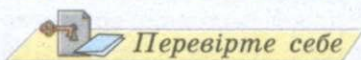


**Що таке ноосфера.** Біосфера постійно розвивається. У період зародження життя вона була представлена живою речовиною мікроорганізмів і біогенною речовиною — результатом їх життєдіяльності. У міру виникнення багатоклітинних організмів жива оболонка ставала потужнішою, включала у себе всі живі організми, що населяли Світовий океан. Близько 600 млн років тому, коли життя проникло на суходіл, біосфера поширилася на всю поверхню Землі. Але на цьому її розвиток не припинився. Наступною, як вважають, вищою стадією еволюції біосфери, становлення якої пов'язане з розвитком людського суспільства, стала **ноосфера** (від грец. *ноос* — розум і *сфера*) — частина планети і навколопланетного простору зі слідами діяльності людини. На стадії розвитку біосфери, коли людина як вид набуває планетарного значення, фактором, що визначає існування і розвиток біосфери, стає розумна людська діяльність. В. І. Вернадський вважав, що людський розум є силою геологічного й, навіть, космічного рівня.

Термін *ноосфера* запропонував французький математик *Едуард Леруа* (1870—1954).

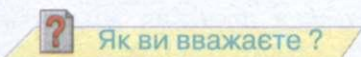
**Біосфера — жива оболонка Землі — є глобальною екологічною системою, частини якої так само залежать одна від одної, як компоненти одного біогеоценозу.** Ключовим поняттям у вченні про біосферу є поняття живої речовини — сукупності всіх організмів, що живуть на нашій планеті.

**Біосфері, як і будь-якому іншому біологічному об'єкту, властивий розвиток.** Вершиною розвитку біосфери є становлення ноосфери — частини планетарного і навколопланетного простору, фактором існування і розвитку якої є розумна людська діяльність.



#### Перевірте себе

1. Чому біосферу називають глобальною екосистемою?
2. Де проходять межі біосфери й у яких її місцях концентрується найбільша маса живої речовини?
3. Які частини земної поверхні є найбільш продуктивними?
4. Де вища ефективність засвоєння сонячної енергії рослинами — у Світовому океані чи на суходолі?
5. Який зміст вкладають у поняття *біосфера*?



#### Як ви вважаєте?

1. Чому органічної речовини набагато більше продукується на суходолі, ніж у Світовому океані?
2. Чи можна вважати результати діяльності людини у планетарному масштабі свідченням приходу ери розуму?

## § 35. БІОГЕОХІМІЧНІ ЦИКЛИ ЯК ОСНОВА БІОСФЕРИ

**Терміни і поняття:** біогенна міграція хімічних елементів; нітрифікуючі та денітрифікуючі бактерії; азотобактерії; енергетичний баланс Землі.

**Як відбувається кругообіг речовини.** Зелені рослини, поглинаючи світлову енергію Сонця, з найпростіших неорганічних сполук (води, вуглекислого газу та мінеральних солей) синтезують органічні речовини — первинну про-

дукцію для тварин, грибів і бактерій усієї планети. Тварини перетворюють первинну продукцію у вторинну. Сапротрофні (від грец. *сапрос* — гнилий і *трофос* — їжа) бактерії і гриби руйнують первинну рослинну і вторинну тваринну продукцію, що залишилася від померлих організмів, знову до простих неорганічних сполук. Таким чином, зелені рослини є виробниками органічної речовини, тварини — її споживачами, а бактерії і багато грибів — руйнівниками.

