезпечення тривалого **збереження родючості ґрунтів** в агросистемах можна використовувати тільки п'ять способів:

- а) чергування сільськогосподарських культур на полі — сівозміна;**
- б) відведення ріллі під заваль;**
- в) введення чистих парів;**
- г) травосіяння;**
- д) органічні та мінеральні добрива.**

Сівозміна повинна займати в цьому ряді одне з перших місць. Сівозміна — це не плід творчості вчених, а результат багатовікових пошуків землеробів. Перші узагальнення досвіду їхнього використання та поради хліборобам-початківцям беруть початок за часів Давньої Греції та Давнього Риму. Рекомендації щодо чергування посівів пшениці, бобів, люпину та віки, тобто з організації примітивної сівозміни, є в працях **Гая Секунда Плінія Старшого** (23 — 79 рр. н.е.).

Вдосконалення сівозміни йшло спочатку, головним чином, в напрямку пошуку таких послідовностей зміни культур, таких попередників, які б дозволяли при постійному використанні ріллі отримувати досить високі врожаї основних сільськогосподарських культур.

**Ротація в сівозмінах XIX століття** була порівняно швидкою, одна й та ж культура поверталася на поле вже через 2 — 3 роки. Виснаження орних земель не компенсувалося включеними в сівозміну культурами. Тому вдосконалення сівозміни йшло шляхом їхнього подовження. Розроблялися та впроваджувалися 9- та 12-пільні сівозміни, в яких культура поверталася на поле тільки відповідно через 9 і 12 років. У такі сівозміни обов'язково включали сидеральні культури, багаторічні злаково-бобові травосуміші та пари.

Конструювання сівозмін не уникло споживацького підходу. Під впливом інтенсифікації сільського господарства сучасні сівозміни роблять із вкороченими ротаціями та спеціалізують, насичуючи однорідними культурами, що відрізняються високою товарністю та прибутковістю. У спеціальних зернових сівозмінах насиченість зерновими та зернобобовими культурами досягає 60 — 85%. При орієнтації господарств на просапні культури насичення ними складає щодо картоплі 50%, цукрового буряка 30%. Всі ці заходи спрямовані на отримання додаткової продукції. Для забезпечення отримання високих врожаїв наголос робиться не на сівозміни, а на високі дози мінеральних добрив. Це легше робити і воно дає більш швидку віддачу, хоча багатьом вже стало зрозумілим, що ця віддача досягається дуже дорогою ціною — ціною прогресуючого погіршення якості ґрунту в агросистемах.

В умовах надлишкового чи недостатнього водозабезпечення для стабілізації агросистем вдаються до різноманітних **меліоративних заходів**. Зрошення земель в умовах недостатнього водозабезпечення дозволяє в декілька разів збільшувати врожайність сільськогосподарських культур. Правильно сконструйовані зрошувальні системи забезпечують тривалу стабілізацію водного режиму. Промивання засолених земель прісною водою відроджує їхню родючість. Розроблена технологія звільнення ґрунтів від токсичних важких металів кобальту, никелю, міді, марганцю, миш'яку, цинку, які переходять в нерозчинні та недоступні для рослин форми при вапнуванні. Штучне дощування добре змиває шкідливі речовини з листків.

Однак реальна практика зрошувальних та осушувальних меліорацій в багатьох випадках мала несприятливі екологічні наслідки, що проявились в усій повноті, наприклад, в Приараллі. Сучасне великомасштабне осушення, як показав досвід Польщі та Біларусі, дає звичайно лише тимчасове підвищення врожаю, але потім на осушених землях вони стійко падають. У сучасних умовах України та багатьох інших країн основний напрямок меліоративних заходів починає зміщуватися від гігантських проектів осушення та обводнення до більш скромної, але корисної роботи: ползахисному розведенню, внутрішньогосподарському зрошенню окремих ланів, що відведені під овочеві культури, охороні земель від ерозії і т.п.

## 1.8. Іntenсифікація сільського господарства

Іntenсифікація сільськогосподарського виробництва почалася трохи більше ніж століття тому, коли в сільському господарстві замість вирубно-вогневої та завально-перелогової систем з їхнім самовідновленням родючості ґрунту був зроблений перехід до сівозмін, мінеральних добрив та нових сортів та порід.

Головними компонентами **інтенсифікації** є:

- а) використання добрив;**
- б) широке застосування пестицидів;**
- в) зрошення;**
- г) перехід на інтенсивні сорти та породи, чутливі на поліпшення умов вирощування чи утримання;**
- д) індустриальні технології в рослинництві та тваринництві.**

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва нерозривно пов'язана з підвищенням рівня його спеціалізації. Відбувається концентрування виробництва тієї чи іншої продукції в окремих господарствах або районах. Це максимізує виробничо-економічні показники та й призводить до виникнення нових проблем — швидкому виснаженню природних ресурсів і до необхідності вносити в такі агросистеми великої кількості антропогенної енергії.

В інтенсивному сільському господарстві було **два піки: зелена революція та індустріалізація**. Зелена революція — це впровадження інтенсивних високопродуктивних сортів, що вимагають високого агрофону, тобто великих кількостей добрив та пестицидів. За створення нових сортів інтенсивного типу мексиканський селекціонер **Н. Берлоуг** в 1970 році був удостоєний Нобелівської премії. Його сорти при вирощуванні на високому агрофоні відрізнялися продуктивністю в 2-3 рази вище, ніж попередні. Індустріалізація полягала в широкій заміні ручної праці машинною при орієнтації на добрива та пестициди як засіб регулювання врожаїв.

Вершиною інтенсифікації можна вважати так звану **просапну, або промислово-заводську систему** землеробства, в якій під інтенсивні культури відводиться більш ніж 50% площі сівозміни. Обробіток культур йде за фоном високих доз добрив, переважна більшість операцій по догляду за посівом механізована, а боротьба з бур'янами, шкідниками та хворобами ведеться за допомогою пестицидів. Вирощування культур в сівозміні просапної системи ущільнено за рахунок введення парозаймаючих та проміжних культур. Цю систему характеризує в цілому високий коефіцієнт використання родючості ґрунту, великі механічні навантаження на ґрунт, що сприяє його ущільненню та розпиленню, внесення в агросистеми великої кількості ксенобіотиків та антропогенної енергії. Проте інтенсивні системи землеробства справилися із задачею забезпечення продуктами харчування зростаюче населення. За останні 30 років вдалося подвоїти валові збори зерна та зернобобових, цукрового буряку та інших важливих культур.

Характерною рисою інтенсивного промислового тваринництва є повний розрив прямого екологічного зв'язку між тваринами — споживачами рослинної біомаси та ланами, на яких ця біомаса виробляється. У розвинутих країнах світу молочне виробництво, свинарство, виробництво яєць та м'яса птахів та частково яловичини базується на безвигульній технології з концентрованим утриманням тварин в особливих комплексах, куди всі корми доставляються вже готовими. Гній на таких підприємствах вважається за непотрібні відходи.

**У неінтенсивних системах** виробництва при вільному випасанні тварин ферми, лани та луки органічно пов'язані між собою. Тому принципи виробництва продукції та екологічні проблеми неінтенсивного та інтенсивного тваринництва якісно відмінні. При утриманні тварин на вільному випасі велику роль відіграє характер взаємозв'язку тварин із типом травостою пасовищ. Пасовища можуть використовуватися в двох напрямках:

- а) односторонньому;**
- б) багатосторонньому.**

У першому випадку на пасовищі випасають тварин тільки одного виду та однієї породи, а в другому — ресурсна база пасовища використовується тваринами різних видів, наприклад, коровами, кіньми та козами. Другий напрямок забезпечує більш повне використання фітомаси.

У цілому, інтенсивне сільське господарство — це складний соціально-технологічний феномен. Інтенсифікація виконала замовлення суспільства на продукти харчування та спромоглася підтягнути їхнє виробництво до високих темпів росту чисельності населення планети. Але в той же час, технічні рішення, що лягли в основу інтенсифікації, виявилися антиекологічними та посилили прояв екологічної кризи в агросфері.



## 1.9. Відходи сільськогосподарського виробництва. Забруднення природного середовища

Будь-які форми ведення сільського господарства вносили та вносять небажані зміни в природне середовище. Але в період інтенсифікації відходність сільського господарства та його виснажуюча дія на природне середовище багаторазово зростала. Інтенсифікація сільського господарства викликала цілу низку небажаних наслідків. Головні з них такі:

- деградація ґрунтів;
- забруднення природного середовища залишковою кількістю мінеральних добрив та пестицидів;
- несприятливі зміни гідрологічного режиму та пов'язані з ними процеси запустелювання та заболочення.

Супроводжує деградаційну дію інтенсивного сільського господарства погіршення якості сільськогосподарської продукції, що викликає велике занепокоєння широких мас населення більше, ніж погіршення середовища життя. Це низька культура землеробства, застосування неефективних технологій, незахищеність ґрунтів від промислових забруднень. Є і соціальна причина — споживацьке відношення до ґрунту. Деградація ґрунту проявляється в:

- а) **«виорюванні» на ріллі**, де спеціалізовані сівозміни різко посилюють ерозійні процеси та знизили родючість ґрунту, постійно збільшуючи його потреби в добривах;
- б) **перевипасі на пасовищах**, наслідком чого стала їхня сильна деградація;
- в) **ущільненні ґрунту під дією важких сільськогосподарських машин**.

Ці процеси охопили всю агросферу планети. За оцінками FAO ООН, до 1991 року деградаційними процесами було охоплено 500 млн. га тобто 1/5 всієї ріллі світу, а 4,5 млн. га практично виведені з використання.

Інтенсифікація різко посилює відходність сільського господарства. Природне середовище забруднюють три основні види відходів:

- а) залишкова кількість добрив;**
- б) залишкова кількість пестицидів;**
- в) гній та рідкі стоки тваринництва.**

Із врожаєм з ланів щорічно виносяться біогенні елементи. Загальне їхнє винесення з агроєкосистем приблизно становить 108 тонн мінеральних речовин або 400-600 кг/га зольних речовин та азоту (Ковда, 1965). У сучасному землеробстві цей дефіцит покривають головним чином за рахунок синтетичних мінеральних добрив. Але мінеральні добрива не можуть повністю засвоюватися рослинами. Частина їх залишається в ґрунті та проникає до ґрунтових вод, чи зі стоками надходить до водойм, або при вітровій ерозії розноситься на великих територіях. Перш за все, великі дози добрив приводять до забруднення питної води. Особливо гостро стоїть проблема залишкової кількості азотних добрив, які забруднюють воду нітратами. Річ у тім, що орна земля набагато гірше утримує іони, ніж натуральна. Тому винесення нітратів, за оцінками **М.Нейлла** (1989), з неораних земель складає 2 кг/га у рік, а з ріллі — 76 кг/га у рік. За даними **Н.І.Опополь** (1991), населення отримує на добу нітратів в Україні 167 мг, тоді як добова норма не повинна перевищувати 50 мг.

Шкода від нітратів, що викликають захворювання людей та тварин, була з'ясована ще в 1945 році. До них чутливий організм як дорослих, так і, особливо, дітей. У дітей у віці до 3 місяців при попаданні до організму нітратів разом з їжею та водою розвивається особливе захворювання — метгемоглобінемія. Суть її полягає в тому, що під дією нітратів гемоглобін перетворюється у метгемоглобін, який не спроможний переносити кисень.

Але, мабуть, найбільшу екологічну небезпеку складає забруднення природного середовища залишковою кількістю різних видів пестицидів. Пестициди небезпечні не тільки

самі по собі, в ґрунті вони підлягають розкладанню та трансформації, і продукти таких перетворень виявляються ще більш небезпечними, аніж вихідний пестицид.

Масштаби застосування пестицидів величезні. Їхнє виробництво у світі зростає і вже перевищує 2 млн. тонн на рік, що складає 0,4 кг на одну людину. У США у 1982 році пестицидів застосовувалося стільки, що це складало 2,72 кг на кожну людину. В Україні в цілому пестицидів використовують в межах 4 кг/га, а в Криму — до 14 — 16 кг/га. За даними ВООЗ, в 1991 році лише в країнах, що розвиваються, на лани бавовни було внесено 300 тисяч тонн різноманітних пестицидів. Гербіциди явно «розпестили» агрономів. Замість точної дотримки сівозміни, раннього боронування та прополювання, ретельного приготування ґною до внесення на лани, вони стали вносити все більше й більше гербіцидів. Замість приваблення до агроєкосистем корисних тварин на підвищення імунітету та стійкості рослин, єдиною зброєю стало застосування інсектоцидів та фунгіцидів.

Залишкова кількість пестицидів в продуктах рослинництва та тваринництва почали наносити помітну шкоду здоров'ю людини. Використання пестицидів в рослинництві веде до того, що в світі щорічно реєструється від 400 тисяч до 2 млн. випадків отруєння ними (В. Ейхлер, 1986; Л. А. Юданова, 1989). У пестицидів виявлена канцерогенна та мутагенна дія. Наприклад, лише тепер з'ясувалось, що деціс, який широко застосовується у боротьбі з колорадським жуком, негативно впливає на здоров'я дітей (Довгуша, 1993).

Можливо, краще було б назвати пестициди «біоцидами» — речовинами, які знищують все живе, оскільки вибірковість дії навіть найдосконаліших препаратів така низька, що вони знищують не тільки шкідливі організми, а й корисні форми живих організмів, завдають шкоди здоров'ю людини.

Виробництво пестицидів досить прибуткове для цілої групи великих хімічних компаній та концернів і вони, природно, не зацікавлені в скороченні їхнього застосування. Захисники пестицидів стверджують, що сучасні види їх безпечні, оскільки вносяться на лани в невеликих кількостях. Ці розрахунки невірні, оскільки нові покоління пестицидів мають підвищену ефективність, завдяки їхній підвищеній токсичності. Потрібна нова система оцінки пестицидів — в одиницях біологічної дії.

Серйозним забруднювачем навколишнього природного середовища є сільськогосподарські тварини. При їхньому утриманні утворюється велика кількість відходів (табл. 21). Гній та сточні води забруднюють ґрунт та водойми, а аміак та сірководень надходять до атмосфери. Кожна тисяча голів худоби дає на рік до 60 м<sup>3</sup> екскрементів та рідких стоків. Об'єми рідких стоків залежить від способу змиву підлог тваринницьких приміщень. «Сімейна» ферма всього на 10 голів великої рогатої худоби дає на рік 20 тонн твердих та до 40 м<sup>3</sup> рідких стоків. Було підраховано, що у ФРН об'єми відходів тваринництва перевищують у 5 разів об'єми побутових відходів та у 6 разів об'єми промислових відходів. Окрім цього, тваринницькі комплекси призводять до забруднення атмосфери пилом, що утворюється, головним чином, при підготовці та транспортуванні кормів, аміаком, сірководнем та іншими газами. Це робить тваринництво одним із найбільш екологічно небезпечних виробництв.

II.1

Таблиця 21. Кількість відходів, що утворюються на тваринницьких комплексах (за Вашкулатом та ін., 1985).

Тип комплексу та кількість тварин у ньому	Вихід екскрементів в тис.м <sup>3</sup> /рік	Вихід рідкого ґною при самосплаві в тис. куб. м/рік
Виробництво свинини — на 54 тисячі голів	114	181
Виробництво яловичини — на 10 тисяч голів	94,8	113
Виробництво молока — на 1200 голів	24	26,5

Якісний склад тваринницьких відходів залежить від виду та віку тварин. Вони містять у собі воду, органічні та мінеральні речовини, бактерії, віруси та яйця гельмінтів. У гною нерідко розвивається патогенна мікрофлора: патогенна кишкова паличка, сальмонели. У цілому, в добових водах тваринницьких комплексів знаходиться до 100 видів збудників різноманітних інфекційних хвороб. Надходження до природного середовища неперероблених тваринницьких відходів не тільки забруднює ґрунт та водойми, але й створює небезпеку виникнення інфекційних хвороб та зараження гельмінтами тварин та людини. Безпідстилкова технологія, що є основою на великих тваринницьких комплексах, веде до отримання гною, який вміщує токсичні речовини. Окрім цього, такі стоки досить важко застосувати як добрива.

Потужним деградаційним фактором є викликане сільськогосподарською діяльністю обезліснення територій. Обезлісненість агроландшафтів є наслідком не тільки прямої вирубки лісу під орні землі. До знищення лісів ведуть ерозія, меліорація, хімізація, випас, забруднення та рекреація. Серйозність агроекологічних проблем посилюється ще тією обставиною, що вони загальні для усіх регіонів світу і для країн з різними соціальними системами. Перехід до власного володіння землею, фермерство та арендаторство в умовах, що склалися в країнах, які виникли після розпаду СРСР, посилює небезпеку навколишньому середовищу. Нові володарі землі на перших етапах намагаються збільшити прибутки та економлять засоби, в першу чергу, на природоохоронні заходи. Не дуже піклуються вони й про якість продукції. Тому цей соціальний сектор аграрної економіки вимагає державної підтримки й державного контролю. За підрахунками **Л.Р.Брауна** та **Д.Е.Янга** (1992), через деградацію природного середовища світове виробництво зерна буде зменшуватися на 1% кожний рік.

У цілому, сільське господарство як галузь, яка допускає, що щорічно до Світового океану стікає в результаті ерозійних процесів до 4 млрд тонн ґрунту — головного ресурсу виробництва — безумовно, повинно терміново передивитися та змінити самі принципи своїх технологій. Але поки ні спеціалісти сільського господарства, ні громадськість не усвідомили, що екологія — це частина процесу виробництва сільськогосподарської продукції. І тільки в 90-х роках нашого століття стала очевидною необхідність докорінної зміни використання сільськогосподарських процесів в інтересах суспільства.

### 1.10. Стратегія сільськогосподарського користування на межі XXI століття. Адаптивне рослинництво та альтернативне землеробство

Традиційне сільське господарство має прості пріоритети: максимальний врожай при найменших витратах праці та повному ігноруванні можливої деградації природного середовища. Припущена при цьому екологічна ущербність технологій призвела до необхідності розвитку альтернативного сільського господарства.

Альтернативні рослинництво та тваринництво керуються екологічним імперативом та містять два компоненти:

**а) найбільш доцільні способи використання ресурсів;**

**б) відтворення ресурсів та їх охорона від виснаження.**

Розробка конкретних технологій альтернативного землеробства йде вже близько 30 років. Залежно від конкретних рішень в альтернативному землеробстві склалося декілька основних напрямків.

**Біологічне землеробство.** Як самостійний напрямок біологічне землеробство було запропоноване **Лемер-Буше** в 1964 році. Воно передбачало відмову від застосування мінеральних добрив, пестицидів та інших хімічних препаратів. Родючість ґрунту підтри-

мується виключно за рахунок органічних добрив: гною, сидератів і т.п. Для прискорення мобілізації поживних речовин з гною він обов'язково компостується, проходячи при цьому аеробний розклад. Гній та сидерати для кращого контакту з повітрям закладаються в ґрунт лише поверхнево. Коло засобів боротьби з бур'янами та шкідниками обмежується нетоксичними або слаботоксичними речовинами. Наголос тут робиться на біопрепаратах: відвари пиретруму, тютюну, кропиви, полину, хвощів. Велике значення в біологічному землеробстві відводиться сівозмінам.

**Органічне землеробство.** Ця система являє собою американський варіант біологічного землеробства та принципово не відрізняється від нього. Тут також виключається застосування мінеральних добрив та пестицидів, але екологічні вимоги менш жорсткі. Заборона на використання мінеральних добрив обмежується тільки роком, який передує збору врожаю на даному полі.

**Орґано-біологічне землеробство** засноване на працях *Х.Руша* та *Х.Мюллера* і особливо популярне в країнах Західної Європи. З погляду агроєкології це найбільш продумана система, яка дозволяє контролювати природність кругообігів речовин в агроєко-системах кожного окремого господарства. Біологізація виробництва в цій системі досягається за рахунок максимальної стимуляції діяльності ґрунтової мікрофлори. Для цього сівозміни насичуються бобовими культурами та кормовими злаками. Гній та до-зволени для застосування несинтетичні добрива (томашлак, доломіт, вапняки) закладаються в ґрунт поверхнево. У деяких господарствах застосування синтетичних мінеральних добрив заборонено повністю і тоді навіть гній купується тільки на тих фермах, що працюють за системою альтернативного землеробства.

**Біодинамічне землеробство.** Основні ідеї цієї системи були закладені в публікації *Р.Штайнера* (1924), що включала багато оригінальних елементів. Біодинамічне землеробство зорієнтоване, перш за все, на використання біоритмів, властивих Землі та космічному простору. Ретельно враховуються і цикли Місяця. Ідея ця має сенс і вона перегукується з працями *О.Л.Чижевського* (1976). У наш час біодинамічне землеробство розвивається в країнах Західної Європи та іноді дає непогані результати. Так, була перевірена залежність врожаю кукурудзи від 18- та 6-річних циклів Місяця. Ця перевірка показала, що піки максимальних врожаїв дійсно повторюються кожні 18—19 років та охоплюють послідовно 5—8-річні цикли, що відповідає часу мінімальних місячних деклинацій. Цілком раціональна рекомендація біодинамічного землеробства щодо застосування для підживлення ґрунту борошна з водоростей в дозі до 600 кг/га, яке вміщує велику кількість мікроелементів. Разом з тим, система, що запропонована, включає використання особливих біодинамічних компостних препаратів із рослин (кропива, хвощ, пижма, валеріана), заготівлю та виготовлення яких проводять в чітко визначені терміни, що визначаються певним розташуванням небесних світил, що забезпечують «активізацію» цих компостів. Ця частина біодинамічного землеробства у прихильників традиційних технологій викликає великі сумніви.

**Екологічне землеробство.** Цей напрямок становить аморфну групу технологій та ідей, які передбачають ті чи інші засоби екологізації землеробства. До нього приєднується система ANOG — комітету з вирощування овочів та фруктів із природними якістьми. Звичайно, тут робиться великий наголос на дотримання сівозмін, які повинні забезпечувати збереження природної родючості ґрунту. У ряді випадків це майже єдиний елемент таких систем. Додатково в ряді інших випадків вдаються до насичення сівозміни бобовими культурами, при чому підбирають їх так, щоб вони мали кореневі системи різної глибини. Нерідко одне-два поля відводяться під сидерати, які переорюють не тільки восени, але й весною. Обробіток ґрунту в екологічному землеробстві мінімізований. Він полягає в спусуванні, в безвідвальній оранці, та дискуванні. Боротьба з бур'янами проводиться, головним чином, механічними та біологічними методами. Деякі збільшення засмічення посівів в екологічному землеробстві вважають навіть позитивним явищем, оскільки воно знижує ерозію ґрунту.

Реальні ферми, що працюють в межах альтернативного землеробства, не дотримуються так суворо однієї з цих систем, а використовують сполучення їхніх окремих елементів. Так, в Англії на початку 80-х років біоферми займали площу в 2400 га, дотримувались 4-лінійної сівозміни та використовували як добрива гній, солому, фосфорит, морські водорості та інші природні речовини. Об'єми продовольства, що вироблялося в усіх системах альтернативного землеробства, поки невеликі: в США — 2,4%, в країнах Західної Європи — 0,1-0,8%. Це, в основному, пояснюється низькою економічною рентабельністю таких господарств, хоча ціни на біологічно чисту продукцію в 1,5 — 2 рази вищі, ніж за звичайну.

Альтернативні системи землеробства піддаються критиці. **У.Бурт** та **Х.Бейтц** (1988) підкреслювали, що безпечність продукції, що отримується від альтернативного землеробства, лише уявна. Так, фітопатогенні гриби в ряді випадків продукують мікотоксини, які є сильнодіючими отрутами. Екскременти плодожерки яблукової вміщують канцерогенні речовини. Господарства, що працюють за системою альтернативного землеробства, страхуються від епіфітотій тільки тим, що розташовані в оточенні ферм, які використовують засоби хімічного захисту рослин.

Прихильники альтернативного землеробства розуміли й розуміють, що повернення до екстенсивних методів ведення сільського господарства немає і бути не може. Для цього немає ні природних, ні соціальних умов. Вимагається створення принципово нової технології, що задовольняє концепції отримання екологічно чистих продуктів в екологічно безвідходному виробництві.

У цьому напрямку представляють інтерес підходи так званого компромісного землеробства. Розробка компромісного землеробства йшла приблизно з кінця XVIII століття одночасно в країнах Західної Європи та Росії. Ідея компромісу полягала у включенні до способів, що використовувалися, впливу на поле та сільськогосподарські рослини таких засобів, які на доповнення до максимізації виходу продукції запобігали, чи хоча б сповільнювали темпи втрати ріллею головної споживчої якості — родючості ґрунту й не призводили б до деградації природного середовища в агросфері.

Одним із варіантів компромісного землеробства є система адаптивного рослинництва, що розробляється **О.О.Жученком** (1988 — 1990). Адаптивне рослинництво — це сукупність індустріальних сільськогосподарських систем з високою продуктивністю, що знаходиться відповідно до природних умов та не порушує екологічну рівновагу. У таких системах скорочене використання мінеральних добрив. У принципі адаптивне рослинництво повинно спиратися і на сорти нового типу. Замість інтенсивних сортів на поля повинні прийти сорти адаптивні. Адаптивний сорт, відповідно до уявлень **О.О.Жученка** та **Б.М.Міркіна**, повинен відрізнятися такими особливостями:

- 1) характеризуватися великою екологічною пластичністю і тому давати врожай при широкій амплітуді умов, що змінюються;
- 2) відрізнятися скоростиглістю;
- 3) мати високу конкурентну здатність щодо бур'янів та стійкість до шкідників та хвороб;
- 4) давати високий господарський врожай, тобто високу долю тих частин рослин, які використовуються людиною — насіння, бульби і т.п.;
- 5) реагувати на поліпшення умов проростання;
- 6) бути придатним для вирощування в суміші з іншими сортами або навіть з іншими культурами, тобто мати велику ценотичну сумісність.

Такими сортами сучасне рослинництво не володіє. У США виник напрямок «адекватних технологій» в сільському господарстві, одним із компонентів яких є базування на місцеві ресурси — сорти та породи. У наш час в США під керівництвом **Г.Набхана** розпочата програма «Пошук тубільного насіння», реалізація якої може допомогти повернути в

виробництво «сімейних», народних сортів, дещо менш продуктивних, проте за рахунок внутрішнього генетичного різноманіття, суттєво більш стійких до бур'янів, шкідників, хвороб та зміни режимів вирощування. А в цілому в сільському господарстві США прослідковується чіткий перехід до «аграрної економіки», під якою розуміють рослинництво та тваринництво, що засноване на природних системах. Аграрна економіка розвивається в протиставленні з індустріальним сільським господарством.

Колись **К.А.Тимірязєв** (1917 — 1920) писав: «Володіння землею не тільки право або привілей, а важкий обов'язок, що погрожує відповідальністю перед судом нащадків». Ці слова в період переходу до ринкової економіки мають особливу актуальність.

#### **Опрацювавши даний розділ, Ви повинні вміти:**

1. Перерахувати види ресурсів, які використовуються сучасним сільським господарством.
2. Дати визначення поняття «агроекосистема».
3. Назвати основні типи ерозії та дати оцінку шкідливості ерозійних процесів.
4. Перерахувати основні способи запобігання ерозій, які придатні для землеробства України.
5. Назвати небажані наслідки широкого застосування пестицидів у сільському господарстві.
6. Пояснити, чому застосування пестицидів не вирішило проблему захисту посівів від шкідників та бур'янів.
7. Дати характеристику основних напрямків альтернативного землеробства.
8. Назвати основні види екологічних збитків, що можуть заподіяти природному середовищу тваринницькі комплекси.
9. Перерахувати основні види антропогенної енергії, що вноситься до агроекосистем в ході отримання продукції рослинництва та тваринництва.

#### **Питання для самоперевірки та обговорення:**

1. У чому різниця між екстенсивним та інтенсивним способами збільшення розмірів сільськогосподарської продукції, що отримується?
2. Обговоріть шляхи вирішення продовольчої проблеми в Україні з урахуванням стану природного середовища.
3. Порівняйте з точки зору екології біологічні та хімічні засоби боротьби з бур'янами та шкідниками в сільському господарстві.
4. Оцініть переваги та недоліки органічних та мінеральних добрив з екологічного погляду.
5. Обговоріть економічні та соціальні фактори, що зумовлюють подальше широке виробництво та застосування пестицидів, незважаючи на очевидну екологічну шкоду від них.
6. Обговоріть екологічні та економічні перспективи різних форм альтернативного землеробства.
7. Що таке антропогенна енергія і в якій формі вона надходить до агроекосистем?