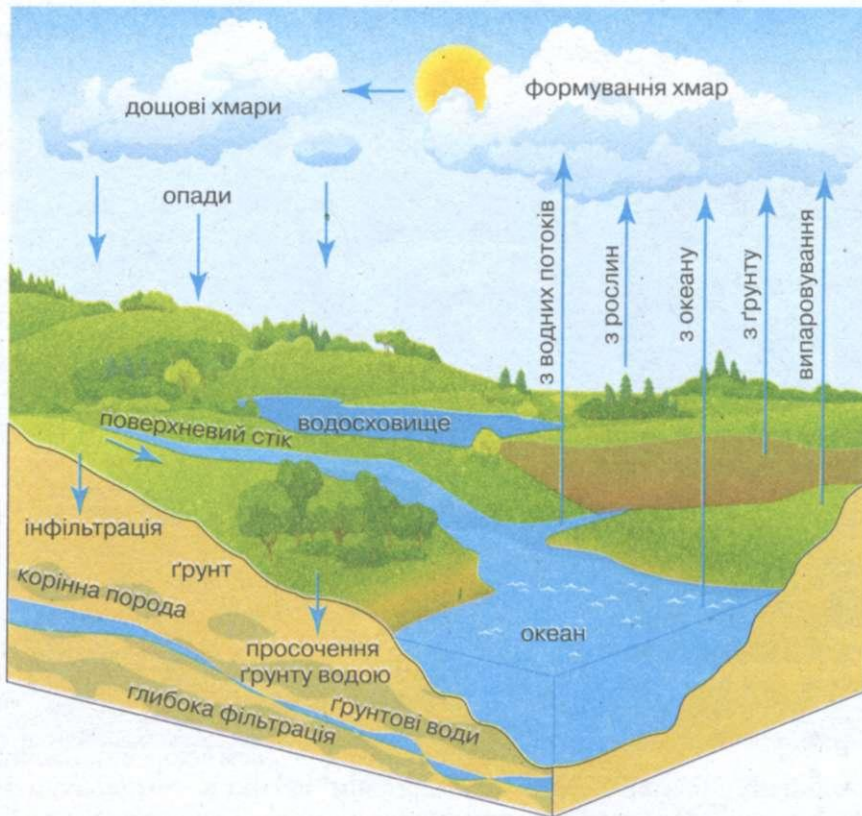
На Землі щомиті вмирають мільйони організмів. Тому розкладання органічних сполук на мінеральні речовини під час гниття мертвих тіл рослин і тварин є одним з найбільш глобальних процесів у біосфері. (Саме тому видатний мікробіолог Л. Пастер назвав бактерії «великими гробарями природи».) У ході цього процесу в атмосферу виділяється велика кількість вуглекислого газу та водню. Мікроорганізми беруть активну участь у геохімічних процесах і кругообігу речовин у біосфері, а також у виведенні речовин з круговороту і накопиченні їх покладів у земній корі.

Принципова схема кругообігу речовини у біосфері виглядає таким чином: неорганічні речовини → органічні сполуки → неорганічні речовини. У цей процес залучено як багато найпростіших неорганічних сполук, так і всі хімічні елементи, що постійно входять до складу живих організмів.

**Кругообіг води.** Вода — одна з найдинамічніших сполук. Вона перебуває у постійному русі — переходить з одного стану в інший. Її кругообіг надзвичайно важливий для всього живого. Випаровуючись з поверхні океану, прісноводних водойм, ґрунту і рослин, вода спочатку накопичується в атмосфері, а потім випадає на земну поверхню у вигляді опадів. Власне, це і є найпростішою схемою кругообігу води (мал. 144). У результаті кількість води на Землі залишається постійною. Змінюються її властивості (з солоної вона стає прісною) і фізичний стан, який може бути газуватим, рідким і твердим. У Світовий океан потрапляє 80 % опадів. Однак цінність для живого передусім мають ті 20 % води, що у вигляді опадів потрапляють на суходіл, оскільки саме прісна вода підтримує основну масу живої речовини на планеті. Частина води, що випала на суходіл, збираючись у потічки, річечки і річки, з часом повертається у Світовий океан. Однак друга частина її наводнює ґрунт і поповнює запаси ґрунтових вод. З ґрунту воду беруть рослини, а потім випаровують її завдяки механізмам транспірації.

**Біогенна міграція атомів.** У біосфері відбувається постійна *міграція хімічних елементів*, їх переміщення від одного виду організмів до іншого. Ця міграція здійснюється за безпосередньої участі мікроорганізмів, рослин і тварин і являє собою постійний кругообіг хімічних елементів, які переходять з організму в організм, потім у неживу природу і знову до організмів. Завдяки механізму кругообігу в біосфері підтримується відносно постійна кількість хімічних елементів і найпростіших хімічних сполук: вони нікуди не зникають і нізвідки не беруться.

У кругообігу речовин у біосфері беруть участь ті самі елементи, що входять до складу живих організмів. Для біогенної міграції характерне нагромадження хімічних елементів у живих організмах з подальшим їх вивільненням або у процесі життєдіяльності, або після смерті в результаті розкладання решток. Цей біологічний кругообіг — накопичення хімічних елементів у живих організмах та мінералізацію в неживій природі можна спостерігати у кожному біоценозі.

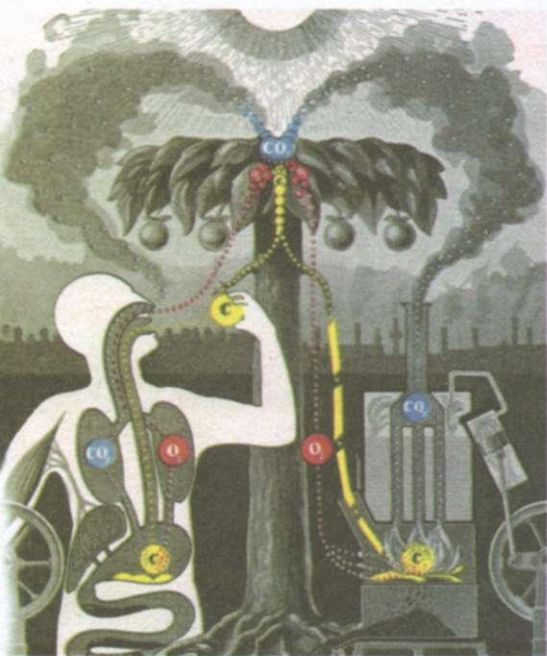


Мал. 144. Кругообіг води у біосфері.

Міграції атомів планетою сприяють розселення та пересування організмів. Перенесення хімічних елементів відбувається не тільки дальніми міграціями птахів, риб і комах, а й під час виходу личинок комах, які розвиваються у водному середовищі, на суходіл у вигляді імаго. Останнє дуже важливе, оскільки вода постійно змиває розчинні неорганічні сполуки у Світовий океан, і якщо б не було зворотної міграції, у ґрунті неминуче виник би дефіцит багатьох хімічних елементів.

Розрізняють два типи біогенної міграції атомів: перший здійснюється завдяки мікроорганізмам, другий — завдяки багатоклітинним організмам. При цьому значущість першого на планеті набагато більша, ніж другого.

**Кругообіг Оксигену** (мал. 145). Вільний кисень земної атмосфери є продуктом процесу фотосинтезу зелених рослин. Його загальна кількість в атмосфері відображає баланс між продукуванням кисню і процесами окиснення, у тому числі й процесу дихання. Кисень — найактивніший з газів, що постійно перебувають в атмосфері. Тому обмін киснем середовища життя з організмами протікає дуже швидко. Нині вільний кисень в атмосфері виявився збалансованим, оскільки кількість вироб-



Мал. 145. Кругообіг Оксигену і Карбону в біосфері.

леного кисню дорівнює кількості кисню, що поглинається.

**Кругообіг Карбону** (мал. 145). Вуглець у біосфері часто представлений найрухомішою формою — вуглекислим газом. Джерелом вуглекислоти є окиснення органічних сполук у результаті пожеж, спалювання палива та дихання живих організмів. З атмосфери  $\text{CO}_2$  поглинають рослини. Це відбувається в процесі фотосинтезу з утворенням органічних речовин, які або окиснюються до вуглекислоти під час дихання, або розкладаються бактеріями до найпростіших неорганічних сполук, у тому числі й вуглекислоти.

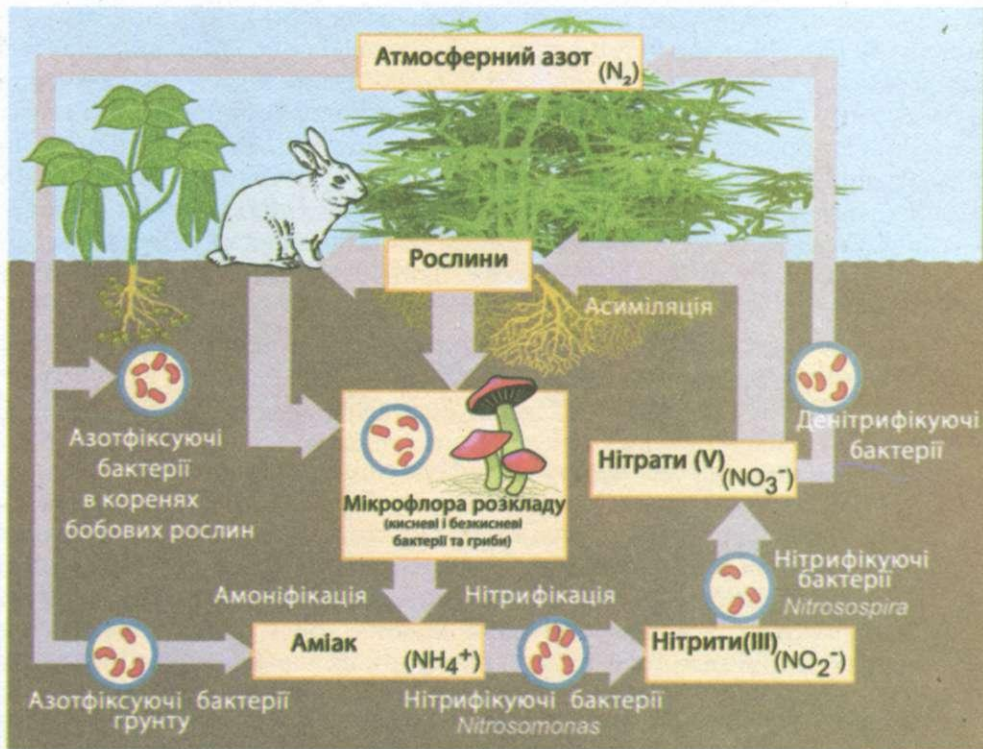
Якщо у біосфері накопичується значна кількість сполук Карбону, він залягає в літосфері у вигляді торфу, вугілля, сланців, нафти, газу, осадових порід. Цей процес відбувався сотні мільйонів років тому, коли значна частина органічної речовини не використовувалася ні консументами, ні редуцентами, а накопичувалася під різними мінеральними опадами. Перебуваючи глибоко під землею впродовж