## Розділ 2

# ПРОМИСЛОВІ ЕКОСИСТЕМИ

### 2.1. Типи промислового виробництва

Промислове виробництво базується на переробці різноманітних видів природних ресурсів з отриманням або засобів виробництва, або корисних для людини продуктів. Звичайно промисловість підрозділяють на дві основні галузі — **видобувну** та **переробну**. Видобувна промисловість включає в себе видобування рудних та нерудних корисних копалин, лісову промисловість та деякі інші види. Переробна працює на сировині, що тримується від видобувної промисловості та сільського господарства. Вона підрозділяється на металургійну, машинобудівну, деревообробну, текстильну, електротехнічну та інші види промисловості.

Будь-яке промислове виробництво включає три етапи:

1. **Виявлення та освоєння** природних ресурсів.
2. **Розгортання виробництва** з переробки цих ресурсів та отримання корисної продукції.
3. **Накопичення відходів** та їх видалення.

Усі ресурси промислового виробництва є речовинами, що вилучені з планетарного кругообігу або з їхнього природного депо.

Для будь-якого промислового виробництва характерна тенденція до концентрації. Вона впливає з нерівномірного розподілу ресурсів, а також пов'язана з тим, що територіальна сконцентрованість видобувної та переробної галузей дає економію транспортних засобів. Виникають територіально-виробничі комплекси — групи технологічно та економічно зв'язаних виробництв та підприємств. Розташовуються промислові підприємства в основному в містах. При їхньому розміщенні за межами міста вони швидко перетворюються в міста або населені пункти міського типу.

Протиріччя між природним середовищем та промисловим виробництвом почали формуватися з самого початку виникнення виробництва, оскільки за своєю суттю воно більш відчужене від природних процесів порівняно з сільським господарством.

Екологічна оцінка типів промислового виробництва базується на оцінках виду та розмірів речовин, що вилучаються з природного середовища та характеру й кількості відходів. Вилучаються з природного середовища, в першу чергу, гірські породи, що вміщують руди металів, нафта, газ або інші необхідні для промислового виробництва речовини. Масштаби такого вилучення досить великі. Так, наприклад, при розробці Курської магнітної аномалії був виритий кар'єр завглибки до 500 м і завдовжки до 500 км. Йдуть аналогічні процеси при промисловому виробництві на території України, тим більше, що країна багата корисними копалинами — існує більше 7 тисяч родовищ та добре розвинутий гірничодобувний комплекс.

Але найбільші екологічні проблеми створюють відходи, що в досить великій мірі властиві промислому виробництву. Для гірничодобувної промисловості властивий особливий тип відходів — відвали гірської породи. Вони займають великі території і призводять до сильного запылення атмосфери. Металургійна промисловість додає до них гори шлаку та попелу. За даними **Х.Шимогакі** (1993), в світі за рахунок спалювання кам'яного вугілля в рік утворюється  $3,91 \times 10^6$  тонн вуглезольних відходів, які на 60% зберігаються у

відкритих відвалах. Відвали гірновидобувних та металургійних підприємств забруднюють природне середовище не тільки пилом, але й стоком поверхневих та ґрунтових вод. Такі території завжди вимагають дорогої рекультивациі, але й вона не в змозі повністю відновити природу таких «місячних ландшафтів».

Залежно від типу промислового виробництва на його проміжних етапах до навколишнього середовища потрапляє чимало найрізноманітніших відходів. Це й окисли сірки, азоту та вуглецю, і фреони, фенол, сульфати, і речовини з поверхнево-активними властивостями. Загально відома висока відходність хімічної промисловості, що виробляє азотну, сірчану, соляну кислоти, луги та пластмаси. Сильно забруднює навколишнє середовище виробництво паперу. Відбілювання супроводжується утворенням приблизно 1 тисячі токсичних речовин, у тому числі таких небезпечних, як діоксин, фурані і т.п.

## 2.2. Енергетика

В основі будь-якого виробництва лежить проблема забезпечення енергією. Промисловість майже повністю базується на енергії викопного палива та частково атомній енергетиці (табл. 22). Головне невичерпне джерело енергії — потік сонячної радіації, що майже не використовується. Енергетичні потреби промислового виробництва дуже великі, бо витрачаються не тільки на пряме виробництво, а й на роботи з відновлення порушень у навколишньому середовищі, з витратами на охорону здоров'я і т.п.

Таблиця 22. Структура світового енергетичного балансу в 1991 р.

Джерела енергії	Об'єми виробництва, в %
Нафта	33
Вугілля	26
Природний газ	17
Біомаса	14
Гідроенергія	6
Атомна енергія	4

Усі промислові системи в екологічному розумінні є **гетеротрофними**. Вони базуються на зв'язаній енергії органічних речовин, викопних енергоносіїв, людській праці або, в останній час, частково на атомній енергії. При очевидному різноманітті джерел енергії для промислового виробництва енергію отримують, головним чином, за рахунок спалювання викопного пального — вугілля, нафтопродуктів та газу. За оцінками *Г. Дейвіса* (1992), сучасне людство отримує 78% енергії за рахунок спалювання викопного пального, 18% від відновлюваних джерел (енергія текучої води та спалювання деревини) та 4% — ядерна енергетика. Отже, сучасна енергетика використовує головним чином невідновлювані ресурси, які утворилися в далекому минулому внаслідок життєдіяльності на планеті.

Ріст споживання невідновлюваних енергоносіїв ставить людство перед складною проблемою виснаження їхніх запасів. Так, при сучасних темпах використання розвіданих запасів нафти людині вистачить її всього на 100 років, а вугілля — на 300. Однак споживання енергії в індустріалізованому світі швидко зростає. У розрахунку на 1 людину воно характеризується такими показниками: 1910 рік — 1 тонна умовного палива, 1950 — 1,4 т, 1970 — 2,5 т, 1990 — 2,7 тонн. Загальний показник використання енергії у первісній людині не перевищував 8 мДж/добу, а в сучасній дорівнює 1 тисячі мДж/добу, що еквівалентно спалюванню 2,7 тонн вугілля. Сучасне людство споживає 10 млрд. тонн умовного палива на рік, з них 35% попередньо перетворюються в електроенергію.



За даними ООН, за час свого існування людство витратило 80 — 85 млрд. тонн різного виду пального, з них 40 млрд. тонн за останні 25 років. Такий вибухоподібний ріст споживання енергії привів до зниження кількості кисню в атмосфері планети, оскільки основна частина енергії отримується за рахунок спалювання нафти, газу, вугілля та деревини. При цьому одна теплова електростанція потужністю в 1 тисячу МВт при спалюванні палива витрачає таку кількість кисню, яку виділяє 101 тисяча гектарів лісу.

За об'ємами споживаної енергії має місце лише регіональна нерівноцінність. У 1990 році 2/3 всієї виробленої енергії споживали 1,2 млн. чоловік у розвинутих країнах, а 1/3 припадала на 4,1 млрд. чоловік, які проживають в країнах, що розвиваються.

Як сам видобуток енергетичних ресурсів, так і їхнє використання характеризуються високим марнотратством. У колишньому СРСР втрати енергії оцінюються в 10% від загальної її кількості. У Західному Сибіру до 1991 року було втрачено 2% добутої нафти, а це — 100 млн. тонн. У результаті видобування нафти тільки на тюменській півночі виведено з ладу 7,2 млн. га оленьчих пасовищ і виробництво м'яса оленя знизилася більш ніж у 2 рази. При будівництві Братської ГЕС були залиті водою ліси, запаси деревини яких оцінюються в 40 млн. куб. м. При сучасній вартості 1 куб. м деревини у 33 долари, це складає втрати у межах 1,3 млрд. доларів.

Складність екологічних та економічних проблем промислової енергетики привела велику кількість держав до орієнтації на атомні електростанції як головної форми отримання великої кількості енергії. Але виявилось, що атомна енергетика має свої проблеми. Електроенергія, що отримується на АЕС, не може бути дешевою. Якщо враховувати усі витрати, починаючи з втрат земель та закінчуючи ліквідацією відходів, то, за підрахунками *Ю.І.Корякіна* (1990), для всіх АЕС колишнього СРСР вони склали 215 млрд. крб., тоді як електроенергії до 1990 року виробляли лише на 10 млрд. крб.

Україні властиві ті ж проблеми отримання енергії, що стоять і перед іншими державами світу. Структура енергетичних ресурсів України наведена у *табл.23*. До 1986 року пріоритет був відданий розвитку атомної енергетики і її частка в загальному енергозабезпеченні України досягла 17,3%. Після Чорнобильської аварії розвиток енергетики в більшій мірі базувався на теплових електростанціях в т.ч. на тих, що працюють на природному газі.

**Таблиця 23. Структура енергетичних ресурсів України.**

Вид ресурсу	Об'єми споживання	
	млн. тонн нафтового еквіваленту	%%
Природний газ	27	36,4
Вугілля	18,2	24,6
Ядерна енергія	17,3	23,3
Мазут	9,2	13,4
Гідроенергія	2,4	3,2

### 2.3. Географія промислового виробництва. Транспортні системи

Транспорт є важливою складовою частиною економіки, що забезпечує зв'язок різноманітних виробничих об'єктів та населених пунктів. Як галузь промисловості транспорт дуже специфічний, його «продукція» — це переміщення вантажів та людей. Без такого переміщення ні сільськогосподарське, ні промислове виробництво не мало б за-

вершеності. У силу цієї специфічності транспорт є величезним споживачем енергії. Він споживає біля 30% енергії, що виробляється.

Розміщення транспортних мереж досить своєрідне. Відомо, що промислове виробництво має дискретний або локальний характер розміщення виробничих об'єктів, а для сільського господарства властиве ареальне розтягнуте розміщення виробництва. Транспорт характеризується лінійним розміщенням.

Основними видами транспорту є залізниця, автомобільний, водний, трубопровідний та повітряний. Сукупність усіх цих видів транспорту називається транспортною системою. Під транспортні магістралі у світі вилучено 7% території суходолу. На всіх континентах створена досить щільна залізнична мережа. Світовий парк легкових автомобілів, включаючи грузові машини, автобуси та ін. — 600 млн. одиниць. За прогнозами до 2010 року, кількість автомобілів перевищить 1 млрд. Все більший об'єм перевезень (пасажирських та товарних) здійснює повітряний транспорт. Щорічно послугами літаків користується біля 700 млн. чоловік.

Екологічна оцінка транспортної системи показує, що вона приносить суттєві збитки навколишньому середовищу. Один автомобіль в середньому за рік поглинає 1 тону кисню та викидає в повітря до 600 — 800 кг вуглекислого газу, 40 кг оксидів азоту та 200 кг незгорілих вуглеводнів.

Але особливу екологічну небезпеку становить свинець, що додається до етилованого бензину. Середній вміст свинцю в бензині складає 0,4 г/л при спалюванні його в двигунах 75% його кількості переходить у повітря. Підраховано, що навіть на території такої невеликої держави, як Австрія, сумарні викиди свинцю від автомобільного транспорту та лакофарбної промисловості складає 15 тисяч тонн на рік.

За результатами аналізу *Л.В.Лапчинської* (1990) та багатьох інших авторів, що був проведений вздовж доріг Харківської області, відомо, що на віддалі до 100 м обабіч доріг вміст свинцю в ґрунті та рослинах перевищує ПДК в 5 — 10 разів, а кадмію, нікелю, міді, цинку — в 2 — 3 рази. Це зони зовсім не придатні для випасу худоби, заготівлі сіна, і тим паче для посадки плодово-ягідних культур. Вздовж ряду автотрас України посадки збереглися ще з 30 — 50-х років, коли вони були виправдані тим, що на дорогах переважав екологічно чистий гужовий транспорт. У наш час застосування в їжу плодів та ягід, зібраних в посадках вздовж автотрас, без ретельного санітарного контролю не припустимо.

Мережа автошляхів є місцем масової гибелі багатьох тварин. За даними *П.Сомерма* (1991), у Фінляндії на ділянці автошляху у 20 км за добу реєструється до 70 випадків загибелі тварин 15 видів (їжаків, ворон, зайців та ін.).

Система автомобільних шляхів створює умови для активізації процесів ерозії. За підрахунками, зробленими спеціалістами, під впливом прокладених шляхів змив ґрунту зі схильових ділянок зростає з 0,3 до 30 т/га у рік.

Впродовж розвитку цивільної авіації вона стає дедалі все більш екологічно небезпечною. Відомо, наприклад, що тільки один літак Боїнг за одну годину польоту спалює 16 тонн гасу, а при зльоті він витрачає його 7,8 тонни. При кожному старті літак викидає в атмосферу до 100 кг окису вуглецю та 50 кг окислу азоту. У середньому в світі на переїзд 1 пасажир на 100 км витрачається 2,7 кг гасу. У ФРН тільки одна цивільна авіація за рік спалює 3 млн. тонн гасу. Повітряний транспорт споживає 14% світового виробництва палива. Особливо небезпечно те, що продукти спалювання авіаційного палива потрапляють у верхні шари атмосфери. Сюди завдяки літакам щорічно потрапляє до 180 тисяч тонн сірчистого газу та 1,5 млн. тонн окислів азоту. Це прискорює руйнування озонового шару, яке відбувається під впливом фреонів.

Доставка споживачам енергії у вигляді електрики (що також можна розглядати як один з видів транспорту) призвела до необхідності створення широкої мережі ліній

електропередач. Результатом цього є вилучення земель із сільськогосподарського та лісогосподарського використання. На 1 км високовольтної ЛЕП вилучається 2,2 га землі при напрузі 20 кВт та 16 га при більших значеннях напруги.

## 2.4. Науково-технічний прогрес та екологія

Метою науково-технічного прогресу є збільшення об'ємів виробництва, підвищення різноманітності продуктів виробництва та їхніх споживацьких якостей. Досягнення науково-технічного прогресу щодо цього відомі. Однак, в більшості країн світу та в Україні зокрема, науково-технічний прогрес другої половини ХХ століття виявився зорієнтованим, перш за все, на непропорційно потужний розвиток промисловості на шкоду іншим галузям виробництва та за рахунок майже повного ігнорування екологічного імперативу.

У ході науково-технічної революції була здійснена глибока трансформація промислового виробництва. Галузева та територіальна структури промисловості набули домінуючого характеру, підкоривши собі інфраструктуру інших галузей економіки. Відбулося стрибкоподібне нарощування потужностей виробництва.

За досягнення науково-технічного прогресу видавався, наприклад, відкритий спосіб видобування кам'яного вугілля та руди. При цьому продуктивність праці одного робітника стає в 6 разів вищою, ніж при шахтному способі, проте з ладу виводиться тисячі гектарів землі та створюються величезні території відвалів порожньої породи. У середньому видобуток 1 млн. тонн вугілля відкритим способом супроводжується знищенням 20 га природних угідь, а видобуток такої ж кількості вугілля шахтним способом — лише 5 га.

У цілому, для промислового виробництва епохи науково-технічної революції висока відходність стала гострою проблемою. Досить сказати, що в США у рік формується 265 млн. тонн екологічно небезпечних відходів, в країнах Європейського Союзу — 35 млн. т. Світовий об'єм відходів, за **П.Бусоном** (1989), складає 400 млн. тонн. Екібастузька ГРЕС-1 лише за 1986 рік викинула в повітря 177 тисяч тонн сірчистого газу, 48 тисяч тонн окислів азоту та дала 1,281 млн. тонн попелу. При підрахунках витрати на ліквідацію завданої шкоди виявляються вищими, ніж прибуток від виробленої електроенергії.

Серйозні екологічні проблеми породжує металургійна промисловість України. Вона в основному працює на старих, високовідходних, ресурсо- та енерго- високовитратних технологіях. Домни, сталеплавильні печі, коксові печі та інші подібні об'єкти дають на рік до 1 млн. тонн небезпечних відходів, та до водойм надходить 0,5 млрд. м<sup>3</sup> води з домішками фенолів, ціанідів, сірководню та інших шкідливих речовин. Це створює вкрай несприятливу екологічну ситуацію в таких промислових містах, як Кривий Ріг, Дніпродзержинськ, Запоріжжя, Макіївка. Високим ступенем забруднення характеризуються басейни: Нікопольський марганцеворудний, Криворізький та Керченський залізорудні, Донецький вугільний, Дніпровський буровугільний, Прикарпатський сірконосний. У цих регіонах багато порушених земель. У цілому на 1991 рік в Україні їх нараховувалося 190 тисяч га.

Величезної шкоди природі всіх країн завдало будівництво ГЕС нового покоління. Так, у Канаді в 1985 році почалася реалізація великого проекту створення серії ГЕС з перетворенням стоку 19 рік та створенням 27 великих водосховищ. Вже перші результати показали, що проект викликав загибель тисяч оленів карібу, оскільки були затоплені місця їхнього отелення, виникла загроза загибелі багатьох видів риб. Не даремно зараз проти цього проекту протестують багато природоохоронних організацій. Таким чином, науково-технічна революція, вирішуючи споживацькі задачі, не змогла забезпечити гармонії промислового виробництва та природного середовища.

## 2.5. Конфліктні ситуації промислового природокористування

Науково-технічна революція XX століття порівняно з промисловою революцією XIX століття в значній мірі змінила засоби, якими користується людство при освоєнні природи, але вона не торкнулася мети цього освоєння. Вона залишалася незмінною і полягає в споживанні природних багатств планети. Природа в очах людини все ще є предметом експлуатації та джерелом корисностей, що стають доступними після промислової переробки. Такий підхід прийнято називати **технократичною парадигмою**.

Технократична парадигма, в другій половині поточного століття ставши пануючою, таким чином, тільки поглибила існуючий конфлікт між стратегією розвитку людської цивілізації та біосферою. Конфліктність в системі «людство — природне середовище» поглиблюється надмірно низьким коефіцієнтом використання ресурсів промисловості. Тому доводиться витратити дуже багато сировини. За підрахунками **А.Кларка** (1966), «щоб забезпечити одну сучасну людину предметами першої необхідності, предметами розкоші, кожний рік з Землі вилучається більше двадцяти тонн сировини».

Завдяки зростанню промислової потужності, людство отримало можливість не тільки вилучати різні сировинні речовини з місць їхньої концентрації, але й переміщувати їх у величезній кількості в нові місця. Як наслідок, почали виникати нові зони концентрацій, які не властиві природі. Але особливо небезпечно для біосфери систематичне вилучення речовин з біосферних депо та їхнє залучення до активної частини біогеохімічних циклів.

До початку XX століття в системі «людство — природне середовище» відбулася важлива якісна зміна: природа перестала бути пасивним джерелом матеріальних та енергетичних благ для людей, вона почала виступати як активне гальмо розвитку суспільства. Це гальмо, звісно, не стримує розвитку людської цивілізації, але воно все більш активно перешкоджає технократичному типу розвитку. Стає очевидним, що технократизм веде людство до прірви невирішених конфліктів між інтересами людини як біологічної істоти та природного середовища, яке вже не може забезпечити підтримку її добробуту і навіть існування.

Посилює конфлікти в системі «людство — природне середовище» розвиток промисловості в напрямку механізації, автоматизації та кібернетизації, що послідовно змінюють одна одну. Кібернетизація розглядається її головними adeptами як кінцева мета розвитку промисловості. Вона одночасно є і вершиною технократичного мислення. Виробництво такого типу все більше відокремлюють людину від об'єкту праці, а це означає, що й від природи також.

В епоху науково-технічної революції, незважаючи на розробку високоефективних способів очистки відходів промисловості, основна їхня частина, як і раніше, нейтралізується «методом розбавлення», коли шкідливі газоподібні відходи викидаються за допомогою високих труб якомога вище в атмосферу, щоб поширити їх на більшу територію та зробити їхню концентрацію такою, яка б відповідала ГДК. Шкідливі рідкі відходи аналогічним чином скидаються у водойми для розбавлення. Абсолютна кількість відходів промисловості за такого способу, звісно, залишається незмінною.

У цілому, навколишнє природне середовище до кінця XX століття стало за багатьма своїми параметрами якісно іншим порівняно з середовищем, в якому виникло людство та проходили перші фази його становлення.

## 2.6. Вплив промислового виробництва на біосферу

Екологічна оцінка промислового виробництва базується на простих принципах: це розміри споживання відновлюваних та невідновлюваних природних ресурсів і рівень відходності з урахуванням небезпечності цих відходів для природного середовища та людини. Основну деградаційну дію стосовно природного середовища спричинюють відходи промислових підприємств. Існує самостійне поняття про промислове забруднення навколишнього середовища, що набуло глобального характеру. **Промисловим забрудненням** називають надходження до навколишнього природного середовища різноманітних несприятливих для нього речовин, що є побічним результатом промислового виробництва.

Промислове забруднення підрозділяється на такі основні форми:

1. **Забруднення атмосферного повітря** пиловими та газоподібними викидами промислових підприємств.

2. **Забруднення водойм та підземних вод** стічними промисловими водами, що вміщують спектр токсичних речовин.

3. **Забруднення ґрунту** важкими металами та іншими шкідливими речовинами.

Промисловість створює помітне теплове забруднення приземного шару повітря за рахунок відходних газів багатьох підприємств, викиду до навколишнього середовища залишків тепла найрізноманітніми способами. Так, для охолодження спрацьованої пари на ТЕС та АЕС використовують велику кількість води, яка створює теплове забруднення, підвищуючи температуру води в місцях стоку на 8 — 12°C вище, ніж в інших ділянках водойми. Загальновідоме високе шумове забруднення, що породжується багатьма типами виробництв.

Відходність металургійної та хімічної промисловості найбільша. При отриманні однієї чавунної відливки утворюється викид у навколишнє середовище: 10 — 30 кг пилу, 200 — 300 кг чадного газу, 1 — 2 кг окислів сірки та азоту, 0,15 — 1,5 кг венолів та інших органічних речовин і 3 м<sup>3</sup> стічних вод.

**Високовідходні і транспортні системи.** Так, у Канаді щорічно виливається до каналізації або захоронюється 240 млн. літрів спрацьованих масел. У світі лише 40% таких масел йде на рециклінг або використовується як паливо, решта масел надходить до відходів.

Відходів промисловості в епоху науково-технічної революції стало так багато, що в розвинених країнах світу їх вже неможливо розміщувати на власній території. У 1987 році з Західної Німеччини до НДР було вивезено 870 тисяч промислових відходів. У 1992 році Організація африканської єдності заборонила ввозити до держав Африки відходи з економічно розвинених країн. Робилися та робляться спроби використовувати для складування або «переробки» відходів і територію України.

Промисловість є найбільшим споживачем енергії. Головним чином, саме для її потреб велось спорудження великих ГЕС. Ці промислові об'єкти викликають серйозні екологічні та соціальні порушення. Під водосховища відводяться великі території часто досить цінних земель, на великих територіях піднімається рівень ґрунтових вод, відбувається переселення великої кількості населення та «перенесення» сіл та невеликих міст.

Найбільш поширені ТЕС сильно забруднюють атмосферу, з ними пов'язане утворення величезних відвалів гірської породи при видобуванні палива для них шахтним або кар'єрним способом. Багато проблем створюють АЕС. Екологічно небезпечне саме видобування урану та його переробка для отримання ядерного палива, не вирішена проблема захоронення відходів, а їхня перевозка також небезпечна. Не вирішена проблема демонтажу та консервації АЕС після закінчення терміну їхньої експлуатації, яка складає в середньому 30 років.

Науково-технічна революція привела людство до епохальних досягнень — з'явилися потужні комп'ютерні системи, радіо та телебачення стали загально доступними для всіх людей світу, людина освоїла найближчий космос. Але одночасно науково-технічна революція, ігноруючи важливість збереження природного середовища для виживання людини, наблизила планету до глобальної екологічної кризи. Якщо в методах промислового виробництва не відбудуться докорінні зміни, то забруднення біосфери буде продовжуватися й здатність екосистем до самоочищення в певний момент виявиться вичерпаною.

**Опрацювавши даний розділ, Ви повинні вміти:**

1. Назвати основні галузі промислового виробництва та дати характеристику основним принципам їхньої роботи.
2. Назвати основні етапи промислового виробництва.
3. Пояснити суть концентрованого промислового виробництва та назвати причини, що призводять до його появи.
4. Перерахувати основні енергетичні джерела, якими користується промисловість.
5. Вказати, які види збитків наносять природному середовищу великі гідроелектростанції.
6. Визначити зміст поняття «промислове забруднення» та порівняти його з сільськогосподарським забрудненням.
7. Перерахувати основні форми впливу промислового виробництва на біосферу.

**Питання для самоперевірки та обговорення:**

1. Назвіть основні енергоресурси України та їхню частку в енергозабезпеченні народного господарства.
2. Що називають викопним паливом?
3. Обговоріть можливі способи економії енергії при промисловому виробництві.
4. Порівняйте різні види транспорту за ступенем їхньої несприятливої дії на природне середовище.
5. Чому не припустимо вживати ягоди та фрукти в їжу та траву для годівлі тварин, якщо вони зібрані в безпосередній близькості від автотраси?
6. Як впливають транспортні засоби на вміст кисню в атмосфері?
7. Обговоріть зміст поняття «технократична парадигма» та сформулюйте своє ставлення до неї.
8. Чому, на Вашу думку, науково-технічний прогрес в промисловості привів до екологічної кризи?
9. Сформулюйте своє ставлення до автоматизації та кібернетизації промислового виробництва.

## Розділ 3

# МІСЬКІ ЕКОСИСТЕМИ

### 3.1. Інфраструктура міст

Місто — це антропогенна екосистема, що являє собою концентроване розміщення промислових і побутових споруд та населення, яке знаходиться на його території. На відміну від сільських населених пунктів, мешканці міст зайняті трудовою діяльністю в основному в сфері промисловості, управління або культури. Для міст характерна чисельність населення не менше 5 — 10 тисяч та багатоповерхова забудівля. Міста відрізняються високою щільністю заселення. У Лондоні, Нью-Йорку та Токіо вона дорівнює 10 — 12 тисяч чоловік на 1 кв. км. Ємність міського середовища залежить від інфраструктури міста та розвитку транспортних мереж.

Процес розвитку населених пунктів типу міста називають **урбанізацією**. Способи виникнення міст в історії людства були різними. Міста виникали як сумісні поселення ремісників, що полегшувало їхню виробничу діяльність, як центри торгівлі, як воєнні укріплення (фортеці), що забезпечувало захист сконцентрованого в них населення від нападу ворога. Свій вплив на природне середовище міста поширюють за свої межі. Вони оточені більш чи менш протяжними зонами двох типів: сільськогосподарськими з виробництвом, що визначається потребами даного міста, та рекреаційними, що використовуються мешканцями міста для відпочинку.

Темпи урбанізації наприкінці ХХ століття дуже високі. У 1960 році в містах світу проживало 735 млн. людей, а в 1985 році — вже 2 млрд. Якщо в 1975 році в світі було 8 міст з населенням більше 10 млн. людей, із них 5 — в розвинених країнах, то до 2000 року їх буде 25, із них 20 міст в країнах, що розвиваються. У колишньому СРСР з 1913 до 1987 року міське населення зросло в 6,5 раза, тоді як чисельність населення країни збільшилося лише в 1,8 раза.

Урбанізація стала результатом промислової революції і одночасно стимулом та основою швидкого прогресу промислового виробництва за рахунок концентрації виробництва та кадрів. Але урбанізація як соціальний процес має й негативні сторони:

- а) скорочується сільське населення,
- б) міста перевантажуються переробними виробництвами, в тому числі й сільськогосподарської продукції,
- в) погіршуються умови життя населення не тільки в межах міста, але й у селі.

Проявився процес урбанізації і в Україні. До 1918 року країна була аграрною і в містах проживало тільки 18% населення. У 1940 році міське населення України становило 14 млн. чоловік (у 1950 — 12,8 млн. чол., тимчасове зниження як результат війни з фашистською Німеччиною), у 1970 — 25,7 млн., у 1990 — 35,1 млн.

Тільки за останні 30 років частка міського населення в Україні зросла в 1,5 раза та складала у 1991 році 67,8% від загальної чисельності населення. В Україні є 5 міст з населенням більше мільйона чоловік: Київ, Дніпропетровськ, Одеса, Донецьк та Харків.

В економічно розвинених країнах урбанізація в основному завершилася, в країнах, що розвиваються, — вона тільки починається. До 1980 року в країнах, що розвиваються, було 118 міст з населенням більше 1 млн. чоловік, а в розвинених — 117. До 2000 року в містах за прогнозами буде проживати не менше 50% всього населення планети.