мільйонів років, детрит під впливом високих температур і тиску перетворився на нафту, природний газ і вугілля. Якщо б не цей період розвитку біосфери, то людство нині мало б зовсім інші джерела енергії й цілком можливо, що цивілізація розвивалася у зовсім іншому напрямі. Тепер же завдяки величезній кількості викопного палива його цілком вистачає для забезпечення потреб людства в енергії. Спалюючи його, людство у певному сенсі повертає його в кругообіг вуглецю.

**Кругообіг Нітрогену** (мал. 146). Під час розкладання органічних речовин значна частина азоту, що в них міститься, перетворюється на аміак, який під впливом **нітрифікуючих** (від лат. *нітрум* — селітра і *фаціо* — роблю) **бактерій**, котрі живуть у ґрунті, перетворюється на азотну кислоту ( $\text{HNO}_3$ ). Остання, вступаючи у хімічні реакції, утворює розчинні нітрати.

Деяка частина вільного азоту, що утворюється у процесі гниття організмів, потрапляє в атмосферу. Туди виділяється також азот, який утворюється у процесі спалювання дров, кам'яного вугілля, торфу. Крім того, вільний азот в атмосферу виділяється завдяки діяльності **денітрифікуючих бактерій**, здатних руйнувати нітрати.

Отже, очевидно, що не весь азот, який входив до складу загинувих рослин і тварин, повертається у ґрунт. Безперервна втрата ним азотних сполук могла б призвести до припинення життя, якби не існували процеси, що відновлюють втрати азоту ґрун-



Мал. 146. Кругообіг Нітрогену в біосфері.

том. До них, зокрема, належать атмосферні електричні розряди, при яких завжди утворюється певна кількість оксидів азоту. Взаємодіючи з парами води, вони утворюють азотну кислоту, що у ґрунті перетворюється у нітрати.

Важливим джерелом поповнення азотних сполук ґрунту є **азотобактерії**, що мають унікальну здатність — засвоювати атмосферний азот. Найвідоміші з них — так звані бульбочкові бактерії, що поселяються на коренях рослин родини бобових, викликаючи утворення «бульбочок». Засвоюючи атмосферний азот, вони переробляють його в азотні сполуки, котрі рослини, у свою чергу, перетворюють у білки, нуклеїнові кислоти та інші органічні речовини. Таким чином, у природі відбувається безперервний кругообіг азоту.

Щороку з урожаєм з полів вивозять рослини. Через це повернення у ґрунт сполук азоту в агроценозах дуже обмежене. Тому під час орання земель у ґрунт обов'язково вносять органічні або мінеральні добрива, відшкодовуючи таким чином втрати ним хімічних елементів, насамперед азоту, котрий є важливою складовою мінерального живлення рослин.

**Чим виробництво відрізняється від кругообігу речовини в природі.** Виробничу діяльність людини цілком можна розглядати як перетворення речовин або як міграцію хімічних елементів. Чудовою ілюстрацією є такий виробничий цикл: отримання заліза з руди, виплавлення сталі, виготовлення деталей і складання з них автомобіля, потім корозія і перетворення автомобіля у брукт. Певна аналогія з перетворенням речовин у біосфері є, проте мають місце і принципові відмінності.

У біосфері перетворення речовин здійснюється замкненим колом; це — безвідходне виробництво, оскільки кожна утворена речовина включається у новий цикл. У виробничій діяльності людини цикли не замкнуті, у кінцевому підсумку з'являється величезна кількість непотрібних людині і незабраних природою речей — відходів виробництва. Рано чи пізно вони руйнують природні середовища життя. Чудовою ілюстрацією цього є викинуті пластикові пляшки, поліетилен або радіоактивні відходи ядерних реакторів. Саме тому для того, щоб уникнути забруднення навколишнього середовища, необхідно будувати замкнуті виробничі цикли з безвідходним виробництвом.

Сучасна виробнича діяльність людини нагадує організм, у якого через мутації генів, що кодують ферменти, порушено процес метаболізму. Наслідком цього є накопичення метаболітів — непотрібних і небезпечних речовин. Кінцевий результат очевидний: організм хворіє і гине.

**Біосфера і перетворення енергії.** Біосфера є відкритою системою, до якої ззовні постійно вливається потік сонячної енергії. Частина її використовується для створення і підтримання живої речовини, а частина втрачається. Співвідношення енергії, що надходить і втрачається, прийнято називати **енергетичним балансом Землі**. Розрахунки показують, що 42 % енергії Сонця відбивається Землею у світовий простір, 58 % поглинають атмосфера і ґрунт. З цієї кількості енергії поверхня планети випромінює понад 20 %. 10 % витрачається на випаровування води з водного дзеркала Світового океану.

Падаючу на Землю сонячну енергію акумулюють (від лат. *аккумуляціо* — накопичення) зелені рослини у вигляді потенційної енергії хімічних зв'язків. Із синтезованою ними органічною речовиною вона надходить в інші організми, де витрачається, переходячи в кінетичну, або накопичується у вигляді потенційної (*пригадайте: перехід з одного трофічного рівня на інший призводить до зменшення потенційної енергії у 10 і більше раз*). Колосальну потужність сонячної енергії, яка падає на Землю, допомагають уявити такі цифри. Рослини земної кулі продукують протягом року близько 100 млрд т органічних речовин. При цьому вони поглинають близько  $1,7 \times 10^8$  т вуглекислого газу, виділяють близько  $11,5 \times 10^7$  т кисню і випаровують  $1,6 \times 10^{13}$  т води.

**Основу біосфери формують циклічні потоки речовини, які пов'язані з біогенними міграціями хімічних елементів і супроводжуються перетвореннями енергії.**



#### Перевірте себе

1. У чому полягає біосферна функція мікроорганізмів?
2. Опишіть кругообіг води у природі.
3. Яким чином у надрах Землі виявилось так багато запасів викопного палива?
4. Чому в ґрунті підтримується постійний рівень атомів Нітрогену?
5. Чим виробнича діяльність людини відрізняється від біогеохімічних потоків у біосфері?



Як ви вважаєте ?

1. Чи відбуваються у біосфері біогенні міграції атомів золота і платини?
2. Які джерела енергії, використовувані нині людиною, можна вважати безвідходними, що не руйнують природні місця життя?

## § 36. ЛЮДИНА І БІОСФЕРА

**Терміни і поняття:** природні ресурси; парниковий ефект; смог; ерозія ґрунту; біологічна різноманітність; реакліматизація; охорона природи.

**Людина і зміни біосфери.** Сучасна людина сформувалася за еволюційними мірками зовсім недавно, не більш ніж 50 тис. років тому. Проте лише біологічному виду *людина розумна* за такий короткий період вдалося здобути владу над процесами, що відбуваються на Землі. У наш час діяльність людини стала силою планетарного масштабу, одним з вирішальних факторів еволюції біосфери. У результаті людина так зуміла змінити довкілля, що поставила під загрозу факт свого існування як біологічного виду й функціонування біосфери в її нинішньому вигляді. Особливо негативні зміни відбулися в останні 100 років — у період науково-технічної революції. Вони призвели до зміни клімату, забруднення середовища життя, порушення складу атмосфери, вимирання численних видів організмів.

Вимирання організмів, які жили на Землі, досить часто траплялося в минулому. Найбільшою катастрофою біосфери вважається Велике пермське вимирання, яке відбулося близько 251,4 млн років тому. За даними палеонтологів, тоді вимерло 96 % усіх морських видів тварин, 70 % наземних видів хребетних і 83 % комах. Причинами катастрофи, найімовірніше були: зміна газового складу атмосфери, різке збільшення сухості клімату, підняття рівня моря, а також зміни океанічних течій. Симптоматично, що схожі порушення спостерігаються й у сучасній біосфері. І виникли вони зокрема і внаслідок діяльності людини.

Існує кілька найбільш проблемних точок взаємин людини і біосфери. Кожна з них може стати причиною серйозних катаклізмів біосферного характеру.

**Проблема обмеженості природних ресурсів і дедалі зростаючі потреби людини.** Як і будь-який біологічний вид, людина не може жити без джерел речовини та енергії, що забезпечують її життєдіяльність, а також джерел постачання необхідних матеріалів для виробництва. Основою людського існування є **природні ресурси**. Природні ресурси можна поділити на дві групи: абіотичні — ресурси неживої природи і біотичні — ресурси живої природи.