Для сучасного етапу розвитку цивілізації характерне стихійне зростання міст, незважаючи на відсутність вирішення інших територіальних проблем, наприклад, у ФРН площа міст становить 2,4% території країни, а площа заказників та заповідників — 1,2%.

XX століття позначається процесом злиття міст та утворенням мегаполісів. Прикладом може бути Бос-Ваш — злиті міста, які розташовані на Атлантичному узбережжі Америки. Їх довжина сягає 800 км полосою 100 — 150 км. На цій території (1,5% від загальної площі Америки) живе 19% всього населення країни.

Сучасне місто для своїх жителів має багато переваг економічного, соціального та суб'єктивного характеру. На підприємствах заробітки кращі, ніж у сільському господарстві, у місті пом'якшені особисті конфлікти — легше змінити місце роботи, переїхати з одного району в інший, що неможливо у селі. Але у будь-якій країні «утримання» жителя міста дорожче, ніж селянина.

З погляду екології — міста гетеротрофні. Харчування населення повністю забезпечується агроекосистемами та сільським господарством. Для забезпечення харчуванням сучасного міста з населенням 1 млн. жителів та площею 280 кв. км необхідно 8000 кв. км сільськогосподарської території.

Міста, які розташовані на території країни, не тільки займають сільськогосподарські землі, але суттєво порушують природні біогеохімічні цикли, тому що речовини, необхідні для міських підприємств та будівництва, видобуваються на одному місці, а концентруються в іншому внаслідок транспортування їх до великих та малих міст.

### 3.2. Міські споруди. Будівельні матеріали та водозабезпечення

У містах переважають споруди трьох типів: **виробничі, адміністративні та побутові**. Для міського будівництва важливим елементом є створення санітарно-захисних зон навколо промислових об'єктів. Жилі райони міста намагаються розмістити на відстані від заводів та фабрик, але це створює іншу проблему — виникає необхідність будівництва транспортних артерій, які забруднюють міське середовище.

Багато в чому якість міського життя залежить від розумного **зонування міської території** на виробничі, побутові та рекреаційні зони та від розміщення транспортної мережі міста та передмістя. Існує два основних типи забудови міст. При розосередженій забудові виробничі та побутові приміщення споруджуються в достатній ізоляції одне від одного, а при кластерній — вони згруповані. І той, і інший типи забудови мають свої позитивні та негативні сторони. Розосереджена забудова підвищує комфортність, але подовжує транспортні та енергетичні магістралі, а кластерна за рахунок скупченості споруд та населення створює екологічні та соціальні стреси.

Екологічне нормування в містобудуванні недосконале і часто порушується суто з місцевих міркувань або через економію засобів. У жертву економіці приноситься комфортність жилих районів. Розташування жилих кварталів таке, що не забезпечує достатньої вентиляції або, навпаки, створює постійні протяги.

Відсутність медико-екологічного контролю при спорудженні жилих та виробничих приміщень веде до появи все більшої кількості «хворих будинків». Люди, які мешкають у них, скаржаться на постійну втомленість, дратівливість, депресію. Як правило, «хвороба» будинку пов'язана з виділенням із будівельних матеріалів шкідливих речовин. Серйозним забруднювачем повітря в побутових та виробничих приміщеннях можуть бути лаки та фарби, складові частини яких на 50% при висиханні переходять у повітря. Використання таких матеріалів у розвинених країнах світу складає 25 кг/рік на одну людину, а в країнах, що розвиваються — 45 кг/рік.



У ХХ столітті в містобудівництві почали широко застосовувати азбест. Це волокниста форма силікату магнію. Азбест вміщує залізо, кальцій та алюміній. Він підвищує міцність будівельних матеріалів. За підрахунками спеціалістів, в містах світу вже накопичено до 1 тисячі волокон азбесту на 1 м<sup>3</sup> міського повітря. Азбест біологічно дуже активний матеріал. Його волокна потрапляють в легені та викликають ушкодження тканин. Це захворювання навіть отримало свою назву — азбестоз. Хвороба може завершитися розвитком ракової пухлини. У США азбест віднесено до речовин 1 групи небезпечності. Його кількість в повітря не повинна перевищувати 0,5 мг/м<sup>3</sup>, що складає приблизно 1 тисячу волокон в 1 м<sup>3</sup> повітря. Небезпека азбестових впливів особливо велика в зв'язку з відстроченою дією — хвороба розвивається через 20 — 40 років після отримання надприпустимої дози. В Україні, на жаль, азбест та азбестоцементні вироби (шифер, труби) застосовуються досить широко без належного медико-екологічного контролю.

Промислове будівництво зі шлакоблочних матеріалів, природна радіоактивність яких не контролюється, призвело до забруднення приміщень радоном. У Великобританії при обстеженні населених пунктів знайдено більше 100 тисяч (це 0,5% від загальної кількості), в яких випромінювання радону перевищувало 200 Бк/м<sup>3</sup>. У ФРН у 10% жилих будинків вміст радону перевищує 80 Бк/м<sup>3</sup>. У Китаї жилих приміщень з концентрацією радону більше, ніж 60 Бк/м<sup>3</sup>, 10% від загального житлового фонду. У США зареєстровано 3% будинків від загального житлового фонду з концентрацією радону вище санітарних норм. В Україні цей показник поки що не контролюється.

В архітектурі міст чималу увагу починають приділяти візуальному сприйняттю міських споруд. На думку **В.А.Філіна** (1990), у сучасному містобудівництві склалася небезпечна тенденція спорудження величезних будівель з елементів, що повторюються. В.А.Філін називає такі елементи — це великі, іноді на цілий квартал будівлі з бетону та скла — «агресивними полями». У зв'язку з особливостями зору такі агресивні поля мають несприятливу дію на психіку людини та зоровий апарат. Певну роль відіграє кольорова гама міста. Це багато в чому визначається національними традиціями. У багатьох містах Японії переважають блакитні відтінки, в Південній Кореї — сірі. Для будівництва міст України 60 — 80-х років була характерна одноманітність та стандартність архітектурних рішень.

### 3.3. Енергетичні системи міст

Міста — основні споживачі енергії. У розрахунку на 1 га тут споживається енергії у тисячі разів більше, ніж у сільській місцевості. Місто споживає енергію в різних формах. Досить широко використовується викопне паливо — кам'яне вугілля, нафтопродукти та природний газ. Це вже само по собі визначає забруднення міст продуктами згорання. До жилих будинків та виробничих приміщень енергія потрапляє у формі електрики, газу, парового опалення. Широко застосовується гаряча вода.

Але в цілому в місті життя з погляду енергетичних витрат більш економна, ніж в селі. Квартирні комплекси багатоповерхових будинків легше обігріти та забезпечити комунікаціями порівняно з індивідуальною забудовою на селі. Але в споживанні енергії спостерігається високе марнотратство. Низьку ефективність мають теплопроводи, завдяки яким розподіляється гаряча вода та пара серед промислових та побутових споруд на території міст.

Чимало можна зробити для економії енергії в суто побутовій сфері. Це розумна витрата ресурсів, які місто надає своїм жителям — холодна та гаряча вода, електрика. Тільки дбайливе зимове утеплення побутових та промислових приміщень в масштабах міста забезпечує значні скорочення витрат енергоносіїв.

Певну роль в економії енергії повинно зіграти перепрофілювання міського виробниц-

тва. У наш час в Україні селу відведена роль виробництва не продуктів харчування, а сировини для їх виробництва: переробні підприємства перемістилися до міст. Треба повернути селу функцію виробника продуктів харчування в повному об'ємі, від вирощування врожаю та отримання тваринницької продукції до повної їх переробки та пакування.

### 3.4. Екологія міського транспорту

У містах зосереджена основна маса транспортних засобів. Це вантажний, власний та громадський транспорт. В останні десятиліття не лише в розвинених країнах, але й в країнах, що розвиваються, зростає кількість власних автомобілів.

Автотранспорт дає 70% усіх токсичних викидів у атмосферу та 90% шумового забруднення. Велике транспортне навантаження несуть міста України. В Україні зареєстровано більше 1 млн. вантажних автомобілів та 2,5 млн. легкових (за даними 1993 року). Доля автотранспортного забруднення атмосфери в загальній їх кількості складає в Ужгороді 91%, Ялті, Полтаві — 88%, Сімферополі — 83%, Львові — 79%, Києві — 78%, Чернівцях — 75%.

Прогресуючому забрудненню навколишнього середовища в містах сприяє велика питома вага власних автомобілів. Наприклад, в Японії з 1950 до 1990 року їхнє число зросло у 4 рази. Для зниження екологічних збитків від автотранспорту робиться чимало. Запобігання смогу досягається зниженням шкідливих викидів у вихлопних газах автомобілів. Для цього їх забезпечують спеціальними конверторами. Японія вже перейшла до випуску легкових автомобілів, обладнаних такими конверторами. На 50% менше шкідливих викидів дають автомобілі, що працюють на природному газі. Впливає на загазованість повітря і стан доріг: чим він кращий, тим менше шкідливих викидів додають автомобілі. Для певних груп працюючих вводяться спеціальні графіки роботи вдома, що зменшує число поїздок населення, ряд підприємств з цією же метою подовжують робочі зміни та додають ще один неробочий день тижня.

Багато в чому екологія міста пов'язана з вирішенням проблеми транспортних потоків. Тут важливе значення має розташування автомагістралей щодо жилих та виробничих районів міста, винесення найбільш інтенсивних потоків на ізольовані автотраси. Потрібні оптимальне планування автотрас, якість покриття на них та спорудження захисних зон вздовж автодоріг.

Захист побутових та службових приміщень від шуму, як правило, продуманий погано, хоча тут є прості рішення. Вздовж автодоріг, які є основним джерелом шуму, споруджуються на віддалі 10 — 20 м протишумові бар'єри. Поблизу джерел шуму на віддалі не менше 30 м від проїжджої частини доцільне розміщення тільки малоповерхових будівель. Жилі будинки повинні споруджуватися закритими або напівзакритими кварталами. Не в повній мірі використовуються протишумові можливості зелених насаджень. Рідко застосовуються спеціальні шумопоглинаючі цегла, подвійні рами.

Екологічною проблемою стало і придорожне сміття — пакувальний матеріал, банки, пляшки, залишки продуктів харчування і все те, що викидається з транспортних засобів. У 1989 році група німецьких вчених провела облік всього цього сміття і виявилось, що в містах його є 147,7 кг кожні 500 м шляху, а в сільській місцевості — 124 — 170 кг.

Міський автомобільний транспорт не тільки забруднює повітря продуктами згорання палива та створює шум, він сприяє зростаючому надходженню свинцю в навколишнє середовище. У принципі сучасна промисловість у змозі вирішити цю проблему шляхом заміни етилованого бензину на малоетилований та зовсім неетилований. В Україні поки що використовують бензин із вмістом свинцю 0,36 г/л, тоді як в Англії, Німеччині та США — 0,013 — 0,15. Постанова Кабінету Міністрів України орієнтує на постачання неетилованого бензину, і його в 1991 році було вже поставлено 51% від загальної кількості.

### 3.5. Екологічне середовище в містах. Мезо- та мікроклімат

Уявлення про місто як гарант високої якості життя, що забезпечує жителю міста чистоту, зручність та якісне медичне забезпечення, склалося в XIX столітті. У другу половину XX століття ситуація корінним чином змінилася. Міста залишилися центрами економічного, політичного та культурного життя, але якість міського життя виявилася набагато нижчою порівняно з сільськими населеними пунктами, а на межі XXI століття й сільські, й міські населені пункти стали зближатися за якістю життя. Екологічна ситуація в них може бути однаково несприятливою.

Більш того, вже наприкінці XIX століття місто почали описувати як всепоглинаючого Молоха, як прообраз диявола. Таким воно зображується у відомого письменника Еміля Верхарна та в картинах художника Д. Тагора. У таких оцінках є своя доля істини — чимало сучасних міст являють собою не гармонійне ціле, а просту та погано організовану сукупність підприємств та спальних поселень. Щодо своїх мешканців місто постає як не дуже турботливий роботодавець.

Якість міського життя багато в чому визначають промислові підприємства міста. Вони є основними споживачами води, тепла, створюють той чи інший тип забруднення середовища. Екологія шахтарського, металургійного або хімічного промислового центру різна, хоча може бути однаково малосприятливою для здоров'я людини.

Середня температура повітря в містах на 1 — 2°C вища, ніж в сільській місцевості. Опадів випадає на 5 — 30% більше, а швидкість вітру на 20 — 30 м/сек менша. У великих містах відносна вологість повітря нижча на 2 — 10%, хоча хмарність вища на 20 — 100%. Разом з тим містам властива підвищена запиленість повітря і над ними постійно висять немовби пилові хмари. Через це прозорість повітря зменшується на 15 — 25%.

Для великих промислових міст все більш характерними стають смоги. Смогом називають різке підвищення в повітрі кількості пилу, токсичних газів або краплинок туману з розчиненими в них шкідливими речовинами. Розрізняють два види смогів: вологі та сухі (фотохімічні). Вологий смог утворюється за рахунок насичення автомобільними та газоподібними промисловими викидами. Сухий смог формується при безвітряній погоді за рахунок насичення сухого повітря газоподібними домішками, особливо окислами азоту. Сприяють смогу й ефірні виділення деяких дерев та чагарників, що необдуманно використовуються для озеленення міст. Смоги вкрай несприятливо впливають на здоров'я людини, спричинюючи приступи астми та серцево-судинні кризи.

Міське населення все частіше отримують неякісну питну воду. Міжнародне Десятиліття питної води (1981—1991 рр.), що проводилося за ініціативою ООН, виявилось невиконаним у більшості держав світу.

В екології міського середовища немає дрібниць. Культура поведінки — це також фактор, що визначає якість життя в місті. Гучна музика, паркування автомобілей біля жилих будівель, система збору та видалення побутових відходів та багато іншого є такими ж складовими частинами середовища, як і якість повітря та води.

Важливе значення в екології міст мають зелені насадження. Вони виконують ряд важливих функцій. За рахунок дерев та чагарників у спеку охолоджується повітря (в середніх широтах на 3 — 5°C). Зелені рослини збагачують повітря киснем — 1 га зелених насаджень дають до 600 кг кисню за вегетаційний період. Деревно-чагарникові рослини знижують рівень шуму на 12 дБ. Дуже важливою для міста є здатність зелених рослин очищувати повітря від пилу та аерозолей. Підраховано, що в парках таке очищення забезпечується на 85%, на вулицях із двостороннім озелененням — на 70%.

Майже всі великі міста світу забруднені. Найстаріші столиці Європи — Париж, Мадрид, Рим та багато інших відрізняються великою забрудненістю атмосфери та шумом. Як

показує санітарно-гігієнічне обстеження, в багатьох районах столичних міст світу шум на вулицях перевищує 90 дБ 62% мешканців вимушені приймати транквілізатори, у 33% населення виражена гіпертонія

Серйозна екологічна ситуація склалася в багатьох великих та малих містах України. У промислових центрах вона зумовлена викидами до атмосфери значної кількості забруднюючих речовин Особливо вона напружена в таких містах-мільйонерах, як Київ, Харків, Дніпропетровськ, Одеса Вони розташовані в степовій зоні, де характерні жарке літо та нестача питної води Одеса отримує воду з р Дністер, Київ — з Десни, Харків — із Сіверського Дінця Екологічний стан цих річок швидко погіршується Наприклад, в Харкові та Ізюмі швидко зростає кислотність питної води

Напруженість екології міст України можна побачити на прикладі Києва Тут більше 400 промислових підприємств разом з комунальними спорудами дають на рік більше 4 млн м<sup>3</sup> стічних вод, з яких, за даними **С.Г.Кочубей** та ін (1990), 1,5 млн м<sup>3</sup> надходить у водотоки (головним чином у Дніпро) без будь-якої очистки

Несприятливе середовище для життя й у приморських містах України На пляжах у прибережній смузі води зареєстроване наднормативне мікробіологічне забруднення, що викликане неякісною очисткою стічних вод та постійними аваріями на очисних спорудах У м Одеса розташовано 76 будинків відпочинку та санаторіїв, але поруч із ними функціонують три морські порти, а в море надходить щорічно більше 150 млн м<sup>3</sup> стічних вод Зовсім не випадково тут в 1970 та 1994 роках спостерігалися вибухи епідемі холери

### 3.6. Рослини та тварини в місті

Техногенний вплив на природу в містах максимальний Природний тип ландшафту знищений повністю або різко змінений

Однак у містах знаходить собі притулок чимала кількість видів живих істот Міська фауна та флора частково формується людиною цілеспрямовано, а частково створюється стихійно Для міста як екосистеми характерна розірваність трофічних ланцюгів, що створює можливість масового розмноження окремих видів та приводить до низького біологічного різноманіття

Рослини ростуть в містах всюди — в парках, садках, на газонах та просто вздовж вулиць Вони мають санітарно-гігієнічне та декоративне значення Чимало городян вирощують їх у себе на балконі й у квартирі Виник рух за озеленення промислових приміщень

Тваринний світ міст набагато бідніший, ніж рослинний Він представлений вихідцями з природних угруповань, які змогли пристосуватися до специфічних міських умов життя Серед тварин, які мешкають у містах, майже скрізь представлені горобці, шпаки, ворони, галки, гризуни (миші та пацюки), комахи (мухи, блохи, таргани, клопи) Деякі з тварин виступають як паразити та переносники хвороб (комахи-кровососи та пацюки), а інші, навпаки, відіграють роль санітарів (ворони)

Рослини створюють почуття комфорту в людини Вони оптимізують газовий склад повітря, виділяючи кисень та поглинаючи вуглекислий газ Дуже важливий правильний підбір порід дерево-чагарникових рослин для міського озеленення Перевага повинна бути віддана видам, які мають здатність очищувати повітря від тих чи інших забруднень Так, біла акація та липа особливо добре поглинають окисли азоту та сірки, каштан — важкі метали, клен гостролистий — органічні сполуки типу фенолів Це дає можливість підбирати деревні породи так, щоб вони відповідали типу забруднення, яке характерне для певної ділянки міста, що озеленюється У всіх рослин виражена здатність поглинати пил Особливо ефективні щодо цього шпилькові породи Проте, завдяки тому, що вони вічнозелені, вони чутливі до пиле- та газозабруднення і для стійкого озеленення промис-

лових міст мало придатні. Поглинають пил і листяні породи: тополь до 0,55 г пилу на 1 м<sup>2</sup> листової поверхні, липа — 1,32, в'яз — 3,39. У результаті за одне літо каштан кінський поглинає 16 кг пилу, ясен звичайний — 27 кг, клени — 28 — 33 кг. Парки та лісопарки — це «легені» міст, що поглинають пил та виробляють кисень.

Озеленення — це найбільш ефективний спосіб оптимізації міського середовища. Найбільш важливе воно для міст, що мають підприємства гірничої та металургійної промисловості. Проведені дослідження показують, що є чимало видів рослин, здатних рости на відвалах гірських порід, а після їхньої підготовки — і на попільно-шламових субстратах. **М.Т.Масюком** (1989) вперше в світі показано, що такі гірські породи характеризуються родючістю, використовуючи яке можна проводити рекультиваційні роботи.

Місцями відпочинку населення служать парки та приміські рекреаційні ліси. Їхне екологічне та естетичне значення дуже важливе. Але в багатьох містах стан парків та лісів незадовільний. При малій їхній площі та високій чисельності населення міста ці угруповання зазнають сильного витоупування. Воно стимулює особливу рекреаційну сукцесію. У ході такої сукцесії, як було показано на прикладі приміських лісів м. Суми **М.Г.Баштавим** (1990), змінюється склад травостою. При більш сильному витоупуванні гине поріст деревних порід. У таких лісах збіднюється фауна, зникає велика кількість видів птахів. Запобігти цим негативним явищам можна лише одним способом — площа лісопаркової території міста повинна відповідати чисельності населення міста.

Інший важливий компонент міста — газони. Звичайно їх засівають сумішшю трав: костирицею, тонконогом луговим, багаторічним райграсом. Такі газони вимагають догляду, головною формою якого є часткове викошування. Якщо воно не проводиться, то під впливом витоупування газон швидко заростає бур'янами. Одним із них є кульбабка. Прорізування таких газонів стійкого ефекту не дає.

У населених пунктах України є 500 тисяч га зелених насаджень. Промислові центри України (міста Донецьк, Дніпропетровськ, Луганськ, Київ) мають «зелені кільця», що служать і «легенями» цим містам та рекреаційними зонами. Прикладом вдалого вирішення містобудівних проблем служить м. Донецьк. Тут 30 парків та 60 скверів займають 51% забудованої частини міста.

У країнах Західної Європи почався цікавий рух за створення в містах так званих «біотопів». Головна ідея їхньої організації полягає в покращанні стану міського середовища. «Біотоп» — це парк, але парк нового типу, в якому відтворюється весь комплекс природних структур, що властивий конкретній місцевості. До 1987 року у Великобританії, ФРН та Нідерландах було вже більше ста таких «біотопів». У наш час до цієї ідеї приєдналася Польща, в якій розпочалася робота по створенню кількох «біотопів» у її великих містах.

### 3.7. Людина в міському середовищі.

#### Медична екологія

Здоров'я — це здатність людини до оптимального фізіологічного, психологічного та соціального функціонування. Право на здорове середовище розглядається як одне з основних прав людини. Здоров'я багато в чому визначається станом навколишнього середовища. Спеціалісти вважають, що рівень здоров'я залежить від нього на 20 — 40%, тоді як від спадкових факторів — тільки на 15 — 20%, від способу життя — на 25%, а від рівня медичного обслуговування всього на 10%.

Положення міст щодо цього подвійне. З одного боку лише місто забезпечує людині висококваліфіковану та швидку медичну допомогу, проте в міській скупченості населення швидше розвивається велика кількість хвороб. Не випадково, що під час епідемій перши-

ми їхніми жертвами ставали жителі міст. У середні віки під час багатьох епідемій чуми та холери в деяких містах смертність досягала майже 100%.

Технічний прогрес призвів до насичення міського середовища речовинами канцерогенної, мутагенної, ембріотоксичної, імунодепресантної дії. Багато з них додатково є ще й алергенами. Публіцисти не даремно називають алергію «хворобою цивілізації». Провокування ракових захворювань речовинами антропогенного походження породило цілу галузь медицини — онкологію. На думку **В.В.Худоля** (1991), не менше 75 — 90% онкологічних захворювань у людини пов'язані зі станом навколишнього середовища.

Специфіка проживання в місті веде до того, що люди 85 — 90% часу проводять в приміщеннях (жиль будинки, метро, службові приміщення, будови фабрик та заводів). Одним із показників якості міського життя є **повітря приміщень**. Воно повинно бути вільне від наднормативної кількості радону, окислів азоту та сірки, волокон азбесту та інших забруднювачів. Важливу гігієнічну роль відіграють кімнатні рослини, що здатні зв'язувати вуглекислий газ та очищати повітря від пилу та шкідливих газів.

Серед різноманітних компонентів середовища на якість середовища суттєво впливає **питна вода**. Вона повинна мати сухий залишок менше, ніж 1000 мг/л, з них хлору — менше 350 мг/л, сірки — менше 500 мг/л. Вміст кисню не повинен бути меншим за 4 мг/л. Вода повинна бути повністю вільна від патогенних мікроорганізмів. Велика кількість патогенних мікроорганізмів потрапляє до нас із питною водою. Перелік основних патогенів наведено в **табл.24**.

**Таблиця 24. Патогенні мікроорганізми води.**

Назва	Захворювання, що викликаються
Холерний вібріон	Холера
Тифозні сальмонели	Черевний тиф
Дизентерійні шигели	Дизентерія
Паратифозні сальмонели	Паратифи
Ентамеба	Амебна дизентерія
Фільтрувальні віруси	Інфекційний гепатит
Кишкова паличка <i>E. coli</i>	Кишкові захворювання

Очищення питної води є важливим фактором здоров'я людини. Із 1904 року (спочатку в Англії) питна вода очищується від мікроорганізмів методом хлорування. Він ефективний, хоча залишкова кількість хлору надає воді неприємного запаху та присмаку. Існує й інший метод — озонування, заснований на високій окислювальній здатності озону. У Франції велика кількість води очищується озонуванням.

У більшості міст світу за рахунок забруднення повітря, води та харчових продуктів сукупний рівень забруднення навколишнього середовища вищий, ніж в сільській місцевості. Життя та виробнича діяльність у такому екологічно нестійкому середовищі почали супроводжуватися розвитком специфічних «екологічних» захворювань. Для всіх них характерні швидке втомлення, легке враження інфекціями, алергічний синдром. Такі екологічні захворювання пов'язуються, перш за все, з недостатністю імунної системи, яка не справляється з комплексом несприятливих впливів з боку середовища низької якості. У деяких випадках у людей проявляється особливий хворобливий стан — синдром закритого приміщення. Місто сприяє особливому мікроеволюційному процесу, генетичним аномаліям людини, вимагає додаткових витрат адаптаційної енергії.

Для мешканців міст став звичним так званий «третій стан», тобто проміжний стан між повним здоров'ям та повною хворобою. Це синдром перенапруги, свого роду

передхвороба. Із збільшенням загального забруднення середовища міст в них зростає число випадків захворювання артеріальною гіпертонією, атеросклерозом, ішемічною хворобою серця, виразкою шлунку, неврозами, вегетодистонією та алергіями. Щодо цього особливо небезпечний свинець, промисловий пил, нітрати та сірчистий газ. Забруднення ртуттю викликає захворювання Мінамати, яке проявляється в ураженні нервової системи. За даними **Е.Н.Антипенка** та ін. (1990), при забрудненні міського середовища збільшується частота самовільних абортів, діти народжуються з вадами розвитку.

Погіршує екологічну ситуацію в містах **високий рівень шуму**. Встановлено, що 40% міського населення в світі живе в умовах шуму, що на 5 — 20 дБ більше санітарної норми. Порівнювати здоров'я населення в містах різних країн світу дуже важко. Наприклад, офіційна статистика стверджувала, що дитяча смертність в колишньому СРСР складала 25 випадків на 1000 народжених, а в США — тільки 10. Проте в СРСР (на відміну від США) діяли та продовжують діяти досить жорсткі правила визнання народженої дитини живою: вона повинна мати вагу, більшу за 1 кг, довжину тіла, більшу за 35 см, зробити принаймні один вдих та народитися після 28-го тижня вагітності. Якщо одна з цих ознак була відсутня, то дитина вважалася мертвонародженою та до дитячої смертності не враховувалася. Таким чином, порівняння показників дитячої смертності в СРСР й у США було та залишається безглуздом. Для країн соціалістичного табору була характерна погоня за високими показниками здоров'я населення. Є підстави вважати, що до 40% смертних випадків реєструвалися з неправильним діагнозом — і «в інтересах статистики», і щоб не підводити колег-лікарів.

Потребує охорони й геном людини. Природні мутації в популяціях людини складають  $5 \times 10^{-5}$  генів на одне покоління. У забрудненому середовищі під впливом мутагенів вони зростають. **М.П.Дубінін** (1990) припускає, що подвоєння частоти мутацій небезпечно та неприпустиме. Необхідне введення спеціальної служби генетичного контролю.

Несприятлива ситуація зі здоров'ям населення складається в Україні. Хоча тривалість життя досягає 70,7 років (для чоловіків — 65,9, для жінок — 75), захворюваність залишається дуже високою. Протягом останніх 25 років народжуваність поступово знижувалася, а смертність зростала. У 1992 році смертність перевищила народжуваність.

### 3.8. Утилізація та знешкодження відходів. Очисні споруди

Усі міста з їхньою високою концентрацією населення відрізняються утворенням великої кількості **промислових та побутових відходів (рис.39)**.

Відходи підрозділяються на **тверді та рідкі, промислові та побутові**. Між містами країн щодо цього є відмінності. Міста Франції та Великобританії щорічно дають промислових відходів до 50 млн. т кожне, у ФРН — до 61 млн. т, в Італії — до 44 млн. т. До цього додаються ще побутові відходи, кількість яких в містах Франції, Великобританії та Італії складає 17 млн. т на рік, а у ФРН — 20 млн. т на рік. У містах Японії відходів утворюється 920 — 2120 г на одну людину за добу, у Франції — 620 г. Це звичайна кількість для промислово розвинених країн. Найбільшу кількість відходів у розрахунку на одну людину мають США — їх тут 0,47 — 0,52 т/рік або 1450 г/день. Загальний світовий об'єм відходів перевищує 300 млн. т. Загальний об'єм твердих відходів в Україні складає 10 — 11 млн. т на рік. Звалищами зайняті 2600 га земель. Вважається, що в середньому їх в містах утворюється приблизно 1 тонна на одну людину на рік.