Найважливішими для людини абіотичними ресурсами є випромінювання Сонця, що нагріває Землю і дає енергію, необхідну для фотосинтезу; прісна вода; чисте повітря; ґрунт; корисні копалини, що використовуються для виробництва енергії. З кож-

ним роком людина потребує дедалі більше мінеральних ресурсів (корисних копалин), освоює усе більшу частину планети. Це досягається завдяки новим технологіям, які відкривають нові царини застосування чорних і кольорових металів, різної неметалічної сировини. У результаті розширюється розробка руд, збільшується видобування нафти і газу, в тому числі й з дна моря.

Одні абіотичні ресурси є поновлюваними, наприклад, сонячна радіація, енергія вітру й морських припливів. Інші можна вичерпати тільки теоретично. До них варто віднести кисень в атмосфері й прісну воду на суходолі. Третя категорія ресурсів однозначно відноситься до таких, що вичерпуються: ґрунт, мінеральні ресурси й корисні копалини. Якщо втрату багатьох мінеральних ресурсів можна компенсувати (залізо можна замінити деревом або полімерними речовинами), то кисень і прісна вода — незамінні. Очевидно, людству слід створювати таке виробництво, яке не поглинало б безповоротно абіотичні ресурси, перетворюючи якусь їх частину на відходи виробництва, а знову включати їх у виробничий цикл, подібно тому, як це відбувається в кругообігу речовини у біосфері.

Біотичні ресурси (тваринний і рослинний світ), які є харчовими ресурсами людини, варто вважати такими, що поновлюються. Справді, рослини і тварини розмножуються, а тому, якщо якоюсь частиною їх розумно користуватися, то через певний період часу вони зможуть повністю відновитися. Але не все так просто. Насамперед, слід чітко визначити, скільки й чого можна взяти, виключити браконьєрство — недозволені законом видобування, рибальство, полювання. І найголовніше, потрібно пам'ятати: усяке вилучення — це руйнування природного середовища життя, у результаті якого змінюються умови існування. Відновлення популяцій тварин і рослин може виявитися дуже тривалим і не завжди успішним процесом.

Особливу проблему становить суперечність між необхідністю розширювати виробництво, з кожним роком збільшуючи матеріальні блага (*пригадайте: дотепер істотна частина населення Землі зазнає голоду*) і тим, що ресурсів на Землі меншає. Вочевидь, необхідні принципово нові рішення, пов'язані з впровадженням екологічно чистого виробництва. Крім того, щоб уникнути безповоротних втрат природних ресурсів, необхідні нові дослідження з біології, насамперед екології, зоології та ботаніки. А урядам країн, їх органам, що ухвалюють рішення, слід більше прислухатися до рекомендацій учених.

**Які впливи людини на біосферу є найбільш негативними. Забруднення повітря.** Основною причиною забруднення атмосфери є спалювання палива і викиди важкої промисловості. У XIX ст. усі продукти згоряння вугілля, що надходили в навколишнє середовище, повністю засвоювала рослинність. Нині вона із цим завданням впоратися не може. Більше того, з кожним роком через вирубування лісів, насамперед тропіч-



них, через те, що біомаса продуцентів з кожним роком зменшується, рослинність не в змозі переробити величезну кількість вуглекислого газу, який постійно накопичується в атмосфері. Океан і зелені рослини нині поглинають лише близько половини діоксиду Карбону, що утворюється під час згоряння палива, решта залишається в атмосфері.

За підрахунками вчених, за останні 100 років вміст  $\text{CO}_2$  в атмосфері збільшився більш ніж на 10 %. У результаті того, що накопичений в атмосфері діоксид Карбону заважає тепловому випромінюванню Землі, виникає парниковий ефект, за якого рік у рік зростає середня температура на поверхні Землі. Це призводить до танення льодовиків і висушування клімату.

Рідкі й тверді частки (пил), зважені у повітрі, розсіюючи світлові промені, зменшують кількість сонячної радіації, що досягає поверхні Землі. Нині характерним явищем усіх мегаполісів став **смог** (від англ. *smoky fog* — димовий туман) — суміш туману, пилу й диму (мал. 147). У результаті тільки у містах сонячна радіація зменшується на 15 %, а ультрафіолетове випромінювання — на 30 %.

**Забруднення прісних вод.** Найбільше прісної води витрачається на зрошення. Величезну її кількість використовує промисловість. Найменше її йде безпосередньо на задоволення фізіологічних потреб населення. З кожним роком потреби у прісній воді зростають. При цьому дедалі небезпечнішим стає нерівномірний розподіл ресурсів прісної води на Землі.