**Типовий** склад міських відходів такий: папір та картон — 41%, сміття — 17,9%,

гума, шкіра та деревина — 8,1%, харчові відходи — 7,5%, метали — 8,7%, скло — 8,2% та ін. — 1,6%. Звісно, що структура відходів залежить від національних особливостей та традицій населення. У містах Індії частка харчових відходів мізерна, а в США, навпаки, досягає 21%. Для міст розвинених країн характерна велика частка у відходах пластику різних видів.

<b>Вода</b> 625 тисяч т на добу	<b>Стічні води</b> 500 тисяч т на добу
<b>Продукти харчування</b> 2 тисячі т на добу	<b>Тверді відходи</b> 2 тисячі т на добу
<b>Енергетичні матеріали</b> Вугілля — 4 тис. т на добу Газ — 2700 т на добу Нафта — 2800 т на добу Бензин — 1 тис. т на добу	<b>Газоподібні викиди</b> Пил — 150 т на добу Окисли сірки — 150 т на добу Окисли азоту — 100 т на добу Вуглекислий газ — 450 т на добу Органічні речовини — 100 т на добу

**Рис. 39.** Приблизне споживання та відходність міст із населенням у 1 млн. жителів (за **Стадницьким** та **Родіоновим**, 1988)

Проблема відходів має високу гостроту через низьку швидкість їхнього розкладення. Папір руйнується через 2 — 10 років, консервні банки майже за 100 років, поліетиленові матеріали — за 200 років, пластмаса — за 500 років, а скло для повного розкладу вимагає 1000 років.

Особливу категорію міських відходів складають стічні води. В Україні за 1988 рік було випущено 18,7 млрд. стоків, з них 2,6 неочищених. Ступінь забруднення стічних вод оцінюють в «еквівалентах побутових стоків» — ЕПС. Один ЕПС дорівнює кількості органічної забруднюючої речовини, що виробляється однією людиною за добу. Для окислення 1 ЕПС потрібно 60 г кисню.

**Звільнення** від відходів ведеться в трьох напрямках:

1) **складування** або навіть захоронення таким чином, щоб вони не впливали негативно на навколишнє середовище;

2) **знищення** відходів шляхом їхнього спалювання;

3) **очистка від шкідливих речовин**, що становить найбільш складний процес, який здійснюється такими способами:

а) **механічна очистка** методом відстою в спеціальних відстойниках рідких стоків, фільтрування і т.п.,

б) **хімічна очистка**, при якій шкідливі компоненти відходів перетворюються в осадок або розкладаються,



в) **фізико-хімічна очистка**, головним чином, методом електролізу або іонообмінних смол,

г) **біологічна очистка** за допомогою бактерій або інших живих організмів, здатних розкладати шкідливі речовини в процесі життєдіяльності.

У більшості міст світу переважає **вивіз** відходів на звалища. На звалищах зберігається багато відходів. Складування відходів на міських звалищах є екологічно найбільш недосконалим способом порятунку від них. Стічні води звалищ токсичні і забруднюють ґрунтові води та ріки. Іде забруднення атмосферного повітря газоподібними речовинами, що утворюються при розкладанні звалених матеріалів.

Іншим способом знищення міських твердих відходів є **спалювання**. Найчастіше сміття спалюють на звалищах відкритим способом. Дефект спалювання полягає в накопиченні великої кількості попелу, який вміщує чимало токсичних речовин. Та й газоподібні викиди при спалюванні сміття небезпечні, часто виділяється діоксин. Особливо **небезпечно відкрите спалювання** пластмас. Однак відкрите спалювання побутових та промислових відходів на міських звалищах йде у великих об'ємах.

Тверді міські відходи слід спалювати в спеціальних печах. Високо ефективно спалювання у шлаковому розплаві. У цьому випадку сміття без сортування надходить у розплав. Як побічний продукт від спалювання сміття отримується залізо і кольорові метали. Сучасні сміттєспалювальні установки дають тільки 0,1 кг токсичних речовин на 1 м<sup>3</sup> газів, що виходять, та мають продуктивність до 240 тисяч тонн сміття на рік. Але до 1990 року в країнах Західної Європи працювало тільки 595 установок для спалювання пластикового сміття, в США — 157, а в Японії — 1899.

При усіх інших способах переробки відходів важливу роль відіграє їхнє сортування. Найбільш популярна японська система, що називається «нумадзу», із сортування відходів на три фракції — ті, що можна спалити, утилізувати (пляшки, банки, ганчірки і т.п.) та бросові.

Існують можливості **знешкодження** рідких промислових та побутових стоків (*рис. 40*). Вони повинні проходити **хімічну та біологічну очистку**. Використовуються різні методи. Звичайно будь-який з них складається з таких етапів:

1) передочистка, метою якої є звільнення стоків від крупного сміття. Вона полягає в проціжуванні стоків крізь ґрати та відстоювання;

2) первинна очистка в спеціальних відстойниках до отримання мулу-сирцю;

3) вторинна очистка, при якій використовуються живі організми для остаточної очистки стоків від органічної речовини.

Високоєфективний метод **крапельного фільтрування**, який полягає у виведенні стічних вод на шар піску завтовшки до 1,5 метра на час до 6 годин. Потім протягом 18 годин здійснюється продувка киснем або повітрям, що створює сприятливі умови для роботи мікроорганізмів, які знешкоджують органічну речовину таких стоків. Як модифікація цього методу може застосовуватися розбризкування на шар щебню.

Інший непоганий метод — це **метод активного мулу**, що застосовується з 1914 року. Для його реалізації створюється система неглибоких біологічних ставків, в котрих йде змішування стічних вод з мулом, що утворився при попередньому окисленні стічних вод. В активному мулі багато мікроорганізмів, які завершують знешкодження стоків.

Деякі види стічних вод настільки токсичні, що їх не можна зберігати в ставках-накопичувачах. У таких випадках доводиться вдаватися до глибинного захоронення, використовуючи відпрацьовані нафтові та газові свердловини. Але в таких свердловинах нерідко зберігаються ще не вилучені нафта й газ. Тому була запропонована технологія створення спеціальних підземних порожнин методом камуфлетних ядерних вибухів

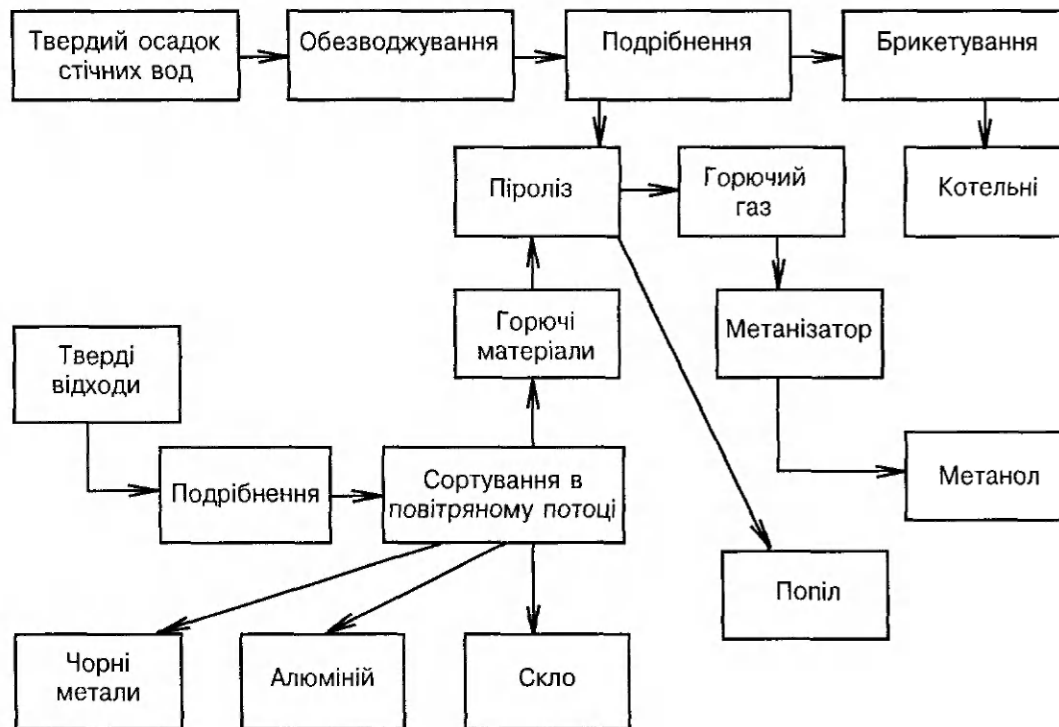


Рис. 40. Схема переробки міських відходів, що знижує екологічну шкоду від них.

потужністю в декілька кілотонн. Такі порожнини найбільш придатні для закачування токсичних речовин.

На полігонах твердих побутових відходів іноді намагаються вирощувати рослини, в тому числі навіть лікарські (Н.Ю. Бойків, 1993, в Донецьку), але це дуже небезпечний шлях. Склад побутових відходів досить строкатий, часто невідомий, їхні токсичні компоненти можуть включатися до складу тканини рослин та завдавати шкоди здоров'ю людини при використанні їх як лікарських засобів чи при вживанні в їжу.

Для України прикладом ефективного вирішення проблеми боротьби зі сміттям та стічними водами може бути Франція. Майже в усіх містах усєї країни є спеціальні сміттєспалювальні засоби, а сміття проходить попереднє сортування. Є велика кількість компостних підприємств, що утилізують побутові відходи та виробляють компост для виноградників та біогаз. Виходить на цей рівень боротьби за чисте екологічне середовище міст і Японія.

Актуальною проблемою міст світу є запобігання утворенню великої кількості відходів. У промисловості для цього необхідно застосовувати особливі технології. У побуті в багатьох випадках досить змінити характер упаковки товарів, щоб різко знизити кількість побутових відходів. У ряді країн Західної Європи вже відмовляються від упаковки молочних продуктів в пластиково-картонні пакети і віддають перевагу тарі — скляним пляшкам та банкам. З утворенням Європейського Союзу почалася своєрідна «війна упаковок» між Німеччиною, Францією та Великобританією, оскільки знищення тари та повернення її виробнику однаково дороге. У США розгорнулася ціла політична кампанія «пляшкових законів», тобто законів, що зобов'язують виробників товарів повернутися від одноразових упаковок до багаторазової тари, зокрема до пляшок.

### 3.9. Міста майбутнього

Гострота екологічної ситуації більшості міст світу спонукає містобудівників шукати нові шляхи в плануванні та інфраструктурі міст. У 1984 році в США **К.Лінч** видав книгу «Теорія формування благополучного міста», в якій спробував дати екологічно обгрунтовані способи планування міст та містобудування. Ця книга зробила великий вплив на світовий досвід, але для старих міст далеко не завжди можливе перепланування. Не вирішене й принципове питання щодо самого типу міст майбутнього. На думку, наприклад, **М.Рагона** (1969) — це цілком індустріалізовані споруди зі штучним середовищем. Інженер **Дрязгов** в 60-х роках пропонував проект міста на 54 млн. мешканців. М.С.Хрущов у свій час виношував протилежну ідею про агроміста як гармонійно інтегровані агропромислові комплекси.

Деякі футурологи містобудівництва пропонували утопічні проекти, але в багатьох із них були раціональні рішення, впровадження яких в практичну реалізацію могло б досить швидко оздоровити навколишнє середовище в містах. Принцип містобудівництва майбутнього очевидний — це гармонізація природного та соціального середовища в місті. Але реалізувати цей принцип не так просто. Тут можливі альтернативні підходи: спорудження багатоповерхових будівель або сімейних котеджів, орієнтування на міста невеликих розмірів чи на багатомільйонні мегалопіси.

**Р.Нейланд**, бізнесмен із Нідерландів, в 1990 році запропонував ідею та проект «Європолісу» — міста майбутнього для Європи. На думку авторів проекту — це багатоповерхове місто, в якому оптимально поєднуються виробничі та жилі блоки з ділянками лісів та луків. У проекті поєднана велика кількість найкращих ідей сучасного містобудування.

Архітектори країн Західної Європи останнім часом орієнтуються на невеликі міста з населенням у 30 — 60 тисяч. Тим більш, що американський письменник А.Кларк передбачив, що в майбутньому великі міста можуть бути покинуті. У мегалопісах економічно розвинених країн цей процес по суті вже почався — найбільш заможні мешканці міст віддають перевагу жити в невеликих містах, приїжджаючи в промислово-діловий блок основного міста тільки на роботу.

Так чи інакше, але, відповідно концепції фінського архітектора **Р.Піетіля** (1974), місто майбутнього повинно бути екологічно чистим, зеленим, упорядкованим. Природне середовище в таких містах повинно представляти самостійну культурну цінність. Промислові та побутові будівлі в майбутніх містах будуть забезпечені плоскими сонячними колекторами, і такі пасивні способи використання сонячної енергії допоможуть місту знизити споживання енергії від електростанцій не менш, ніж на 25%. Вертикальне озеленення з використанням ліан буде виступати не лише як декоративний елемент, але й сприяти пиле- та шумозахисту приміщень. У південних містах доцільно відмовитись від асфальту, оскільки в спеку він дає багато токсичних виділень. Обов'язковим елементом міського середовища стануть «біотипи» — ландшафтні ділянки, що імітують незаймані природні екосистеми.

Починає формуватися новий напрямок в містобудуванні — **підземна урбаністика**. Нижче рівня ґрунту планується розміщувати гаражі, комори та склади, пральні і навіть торгові центри. Такий підхід сприяє вирішенню екологічних проблем міст, але він приховує небезпеку для здоров'я тих осіб, які виявляються зв'язаними з виробництвами, що розташовані під землею.

Серйозної трансформації вимагає транспортна мережа міст. Вона повинна залишити вулиці пішоходам, а основні транспортні артерії, безумовно, повинні піти під землю, або будуть прив'язані до дахів будинків. В останньому випадку, як це було в проекті англійського міста майбутнього, на рівні п'ятого поверху всі будинки повинні бути зв'язаними суцільними стрічками.

Практично міста майбутнього вже народжуються сьогодні. Так, в 1991 році титул

«екологічна столиця світу» був присуджений містам Ерланген та Нестерсхайм. У 1992 році цей титул одержало місто Фрайбург. У Німеччині йде й активний пошук найбільш оптимального типу міської будівлі. Так, в Шварцвальді споруджено жилий будинок, на даху якого розміщена сонячна батарея потужністю в 1,8 кВт. Вона влітку забезпечує потреби мешканців в електроенергії на 100%, а взимку — на 90%. Завдяки сонячним батареям йде й підігрів води. Є колектори для дощової води, яка використовується в туалетах. Прикладом екологічної реконструкції сучасних міст може бути японське місто Осака. Його розвиток йде за програмою «Міське планування в гармонії з інтересами населення та навколишнього середовища». Велика увага приділяється розвитку мальовничих зон (у європейській термінології — «біотопів»).

З урахуванням процесу урбанізації, що веде до поселення все більшої частини жителів планети в містах, екологізація міського життя — це одна з першочергових задач у реалізації прав людини на здорове екологічно чисте середовище.

#### **Опрацювавши цей розділ, Ви повинні вміти:**

1. Назвати основні відмінності міст та сільських населених пунктів.
2. Перерахувати основні елементи інфраструктури міст.
3. Виділити основні екологічні проблеми, що постають перед мешканцями міст України.
4. Вказати на екологічні переваги від економії енергоносіїв в умовах міста.
5. Перерахувати види екологічних збитків, що завдає автотранспорт міському середовищу.
6. Назвати основні способи знешкодження та утилізації міських відходів.
7. Описати мікроклімат, що властивий містам.
8. Сформулювати своє ставлення до основних проектів майбутніх міст.

#### **Питання для самоперевірки та обговорення:**

1. Що таке урбанізація?
2. У чому полягає привабливість міського способу життя для людей?
3. Чому азбест та радон небезпечні для мешканців міст?
4. Обговоріть проблему формування мегаполісів з погляду можливостей створення в них здорового навколишнього середовища.
5. Як ви розумієте проблему «хворих будинків»?
6. Опишіть основні види очисних споруд та обговоріть можливе підвищення якості очистки побутових та промислових стоків.
7. Які екологічні проблеми виникають при захороненні відходів?
8. Обговоріть, що таке рециклінг відходів, які екологічні переваги він має і що потрібно зробити для його впровадження.
9. Порівняйте переваги та недоліки проживання в місті та селі.
10. Які особливості має рослинний та тваринний світ міст?

## Розділ 4

# ПЕРСПЕКТИВИ ЕКОЛОГІЧНОЇ КОНВЕРСІЇ ПРОМИСЛОВОГО ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

### 4.1. Екологічна конверсія — актуальна проблема цивілізованого людства

Екологічна криза ХХ століття засвідчує, що біосфера та її компоненти є досить крихкими структурами. Вони почали інтенсивно руйнуватися під впливом глобального антропогенезу та втрачати сприятливі для людини властивості. Оскільки якість життя людини визначається сукупністю не лише матеріальних, духовних, соціальних, демографічних, але й екологічних компонентів, то в умовах екологічної кризи вона почала знижуватися. В інтересах збереження людської цивілізації виникла необхідність у перегляді традиційно прийнятих у виробництві пріоритетів.

Усі види виробництва для пом'якшення їхньої несприятливої дії на навколишнє середовище, необхідно екологізувати. **Екологізація** — це поширення екологічних принципів та підходів на природничі та гуманітарні науки, на виробничі процеси та соціальні явища. У сфері матеріального виробництва, на думку **М.Пура (Poore, 1982)**, екологізація природокористування включає в себе три компоненти:

- а) максимальну ефективність користування ресурсами;**
- б) відтворення ресурсів та їхня охорона від виснаження;**
- в) найбільш доцільні способи використання ресурсів.**

Конкретних можливостей екологізації досить багато. В області виробництва це перехід на безвідходні технології, бережне використання невідновлюваних ресурсів, економія енергії, відновлення лісів, повне знешкодження всіх видів відходів до їхнього надходження до навколишнього середовища. Така зміна виробництва отримала назву **екологічної конверсії**. Екологічна конверсія є умовою забезпечення невід'ємного права кожної людини на використання екологічно чистого навколишнього середовища.

Але така точка зору на екологічну кризу ХХ століття та шляхи виходу з неї поки не є загальноприйнятною. Окремі технократично настроєні спеціалісти та політики вважають, що матеріальне виробництво не несе відповідальності за розвиток кризових ситуацій. Неоднозначна й думка щодо глибини екологічної конверсії.

Деякі фахівці вважають, що у людства є тільки один вихід — повністю повернутися до гармонії відносин «людина — природне середовище», яка була характерною для доіндустріального етапу розвитку цивілізації. Інші вважають, що технічна могутність людства, що викликала екологічну кризу, забезпечить і здолання його наслідків.

Засновником течії «**назад до природи**» є **Ж.Ж.Руссо, К.Стоун** та **А.Леопольд** розробили особливий напрямок — **енвайронменталізм**, як найбільш осучаснений варіант уявлень **Ж.Ж.Руссо, П.Берг** та **Р.Дасманн** заснували течію — **біорегіоналізм**, що базується на зв'язку природних та культурних факторів. Існує особлива течія «**глибина екологія**» (**Б.Діволл, А.Дренгсон, В.Фокс**), яка виходить з того, що технічний прогрес неминуче зруйнує природне середовище та збереження біосфери можливе тільки шляхом відмови від технологічних досягнень та технічного прогресу. Але усі ці течії не

враховують реального життя. Людство не може та не хоче рухатися назад. Розвиток цивілізації варто орієнтувати не на гасло «назад до природи», а на рух уперед до екологічного господарювання.

Технократичні утопісти бачать вихід із кризи в прискоренні розвитку технічних компонентів цивілізації. Так, **А.Д.Сахаров** (1974) у статті «Світ через півстоліття» пропонував розділити територію планети на робочі та заповідні зони, і вважав, що робочі зони, займаючи тільки 30% суходолу, зможуть забезпечити усі потреби людства, тундра та пустелі завдяки атомній енергетиці перетворюються в квітучий сад. Прибічники технократичного способу мислення пропонують, наприклад, знизити сільськогосподарський антропогенез шляхом заміни бавовни синтетичними волокнами, промисловий антропогенез — заміною металів пластмасою. Але не підраховано, що створює більше забруднення навколишнього середовища — бавовництво чи промисловість, що виробляє штучні волокна. Реальність подібного шляху розвитку така ж сама, як спроба повернути людство «назад до природи».

У широкому розумінні вихід зі стану екологічної кризи можливий тільки при вирішенні комплексу соціальних, економічних та технологічних проблем на основі концепції екологічної конверсії виробництва, яка відкриває найбільш реальний шлях до загальної екологічної рівноваги. **Екологічна рівновага** — це баланс природних та антропогенних процесів, що забезпечує максимальний екологосоціально-економічний ефект протягом необмеженого часу. Метою екологічної конверсії є досягнення екологічної рівноваги в регіональному, а потім і в глобальному масштабі.

Підходи людського суспільства до вирішення комплексу проблем екологізації соціальних та виробничих процесів іноді називають екологічною революцією, за визначенням **Л.Брауна** (1992), маючи на увазі «переведення світової економіки на екологічно стійкий шлях розвитку, що забезпечує захист економіки, більш здоровий спосіб життя та покращання умов існування людини на землі».

Шлях до екологічної рівноваги в системі «природне середовище — людське суспільство» вимагає поєднання рішень різного типу. У випадку створення наперед відомих невірноважених систем, які мають високу відходність виробництва (це в основному промислові підприємства), необхідне повне відмежування від них сусідніх природних угруповань та агроєкосистем. Такі підприємства повинні мати тільки один «вхід» для ресурсів, що споживаються, та один «вихід» для готової продукції. Там, де це тільки можливо, варто перетворювати нерівноважні системи в екологічно рівноважні (це головним чином агроєкосистеми). Одночасно людству доводиться брати на себе турботу щодо підтримки природної екологічної рівноваги в екосистемах, що його поки зберегли (це природні екосистеми) за рахунок раціоналізації використання чи повної охорони (заповідники та національні парки).

У сучасний історичний період найбільшу актуальність має переведення виробництва на маловідходні та безвідходні технології. **Безвідходною технологією** називають такий спосіб виробництва продукції, при якому найбільш раціонально і комплексно використовується сировина і енергія таким чином, що будь-які впливи на навколишнє середовище не порушують його нормального функціонування. У безвідходних технологіях уся сировина перетворюється в продукцію, технологічний процес не дає відходів і всі компоненти сировини знаходять собі застосування. Важкість переходу ряду підприємств на безвідходну технологію допускає їхній перехід спочатку на маловідходні технології тільки як тимчасовий компроміс.

**Маловідходна технологія** — це такий спосіб виробництва продукції, при якому шкідливий вплив на навколишнє середовище не перевищує рівень, що допускається санітарно-гігієнічними нормами, а відходи направляються на тривале збереження чи переробку.

Однією з форм екологічної конверсії є **ренатуралізація**. Цим терміном, що був запропонований **Т.Кічинським** та **А.Жбіковським** у 1986 році, називають ліквідацію

негативних наслідків господарської діяльності інженерними засобами. Основними видами ренатуралізації є:

**а) відновлення колишніх русел річок, де вони були штучно випрямлені в інтересах судноплавства;**

**б) ліквідація протиповеневих валів біля русел річок;**

**в) ліквідація зрошувальних та осушувальних меліоративних систем і т.п.**

Головна мета ренатуралізації полягає у відновленні природних екосистем на деградованих та спустошених у результаті господарської діяльності територіях.

Людству потрібна стійка цивілізація, а такою вона може бути тільки у випадку відповідності законам екології, за якими існує біосфера планети. Шлях до стійкої екологічної цивілізації вимагає прийняття та реалізації глобальних рішень, які мають бути й ефективними. Так, наприклад, у Європейському Союзі та ряді інших розвинутих держав розпочалося введення екологічних етикеток на товари, що мають високий та гарантований рівень «екологічної» чистоти. У Європейському Союзі це поєднання шестерні з квіткою маргаритки. У Німеччині екологічна етикетка товарів давно має вид «блакитного ангела». У сучасному урбанізованому світі було б корисним замість зведень погоди, які для жителів міста мало важливі, щоденно передавати екологічні зведення, що характеризують стан навколишнього середовища.

## 4.2. Демографічні фактори

Жива речовина планети існує 3,6 — 3,8 млрд. років, людина з'явилася всього тільки 3 млн. років тому. Таким чином, в загальній історії біосфери на долю антропогенного фактору приходиться всього 0,07% загального терміну її існування. Розвиток людства з його технічними можливостями виявився для біосфери подібним до вибуху, тому що біосфера адаптована на досить повільних та поступових впливів.

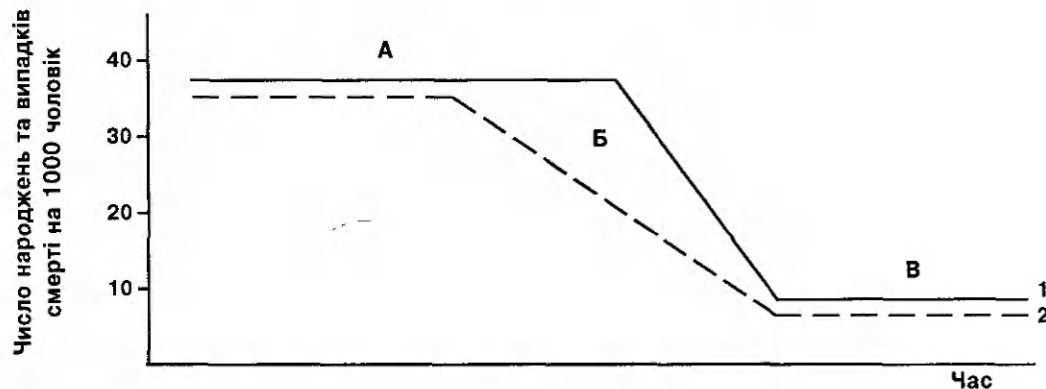
Головними факторами росту чисельності населення у XX столітті стало покращання харчування та санітарно-гігієнічних умов, що запобігали виникненню багатьох епідемій, а також заходи щодо зниження дитячої смертності. Адже під час епідемій чуми в 1348 — 1350 роках в Європі загинуло 25 млн. людей, тобто 1/4 тодішнього людства. У США під час громадянської війни безпосередньо від воєнних дій загинуло тільки 92 тисячі людей, а від висипного тифу 192 тисячі. І тільки у другій світовій війні число вбитих виявилось більшим, ніж число померлих від хвороб.

В історії людства був період так званої «примітивної стабілізації» чисельності населення, коли вона забезпечувалася поєднанням високої народжуваності з високою смертністю (головним чином дитячої). На **рис.41** цьому відповідає ліва зона **А**. Метою сучасної демографічної програми є здійснення переходу (**Б**), коли народжуваність має бути знижена до рівня смертності (**В**). У розвинених країнах Європи демографічний перехід вже здійснений. Але основна частка населення світу, яка зосереджена в країнах, що розвиваються, знаходиться в фазі демографічного вибуху.

Регіональна щільність заселення планети суттєво коливається. Вона складає в США 29,5 чол./км<sup>2</sup>, в Іспанії — 76,8, в Китаї — 113, в Індії — 237,5, в Бангладеш — 712. Середня щільність населення в Європі, включаючи Україну, дорівнює 163 чоловік/км<sup>2</sup>.

Перед спеціалістами стоїть непроста проблема визначення граничної щільності заселення планети людьми. За підрахунками **А.Єлісеєва** (1991), на суходолі площею в 149 млн. кв. км, з яких для проживання придатні тільки 100 млн. кв. км, може жити 5,7 млрд. чоловік. Це означає, що сучасна чисельність населення гранична. Інші автори визначають граничну ємність Земної Кулі в 10 — 12 млрд. чоловік.

Без регулювання чисельності населення не можливо забезпечити право людини на якісне життя. Адже навіть у США, за даними **Х.Гевана** (1989), 100 млн. людей живуть у



**Рис. 41.** Демографічні процеси в людському суспільстві.

1 — народжуваність, 2 — смертність, А — зона примітивної стабільності, Б — демографічний перехід, В — зона цивілізованої стабільності.

районах, де перевищена санітарна норма концентрації озону, 29 млн. — де перевищена концентрація чадного газу та 60 млн. — важких металів. В усьому світі до 1 млрд. людей живуть в умовах постійних злиднів. **Р.І.Храпко** (1993) вважає, що людство стоїть перед серйозним вибором: або в сім'ях всупереч емоціям та традиціям повинно бути тільки 1-2 дітей, або цивілізація прийде до краху. За найбільш обгрунтованими підрахунками **Л.Брауна**, **К.Флейвіна** та **С.Постела** (1994), для стійкого розвитку цивілізації населення Землі не повинно перевищувати 8 млрд. людей, але навіть і в цьому випадку потрібні глибокі зміни характеру виробництва та стилю життя.