Забруднення прісних вод викликане не тільки тим, що в ріки скидають відходи виробництва. Це і змиви з полів пестицидів та мінеральних добрив, що отруюють багато водних організмів, насамперед молюсків, раків, риб, підвищують концентрацію у воді макро- і мікроелементів. Останнє спричиняє «цвітіння» водойм — спалахи чисельності *ціанобактерій* у жаркий період, що робить воду ставків, рік і водоймищ непридатною не лише для споживання, а й навіть для мешкання тих самих тварин.

Проблема прісної води особливо актуальна для України. Прісна вода — один з найдефіцитніших природних ресурсів нашої країни. В Україні на одного жителя припадає близько  $1000 \text{ м}^3$  води на рік, тоді як згідно з розрахунками ООН достатньою вважається величина  $10000\text{—}15000$  кубічних метрів. Саме тому промислові й комунальні підприємства пропускають води більше, ніж її взагалі є на території України. Цей парадокс означає, що одна й та сама вода використовується у промисловості не один раз, а оскільки повного очищення води досягти неможливо, то в результаті майже 90 % підземних і річкових вод України мають санітарний стан, який оцінюється від «поганого» до «критичного».

**Проблеми Світового океану.** З річковим стоком, викидами морського транспорту й, особливо, через аварії танкерів, у море потрапляє величезна кількість нафтопродуктів (мал. 148), солей важких металів, пестицидів. Забруднення багатьох морів досягло загрозливих для їх біоти масштабів. Зокрема, багато в чому критичною є ситуація у північно-західній частині Чорного та Азовського морів.



Мал. 147. Смог у мегаполісі.



Мал. 148. Забруднення нафтою океану.

**Деградація ґрунту.** Родючий шар ґрунту формується сторіччями, тоді як зруйнувати його можна за кілька років. Причиною деградації ґрунтів насамперед є їх виснаження. Щороку разом з урожаєм з ґрунту вилучають десятки мільйонів тонн Нітрогену, Калію, Фосфору — головних компонентів живлення рослин. Якщо ґрунт не поповнювати сполуками Нітрогену, запас родючості може бути вичерпаний за 50—100 років. Тому землеробство припускає внесення у ґрунт органічних і мінеральних добрив. Навіть у разі правильного використання тільки 40—50 % внесених у ґрунт азотних добрив використовують рослини. Інша частина звітряється в атмосферу або вимивається з ґрунту, що призводить знову ж таки до забруднення і «цвітіння» водойм.

Ще одним фактором деградації ґрунтів є **ерозія** (від лат. *erosio* — роз'їдання) — руйнування й знесення ґрунтового покриву потоками води або вітром (мал. 149). Ерозія виникає й унаслідок оранки, особливо, якщо її проводять не за правилами. Разом з талими і дощовими водами з полів щороку в ріки й моря виносяться мільйони тонн ґрунту. Якщо розмиву ніщо не перешкоджає, дрібні виміни перетворюються у більш глибокі, а ті — у яри.

Розорана земля не до кінця реалізує свої біосферні функції, оскільки не дає повної продукції рослин і тварин. Україна має одну з найбільш розораних територій у світі. Навіть у розпал кризи сільського господарства під плугом перебувало понад 55 % її території. Порівняйте: у Франції і Німеччині ріллею зайнято трохи більше 33 %, в Англії — 18 %, а в США — 15 % території країни.

За розрахунками вчених, щорічні втрати ґрунту в Україні становлять 600 млн тонн, у тому числі гумусу — до 20 млн тонн. Це означає, що з території України щороку у Світовий океан змивається ґрунт, яким можна було б завантажити 100 тис. залізничних вагонів. Щоб компенсувати втрату гумусу, на поля щороку повинно вноситися 400 млн тонн мінеральних добрив. Їх необхідно виробити з наявних мінеральних ресурсів.

**Зниження біологічної різноманітності.** Під біологічною різноманітністю зазвичай розуміють усю сукупність видів організмів, що живуть на якійсь певній території або в цілому на планеті Земля. Виробнича діяльність людини, безпосереднє винищення багатьох видів, які були харчовими об'єктами людини, однозначно призводить до зниження біологічної різноманітності. Це загрожує негативними наслідками для біосфери.

Кожний вид організмів займає певну екологічну нішу, своє місце у біосфері. Його зникнення не проходить для екосистем безслідно, оскільки спрощує трофічний ланцюг, зменшує стабільність біоценозів.

За останні два сторіччя на Землі зникло кілька сотень видів тварин. Насамперед це ссавці, яких вимерло понад 100 видів, птахи і рептилії. Під реальною загрозою існування ще 2 тис. видів тварин. Нині очевидно, що дуже багато видів, особливо цінних промислових видів, в умовах, що змінилися, ніколи не відновлять свою колишню чисельність.