### 4.3. Соціальна екологія

Досвід людства показує, що вирішення проблем в системі «людина — природне середовище» можливе лише на базі єдності наукового знання, виробничої діяльності та соціальних процесів. Функцію інтегрування інформації про систему «людина — природне середовище» виконує соціальна екологія. Соціальна екологія стала повноправною частиною загальнолюдського знання. Вона формується як наука про закони, принципи й методи оптимізації суспільства та природи.

Основною метою соціальної екології є пошук шляхів подолання відчуження людини від природи. Теоретичних основ для вирішення цієї проблеми пропонувалося чимало. Це й безмежність розуму за **М.Ф.Федоровим** (1910), і концепція ноосфери **В.І.Вернадського** (1920—1930), абсолютизуюча можливості науки, і гуманізм, що ставить людину в центр природного середовища та представляє світ як світ виключно людський, і сучасне богослів'я, яке трактує біблейську тезу «наповнюйте землю» як вказівку Бога на єдність природи та людства.

Витоки соціальної екології пов'язані з концепцією російського філософа **М.Ф.Федорова**, який розробляв філософію «спільної справи». Основними принципами цього філософського напрямлення є мирний розвиток цивілізації та розумне регулювання взаємин людства та природи. Але М.Ф.Федоров віддавав пріоритет моральному над соціальним («супроморалізм»), що не є реальним. Не мають серйозного обгрунтування і його побудови про тотальну космізацію людської діяльності з підпорядкуванням усього Всесвіту людству.



На основі уявлень **М.Ф.Федорова, Е.Ціолковського, О.Л.Чижевського** та **В.І.Вернадського** склалося особливе направлення соціальної екології, яке отримало назву «**російський космізм**». Цей напрямок розвиває ідею про безсмертя людського роду, відповідальність людства за свою діяльність та про неминучість виходу людства у Космос. Представники російського космізму намагаються в єдиній концепції об'єднати комплекс уявлень від релігійних до природничо-наукових.

Особливе місце в розробці проблем соціальної екології посідає концепція ноосфери. Вчення В.І.Вернадського про перехід біосфери в ноосферу є прогностичною концепцією. Це один із варіантів того стану соціуму, який ще раніше **Дж.Леконт** та **Ч.Шухерт** (1908) називали психозойською ерою. Але В.І.Вернадський збагатив ці уявлення шляхом природничо-наукового та соціального синтезу та виділення природи як найвищої цінності людського буття. Деяко з інших позицій підходив до ноосфери **Тейяру де Шарден** (1987). За ним, ноосфера — це мислячий пласт, що знаходиться «поза біосферою та над нею», тоді як за В.І.Вернадським ноосфера є стадією розвитку біосфери.

Усвідомлюючи об'єктивну необхідність розробки проблем соціальної екології, варто визнати, що існування двох екологій — біоекології та соціоекології завдає шкоди. Такий екологічний дуалізм відбиває існування двох поглядів на екологію. На думку одних — це вузькодисциплінарна наука, на думку інших — це «життєзнавство». Потрібен **природно-соціальний синтез екологічного знання**, в якому незалежно від назви науки — екологія, біосферологія або глобальна екологія — існує суспільна потреба. Екологічний імператив повинен лягти в основу національної, регіональної та світової політики. Саме екологічний імператив та концепція рівної справедливості можуть скласти основу стійкого розвитку цивілізації, соціально-економічного прогресу та загальнолюдської безпеки.

#### 4.4. Роль громадського екологічного руху в екологічній оптимізації виробництва

Одним із зародків суспільного руху в галузі охорони природи наприкінці XIX століття виступив С'єра-Клуб, організований **Джоном М'юїром**. У подальшому такий рух поширився та став характерним майже для усіх країн світу. У розвитку громадського екологічного руху можна виділити три основних періоди. Перший, що тривав в 30—40-х роках XX століття, характеризувався орієнтацією на забезпечення екологічної чистоти підприємств та захист працюючих від професійних захворювань. Другий період припадає на 50—70-і роки, коли в зв'язку з науково-технічною революцією розгорнувся рух за загальне оздоровлення навколишнього середовища. І, нарешті, третій сучасний період, що характеризується тим, що екологічний рух спрямований на боротьбу з глобальною кризою радіаційної безпеки.

Сучасний спектр такого руху досить широкий. Але його прихильників від енвайронменталістів і екологів, до «зелених» відрізняє ряд загальних підходів. Вони, як правило, зорієнтовані на такі **програмні положення**:

1. **Загальне припинення індустріального промислового розвитку;**
2. **Вимога припинення реалізації великих проектів промислового розвитку, особливо в країнах Латинської Америки та Азії;**
3. **Проведення політики, спрямованої на обмеження росту населення приблизно на 2% на рік.**

Ряд громадських екологічних неурядових організацій внесли та продовжують робити помітний внесок в усвідомлення суспільством необхідності серйозно вирішувати проблеми, пов'язані зі станом природного середовища. Хоча в більшості випадків основні

зусилля учасників екологічних організацій спрямовуються на боротьбу з наслідками екологічних порушень, а не на їхнє запобігання.

**Сучасний екологічний рух** дуже строкатий за своїми цілями, у його членів віра та емоції нерідко переважають над тверезим розрахунком. В останній час громадські екологічні організації почали об'єднуватися з утворенням при цьому структур міждержавного типу. Такі асоціації та союзи працюють над створенням проектів екологізації суспільства, фінансують окремі регіональні та межрегіональні природоохоронні програми. Величезна робота проводиться Міжнародним науковим комітетом з проблем навколишнього середовища (СКОПЕ). Він реалізує 7 великих проектів:

1. Вивчення біогеохімічних циклів.
2. Вплив людини на відновлювані природні ресурси.
3. Людські поселення та навколишнє середовище.
4. Токсикологія навколишнього середовища.
5. Моделювання.
6. Моніторинг навколишнього середовища;
7. Громадська оцінка інформації про навколишнє середовище.

Високий авторитет має Міжнародний союз охорони природи та природних ресурсів (МСОП), створений у 1948 році. Він нараховує 600 членів, в тому числі 61 національний уряд та 120 урядових агенцій. МСОП проводить активну роботу щодо створення глобальних та регіональних природоохоронних стратегій.

В Україні важливу роль відіграє **Українська екологічна асоціація «Зелений світ»**, **«Національний екологічний центр України»** та **«Союз Чорнобиль»**. Асоціація «Зелений світ» була заснована у 1988 році і проводить велику роботу під загальним девізом «Вживання, демократія, гуманізм». На її рахунку моніторинг кислотних дощів в Україні, акції захисту природних об'єктів, громадська екологопросвітницька діяльність. Національний екологічний центр України реалізує довгострокову програму «Зелений німб України». Велику позитивну роль відігравали та відіграють суспільні організації в запобіганні ядерної війни та загальній демілітаризації економіки. Декларація Паугоського руху, що підписана 97 лауреатами Нобелівської премії, повністю заперечує будь-які види ядерної зброї. При загальній позитивній ролі екологічного руху треба відзначити, що в окремих випадках він страждає «ідеалізацією» екології, а іноді навіть і екологічним екстремізмом. Сучасному суспільству потрібні прагматичні рішення, що враховують не тільки екологічні, але і соціальні та економічні аспекти будь-якої проблеми. Фундаментальних рішень глобальних екологічних проблем можна очікувати лише на рівні національних урядів, оскільки вони вимагають високої професійної кваліфікації в поєднанні з цивільною моральністю та відповідальністю.

## 4.5. Екологічна експертиза та екологічні паспорти

Потреби підприємств промисловості та сільського господарства в екологічній конверсії визначаються на основі матеріалів екологічних експертиз. Екологічна експертиза технічних проектів вперше почала застосовуватися в 60-ті роки у Великобританії. У ФРН закон обов'язковості екологічних експертиз був прийнятий у 1990 році. Закон України про охорону навколишнього природного середовища передбачає проведення екологічних експертиз як діючих промислових та сільськогосподарських підприємств, так і тих, що проєктуються, а також окремих територій.

Матеріали **екологічної експертизи включають** у себе такі розділи:

1. Опис змісту та призначення проекту (діючого підприємства або території).
2. Місце реалізації та екологічні параметри.

3. Оцінка усіх видів впливу реалізованого проекту на навколишнє середовище.
4. Вплив проекту на добробут населення.
5. Вплив проекту на флору та фауну.
6. Вплив проекту на взаємозв'язок між компонентами навколишнього середовища.
7. Вплив на пам'ятники культури.
8. Аналіз достатності заходів, що передбачені проектом, щодо усунення шкідливих впливів на навколишнє середовище.
9. Загальний висновок про доцільність реалізації проекту.

**Завершується екологічна експертиза оформленням екологічного паспорту.** Ідея екологічних паспортів вперше з'явилася в Сибірському відділенні АН СРСР при аналізі байкальської проблеми. **Сучасний екологічний паспорт** — це документ, що відображає стан даного підприємства або ділянки території з погляду їх дії на навколишнє природне середовище. В екопаспорті дається розгорнута характеристика технології виробництва з розкриттям матеріальних та енергетичних витрат, детально характеризуються усі викиди та відходи виробництва із зазначенням їхньої токсичності: описується продукція, що випускається, та дається оцінка ступеню її можливої екологічної шкідливості. Екопаспорт вміщує пропозиції щодо оптимізації виробництва та особливостей організації поточного екологічного контролю на ньому.

Розробляються **екологічні паспорти і для рідкісних видів рослин та тварин.** У цьому випадку в екологічний паспорт включаються дані про ареал виду, чисельність, типові місця перебування, структуру популяцій, трофічні зв'язки, особливості розмноження, наявність ворогів та шкідників, вразливість до різних антропогенних впливів.

Необхідність вирішення проблем стану навколишнього середовища та якості життя привели до появи екоіндустрії — особливої галузі промисловості, що виробляє прилади та обладнання для знешкодження шкідливих речовин та обліку їхнього перебування в повітрі, воді або ґрунті. У 1990 році перший міжнародний екологічний ярмарок був проведений в м. Ванкувері (Канада), в ньому взяли участь 64 країни світу. Асортимент товарів екологічного ринку стає все більш широким: пилеуловлююче та газоочисне обладнання, устаткування доочистки димових газів і т.п. Особливий розділ таких ринків — прилади та обладнання для контактного та дистанційного контролю навколишнього середовища. Ринок екотехніки та екологічно чистих технологій в наш час дуже ємний і вихід на нього України був би економічно дуже вигідним.

## 4.6. Екологічна конверсія в промисловості

Розвиток екологічної кризи поставив складні задачі перед промисловим виробництвом. Виникла необхідність наукового аналізу взаємодії промислового виробництва з природним середовищем, на основі якої почала розвиватися нова галузь загальної екології — промислова екологія.

**Промислова екологія** є розділом загальної екології, що вивчає вплив промислового виробництва на навколишнє природне середовище.

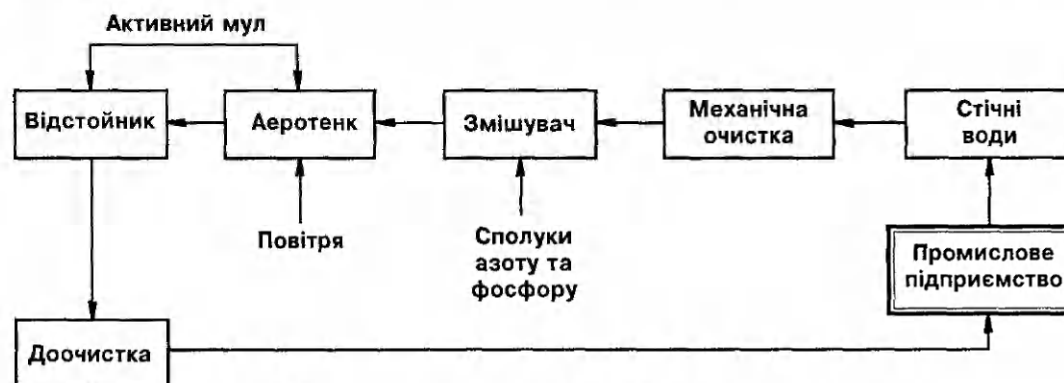
Оптимізація параметрів середовища життя вимагає перегляду стратегії розвитку промислового виробництва з відмовою від екологічно небезпечних технологій. Цей шлях розвитку отримав назву екологічної конверсії промислового виробництва. Екологічна конверсія — багатоплановий та тривалий процес. Він пов'язаний, перш за все, з оцінкою реальної необхідності продукту для суспільства, а сама продукція повинна відповідати високим екологічним вимогам.

Екологічної конверсії гостро потребує видобувна промисловість. Можливості для пом'якшення екологічних збитків від неї існують. Необхідно, перш за все, забезпечити

повне вилучення корисних копалин. Втрати сировини при видобуванні та транспортуванні повинні бути мінімальними. Усі супутні продукти видобувної промисловості слід використовувати. Сировина та кінцеві продукти видобувної промисловості повинні правильно зберігатися.

**В.І.Савченко** (1991) показав на прикладі Східної України повну можливість зниження екологічного ефекту від видобувної промисловості в регіоні. Для цього варто при сейсморозвідці корисних копалин перейти до невибухових методів збудження коливань. При видобуванні корисних копалин не допускати порушень природних водотоків на місцевості, зберігати родючий шар ґрунту, не допускати відкритого витікання нафти та природного газу.

Важливим елементом екологізації виступає розробка технологій виділення та знешкодження відходів. Перш за все, відходів повинно утворюватися якомога менше. Це досягається за рахунок рециклінгу відходів. **Рециклінгом** відходів називають їхнє повторне використання для отримання корисних продуктів. Схема рециклінгу відходів проста: первинна сепарація в місцях утворення — сортування та неінтегрована переробка — отримання корисних продуктів або матеріалів. Так, підприємства фірми IBM в 1991 році дали 5600 тонн відходів, але 80% з них були знову залучені у виробництво на основі технологій рециклінгу. На прикладі нафтопереробного підприємства переробка відходів показана на **рис.42**. Розвивається цей напрямок поволі, однак за рециклінгом відходів велике майбутнє.



**Рис.42.** Схема рециклінгу в біохімічній очистці стічних вод нафтопереробного промислового підприємства.

Є технологічні можливості для зниження викидів оксидів сірки та азоту до атмосфери. Їхнє впровадження дозволить зупинити прогресуюче забруднення атмосфери цими газами та знизить частоту випадання кислотних дощів. Необхідні для цього заходи не складні. Слід:

- а) надавати для спалювання попередньо збагачене вугілля;
- б) здійснювати очистку нафти від сірки та азоту;
- в) на усіх стаціонарних та пересувних установках оптимізувати режим спалювання кам'яного вугілля та палива, яке отримується з нафти, зокрема ефективно збагачення пального воднем;
- г) проводити очистку продуктів горіння від оксидів сірки та азоту до того, як вони потраплять до атмосфери.

Технологічні процеси та типи відходів в різних галузях промисловості не однакові. Тому форми їхньої екологізації різні. У металургійній промисловості це заміна мартенів, де виплавлення сталі йде 8 — 12 годин, на конвертори, що видають метал кожні півгодини.

Впроваджуються установки безперервного розливу сталі, що також забезпечує зниження забруднення навколишнього середовища.

На підприємствах цукрової промисловості екологічну конверсію варто починати з очистки стічних вод, які забруднюють водойми.

Найбільш досконалий такий **спосіб біологічної очистки**. На цукрових заводах Росії та України його почали застосовувати з другої половини XIX століття. Для цього створюються поля зрошення, поля фільтрації та біологічні ставки. Створення штучних біоценозів із найпростіших, мікробів та черв'яків значно прискорює розклад осаду. Від важких металів можна позбутися шляхом осадження їх спеціальними реагентами.

Світовим лідером в галузі екологічної конверсії промисловості є Німеччина. За даними **Е.Шульца** (1992), тут значно знижене використання коксу при виробництві металу (з 850 кг до 359 кг на 1 тону гарячого металу). Впроваджується безперервне розливання, що забезпечує економію енергії. З 1966 року повністю відмовилися від бессемерівського способу отримання сталі. Впроваджені пиле- та газозуловлювачі, які знизили викиди пилу до величини, не більшої 1,4 кг на 1 тону необробленої сталі, тоді коли раніше вони перевищували 3 кг.

#### 4.7. Екологічна конверсія в сільському господарстві

Світову стратегію сільськогосподарського природокористування багато в чому визначає створена в 1945 році при ООН продовольча сільськогосподарська організація — ФАО. Спершу її діяльність оцінювалася позитивно. Але в останні роки гострій критиці піддавалися її стратегічні пріоритети. То був загальний курс на інтенсифікацію сільського господарства, орієнтування країн, що розвиваються, на монокультури, повсюдне впровадження сортів, ігнорування методів рослинництва та тваринництва, віками вироблених місцевим селянством, тісний зв'язок із хімічною індустрією та політика заохочувального поширення пестицидів та синтетичних мінеральних добрив. Саме ці пріоритети привели агроекосистеми світу до кризової ситуації.

Ілюзорним виявився й прогрес, що був досягнутий за рахунок інтенсифікації галузі. Дійсно, за останні 10 років виробництво сільськогосподарської продукції збільшилося на 25%, але ринкові ціни на неї зросли на 100%, а реальні прибутки фермерів — лише на 15%. У зв'язку з цим з 1985 року Європейський Союз проводить нову політику розвитку сільського господарства. Прийнято рішення не засівати з 1993 року 4,2 млн. га земель. Їх можна як виняток використовувати лише для вирощування культур із метою переробки на біопаливо. Затверджена програма консервації на 10 років 18,2 млн. га сільськогосподарських земель у США. На резервних землях навіть не дозволяється заготовлювати сіно. Це можна робити тільки в окремі роки, в термін, коли повністю завершується гніздування птахів, і кожен раз за особливим дозволом департаменту землеробства США. Компенсація також виплачується за залуження берегів річок та ставків і за відмову від осушення. Більш того, фермери, які відмовляються від отримання компенсації та не здійснюють цих заходів, втрачають можливість пільгових кредитів та пільгової оплати при продажі продукції. Епоха інтенсифікації сільськогосподарського використання починає змінюватися епохою екологічної конверсії землеробства та тваринництва.

Науковий пошук у галузі теорії систем землеробства та відкриття законів землеробства в поєднанні з емпіричними виробничими дослідженнями дозволили виділити цілу групу раціональних засобів, які екологізують агрономію та ведуть до формування концепції екологічно безпечних, безвідходних та ресурсозберігаючих технологій. Як головні напрямки тут визначились:

- а) турбота про збереження родючості ґрунту;
- б) використання органічних добрив, сидератів, та посівів багаторічних трав;

- в) застосування мінеральних добрив та хімічна меліорація на суворій науковій основі;
- г) збільшення частки методів боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами рослин;
- д) комплекс заходів щодо запобігання ерозії ґрунту, включаючи контурно-меліоративне землеробство, полезахисне лісорозведення, безвідвальний та мінімальний обробіток ґрунту;
- е) обмеження у використанні важкої техніки.

У галузі обробітку ґрунту екологічна конверсія повинна, перш за все, торкнутися оранки. Звичайним агрегатом, що застосовується для цієї мети, є плуг. Він з'явився ще в Давньому Римі, поступово поширився в усьому світі та став свого роду символом інтенсифікації. Першим проти орного землеробства виступив у Києві в 1899 році **І.Є. Овсінський**. Пізніше американський вчений Е.Фолкнер (1943) надрукував книгу «Безумство хлібороба-орача», в якій проілюстрував збитки природному середовищу, що завдаються оранкою в землеробстві. За наполяганням Т.С.Мальцева ця книга була перекладена російською мовою, а **Т.С.Мальцев** (1960 — 1970) розробив власну систему обробітку ґрунту, яка полягає в періодичних безвідвальних обробках ґрунту на глибину до 40 см та регулярних спусувань на глибину до 7 — 8 см.

Подібна система була розроблена й в Україні. Полтавський досвід щодо впровадження регіональної системи ґрунтозахисного безплужного землеробства проводився з 1973 року. Система передбачала відмову від відвальної оранки та заміну плуга плоскорізами та іншим знаряддям. Досвід полтавських землеробів, якими керував **Н.К.Шикун** та **Ф.Г.Моргун**, був оцінений позитивно, і в 1980 році було прийнято рішення про переведення рослинництва Полтавської області на цю систему. До 1984 року система була впроваджена повністю та почала давати непогані економічні показники в поєднанні з екологічною ефективністю. На ланах зменшилася ерозія, почало зменшуватися внесення гербіцидів, стійко падав вміст нітратів у продукції. Але потім, не давши об'єктивної оцінки системі, Південне відділення ВАСГНІЛ відмовилося від продовження спостережень, і почалася оранка ланів. Однак в доповнення до даних полтавського експерименту досліді **В.А.Бистрого** та **Л.П.Поповича** (1992) показали, що безвідвальна обробка чорноземів лісостепу України підвищує їхню екологічну стійкість.

Відповідно до аналізу **А.Г.Терарико** (1991), для України значну перспективу має ґрунтоохоронна система землеробства, в якій до 40 — 50% ріллі зайнято багаторічними травами, де вносять тільки високоякісні органічні добрива та сидерати, в господарствах яких витримується оптимальне поголів'я худоби та ретельно контролюється баланс поживних речовин в ґрунті. Але така система на 40 — 50% знижує продуктивність рослинництва.

Для України розробляється нова система водної меліорації (**П.Н.Коваленко, А.А.Собко** та ін., 1991), відповідно до якої потрібна реконструкція зрошувальних систем. Вона вже розпочата. Наприклад, зрошувальна система «Чорний мочар» після такої реконструкції різко підвищила економічні та екологічні показники. Концепція передбачає перехід до системи малого зрошення, зрошування природних кормових угідь у заплавах, екологізації норм, засобів та термінів поливу, контролю якості води і зокрема використання для поливу води з мінералізацією, не більше 0,5 — 1 г/л. Більшою складністю, ніж в рослинництві, відрізняються проблеми екологічної конверсії в тваринництвах. Однією з центральних та найбільш важко вирішувальною є становлення рівноваги між рослинницькою та тваринницькою галузями господарства. Для повної переробки залишків рослин за нормами на 1 га орних земель повинно припадати в середньому або 2-3 корови, або 5 телиць, або 25 свиней, або 2500 курей. Але поки що в сільському господарстві України це співвідношення різко порушене.

Важливим елементом екологізації тваринництва є знешкодження твердих та рідких відходів та зменшення газоподібних викидів. У наш час гній використовується головним чином як добриво і при цьому погано готується для вивезення на поля. Це веде до надходження у ґрунт паразитичної мікрофлори, яєць гельмінтів, великої кількості насіння бур'янів. Можливостей для знешкодження такого гною багато. Але найбільш екологічно чистою та економічно вигідною є переробка тваринницьких відходів на біогаз.

**Біогаз** — це суміш горючих газів, в якій переважає метан, а також присутні сірководень та водень. Розроблена технологія його виробництва з тваринницьких та рослинницьких відходів у так званих метантенках. При дотриманні технології (температура в 35 — 40°C або в 50 — 55°C, рН в 6,5 — 8,0 та відсутність у сировині токсичних речовин та антибіотиків) вихід біогазу високий.

Головне в екологічній конверсії — це поворот від інтенсивного сільського господарства до стійкого, екологічно бережливого в усьому різноманітті його форм (**табл.25**). Екологізація сільського господарства стала привертати до себе увагу ще в 80-х роки поточного століття. Чіткий курс на екологічну конверсію сільського господарства взяли країни Європейського Союзу. У США розпочата розробка системи LISA — низьковитратне, стійке сільське господарство, що засноване на ресурсах, які відновлюються в межах фермерського господарства та не руйнують природне середовище. У цій країні створений спеціальний комітет сприяння альтернативному сільському господарству. Стійке, екологічне нешкідливе сільське господарство має не тільки той зміст, що воно зберігає базу сільськогосподарського виробництва для майбутніх поколінь людей. У ньому закладений соціальний, гуманітарний та культурний зміст. Це той тип виробництва, що відповідає рівню загальної цивілізованості людини.

**Таблиця 25. Основні напрямки екологічної конверсії сільськогосподарського виробництва.**

Стратегічний напрямок	Тактичні завдання
Збереження генетичного та біоценотичного різноманіття	Екологічна експертиза меліоративних систем Контроль вилучення орних земель під промислові об'єкти, дороги та населені пункти Перехід до біологічних методів контролю бур'янів та шкідників
Створення лісо-луго-пасовищної рівноваги	Підвищення біологічного різноманіття ландшафтів Зниження масштабів вітрової та водної ерозії Лісонасадження в ерозійно небезпечних місцях Залужування
Відновлення природних біогеохімічних циклів	Контроль за надходженням органічних речовин до ґрунту Перехід до оптимальних пасовищних навантажень Децентралізація тваринництва
Оздоровлення ґрунтів	Перехід до безплужного землеробства та мінімального обробітку землі Збереження гумусу в ґрунті шляхом використання органічних добрив, сидератів та живого мульчування Мінімізація використання пестицидів
Підвищення коефіцієнту енергетичної ефективності агроєкосистем	Використання енерго- та ресурсозберігаючих технологій Створення сортів з підвищеним коефіцієнтом використання ФАР
Підвищення стійкості агроєкосистем	Перехід від інтенсивних систем землеробства до адаптивних і тих, які підтримуються Створення сортів, пристосованих до полікультур
Забезпечення екологічної чистоти усіх видів сільськогосподарської продукції	Екологічна експертиза якості продовольства та кормів Широке застосування біометоду для боротьби з бур'янами та шкідниками

## 4.8. Екологізація енергетики

Традиційно людство для отримання енергії користувалося лише двома джерелами. Спочатку це було спалювання деревини, пізніше — виковного палива. Їх лише частково доповнювало використання енергії текучої води. Отримання енергії за рахунок спалювання виковного палива супроводжується значним забрудненням природного середовища. Тому наприкінці ХХ століття було висунуто на порядок денний пошук альтернативних засобів отримання енергії — перш за все, електрики та тепла. Але як традиційні, так і альтернативні енергоджерела мають свої плюси та мінуси з точки зору екології.

**Атомна енергетика.** Атомні електростанції (АЕС) мають чимало уявних переваг: займають мало площі, маловідходні, у них немає безпосередніх викидів пилу, вуглекислого газу, окислів сірки та азоту і т.п. Паливо, на якому вони працюють, має високу теплотворну здатність, має властивість бридінгу, тобто відтворюється в процесі роботи АЕС. За станом на 1990 рік у світі працювало 430 атомних реакторів, які виробляли приблизно 400 МВт енергії.

Але є в атомній енергетиці чимало вразливих місць. ККД сучасних АЕС щодо випалювання палива всього 30 — 40%. АЕС потужністю в 1 тисячу МВт за рік споживає 30 т урану й дає у вигляді відходів 300 кг плутонію і 1100 кг інших речовин, що розкладаються. До цього часу не розроблені способи їхнього знешкодження. При роботі АЕС вилучається досить багато води. Йдуть й експлуатаційні радіоактивні викиди. Відходи від АЕС по суті становлять велику небезпеку для людства, більшу, ніж навіть окремі аварії на них.

**Гідроенергетика.** ГЕС — виводить з ладу великі площі землі, цінної для сільськогосподарства. Наприклад, будівництво греблі на Дніпрі призвело до втрати величезних територій заплавних високородючих земель. Але екологічно ГЕС чисті та маловідходні.

**Теплові електростанції.** ТЕС працюють на виковному паливі. Виробництво енергії на ТЕС є екологічно найбруднішим: спалювання 1 т кам'яного вугілля приводить до утворення 1,5 кг окислів азоту, 9 кг оксиду вуглецю та 13 кг окислів сірки. Великі ТЕЦ скидають до 90 м<sup>3</sup>/с теплої води. Хоча можливості зниження екологічних збитків від них більші, оскільки паливо можна готувати до спалювання, збагачувати, очищати від сірки. У майбутньому, безумовно, доведеться відмовитися від прямого спалювання кам'яного вугілля. Його доцільно попередньо газифікувати, що робить нешкідливими продукти згорання та дозволяє отримувати корисні матеріали: смоли, масла, аміак, сірка.

**Вітрові електростанції.** ВЕС — екологічно чисті і дають дешеву енергію. Але ідея не нова. Перший проект промислової ВЕС на 12 МВт був розроблений **Ю.В.Кондратюком** ще у 1932 році. Перша вітрова електростанція потужністю на 100 кВт була запущена у Криму в 1931 році. Вона пропрацювала до 1942 року. На сучасних ВЕС в Данії вартість одного кіловата енергії можна порівняти з електростанцією, що працює на вугіллі, і нижча, ніж на ЕС, що працює на нафті. Досить великі ВЕС займають велику площу, досить шумні, створюють радіоперешкоди та небезпечні для птахів.

**Сонячні електростанції.** СЕС, що користуються невичерпним джерелом енергії — сонячною радіацією, мають чимало перспектив. Хоча вони займають великі площі (для електростанції в 1 млн кВт необхідна була б площа у 35 км<sup>2</sup>) та матеріаломісні, але в процесі експлуатації СЕС найбільш екологічно чисті. Вони не мають рухомих частин, довговічні, не створюють небезпечних відходів. Зараз у світі загальна площа СЕС вже досягла 750 тисяч м<sup>2</sup> і більше 1 млн м<sup>2</sup> житла опалюється та освітлюється за рахунок СЕС.

У ряді районів екологічно та економічно вигідними можуть бути

- а) геотермальні електростанції, що працюють за рахунок теплового градієнту,
- б) електростанції, що використовують глибинний градієнт температури морської води,
- в) електростанції, які працюють за рахунок енергії припливів та відпливів.

Але геотермальні електростанції збільшують сейсмічну активність району, можуть викликати локальні осідання ґрунту, а їхня робота супроводжується тією чи іншою кількістю



токсичних газів, що викидаються до атмосфери. Собівартість геотермальної енергії зростає через швидку корозію обладнання, оскільки геотермальні води звичайно мають високий вміст сірки.

Вибираючи стратегічні шляхи розвитку енергетики, доводиться враховувати, що отримання енергії з невідновлюваних джерел обмежене наявністю сировини. Екологічна конверсія висуває на порядок денний біоенергетику. Деревина та інші види біомаси не-погане джерело енергії. Її можна:

- а) спалювати;
- б) перероблювати на біогаз;
- в) перероблювати на спирт, який придатний для спалювання у двигунах внутрішнього згорання.

Як енергетична сировина дуже вигідний етанол. Він найменше забруднює навколишнє середовище продуктами згорання, енергоємний, але дорогий у виробництві.

Серйозно вивчаються можливості водневої енергетики. Водень можна отримувати гідролізом води з використанням сонячних електростанцій, а потім транспортувати у місця споживання. Спалювання водню практично не дає шкідливих викидів. Вивчається можливість отримання водню і біотехнологічним способом, за рахунок життєдіяльності фотосинтезуючих бактерій.

На думку **Осадчука В.А.** та **Юхнова Ю.А.** (1991), проблеми енергетики України можуть бути досить успішно вирішеними вже до 2015 року шляхом:

- а) реконструкції усіх гідровузлів;
- б) збереження великих ГЕС для задоволення потреб в енергії у години пікових навантажень;
- в) переходу на отримання енергії, головним чином, в системі малих та середніх ГЕС, які відповідають гідроресурсам України.

І, звісно, будь-які види енергії повинні витрачатися дуже бережливо.

## 4.9. Програма екологічної конверсії промисловості та сільського господарства України

З отриманням державної незалежності розпочався процес соціально-економічного розвитку України. Він тісно пов'язаний з екологічною конверсією усіх галузей народного господарства. Необхідність в екологічній конверсії витікає з особливостей економіки України, яка перенасичена ресурсоємними та енергоємними виробництвами.

Специфічною українською проблемою є повернення в господарське використання земель, що постраждали від Чорнобильської аварії. У цьому напрямку ведеться велика робота. Так, розроблюються способи знезараження м'яса (**І.І.Довгий**, 1991; **Уебб**, 1991 та ін.). Встановлено, що при мокрому засолюванні за спеціальною технологією вдається вивести до 70 — 80% цезію. При годуванні овець особливим препаратом є ферогексаціаноферат амонію, молекули якого зв'язують цезій-137 ще в шлунку тварин, та самі не засвоюються і в кров'яне русло не надходять. Цей препарат вводиться в спресованому стані та зберігає свою активність в організмі протягом двох місяців.

Для України в умовах приватизації актуальним є вирішення екологічних проблем на малих підприємствах. Тут необхідно, особливо на перших етапах, цільове державне субсидування, допомога з боку місцевого бюджету, а також система безпроцентних кредитів та позик для впровадження та використання екологічно безвідходних технологій. В Україні як в одній з держав, що має високий природний потенціал для виробництва сільськогосподарської продукції, на думку **Н.Н.Якубовського** (1993), актуальною є розробка екологічно обгрунтованої стратегії та концепції хімізації сільського господарства.

Міністерством екобезпеки України розроблена Концепція національної програми охорони природного середовища в Україні. Вона проголошує пріоритет екологічних імперативів у структурній трансформації економіки країни, висуває програму глибокої реформи існуючої практики природокористування. **Основними напрямками екологізації економіки є:**

1. Відмова від розширення діючих та спорудження нових екологічно небезпечних підприємств на території України.
2. Планомірна екологізація сільськогосподарського виробництва.
3. Обов'язковість екологічної експертизи усіх підприємств та виробництв, що відкриваються.
4. Створення правової та нормативної бази для екологічного контролю промисловості та сільського господарства.
5. Введення адміністративної та економічної відповідальності за забруднення навколишнього середовища.

**Основними пріоритетами в національній політиці України в галузі охорони навколишнього середовища є:**

- а) підтримка екологічних процесів у природних системах території держави;
- б) збереження біологічного різноманіття в біоценозах;
- в) оптимізація користування природними ресурсами;
- г) забезпечення майбутніх поколінь громадян України сприятливим навколишнім середовищем.

**Опрацювавши даний розділ, Ви повинні вміти:**

1. Дати визначення поняттям «екологічна конверсія», «екологічна рівновага» та «екологізація».
2. Назвати фактори, які в аграрних країнах, що розвиваються, сприяють виникненню багатодітних сімей.
3. Перерахувати способи використання сонячної енергії.
4. Дати порівняльну характеристику альтернативним способам отримання енергії з погляду збереження якості природного середовища.
5. Виділити основні компоненти процесу екологічної конверсії промислового виробництва.
6. Охарактеризувати основні положення Концепції національної програми України з охорони навколишнього природного середовища.

**Питання для самоконтролю та обговорення:**

1. Чи бажана та необхідна, на Вашу думку, екологічна революція?
2. Чи можна застосувати в екології «класовий» підхід?
3. Як Ви гадаєте, чи може сприяти стійкому розвитку цивілізації дотримання законів та принципів екології?
4. Якими проблемами займається соціальна екологія?
5. Яка Ваша думка щодо можливості здолаття споживацьких пріоритетів в розвитку суспільства?
6. Яка роль релігії в покращанні екологічної ситуації в Україні?
7. Що таке «екологічний паспорт», які матеріали він вміщує?
8. Обговоріть екологічні переваги безвідходних та маловідходних технологій.
9. Обговоріть економічні та екологічні переваги та недоліки ядерної енергетики. Як Ви оцінюєте її перспективність для України?
10. Обговоріть альтернативні способи отримання енергії та оцініть їхню перспективність для енергетики XXI століття.

## Розділ 5

# ПРИНЦИПИ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ОХОРОНИ ПРИРОДИ

### 5.1. Екологія та моральність.

#### Цивілізоване використання природних угідь

Ще на початку XVII століття англійський філософ **Ф.Бекон** у «Новій Атлантиді» писав, що головним завданням науки є забезпечення панування людини над природою. Технократична стратегія розвитку цивілізації протягом XVII — XX століть посилювала уявлення про те, що людина начебто «мірило усіх речей» та центр всесвіту. Проблема формування екологічної культури постала, по суті, ще наприкінці XX століття, коли в 1992 році конференція ООН визначила формування екологічної культури населення планети як головне пріоритетне завдання людства.

Екологічна культура — це внутрішня суть людини та людського суспільства, що знаходиться «всередині нас» і проявляється в певних діях щодо природи. На відміну від цього існує немовби «зовнішня культура» як сукупність цінностей, створених протягом розвитку людської цивілізації. Наша епоха — час великої дисгармонії між зовнішньою культурою, що проявляється в здатності людини створювати видатні твори мистецтва, та внутрішньою культурою, дефіцит якої викликав глобальну екологічну кризу.

Існує чимало й інших підходів до розуміння поняття «екологічна культура». Відомий філософ **Л.М.Гумільов** (1992) вважав, що екологічна криза є результатом етногенезу, який у своїх фінальних фазах характеризується зниженням рівня етносоціальної пасіонарності та веде до хижацького знищення живої природи. Концепція екоцентричної екологічної етики **А.Леопольда** (1933 —1943) заснована на принципі: дії, пов'язані з впливом на навколишнє середовище, тільки тоді вірні, коли в результаті їх реалізації зростає інтегрованість та стабільність біологічних угруповань. **Роджер Паден** (1992) формулює ідею біоцентризму, відповідно якій існує два центри моральної відповідальності: відповідальність за людину та відповідальність за природу. А неоантропоморфічна етика розглядає природу як самостійну «річ в собі» з власною моральною значущістю.

Виходячи з категоричного імперативу **Е.Канта** як сукупності правил, завдяки яким випадковий вчинок робиться закономірним, слід ввести поняття екологічного імперативу як загального обов'язкового морального закону, якому повинні підкорятися люди у взаєминах із живою та неживою природою.

У наш час багато екологічних принципів та вимог не діють, оскільки вони чужі технократичному суспільству, а у людей не вироблено звички до дій, що впливають з екологічного імперативу. Дефіцит екологічних знань та екологічної культури проявляє себе у тому, що екологічна інформація не включається у споживацьку сферу особистості. Люди розуміють, що промислове та сільськогосподарське виробництво забруднює середовище життя, але не хочуть відмовитися від екологічно небезпечних виробництв та їхньої продукції. Хоча ще в 1913 році **Л.М.Толстой** писав: «Питання полягає в тому, що визначити добробутом — чи

покращання шляхів сполучення, поширення книгодрукування, освітлення вулиць газом, розмноження будинків притулку для бідних і т. д., або первісне багатство природи — ліс, дичина, риба, сильний фізичний розвиток, чистоту нравів і т. п.».

Моральне ставлення до природи включає три взаємопов'язані аспекти:

а) релігійний, що спирається в своїх рекомендаціях про бажаний тип взаємовідносин людини з природою на принципи тієї чи іншої релігії,

б) гуманістичний, що має в своїй основі розуміння того, що шкода, заподіяна навколишньому середовищу, рівноцінна шкоді, заподіяній майбутнім поколінням людей,

в) моральний, що допускає рівноцінність усього живого.

Ключовим моментом є їхнє функціонування в одному напрямку, до цього докладаються певні зусилля. У 1986 році була надрукована спільна Декларація п'яти світових релігій про духовну відповідальність віруючих за стан природного середовища. У 1988 році в спільній заяві Папи Римського і Далай Лами знову була підтверджена орієнтація християнства та буддизму на природоохоронну орієнтацію віруючих. У цілому, сучасна церква чітко визначила свою позицію у сфері охорони природи, визнавши, що Бог створив людину як частину природи та запропонувала віруючим керуватися заповіддю: «Борони та оберігай Землю і все на Землі».

Екологічна криза має не тільки техногенні коріння, вона впливає з низької екологічної культури населення. Забезпечити екологізацію суспільної свідомості може тільки система екологічної освіти та виховання. Особливу небезпеку становить розрив між екологічними знаннями та можливістю керівників приймати управлінські рішення. До початку 90-х років цій сфері приділялося мало уваги. У наш час навчальні екологічні програми розробляються багатьма міжнародними організаціями. Вони є в Австралії, Канаді, США, Японії. Серйозну орієнтацію на створення системи сучасної екологічної освіти прийняла Україна. У країнах Європейської Ради до останнього часу існувало 776 навчальних екологічних програм, розрахованих на термін від 2 до 72 годин.

Однак логічно чіткої та ефективної системи екологічної освіти та виховання немає, по суті, в жодній з країн світу. Для забезпечення результативності екологічної освіти, як підкреслювали **К. М. Хайлов** та **А. Є. Зоренко** (1991), необхідний міждисциплінарний синтез та вивчення екології в єдності з іншими науками про природу, потрібна опора екологічних знань на закони природи та закони розвитку соціуму.

## 5.2. Природоохоронні концепції

Ідею охорони природи висловив вперше **Ж. Ж. Руссо**, але загальне визнання вона отримала після 1-го Міжнародного з'їзду з охорони природи, який відбувся в 1913 році в Швейцарії. У 1980 році була проголошена Всесвітня стратегія охорони природи та природних ресурсів. У 1982 році на пленарному засіданні ООН прийнята Світова хартія охорони природи, що стала документом світового значення. У наш час під охороною природи розуміють систему наукових знань та практичних підходів до раціонального використання природних ресурсів, захисту природного середовища від антропогенної деградації та збереження видів флори та фауни від знищення. Охорона усіх природних систем та об'єктів стала особливо актуальною у 80 — 90-х роках поточного століття.

Стратегія охорони природи включає в себе: а) збереження біологічного різноманіття в природних біомах, б) вирощування рослин та розведення тварин у ботанічних садах та зоопарках, в) реінтродукцію рослин та тварин у місцях їхнього попереднього мешкання, г) тривале збереження генетичної інформації у формі кріобанків — глибоко заморожених статевих або соматичних клітин.

Швидка антропогенна зміна природного середовища привела до необхідності збереження її «еталонів», по можливості ще незайманих такими впливами. Основи теорії еталонів природи заклав **В.В. Докучаєв** у книзі «Російський чорнозем», що вийшла у 1883 році. На основі цієї теорії сформувалася система створення заповідних територій різних рангів. Новим підходом в охороні природи є створення так званих «місць помешкання видів». Це раціональний метод, оскільки в багатьох випадках види вимирають не в результаті прямого знищення людиною, а в результаті руйнування їх місць помешкання.

Території, що охороняються, повинні бути досить великими. Їхнє розчленування, так звана інсуляризація, веде до втрати потрібних живим організмам місць життя. У дрібних резерватах природне середовище швидко погіршується, тут мало екотонів, неможлива міграція тварин. Розробка теорії охорони природи привела до висновку, що на локальному рівні неможлива охорона місць помешкання або окремих видів живих організмів від забруднення глобального характеру. Заповідники та інші території, що охороняються, в рівній мірі, як і ті, що не охороняються, чутливі до впливу кислотних дощів, забрудненню ґрунту та ґрунтових вод.

### 5.3. Охорона генофонду. Червона книга України

Однією з найбільш важливих задач охорони природи є збереження біологічного різноманіття. У прийнятті концепції охорони біологічного різноманіття велику роль зіграла Конвенція про біологічне різноманіття, схвалена на Конференції ООН з навколишнього середовища та розвитку в 1992 році. До кінця 1993 року Конвенцію про біологічне різноманіття підписали 167 держав світу.

Починається охорона біологічного різноманіття зі збереження генофонду живих організмів планети. Збереження повинно стосуватися усіх живих істот планети. Число їх видів, до речі, ще точно не встановлено і лежить між 5 та 80 мільйонами, що пов'язано з різним трактуванням спеціалістами обсягу видів вірусів та бактерій. На території України мешкає 45 тисяч видів тварин, в тому числі 17 видів земноводних, 20 плазунів, близько 400 видів птахів, 200 — риб. Флора вищих рослин нараховує 4997 видів. В охороні загального біологічного різноманіття, за справедливим зауваженням **В.М. Тихомирова** (1990), ключову роль відіграє збереження рослинного покриву, який проводить первинний синтез органічних речовин та є їжею для тварин. Без збереження рослин та рослинності неможливо зберегти види тварин.

Види живих організмів, які потребують охорони, звичайно підрозділяються на п'ять категорій: зникаючі, ті, що знаходяться під загрозою знищення, рідкісні, повністю зниклі та з невизначеним ще статусом. Анахронізмом, не сумісним із сучасними екологічними знаннями, є розділення живих організмів на корисні та шкідливі. У трофічних мережах та екосистемах всі вони «корисні», а, головне, незамінні, виконують кожен свою специфічну біосферну функцію.

Перелік видів рослин та тварин, що потребують охорони, наводять в так званих Червоних книгах. Перша Червона книга була видана у 1966 році за ініціативою Міжнародного союзу охорони природи та природних ресурсів (МСОП). Червоні книги видають у багатьох державах. У Червоній книзі України знаходиться 429 видів судинних рослин, 28 видів мохів, 30 видів грибів, 27 видів лишайників та 17 видів водоростей та 382 види тварин. Складання Червоних книг є одним із методів зниження темпів антропогенного вимирання живих організмів. Але не можна допустити, як писав **А.Яблоков** ще в 1989 році, щоб вони перетворилися в «надмогильні плити» знищеним видам рослин та тварин.

Види живих істот можуть охоронятися методом біотехнологій. Тут існує два основних прийоми:

1. Збереження сперми, ембріонів або ДНК в стані глибокого охолодження. У рослин може зберігатися насіння. Така технологія глибокого заморожування сперми, яйцеклітин та ембріонів в рідкому азоті була розроблена ще в 60-ті роки. Ембріони можна потім імпланувати в матку особин близьких видів та отримати потрібні особини в бажаній кількості. Так, на Кубанській станції Інституту рослинництва ім. Н.І.Вавилова під землею при постійній температурі + 4,5°C зберігається більше 400 зразків насіння. У ФРН із 1985 року створюється банк зрізів навколишнього середовища, що зберігаються при температурі рідкого азоту.

2. Трансплантація ембріонів рідкісних тварин, популяції яких стали такими малими, що в них не вистачає самиць для виношування потомства.

Спеціальною формою охорони природи є переселення рослин, птахів та ссавців. Використовують два способи: акліматизацію та реакліматизацію. Акліматизація — це процес переселення рослин та тварин в нові умови існування. Реакліматизація — переселення видів на ті території, де вони жили раніше, але потім були знищені. Прикладом успішної реакліматизації є відновлення популяцій бобрів на території України. У період із 1973 року в США, Австралії та Канаді було проведено переселення 93 видів тварин у нові місця.

## 5.4. Охорона ценофонду. Зелена книга України

Зниження біологічного різноманіття на планеті пов'язане з деградацією біомів і, в першу чергу, угруповань рослин — фітоценозів. Деградація природних систем — це загальне явище і тому ценози потребують охорони не менше, ніж окремі види. Більш того, така охорона більш актуальна, оскільки поза ценозами види існувати не можуть.

Відповідно до концепції, висунутій **В.А.Кордюмом** (1982), елементарними одиницями еволюції виступають не окремі види, а вся біосфера в цілому, невід'ємною частиною якої є рослинні угруповання. З уявлень **В.А.Кордюма** випливає, що зникнення та спрощення рослинних угруповань знижує загальну інформаційну ємність біосфери, знищує центри створення нової інформації і в кінцевому результаті робить всю біосферу менш здатною до адаптаційної мінливості. Очевидний і ресурсо-економічний аспект зниження ценотичного різноманіття.

Проблема охорони рослинних угруповань пройшла три етапи. На першому етапі йшло вивчення особливостей рідкісних ценозів. На другому етапі почалася їхня пасивна охорона шляхом включення в території заповідників або національних парків. І тільки на третьому етапі, етапі активної охорони, поставлена задача зберегти фітоценофонд планети як сукупність фітоценотичних таксонів. Українські ботаніки першими в світі поставили питання про необхідність охорони рослинних угруповань та розробили методологічну основу їхньої реєстрації у вигляді продромусів та Зеленої книги. Перший список рідкісних рослинних угруповань Карпат, які потребують охорони, був надрукований у 1977 році **С.М.Стойко**, а перша Зелена книга України була видана в 1987 році.

Зелена книга України виділяє як рідкісні та зникаючі ценози (всього — 127), що потребують охорони, так і типові ценози різного рангу. Серед них лісових угруповань — 51, степових — 26, лугових — 16, водних — 16, болотних — 12 та чагарникових — 5. Охорона рідкісних ценозів може здійснюватися тільки як частин відповідних екосистем та ділянок біосфери.

### 5.5. Охорона екосистем. Національні парки, заповідники, заказники, пам'ятники природи, екологічні стежки

Охорону екосистем, включаючи усі їхні живі компоненти, покликано здійснювати так звані охоронні території. За даними **Дж. Раулі**, на 1992 рік у світі під охороною різного виду знаходилося приблизно 5% площі суходолу. У XXI столітті передбачається довести цю величину до 10 — 12%, тобто подвоїти. Це не просте завдання, оскільки його вирішення потребує вилучення з використання частини земель сільськогосподарського та лісового фонду.

Чітка класифікація категорій охоронних природних об'єктів у світі відсутня. Так, у Канаді під національним парком розуміють територію, що достатньо велика для підтримки існування цілих екосистем; там заборонений рух будь-яких видів транспорту і є зони, повністю закриті для відвідування. А у Великобританії національний парк визначають як ландшафт, що охороняється і виділяється своєю красою та має охоронні об'єкти природи або історичні архітектурні пам'ятники; він вільний для відвідування населенням і частково використовується для сільськогосподарських потреб.

Розподіл за категоріями охоронних природних об'єктів та територій розроблений у Законі України про природно-заповідний фонд. Ці об'єкти підрозділяються на природні та біосферні заповідники, національні природні парки, заказники, заповідні урочища, пам'ятники природи та ін.

**Природний заповідник** — це територія, яка виділяється для охорони в природному стані типових або унікальних для даної ландшафтної зони природних комплексів з усіма її компонентами. Статус природного заповідника передбачає повну заборону на його території господарської діяльності. У світі є понад 2 тисячі природних заповідників.

**Біосферний заповідник** — це територія міжнародного значення, що виділяється для збереження в природному стані ділянок біосфери, проведення фонових моніторингу та вивчення природного навколишнього середовища. Господарська діяльність у біосферних заповідниках не дозволяється. За станом на 1990 рік у 76 країнах світу було близько 300 біосферних заповідників. Площа кожного з них коливається від 300 га до 2 млн. га.

**Національні природні парки** створюються з природоохоронною, рекреаційною, культурно-просвітницькою та науково-дослідницькою метою для охорони та вивчення природних комплексів особливого значення в місцях, які мають природну, оздоровчу, культурну або естетичну цінність. У них виключена господарська діяльність. Концепція національного парку була вперше сформульована в 1872 році при організації в США Йеллоустонського національного парку.

Національний парк — це завжди велика територія, на якій охороняються ландшафти або їх ділянки разом з усіма природними компонентами. У природних національних парках поєднується охорона природи з задачами відпочинку людей та їхнього екологічного виховання. Для цього в них створюються системи спеціальних доріг та стежок. До початку XX століття в шести країнах світу вже було 19 національних парків загальною площею 4,6 млн. га.

**Регіональні ландшафтні парки** створюються з природоохоронною та рекреаційною метою в місцях з унікальним або типовим ландшафтом. При їхній організації господарська діяльність в межах їхніх кордонів не припиняється. Їхнє завдання — зберегти ландшафт як комплекс екосистем. У світі нараховується зараз близько 300 ландшафтних парків.

**Заказник** — це природна територія або акваторія, що виділена для збереження окремого природного комплексу або навіть окремого його компоненту. У них дозволяється господарська діяльність, що не завдає шкоди об'єкту, який охороняється. Заказники

служать для охорони та відновлення чисельності окремих видів рослин або тварин. Залежно від об'єкту охорони, заказники підрозділяють на ландшафтні, геологічні, гідрологічні, ботанічні, зоологічні, палеонтологічні.

**Пам'ятники природи** — це окремі унікальні природні ділянки, які мають особливе наукове, естетичне або пізнавальне значення. Пам'ятниками природи можуть бути об'єкти живої або неживої природи: окремі водойми, скелі, печери, дерева і т.п.

**Заповідні урочища** — це ділянки лісу, болота, луків, степу та іншої рослинності, які мають наукове або естетичне значення та охороняються для збереження їхнього природного стану.

**Ботанічні сади** організують для вирощування, акліматизації та вивчення рослин у спеціально створених умовах. В Європі нараховується 540 ботанічних садів, а у світі — 1600.

**Дендрологічні парки** служать для охорони та вивчення в спеціально створених умовах деревно-чагарникової рослинності з метою використання їхньої композиції для наукового, господарського та естетичного використання.

**Зоологічний парк** — це місце, де утримуються рідкісні, іноземні та місцеві види фауни з метою охорони їхнього генофонду та для організації наукової і просвітницької діяльності.

**Пам'ятники садово-паркового мистецтва** являють собою ділянки, що мають природну, естетичну або історичну цінність. В Україні прикладами пам'ятників садово-паркового мистецтва є «Софіївка» в м. Умань та «Олександрія» в м. Біла Церква.

На планеті зараз нараховується близько 20 тисяч різноманітних охоронних природних територій, у тому числі 1200 великих заповідних територій. Одним із найбільших у світі є національний парк Етоша, що знаходиться в Африці на території Намібії. Його площа становить 22 тисячі км<sup>2</sup>. Парк розташований у зоні напівпустель, у ньому багато антилоп, слонів, жирафів, багата там і орнітофауна. В Африці, окрім Етоши, великої заповідної території, є Центральнокалахарський резерват у Ботсвані. Гренландський національний парк займає площу у 7 млн. га.

З метою зниження антропогенного впливу на охоронні території та ділянки природних екосистем для ознайомлення з ними населення створюються екологічні стежки. Ці стежки являють собою системи пішохідних доріжок, прокладених таким чином, щоб вони відкривали гарний огляд місцевості та цікавих природних об'єктів та знижували б неспокій, що завдають туристи. Екологічні стежки різко знижують витоптування та інше пошкодження рослинності. Прикладом добре продуманої екологічної стежки може служити стежка у Клавдієвському лісі (Київська область), яка розроблена **Т.Л.Андрієнко, О.І.Прядко** та **Л.А.Якушиною** у 1993 році.

З 1990 року розпочалася розробка стратегії заповідної справи в незалежній Україні. Суттєвий прогрес у справі охорони природи в Україні був зроблений учасниками семінару, що відбувся у 1992 році. На ньому був прийнятий важливий документ «Соціально-екологічні та економічно-правові аспекти розвитку заповідної справи в Україні». За ініціативою уряду України йде розширення її заповідного фонду: за останні роки він зріс на 42%. Створені нові заповідники та національні парки, розширена площа вже існуючих заповідників. До 1992 року заповідний фонд України включав 5602 території та об'єкти і нараховував загальну площу в 1 млн 255 тисяч га (**табл. 26**). Планується довести площу охоронних територій в Україні до 3% від її території, а до 2000 року до 5%, число національних парків повинно зрости до 13. Площа заповідників та національних парків складає 331 тисячу га або 0,6% території. Поставлено завдання до 2000 року довести її до 3% території України. Ряд охоронних територій України має високе наукове та екологічне значення. До них, в першу чергу, належать такі:

Сіверськодонецький національний природний парк, що має площу у 25 тисяч га. Він розташований у межах заплави та борової тераси р. Сіверський Донець. Важливу роль в



охороні природи відіграють національні парки Карпатський (площа 50,3 тисячі га) та Шацький (площа 32 тисячі га).

Поліський заповідник розташований на північному заході Житомирської області. Він заснований у 1968 році й зараз має площу у 20,1 тисячі га.

Чорноморський природний біосферний заповідник покликаний зберегти унікальні причорноморські ландшафти та біоми. У ньому зареєстровано 22 види птахів, що занесені до Червоної книги України.

**Таблиця 26. Природно-заповідний фонд України (за станом на 1993 р.).**

Категорія охоронних об'єктів	Кількість	Загальна площа, га
Природні та біосферні заповідники*	17	309348,2
Національні природні парки*	7	487015,2
Заказники державного значення	227	329995,3
Заказники місцевого значення	1639	473505,8
Пам'ятники природи державного значення	123	4847,8
Пам'ятники природи місцевого значення	2684	12498,8
Ботанічні сади державного значення*	13	1493
Дендрологічні парки*	16	1770,2
Зоологічні парки державного значення*	7	2408
Парки — пам'ятники садово-паркового мистецтва	416	7406,2
Регіональні ландшафтні парки	3	79630,2
Заповідні урочища	710	74909,4

\* За даними 1997 року

Степові угруповання охороняються в системі Українського природного степового заповідника. Він складається з чотирьох відділків: Хомутовський степ, Кам'яні могили, Михайлівський степ, Крейдяна флора (заснований у 1988 році). Загальна площа цього комплексу складає 2756,1 га. У Хомутовському степу нараховується 588 видів рослин 73 родин.

Практика виділення охоронних територій недосконала, найчастіше під заповідники та заказники вилучаються ділянки, які не придатні для господарського використання. Науковий підхід виділення охоронних територій був витриманий тільки в країнах Західної та Центральної Європи, що входять до складу Європейського співтовариства. Тут за ініціативою ЮНЕСКО було виділено 11 біомів та складена карта їхнього територіального розміщення. Лише потім створювались біосферні заповідники або національні парки з урахуванням того, щоб кожен біом охоронявся б принаймні в одному заповіднику.

## **5.6. Моніторинг. Методи та форми контролю стану екосистем**

Забруднення природного середовища та потреби охорони природи привели до необхідності організації обліку розмірів антропогенних змін в природному середовищі та їхніх проявів в окремих регіонах. Ця задача вирішується за допомогою моніторингу. Моніторинг — це науково-інформаційна система спостережень, оцінок та прогнозів стану навколишнього середовища та живих організмів. Виділяють три види моніторингу: фоновий, біологічний (біосферний) та господарський. Фоновий моніторинг передбачає

систематичні стаціонарні заміри, що проводяться за єдиною програмою, стану атмосфери, ґрунту, природних вод та особливостей земної поверхні. Біологічний моніторинг зорієнтований на систематичне оцінювання стану видів рослин та тварин. Він включає реєстрацію зміни чисельності, структури їхніх популяцій, характер міграцій та розмноження. Господарський моніторинг проводиться з метою оцінки діяльності окремих сільськогосподарських або промислових підприємств. Проведення глобального моніторингу розпочато на основі рішення Міжнародної наради 1974 року, до якої приєднався колишній СРСР, а зараз обов'язки з моніторингу виконує Україна.

Моніторинг дозволяє вирішувати широке коло проблем та задач:

- 1) виявлення взаємозв'язку джерел забруднювання природного середовища з об'єктами, на які вони діють;
- 2) виявлення каналів поширення забруднюючих речовин у природному середовищі;
- 3) вибір індикаторів, які б найкраще показували стан навколишнього середовища.

Залежно від розмірів охопленої моніторингом території розрізняють три його основні види: а) глобальний моніторинг, який оцінює стан біосфери й параметри атмосфери, гідросфери та геосфери в цілому, б) регіональний моніторинг, який має за мету виявлення джерел забруднення природного середовища та встановлення шляхів міграції забруднюючих речовин у межах великих регіонів, в) локальний моніторинг, який передбачає аналіз стану окремого природного об'єкта.

У процесі моніторингу реєструються:

- а) екосистеми, що існують на даній території;
- б) тип господарського використання території;
- в) ступінь та форми деградації природного середовища — зміна рельєфу, ерозія, і т.п.;
- г) фізичний та хімічний стан повітря, води та ґрунту;
- д) біологічне різноманіття та стан видів-індикаторів, якщо такі виділені;
- е) радіоактивне забруднення;
- є) санітарний стан.

Нерідко результати моніторингу оформлюють у вигляді екологічних карт.

Особливу різновидність моніторингу представляє біоіндикація, або біомоніторинг — облік стану природного середовища з особливою увагою до живих організмів. Біоіндикація — це особлива область екології, що вивчає стан навколишнього середовища на основі змін, які спостерігаються в особин, популяцій видів живих організмів. Перша програма «Біоіндикатори» була прийнята ще в 1982 році на XXI Асамблеї Міжнародного союзу біологічних наук.

Для оцінки стану природних систем біомоніторинг більш інформативний, ніж реєстрація фізичних та хімічних параметрів стану навколишнього середовища. Це визначається здатністю живих організмів концентрувати велику кількість сторонніх речовин у своєму тілі (*рис. 43*). Інформація фонових моніторингу інколи може показувати несуттєво мале забруднення середовища ксенобіотиками, а біомоніторинг засвідчує, що йде процес акумулювання даного ксенобіотика в живих організмах та вказує на необхідні заходи щодо очистки середовища від нього.

Найбільш важливу інформацію надає фітомоніторинг, що враховує зміни самих рослин. Так, у роботі *Л.Мортенсена* (1993) було виявлено 19 видів трав, у яких змінюється галузнення, розвивається хлорозом і на 28 — 99% знижується біомаса при дії озону концентраціями всього у 12 — 53 нмоля/моль.

У цілому моніторинг дає фактичні дані, що необхідні для розробки математичних моделей, які дозволяють на основі комп'ютерної техніки робити узагальнення та порівняння, розроблювати прогнози і оперативно використовувати заходи запобігання деградаційним

процесам, що намітилися. На глобальному рівні ці прогнози виконують такі організації, як «Римський клуб», створений у 1968 році **А.Печчеї** та «Всесвітня вахта», що існує з 1984 року та очолюється **Л.Брауном**.



**Рис.43.** Ланки трофічного ланцюгу та шляхи міграції пестицидів в ньому. Кількість зірочок вказує на рівень концентрування пестицидів — чим більше, тим концентрування вище.

## 5.7. Екологічне нормування антропогенних навантажень

Формою нормування антропогенних впливів на навколишнє середовище є екологічне нормування, яке являє собою комплекс заходів для встановлення лімітів, в межах яких допускається зміна природного середовища. Екологічне нормування проводиться щодо всіх небезпечних речовин. Небезпечними називають речовини, що надходять до навколишнього середовища як продукти чи супутні утворення людської діяльності, які представляють пряму чи опосередковану загрозу людині або навколишньому середовищу і знешкодження яких у поточний момент часу може бути здійснено тільки завдяки значним техніко-економічним та організаційним витратам.

Для оцінки рівня забруднення середовища та його якості використовують показник,

який називають гранично допустимою концентрацією. Гранично допустима концентрація (ГДК) — це максимальна концентрація речовини в навколишньому середовищі, при якій не спостерігається прямого або опосередкованого шкідливого впливу цієї речовини на організм людини.

Для зниження шкоди здоров'ю населення ГДК підрозділяють на максимально разові та середньодобові. Максимально разові ГДК — ГДКм.р. застосовують для працюючих у забруднених приміщеннях, а середньодобові ГДК — ГДКс.д. для зон житлової забудови. Ця різниця пов'язана з тим, що на підприємствах до роботи допускають здорових людей, які пройшли медичний огляд та більш стійких до дії на організм шкідливих речовин. Таким чином, ГДКм.р. більші, ніж ГДКс.д. На основі ГДК інженерні служби розраховують розміри гранично допустимих викидів (ГДВ) речовин в атмосферу та гранично допустимий скид (ГДС) шкідливих речовин у водойми. При оцінці забруднення води промисловими та іншими стоками використовують поняття гранично допустиме навантаження на дану водойму.

Разом із ГДК іноді встановлюють норми на гранично допустимі максимальні концентрації (МАК) шкідливих речовин для працюючих з ними. В Європі в системі екологічного нормування прийнята спеціальна одиниця «еквітокс» — одиниця токсичності, що дорівнює дії 120 г біхромату натрію на дафній. Але в основному в державах світу використовують два показники: ГДК та гранично допустиме екологічне навантаження (ГДЕН) на природні об'єкти.

Концепція ГДК не гарантує захисту людини, тим більше дикорослих рослин та тварин від антропогенного забруднення середовища. Дійсно, в концепції ГДК чимало вразливих місць. Основні з них такі:

1. Організм реагує не на конкретний забруднювач окремо, а на всю сукупність забруднюючих речовин в цілому. Та таких комплексних нормативів немає й бути не може, оскільки число комбінацій забруднюючих речовин дуже велике;

2. Оцінки кількості забруднюючих речовин отримують звичайно при одноразових обліках, безперервний контроль досить дорогий. Добова та сезонна динаміка при обліках не вивчаються. Не випадково ряд підприємств роблять викиди шкідливих речовин пізно вночі;

3. ГДК встановлюють на основі дослідів над тваринами і часто вони мало обґрунтовані. Не випадково в різних країнах ГДК сильно відрізняються. До того ж ГДК мало диференційовані та не враховують віку та стану здоров'я людини.

## 5.8. Соціально-організаційні та правові основи охорони природи

Оскільки виробнича діяльність викликає порушення природного середовища, суспільству випадає взяти на себе турботу щодо відновлення її властивостей та охорони від подальшої деградації. Соціально-правові важелі охорони природи досить різноманітні. Вони включають в себе:

- а) введення екологічних норм та стандартів, що обов'язкові як для підприємств, так і для окремих осіб;
- б) проведення обов'язкових екологічних експертиз;
- в) створення юридичних можливостей для кооперування підприємств з метою виконання екологічних програм на взаємно договірній основі;
- г) розповсюдження безвідходних і чистих технологій через систему виставок та ярмарків;
- д) адміністративні обмеження на види робіт та технологій, що шкодять природному середовищу.

Важливим елементом концепції екологічної безпеки є її правове забезпечення та зокрема визначення поняття екологічного злочину. У міжнародному праві під екологічним злочином розуміють соціально небезпечні дії, спрямовані на знищення життя чи середовища. За такі злочини передбачені жорсткі санкції, іноді навіть до ув'язнення на все життя.

Правовий метод охорони довкілля ґрунтується на здатності права визначати міру можливого (власне право громадянина), міру належного (обов'язки громадянина) та міру відповідальності (відповідальність громадянина) поведінки людей, підприємств або держав. Норми екологічного права є обов'язковими, якщо вони формально встановлені та закріплені законом і підкріплюються методами державного примусу.

Право в сфері довкілля зародилося ще в сивій давнині. Спочатку закони охороняли об'єкти природи як одну з форм приватної власності. Такого роду закони були в Суднику Хаммурапі (XVIII століття до н.е.), в законах Ману (II століття до н.е.), в «Руській правді» (X-XI століття н.е.). У нашому регіоні прийняття перших таких законів пов'язано з ім'ям Ярослава Мудрого, у часи Київської Русі. Наприкінці XI та початку XII століть в «Руську правду» була включена стаття про покарання штрафом за розорення бджолиних вуликів. У Росії вже XVII столітті діяло біля 20 законів, спрямованих на охорону природних об'єктів. У 1640 році був прийнятий перший закон про охорону якості міського середовища.

Зараз природоохоронне законодавство є практично в усіх країнах світу. Провідною державою в сфері державного регулювання проблем екології є Німеччина. З кінця 70-х років тут прийнято більше 600 різноманітних законодавчих актів в галузі охорони навколишнього середовища.

У міжнародному екологічному праві провідне місце займає принцип запобігання, відповідно якому основною метою цивільних дій є попередження порушень природного середовища, а не ліквідація наслідків таких порушень. При розгляді навколишнього середовища як різновидності товару постає питання про отримання платних ліцензій на користування цим видом товару.

Однак екологічне право потрібно оцінювати все ще як мало розроблене. Прогресу в галузі вироблення єдиного міжнародного законодавства в галузі охорони природи перешкоджають принципові розбіжності між розвинутими країнами та тими, що розвиваються. Позиція країн, що розвиваються, формулюється так: «Не ми створили проблему забруднення природного середовища, не нам за неї платити». Особливо активно притримується такої позиції Китай. Тим паче, що внесок країн, що розвиваються (Азія, Африка та Латинська Америка), щодо забруднення не перевищує 1/3 від загального об'єму забруднення, хоча в них проживає 3/4 всього населення планети, та й це забруднення пов'язане в багатьох випадках з тим, що промислово розвинені країни мали та мають тенденцію розгортати екологічно брудні підприємства не на своїй території, а на території країн, що розвиваються, де не треба платити за забруднення та де є дешева робоча сила.

## 5.9. Економічні критерії в екології

Використання економічних критеріїв в екології повинно бути направлено на реалізацію головного принципу: не максимізація прибутків підприємців або держави, а досягнення стійкого розвитку шляхом збалансованого природокористування так, щоб розвиток матеріального виробництва в будь-якому регіоні забезпечував стійкість екосистем. Економічне забезпечення збереження здорового природного середовища різноманітне та включає в себе:

- а) **державне фінансування** заходів з охорони природи;
- б) **ліцензування**;

- в) **нормування**;
- г) **створення екологічних фондів**;
- д) **систему плати** за користування природними ресурсами та додатково за ресурси, що вилучаються;
- е) **економічні санкції** (платежі та штрафи) за забруднення природного середовища;
- є) **економічне стимулювання** зниження забруднення, пільгові кредити для реалізації екологічних робіт та впровадження екологічно чистих технологій;
- ж) **пільгове оподаткування** підприємств, що впроваджують безвідходні технології та отримують чисту продукцію, в тому числі і сільськогосподарську продукцію;
- з) **право на продаж** екологічно чистої продукції за підвищеними цінами.

На сучасному рівні розвитку суспільства на перший план висувається система екологічних показників. У багатьох країнах вона полягає в оплаті збитків, які завдаються природному середовищу даним підприємством, та карного штрафу. Ця система ефективно працює в багатьох країнах світу. З 1991 року в Україні введена плата за забруднення навколишнього середовища.

Тринадцять країн Європи, США та Канади ввели також споживчу плату — це плата за те, що за дорученням державних органів певні підприємства збирають, зберігають та знешкоджують відходи тих виробництв, які не упорядкували цієї системи самі.

Відомо три основних підходи до економічної компенсації екологічних збитків:

- а) рентний;
- б) витратний;
- в) оптимізаційний.

У багатьох країнах світу прийнятий витратний принцип екологічних платежів, відповідно якому розміри плати за забруднення виводяться з розмірів витрат, що необхідні для уникнення забруднення або ліквідації його наслідків.

Поки в світі відсутній цілісний механізм вирішення екологічних проблем. Це пов'язано з неготовністю урядів та населення до прийняття ідеї колективної відповідальності людства за збереження біосфери. Пріоритет належить іншій ідеї — ідеї поступового розвитку суспільства, хоча екологічна криза ХХ століття з повною ясністю засвідчує її хибність.

## 5.10. Екологічна політика. Охорона природи на державному та міждержавному рівнях

Екологія у другій половині ХХ століття поставила перед політикою такі гострі проблеми, як регулювання чисельності населення, екологічну конверсію виробництва, екологічну безпеку населення. Природа екологічних проблем загальнопланетарна, і їх неможливо вирішити окремо в тій чи іншій державі. Виникло нове явище в розвитку цивілізації — екологічна політика. У сучасному суспільстві екологічна політика стала самостійною сферою в політичній діяльності держав. Формування екологічної політики розпочалося з 70-х років, коли проявилася швидка деградація природного середовища в різних країнах світу. Вона призвела до того, що зараз в більш ніж 100 країнах світу створені міністерства або відомства, що спеціально займаються охороною навколишнього середовища. Практично одночасно в усіх країнах світу почалася розробка нормативів якості середовища життя, право людини на користування природним середовищем стало включатися до конституцій держав, розвивається природоохоронне законодавство. Поняття екологічного суверенітету почало входити у число державних пріоритетів. Світова громадськість усвідомила, що людство має загальні глобальні інтереси, без вирішення яких неможливий стійкий розвиток жодної держави.

Способи політичного забезпечення охорони навколишнього середовища в різних країнах неоднакові. Лідером у формуванні принципів екологічної політики та її проведення, безумовно, є країни Західної Європи. У сучасній Європі, за французьким вченим **Т. Лаво** (1991), виділяються чотири великих регіони, що відрізняються екологічною політикою, яку вони проводять. Перший регіон — країни півдня Європи, найменш екологічно розвинуті, з аграрною направленістю виробництва. Вони мають багато складних екологічних проблем та покладаються в їх вирішенні на фінансову допомогу з боку Європейського співтовариства. Другий регіон — північна Європа, держави якої відрізняються найбільш гармонійним розвитком та раціональним використанням природних ресурсів. Вони успішно вирішують екологічні проблеми, спираючись на традиційно екологізований світогляд широких верств населення.

Третій регіон — країни північно-західної Європи, що відрізняються високим промисловим потенціалом та сильно забрудненим природним середовищем. Країни цього регіону мають достатньо засобів та коштів і з кінця 80-х років почали проводити енергійну екологічну політику. Четверта група — країни східної Європи, які відрізняються дуже високим рівнем забруднення середовища та не мають економічних і фінансових засобів для оперативного та стратегічного вирішення екологічних проблем.

Після утворення Європейського Економічного Співтовариства з 1987 року отримує поширення ініціатива Франції в галузі сумісної міждержавної охорони природи. Вона стала поштовхом для створення багатьох видів міждержавних структур. ЄЕС, та потім Європейська Рада (ЄР) з 1973 року послідовно розробили та реалізували чотири програми з охорони довкілля. Прийнята практика підготовки в цій галузі спеціальних директив, обов'язкових для країн ЄР. Зараз в галузі екології діють 120 таких директив.

У 1993 році ЄР прийняла новий стандарт (BS 7750) щодо широкого кола продуктів промислового й сільськогосподарського виробництва та діяльності підприємств, відповідно якому більш жорстко регламентуються забруднення навколишнього середовища, витрати енергії на виробництво та створення шумового забруднення. Продукція, що витримує цей стандарт, отримує знак «Зеленого голуба», який дає переваги на ринку товарів.

Україна як європейська держава приєдналася до процесу державного та правового регулювання збереження якості природного середовища. У 1991 році було створене Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. За його ініціативою в 1991 році був прийнятий Закон про охорону навколишнього природного середовища та розпочата розробка пакету законів та законодавчих актів з екологічних проблем, включаючи охорону атмосфери, води, рослинного та тваринного світу. Суверенна Україна як учасниця Конференції 1992 року в Ріо-де-Жанейро внесла пропозицію про екологічну конверсію виробництв, прийняла на себе зобов'язання забезпечувати екологізацію економіки та розв'язання екологічних проблем як першочергове завдання господарської та державної політики. Україна бере участь в роботі програми ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП). Тільки за період з 1980 року до 1991 року Україна взяла участь у 10 міжнародних актах з охорони природи.

Протягом останніх десятиріч намітилася чітка тенденція вирішення багатьох питань екологічної безпеки на міждержавному рівні. Стимулюючим поштовхом до міжнародного співробітництва на рівні держав з питань екології та охорони природи стала Стокгольмська конференція 1972 року. Стокгольмська декларація закріпила фундаментальне право людей не тільки на свободу та рівність, але й на адекватні умови життя в навколишньому середовищі тієї якості, яке забезпечує їхню гідність та добробут. Але само по собі міжнародне співробітництво в галузі охорони навколишнього середовища розпочалося ще наприкінці XIX століття, воно здійснювалося каналами громадських організацій — Міжнародного союзу охорони природи та природних ресурсів (МСОП), Всесвітнього фонду дикої природи та Наукового комітету з проблем навколишнього середовища (СКОПЕ).

Об'єктивна необхідність міжнародного співробітництва в галузі охорони природи на міждержавному рівні випливає з глобального характеру екологічної кризи та неможливості іншим засобом забезпечити охорону популяцій мігруючих тварин.

Ідеї Стокгольмської конференції отримали розвиток в рішеннях Віденської конференції захисту озонового шару (1985), Женевській конвенції про трансграничне забруднення повітря (1979 — 1983 рр.), Монреальському протоколі про обмеження використання хлорфторвуглеводнів (1987) із поправками 1990 року (в цих документах виробництво фреонів планується скоротити на першому етапі на 20% та до 2000 року повністю припинити їхнє виробництво). У 1982 році ООН прийняла «Всесвітню хартію природи», в якій вперше на міжнародному рівні була проголошена відповідальність людства за стан природи. Велику роль зіграли й Форум із міжнародного права в галузі охорони довкілля, проведений в Італії у 1990 році, й доповідь комісії Брутланда, й Московська декларація Глобального форуму з навколишнього середовища 1990 року, яку ухвалили 83 держави світу, й Конференція 1992 року в Ріо-де-Жанейро, в якій взяли участь 100 держав та представники від 50 держав, та ряд інших ініціатив. На конференції в Ріо-де-Жанейро був прийнятий програмний документ «Порядок денний на XXI століття», що вміщує план міжнародних дій з навколишнього середовища на межі ХХ та ХХІ століть. Реалізується програма «Людство та глобальні зміни», метою якої є вивчення взаємозв'язку в системі «людина — середовище життя».

На міждержавному рівні розпочався процес формування нової системи цінностей соціального, економічного та етичного характеру, що включає в себе екологічний імператив. Запропоновано оцінювати успіхи держав в цьому напрямку системою індексів:

- а) індекс гуманітарного розвитку, який включає в себе досягнуту в державі тривалість життя його громадян, рівень освіти, рівень опанування ресурсами;
- б) індекс стійкого економічного добробуту **Далі-Кобба** (1987) з поправками на екологічні витрати.

**П.Ньюман** (1989) виступив з концепцією стійкого розвитку, суть якої полягає у поповненні природних ресурсів, що витрачаються.

Кінець ХХ століття ознаменувався усвідомленням взаємної відповідальності держав за стан навколишнього середовища. Стали нормою міжнародного спілкування співробітництво в галузі вирішення екологічних проблем, взаємні консультації та обмін інформацією. Головною метою є вироблення системи світової екологічної безпеки.

#### **Опрацювавши даний розділ, Ви повинні вміти:**

1. Дати визначення поняттю «охорона природи» та вказати з яких компонентів складаються дії з охорони природи.
2. Назвати закон України, який регламентує природоохоронні заходи.
3. Визначити, що таке рідкісні, зникаючі види рослин і тварин та ті, що потребують охорони.
4. Перерахувати основні категорії охоронних територій та об'єктів природи, вказати принципів відмінності між ними.
5. Пояснити, що таке Червона та Зелена книги.
6. Розкрити, які можливості відкривають біотехнології в охороні природи.
7. Дати визначення поняття «екологічне нормування».
8. Перерахувати основні категорії охоронних природних об'єктів в Україні.
9. Показати суть сучасної міждержавної екологічної політики та виділити її пріоритети.
10. Дати визначення екологічному праву.
11. Проаналізувати проблему екологічної освіти й виховання та показати позитивні й негативні моменти екологічної освіти в школах та вузах України.



12. Вказати на тяжкі проблеми в розвитку міжнародного співробітництва держав у галузі охорони природи та боротьби за чисте природне середовище.

**Питання для самоперевірки та обговорення:**

1. У чому полягають відмінності в процесі вимирання видів в доантропогенну та антропогенну епохи?
2. Чому для охорони видів рослин та тварин необхідно охороняти екосистеми?
3. Обговоріть проблему необхідності екологічних знань для охорони природи.
4. Обговоріть суть концепції ГДК та виявіть позитивні та негативні моменти.
5. Що таке моніторинг та які основні його види існують?
6. У чому переваги біоіндикації?
7. Якими способами можна зберегти біологічне різноманіття?
8. Які Ви знаєте міжнародні документи з проблем екологічної безпеки та охорони природи?
9. Які форми економічного регулювання застосовуються для забезпечення екологічної чистоти навколишнього середовища?
10. У чому суть витратного принципу екологічних платежів?
11. У чому полягає зміст поліфункціональної парадигми охорони природи?
12. Обговоріть досвід держав Західної Європи у вирішенні проблем екологічної безпеки та його значення для України як європейської держави.

## ПІСЛЯМОВА

Кінець ХХ століття — це час усвідомлення кризи цивілізації, заснованої на індивідуалізмі, споживанні та підкоренні природи. Це час усвідомлення того, що природа має абсолютну цінність не тому, що вона приносить користь, а тому, що без неї неможливе існування людства. Настала епоха науки екології, яка взяла на себе функцію інтегрування людських знань та роль лоцмана людської історії.

**Сучасна екологія — це наукова база для розробки стратегії і тактики поведінки людства.** Закони екології вчать, що людство є частиною природи і своїм існуванням залежить від функціонування природних систем. Один із головних висновків, до якого веде вивчення екології, полягає в усвідомленні того, що при веденні усіх видів виробництва треба орієнтуватися не на боротьбу з наслідками, які руйнують природу, а на усунення самих причин деградації біосфери.

Закони екології лежать в основі не лише біологічного, а й соціального буття. Екологічні прогнози майбутнього, що очікує людство, з розвитком екологічної кризи стають все більш актуальними. Вже один із перших таких прогнозів, складений О.Тоффлером у 1971 році, показав небезпечність сліпого руху до суперіндустріального суспільства. Серія прогнозів, зроблених Римським клубом, і, в першу чергу, прогнози Д.Медоуза, М.Месоровича, Е.Пестеля, Я.Тинбергена та ін. досить об'єктивно засвідчують, що кризові ситуації в сировинній, продовольчій та власне екологічній сферах не є тимчасовими, вони зростають і ставлять перед людством серйозні завдання.

Наприкінці ХХ століття суспільство опинилося перед найважливішим моментом свого розвитку. Протягом всієї історії свого існування людина спиралася на природоруйнівну структуру господарювання. Напередодні ХХІ століття людство ступило на поріг нової складної епохи — екологізації усіх сфер виробничої діяльності. Її легкому протіканню заважають **соціально-політичні передумови**, коли уряди та народи ще не зрозуміли необхідності включення стану навколишнього середовища до числа пріоритетів розвитку нації, **економічно-технічні передумови**, які полягають у тому, що екологічно чисті технології відсутні або дорого коштують, та **передумови морально-психологічного характеру**, що зводяться до неусвідомлення згубних наслідків антиекологічних дій.

Інакше кажучи, людству, незалежно від його волі та бажання, доводиться вступати в ноосферний період розвитку та вирішувати такі глобальні проблеми, до яких воно ще повною мірою не готове. Створення ноосфери, як це уявляв В.І.Вернадський, вимагає виконання декількох важливих умов:

- а) об'єднання всього людства навколо єдиних цілей та задач;
- б) створення єдиної інформаційної мережі;
- в) свобода виконання прийнятих рішень перетворення навколишнього середовища за рахунок необмеженого доступу до ресурсів та енергії;
- г) рівність та високий добробут усіх членів суспільства;
- д) виключення війни як засобу вирішення соціальних конфліктів.

У сучасному суспільстві ці умови не виконуються. Людська цивілізація продовжує знаходитися у фазі нестійкого розвитку, коли внутрішні конфлікти перешкоджають вирішенню глобальних проблем.

Складність та трагізм сучасного історичного періоду полягає в тому, що біосфера

вже не може саморегулюватися за рахунок природних механізмів, тоді як ноосфера, яка управлятиметься загальнолюдським розумом, ще не існує. Світовому співтовариству необхідна єдина концепція виживання. Людство на роздоріжжі — треба зробити відповідний вибір: або екологічне усвідомлення, або продовження стихійного розвитку з виходом за межу ризику та можливим крахом цивілізації.

Можливі лише три варіанти подальшого розвитку людської цивілізації. Перший — технократичний: продовження максимального споживання ресурсів, виснаження ґрунту, накопичення негативних впливів на середовище, урбанізація, ріст чисельності населення. По суті, це шлях до катастрофи, оскільки для створення штучної біосфери у людства немає достатньої кількості ресурсів та енергії. Другий варіант — докорінна зміна стратегії розвитку суспільства, перехід на екологічно чисті технології, альтернативне сільське господарство, скорочення споживання ресурсів, самообмеження потреб, регулювання народжуваності, повне роззброєння. Цей варіант досить складний через кардинальність соціальної та виробничої перебудови.

Третій варіант, який сьогодні вважається найбільш придатним, — проміжний. Це поступова зміна технократичного шляху розвитку суспільства на шлях екологічний.

Щодо подальшої долі людства існують і песимісти, й оптимісти. Видатний англійський поет Байрон писав, що «Людина позначає Землю руїнами». М.Ф.Реймерс стверджує: «У людства повинно бути майбутнє. І воно може бути світлим. Нерозв'язних проблем немає. Пройти небезпечну ділянку шляху в майбутнє допоможе світло екологічних знань, активність, праця та високий професіоналізм». Але цей шлях жорстких самообмежень, шлях розуму, а не шлях самоствердження та самозадоволення як окремих осіб, так і окремих націй. Від принципу соціалізму та комунізму «кожному за потребами» доведеться відмовитися. Потреби егоїстичні та безмежні. Справжня людська цивілізація починається тоді, коли суспільство стабілізує своє середовище життя на основі гармонії соціальних та природних процесів.

Людська цивілізація вступила в таку фазу розвитку, коли її доля вирішується не науково-технічним прогресом, а глибиною екологічних знань та вмінням діяти відповідно до цих знань. Людство в XXI столітті вперше повинно стати єдиним суб'єктом творчості, тоді як раніше такими суб'єктами були тільки окремі особи або групи осіб.

## ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК ОСНОВНИХ ПОНЯТЬ ТА ТЕРМІНІВ

- Абіотичні фактори 21, 54  
Автокопрофагія 115  
Адаптація 133 — 135  
Алелопатія 28, 127  
Аменсалізм 126  
Атмосфера 33 — 34, 146 — 148  
Аутекологія 7
- Біогеоценоз 23  
Біологічна ієрархія 22  
Біологічні системи  
— стабільність 16 — 17  
— стійкість 16 — 17  
Біом 77  
Біопродукція 112 — 117  
Біосфера 31  
— ємність 32  
— структура 32 — 33  
— стійкість 32  
— цілісність 32  
Біосферологія 32  
Біоценоз 23, 62  
Біоценологія 54  
Болото 91 — 92
- Вода 34 — 35, 57 — 58, 122  
— в ґрунті 58  
Вуглекислий газ 33, 123
- Гідросфера 34 — 35  
Гіпотеза Геї 128  
Гумус 60  
Ґрунт 59 — 61, 123  
— життя в ґрунті 64 — 67
- Демографічний вибух 212 — 213
- Екоїд 21  
Екологічна конверсія 216 — 220  
Екологічна ніша 97 — 98  
Екологічна криза 224  
Екологічна політика 235 — 237  
Екологічне нормування 232 — 233  
Екологія 7  
— глобальна 7  
— загальна 8  
— завдання 10  
— історія 15 — 16, 27 — 28  
— класична 7  
— напрямки досліджень 28 — 29  
— спеціальна 8, 213 — 214  
— структура 8  
— факторіальна 7, 9, 15
- Екосистема 19, 52  
— еволюція 72  
— лісова 80 — 86  
— різноманіття 77  
Екосфера 75  
Екотоп 21  
Енергія  
— потік 36 — 38  
Ентропія 20  
Етика  
— екологічна 224 — 225  
Етичні критерії 224  
Етологія 18
- Жива речовина 33  
Живлення  
— автотрофне 112  
— гетеротрофне 112  
— мікроорганізмів 113 — 117  
— партнерство 116  
— у людини 116  
Живі організми 62 — 64  
Життя 19, 33
- Ієрархія  
— структурна 22  
Інтелектосфера 51
- Кисень 123  
Конкуренція 126  
— дифузна 98  
Консументи  
— вторинні 118  
— первинні 118  
Копрофагія 115  
Корені рослин 65  
Кругообіг речовин  
— великий 40  
— малий 40  
— інтенсивність 41
- Ліс  
— змішаний 82 — 83  
— тропічний 84 — 86  
Літосфера 35  
Луки 90  
Людина  
— еволюція 18  
— місце в біосфері 50  
Людство 169 — 171
- Медична екологія 202 — 204  
Методи  
— моделей 23 — 24, 25 — 27  
— екології 23 — 24

- Модель  
 — абстрактна 24  
 — вербальна 26  
 — графічна 25  
 — детерміністська 26  
 — математична 26  
 — матеріальна 24  
 — стохастична 26  
 Моніторинг 230 — 231  
 Мутуалізм 126  
  
 Народонаселення  
 — динаміка 47 — 48  
 — щільність 47  
 Нейтралізм 126  
 Ноосфера 51  
  
 Озоновий шар (екран) 34, 157  
 Охорона екосистем 228 — 230  
 Охорона ценофонду 227  
  
 Паразитизм 126  
 Поліплоїдія 120  
 Популяційне поле 96, 102  
 Популяція 95  
 — віталітетна структура 107  
 — вікова структура 106  
 — генетична структура 105  
 — динаміка 108 — 110  
 — просторова структура 102 — 105  
 — розміри 101  
 — розмірна структура 107 — 108  
 — ріст 95  
 — співіснування 95 — 96  
 — статева структура 105 — 106  
 — управління 110  
 Принцип  
 — адекватності конструкції 21  
 — біологічної ієрархії 21  
 — голоцену 55  
 — дискретності 20  
 — зворотних зв'язків 21  
 — конкурентного виключення 98  
 — лімітування біопродукції 128 — 129  
 — найпростішої конструкції 21  
 — структурно-функціональної єдності 21  
 — якісної неоднорідності 21  
 Продуктивність  
 — біологічна 112 — 117  
 — екосистем 78  
 Продукція  
 — вторинна 117  
 — первинна 117  
 — розміри 119 — 120  
 Продукційний процес  
 — екологічний контроль 121 — 126  
 — управління 128 — 129  
 — ценогічний контроль 126 — 127  
 Продуценти 118  
 Пустеля 88 — 90  
  
 Різноманіття  
 — біологічне 124  
 Районування екологічне 93  
 Родючість  
 — природна 35  
 Редуценти 118  
 Ресурси 172 — 175  
  
 Світовий океан 149 — 151  
 Середовище життя 48 — 49  
 — людини 50  
 — природне 50  
 — соціальне 50  
 Синузія 64  
 Система  
 — види 17  
 — відкриті 17  
 — закриті 17  
 Системний підхід 16 — 17  
 Сонячна радіація 57  
 Соціобіологія 17  
 Соціосфера 50  
 Стадо 104  
 Степ 86 — 88  
 Стійкість 135 — 137  
 Стратегія життя 99 — 101  
 Сукцесія 73 — 74  
  
 Тайга 80  
 Температура 56, 122  
 Територія 56, 123  
 Техносфера 51  
 Трофічна піраміда 69  
 Трофічні ланцюги 67  
 — бар'єрна функція 71  
 — концентрування речовини 70 . 71  
 Тундра 78 — 80  
  
 Українська екологічна школа 27 — 28  
 Умови існування 50 — 51  
 Утилізація відходів 204 — 207  
  
 Фактори  
 — абіотичні 54 — 55  
 — біотичні 126 — 127  
 Фітогенне поле 22  
 Фотосинтез 112 — 113  
  
 Хемосинтез 113  
 Хижацтво 126  
  
 Ценоз 62  
 Ценоутворюючі зв'язки 63  
 Цикли  
 — азоту 44 — 45  
 — біогеохімічні 40 — 41  
 — води 43 — 44  
 — вуглецю 43  
 — еволюція 41  
 — стійкість 41  
 — фосфору 45  
  
 Червона книга 226 — 227

## ЛІТЕРАТУРА

- Аверьянова А., Луговский В., Русак И. Что нужно знать о радиации. — М.: Высшая школа, 1992.
- Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. — Л.: Наука, 1980.
- Александрова Р.И., Смольянов А.В. Экология и мораль. — М.: Знание, 1984.
- Ален Р. Как спасти Землю. — М.: Мысль, 1983.
- Алиев К.А. Рациональное использование природных ресурсов при орошении. — К.: Наукова думка, 1991.
- Андерсон Д.М. Экология и науки об окружающей среде. Биосфера, экосистемы, человек. — Л.: 1985.
- Андрієнко А.Л., Фещенко П.І. Довідник з охорони природи. — К.: Урожай, 1985.
- Андрієнко Т.Л., Плюта П.Г., Прядко Е.И., Каркуциев Г.Н. Социально-экологическая значимость природно-заповедных территорий Украины. — К.: Наукова думка, 1991.
- Антропогенное перераспределение органического вещества в биосфере/Под ред. И.С. Коплан-Дикс. СПб.: Наука, 1993.
- Арена биологической эволюции. М.: Знание, 1986.
- Арешников Л.Н., Васильев В.П., Гораль В.М. и др. Природоохранная технология защиты растений. — К.: Урожай, 1989.
- Бабаев А.Г., Зонн С.И., Дроздов Н.Н., Фрейкин З.Г. Пустыни. — М.: Мысль, 1986.
- Базилевич Н.И., Родин Л.Е., Розов Н.Н. Сколько весит живое вещество планеты?// Природа. — 1971, № 1.
- Барабой В.А. Ионизирующая радиация в нашей жизни. — М.: Наука, 1991.
- Берток П., Радд Д. Стратегия защиты окружающей среды от загрязнений. — М.: Мир, 1980.
- Биологический энциклопедический словарь. — М.: Сов. энциклопедия, 1986.
- Биосфера. Перевод с английского. — М.: 1972.
- Боговая И.О., Теодоронский В.С. Озеленение населенных мест. — М.: Агропромиздат, 1990.
- Борейко В.Е. История охраны природы Украины. Т. 1. — К., 1997.
- Браун Л., Янг Дж. Глобальная продовольственная проблема// Мир науки. — 1990, № 4.
- Будыко М.И. Глобальная экология. — М.: Мысль, 1977.
- Будыко М.И. Эволюция биосферы. — Л.: Гидрометеиздат, 1984.
- Вайнер (Уинер) Д. Экология в Советской России. — М.: Прогресс, 1991.
- Вашкулат Н.П., Гончарук Е.И., Костовецкий Я.И. Гигиена животноводческих комплексов и охрана окружающей среды. — К.: «Здоров'я», 1985.
- Вернадский В.И. Биосфера. — М.: 1967.
- Вернадский В.И. Живое вещество. — М.: Политиздат, 1979.
- Винокуров А.А. Редкие и исчезающие животные. Птицы. Справочное пособие. — М.: Высшая школа, 1992.
- Высоцкий А.Ф., Целеко В.П. Черноморско-Азовский бассейн: правовые вопросы использования пространства и ресурсов. — К.: Наукова думка, 1991.
- Геоботаничне районування Української РСР. — К.: Наукова думка, 1977.
- Гетманец Г.В., Лиханов В.А. Социально-экологические проблемы автомобильного транспорта. Справочное пособие. — М.: АСПОЛ, 1993.

- Гиляров А.М. Популяционная экология. — М.: МГУ, 1990.
- Голубев В.С. Эволюция: от геохимических систем до ноосферы. — М.: Наука, 1992.
- Голубец М.А. Актуальные вопросы современной экологии. — К.: Наукова думка, 1987.
- Голубец М.А. Актуальные вопросы экологии. — К.: Наукова думка, 1987.
- Голубец М.А. Деякі питання на етику екології і соціології// Вісн. АН УРСР. — 1984, № 10.
- Голубец М.А. Ельники Украинских Карпат. — К.: Наукова думка, 1978.
- Голубец М.А. Загальна схема механізмів саморегуляції в живих системах біосфери// Вісн. АН УРСР. — 1978, № 1.
- Горышина Т.К. Растение в городе. — Л.: Изд. ЛГУ, 1952.
- Григорьев А.А. Экологические уроки исторического прошлого и современность. — Л.: Наука, 1991.
- Горшков В.Г., Кондратьев К.Я., Шерман С.Г. Устойчивость биосферы и сохранение цивилизации// Природа. — 1990, № 7.
- Гришин К. Экологическое аудирование//Экос-информ. — 1993, № 2.
- Гродзинський О.М. Основи хімічної взаємодії рослин. — К.: Наукова думка, 1973.
- Гродзинский М.Д. Основы ландшафтной экологии. — К.: Либідь, 1993.
- Гродзинский А.М., Голубец М.А., Смирнов В.В. и др. Научно-технический прогресс и биология. — К.: Наукова думка, 1987.
- Гумбольдт А. Картины природы. — М.: Изд. географ. литературы, 1959.
- Даждо Р. Основы экологии. — М.: Прогресс, 1975.
- Дидух Я.П. Растительный покров Горного Крыма. — К.: Наукова думка, 1992.
- Долгременные биологические последствия ядерной войны//Мир науки. — 1984. Т. 28, № 3. — С. 16 — 22.
- Дылис Н.В. Основы биогеоценологии. — М.: МГУ, 1978.
- Ефремова Н.А. Карты продуктивности растительного покрова континентов. Ботанический журнал. — 1976, т. 61, № 12.
- Жизнеспособность популяций. Природоохранные аспекты. Перевод с англ. — М.: Мир, 1989.
- Жизнь животных. — М.: Просвещение. — Т. 1 — 7. — 1983 — 1989.
- Жученко А.А. Адаптивное растениеводство: эколого-генетические основы. — Кишинев: Штиинца, 1990.
- Завадский К.М. Основы формы организации живого и их подразделение//В кн. Философские проблемы современной биологии. — М.: Наука, 1966.
- Заверуха Б.В., Шемшученко Ю.С. Рослини Червоної книги. — К.: Наукова думка, 1985.
- Зербино Д.Д. Антропогенные экологические катастрофы. — К.: Наукова думка, 1992.
- Злобин Ю.А. Агрофитоценология. — Харьков, 1986.
- Злобин Ю.А. Екологічні проблеми агропромислового комплексу України на порозі третього тисячоліття// Ойкумена. — 1993, № 3.
- Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. — Казань, 1989.
- Иванов В.Н., Сторчевус В.К. Экология и автомобилизация. — К.: Будівельник, 1990.
- Кант Г. Биологическое растениеводство: возможности биологических агросистем. — М.: Агропромиздат, 1988.
- Каталог биосферы. — М.: Мысль, 1991.
- Кац Н.Я. Болота Земного Шара. — М.: Наука, 1971.
- Козубов Г.М., Таксаев А.И. Чернобыльский лес//Природа. — 1991, № 5.
- Комендар В.И. Проблеми екологічного виховання молоді. — Ужгород, 1994.
- Конвенція про біологічне розмаїття: громадська обізнаність і участь/ Відп. ред. Гардашук Т.В., Товар. «Зелена Україна». — К.: Стило, 1997.
- Кондратюк Е.М., Хархота Г.І. Словник-довідник з екології. — К.: Урожай, 1987.
- Коробкин В.И., Передельский Л.В. Инженерная геология и охрана природной среды. — Ростов-н/Д, 1993.

- Кравченко С.Н., Бондаренко В.Д. Общение с природой: экологические, моральные, правовые нормы. — Львов: Высшая школа, 1984.
- Криволицкий Д.А. Животные в биогенном круговороте веществ. — М.: Знание, 1986.
- Лебединский Ю.П., Склянкин Ю.В., Попов П.И. Ресурсосбережение и экология. — К.: Политиздат, 1990.
- Максимов А.А. Природные циклы. — Л.: Наука, 1989.
- Медавар П., Медавар Дж. Наука о живом. — М.: Мир, 1983.
- Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. За пределами роста. — М.: Прогресс, 1994.
- Мельников Н.И. Пестициды и окружающая среда//Агрехимия. — 1990, № 12.
- Мизун Ю.Г. Озоновые дыры: мифы и реальность. — М.: Мысль, 1993.
- Миллер Т. Жизнь в окружающей среде. Часть 1. — М.: Прогресс-Пангея, 1993.
- Миркин Б.М. Спираль истории агросферы//Природа. — 1991, № 11.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Популярный экологический словарь. — Уфа: Китап, 1997.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Злобин Ю.А. Состояние и тенденции развития современной агроэкологии. — М.: ВИНТИ, 1991.
- Монин А.С. История Земли. — М.: Наука, 1977.
- Морально-этические нормы, война, окружающая среда/Ред. А. Уэстинг. — М.: Мир, 1989.
- Мороз П.А. Аллелопатия в плодовых садах. — К.: Наукова думка, 1990.
- Надежность биологических систем./Под ред. Д.М. Гродзинского. — К.: Наукова думка, 1985.
- Наш дом — планета Земля. — М.: Мысль, 1982.
- Небел Б. Наука об окружающей среде. Т. 1 и 2. — М.: Мир, 1993.
- Никитина З.И. Микробиологический мониторинг наземных экосистем. — Новосибирск: Наука, 1991.
- Огородник И.В., Киселев Н.Н., Крисаченко В.С., Стогний И.П. Социально-философские проблемы экологии. — К.: Вища школа, 1989.
- Одум Ю. Экология. Т. 1 и 2. — М.: Мир, 1986.
- Омнигенная экология/Под ред. А.С. Гринена. — Брянск, Т. 1, 1995. Т. 2, 1996.
- Паршенков С. Промышленное загрязнение//Природа. — 1991, № 5.
- Перцик Е.Н. Среда человека: предвидимое будущее. — М.: Мысль, 1990.
- Плетнева С.А. От кочевий к городам. — М.: Наука, 1967.
- Погода и урожай/ Ред. А.С. Соломе. — М.: Агропромиздат, 1990.
- Предмет экологии человека. /Сб. — М.: Научный совет АН СССР, Часть 1 и 2, 1991.
- Пригожин И. Мы только начинаем понимать природу//В кн. Краткий миг торжества. — М.: Наука, 1989.
- Промышленная ботаника. /Под ред. Е.Н. Кондратюка. — К.: Наукова думка, 1980.
- Прусс И. Здоровье планеты//Знание-сила. — 1993, № 11.
- Рагон М. Города будущего. — М.: Мир, 1969.
- Развитие концепции структурных уровней в биологии. — М.: Наука, 1972.
- Редкие и исчезающие растения и животные Украины. Справочник. — К.: Наукова думка, 1988.
- Резервы адаптации. /Под ред. Н. Филипповского. — М.: Знание, 1984.
- Реймерс Н.Ф. Экологизация. Введение в экологическую проблематику. — М.: Росс. открытый унив., 1992.
- Реймерс Н.Ф. Экология. Теория, законы, принципы и гипотезы. — М.: Россия Молодая, 1994.
- Ресурсы биосферы на территории СССР. /Под ред. И.П. Герасимова. — М.: Наука, 1971.
- Рифкин Д. Приближение биосферного века. — К.: Эхо-Восток, 1995.
- Ричардс П. Тропический дождевой лес. — М.: Издательство иностранной литературы, 1961.
- Роев Г.А. Очистные сооружения. Охрана окружающей среды. — М.: Недра, 1993.
- Рослинність УРСР. Ліси. 1971. Степи, кам'янисті віслонення, піски. — К.: Наукова думка, 1973.



- Роун Ш Озоновый кризис — М Мир, 1993
- Самойлюк Е П, Сафонов В В Борьба с шумом и вибрацией в промышленности — К Высшая школа, 1990
- Семененко Б А, Ярош Н В, Козьменко С Н Опыт разработки и внедрения природоохранного хозрасчета на Украине//Сб Научные и техн аспекты охраны окружающей среды — М ВИНТИ, 1991, № 8, 9
- Сетров М И Организация биосистем — Л Наука, 1971
- Скиннер Б Хватит ли человечеству земных ресурсов? — М Мир, 1989
- Соколова Т А, Дронова Т Я Изменения почв под влиянием кислотных выпадений — М МГУ, 1993
- Социальные аспекты экологических проблем — М 1992 Экологическая антология
- Экологические произведения западных авторов Сб — М — Бостон, 1992
- Степанов В Н Океаносфера — М Мысль, 1983
- Тимофеев-Ресовский Н В Структурные уровни биологических систем//В кн Системные исследования — М 1970
- Тооминг Х Г Экологические принципы максимальной продуктивности растений — Л Гидрометеиздат, 1984
- Фишер Д, Саймон Н, Винсент Д Красная книга Дикая природа в опасности — М 1976
- Флоренский П Чернобыльский ожог//Природа — 1990, № 10
- Формозов А Н Проблемы экологии и географии животных — М Наука, 1981
- Францевич Л И, Гайченко В А, Крыжановский В И Животные в радиоактивной зоне — К Наукова думка, 1991
- Хакен Г Синергетика — М, 1980
- Чибилев А А Экологическая оптимизация степных ландшафтов — Свердловск УрО АН СССР, 1992
- Шапиро И А Загадки растения — сфинкса лишайники и экологический мониторинг — Л Гидрометеиздат, 1991
- Шеляг-Сосонко Ю Р (ред) Перспективная сеть заповедных объектов Украины — К Наукова думка, 1987
- Шеляг-Сосонко Ю Р, Дидух Я П, Дубына Д В и др Продромус растительности Украины — К Наукова думка, 1991
- Шеляг-Сосонко Ю Р, Осычнюк В В, Андриенко Т Л География растительного покрова Украины — К Наукова думка, 1980
- Шерфиг Х Пруд — Л Гидрометеиздат, 1978
- Шибуль И Я Экологические потребности сущность, финансы, перспектива — Минск Наука і тэхн, 1991
- Шипунов Ф Я Организованность биосферы — М 1980
- Щербаков Д И Земной Шар/В кн Глазами ученого — М Изд АН СССР, 1963
- Эдберг Р Капли воды — капли времени//Наука и жизнь — 1989, № 11
- Эйхлер В Яды в нашей жизни — М Мир, 1993
- Экология сельскохозяйственных экосистем — М Агропромиздат, 1987
- Экологическая антология — М — Бостон, 1992
- Экологические очерки о природе и человеке — М Прогресс, 1988
- Эрхард Ж П, Сежен Ж Планктон — Л Гидрометеиздат, 1984
- Яблоков А В Популяционная биология — М Высшая школа, 1987
- Яблоков А В Ядовитая приправа Проблемы применения ядохимикатов и пути экологизации сельского хозяйства — М Мысль, 1990
- Яблоков А В Уровни охраны живой природы — М Наука, 1985

# ЗМІСТ

<b>Передмова</b>	<b>5</b>
<b>Вступ</b>	<b>7</b>
<b>Частина I. Загальна екологія</b>	<b>13</b>
<b>Розділ 1. Екологія як загальнобіологічна та гуманітарна наука</b>	<b>15</b>
1.1. Розвиток екологічних знань та їх роль у становленні цивілізації 1.2. Ідея системності в екології 1.3. Соціальні аспекти екології 1.4. Об'єкти вивчення в екології 1.5. Методи екологічних досліджень 1.6. Метод моделювання в екології 1.7. Короткий нарис історії екології Українська екологічна школа 1.8. Екологія на межі XX та XXI століть	
<b>Розділ 2. Біосфера</b>	<b>31</b>
2.1. Поняття біосфери 2.2. Структура біосфери 2.3. Потік енергії на Земній Кулі 2.4. Біогеохімічні цикли 2.5. Місце людини в біосфері 2.6. Поняття середовища 2.7. Людська цивілізація як новий фактор в існуванні біосфери	
<b>Розділ 3. Екосистеми</b>	<b>52</b>
3.1. Екосистеми — основні структурні одиниці біосфери 3.2. Абіотичні компоненти біосфери Ресурси та умови існування 3.3. Ґрунт як біокосний елемент екосистем 3.4. Живі організми в екосистемах Біоценози 3.5. Життя в ґрунті 3.6. Трофічні ланцюги та трофічні піраміди 3.7. Концентрація речовин у трофічних ланцюгах 3.8. Розвиток та еволюція екосистем 3.9. Сукцесії 3.10 Штучні екосистеми — екосфери	
<b>Розділ 4. Екосистеми світу та України</b>	<b>77</b>
4.1. Різноманіття екосистем 4.2. Тундри 4.3. Лісові екосистеми помірного поясу 4.4. Вічнозелений тропічний дощовий ліс 4.5. Степи 4.6. Пустелі 4.7. Екосистеми луків 4.8. Болота 4.9. Прісноводні екосистеми 4.10. Принципи екологічного районування	
<b>Розділ 5. Популяції</b>	<b>95</b>
5.1. Поняття популяції 5.2. Особливості популяцій рослин та тварин 5.3. Екологічні ніші 5.4. Співіснування популяцій — норма їх існування 5.5. Стратегії життя рослин та тварин 5.6. Розмір популяції 5.7. Просторова структура популяції 5.8. Внутрішньопопуляційна структура 5.9. Динаміка популяцій. 5.10. Популяції як об'єкт використання моніторингу та управління	
<b>Розділ 6. Біологічна продуктивність</b>	<b>112</b>
6.1. Автотрофне та гетеротрофне живлення 6.2. Особливості живлення мікроорганізмів рослин тварин та харчування людини 6.3. Продукційний процес Продукенти консументи і редуценти 6.4. Генетичні фактори продуктивності 6.5. Екологічний контроль продуктивності 6.6. Ценотичний контроль продуктивності Біопродукція в різних біомах 6.7. Принципи лімітування біопродукції Управління продукційним процесом	
<b>Розділ 7. Біологічна та екологічна рівновага</b>	<b>131</b>
7.1. Біологічне різноманіття — основа стійкого існування екосистем 7.2. Загальні принципи стабільності та стійкості біосистем та екосистем 7.3. Адаптація 7.4. Стійкість організмів популяцій та екосистем	
<b>Розділ 8. Антропогенна деградація біосфери</b>	<b>139</b>
8.1. Науково-технічний прогрес та проблеми екології 8.2. Джерела екологічної кризи XX століття та її вплив на біосферу 8.3. Форми та механізми деградації біосфери Роль промислового та сільськогосподарського виробництва 8.3.1 Забруднення атмосфери 8.3.2. Забруднення та деградація ґрунту 8.3.3. Забруднення Світового океану та континентальних вод 8.3.4 Фізичні фактори забруднення середовища 8.3.5 Радіоактивне забруднення навколишнього середовища 8.4. Вплив людини на глобальні біосферні процеси 8.5. Живі організми в умовах антропогенного стресу Трансформація та деградація біоти Земної Кулі 8.6. Військові аспекти деградації біосфери 8.7. Територіальні аспекти антропогенного забруднення навколишнього середовища Стан навколишнього середовища України	
<b>Частина II. Спеціальні аспекти екології</b>	<b>167</b>
<b>Розділ 1. Агроекосистеми</b>	<b>169</b>
1.1. Забезпечення населення продуктами харчування 1.2. Агроекосистеми 1.3. Ресурси в агроекосистемах 1.4. Сільськогосподарські рослини та тварини — продукт добору та генетичного конструювання 1.5. Енергетичний аналіз агроекосистем 1.6. Спів-	

життя в агроекосистемах Бур'яни, хвороби та шкідники 1.7. Фактори стабілізації агро- систем Сівозміни Меліорація 1.8. Інтенсифікація сільського господарства 1.9. Від- ходи сільськогосподарського виробництва Забруднення природного середовища 1.10. Стратегія сільськогосподарського користування на межі XXI століття Адаптивне рослинництво та альтернативне землеробство	
<b>Розділ 2. Промислові екосистеми</b> .....	<b>188</b>
2.1. Типи промислового виробництва. 2.2. Енергетика 2.3. Географія промислового виробництва Транспортні системи 2.4. Науково-технічний прогрес та екологія 2.5. Конфліктні ситуації промислового природокористування 2.6. Вплив промислового виробництва на біосферу	
<b>Розділ 3. Міські екосистеми</b> .....	<b>196</b>
3.1. Інфраструктура міст 3.2. Міські споруди Будівельні матеріали та водозабезпечен- ня 3.3. Енергетичні системи міст 3.4. Екологія міського транспорту 3.5. Екологічне середовище в містах Мезо- та мікроклімат 3.6. Рослини та тварини в місті 3.7. Люди- на в міському середовищі Медична екологія 3.8. Утилізація та знешкодження відходів Очисні споруди 3.9. Міста майбутнього	
<b>Розділ 4. Перспективи екологічної конверсії промислового та сільськогос- подарського виробництва</b> .....	<b>210</b>
4.1. Екологічна конверсія — актуальна проблема цивілізованого людства 4.2. Демогра- фічні фактори 4.3. Соціальна екологія 4.4. Роль громадського екологічного руху в екологічній оптимізації виробництва 4.5. Екологічна експертиза та екологічні паспорти 4.6. Екологічна конверсія в промисловості 4.7. Екологічна конверсія в сільському госп- дарстві 4.8. Екологізація енергетики 4.9. Програма екологічної конверсії промисловості та сільського господарства України	
<b>Розділ 5. Принципи раціонального природокористування та охорони природи</b> .....	<b>224</b>
5.1. Екологія та моральність Цивілізоване використання природних угідь 5.2. Приро- дохоронні концепції 5.3. Охорона генофонду Червона книга України 5.4. Охорона ценофонду Зелена книга України 5.5. Охорона екосистем Національні парки, запо- відники, заказники, пам'ятники природи, екологічні стежки 5.6. Моніторинг Методи та форми контролю стану екосистем 5.7. Екологічне нормування антропогенних наванта- жень 5.8. Соціально-організаційні та правові основи охорони природи 5.9. Економічні критерії в екології 5.10. Екологічна політика Охорона природи на державному та міждержавному рівнях	
<b>Післямова</b> .....	<b>239</b>
<b>Предметний показник основних понять та термінів</b> .....	<b>241</b>
<b>Література</b> .....	<b>243</b>

Навчальне видання

**Злобін Юліан Андрійович**

## **ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ**

підручник

*Художник обкладинки **Чуєв С.**  
Редактор, коректор **Тищенко Н.***

Підписано до друку 20 08 98

Формат 70x100/16 Папір офсетний, друк офсетний Ум друк арк 20,4 Зам 8 265

ТОВ «Видавництво Лібра»  
252033, Київ-33, вул Саксаганського, 53  
Реєстр № 21554843  
Тел 227-62-77

Київське акціонерне товариство «Книга»  
254655, МСП, Київ-53, вул Артема, 25