Дуже непроста ситуація склалася в Україні. З кожним десятиліттям зниклих видів тварин і рослин стає дедалі більше. Якщо до першого видання Червоної книги України, опублікованого в 1980 р., входило 245 видів тварин та рослин, то до наступного, що побачило світ у 1994—1995 рр., — вже 895, а до третього видання (мал. 150), здійсненого у 2009 р., — понад 1300 видів.

За останні 200 років з території України зникли такі види, як *тур* (дикий предок корови), *тарпан* (дикий предок коня), *сайгак*, *кулан* (дикий осел), *росомаха*, *орел степовий*. На межі існування поставлено такі види, як *зубр*, *ведмідь бурий*, *лось*, найбільшого серед літаючих птахів — *дрохву* і найбільшого орла *беркута* (мал. 151).

В Україні різко підірвані запаси риб. Якщо ще 70 років тому Азовське море й північно-західна частина Чорного моря вважалися найбагатшими рибними регіонами світу, то нині — це зона кризового стану фауни і флори. На початку ХХІ ст. в басейні Дніпра риби добувають утричі менше, ніж її ловили до створення системи водоймищ.

Збереженню тваринного і рослинного світу сприяє організація системи заповідників і заказників, які повинні зберігати екологічну мережу по всій території країни. Заповідники утримують у незайманому вигляді популяції й угруповання організмів, є базою для одомашнювання диких тварин з цінними господарськими властивостями. В Україні саме до цієї категорії відноситься біосферний заповідник «Асканія-Нова». Крім того, заповідники можуть бути центрами розселення тварин, які зникли у певній місцевості, або слугувати цілям збагачення фауни. Багато в чому завдяки природоохоронним заходам і **реакліматизації** вдалося відновити популяції *бобра європейського* й *оленя шляхетного*, які до середини ХХ ст. в Україні практично зникли.

**Охорона природи і раціональне використання природних ресурсів.** Охорона природи — це комплекс послідовно здійснюваних державних заходів, що включає пошук нових наукових рішень, розширення наявних знань.

Державні заходи це насамперед — різні закони й законодавчі акти, які повинні неухильно виконуватися урядом, адміністративними органами і місцевим самоврядуванням. В Україні прийнято багато законів у галузі охорони природи. Це «Закон про тваринний світ», «Кодекс законів про ліс», «Закон про полювання», «Закон про Червону книгу України» тощо.



Мал. 149. Ерозія ґрунту.



Мал. 150. Третє видання Червоної книги України.



**Мал. 151.** Одні види тварин вже зникли з території України: а — орел степовий, а інші можуть зникнути найближчим часом: б — осетер руський; в — зубр; г — лось європейський.

На практиці спочатку потрібно перейти до раціонального ставлення до природних ресурсів, до екологічно обґрунтованого використання земних надр, водних ресурсів, рослинного і тваринного світу. Необхідно зробити ряд важливих кроків для збереження в чистоті повітря і води.

Можна виділити два стратегічних напрями охорони природи. Перший — навчитися забезпечувати енергетичні потреби людства з поновлюваних джерел, не руйнуючи середовище життя. Такими джерелами можуть бути енергія вітрів, використання біологічного палива й штучний фотосинтез. Другий напрям — створити безвідхідне виробництво, оскільки відходи у будь-якій формі неминуче забруднюватимуть довкілля.

Нині людина стала потужним екологічним фактором, що має рівень біосферного впливу. Викликані нею зміни за короткий період часу (100—200 років) призвели до змін планетарного масштабу. Їх наслідки через якийсь час можуть набути катастрофічного характеру, призвести до масових вимирань представників фауни і флори, руйнування існуючої цивілізації, поставити під сумнів можливість виживання людини як біологічного виду.



#### Перевірте себе

1. Чи можна вважати людину і виробництво екологічними факторами планетарного рівня?
2. У чому полягає основна проблема природних ресурсів?
3. Які особливо «гарячі» точки взаємин людини і природи?
4. Що собою являє державна програма охорони природи?
5. Які екологічні закони прийняті в Україні?
6. Рішення яких двох стратегічних завдань дасть змогу людині і природі розвиватися гармонійно?



#### Як ви вважаєте?

1. Якими, крім згаданих, можуть бути джерела енергії, використання яких не призведе до руйнування природного середовища життя?
2. Чи можливе в принципі безвідхідне виробництво? Якщо не можливе, то які кроки слід зробити, щоб розв'язати проблему забруднення навколишнього середовища?

#### Тестові завдання до теми 1

1. Укажіть, який вчений вперше запропонував термін *екологія*:  
а) Дарвін; б) Геккель; в) Рувль; г) Ломоносов.

Тема 1. Популяція. Екосистема. Біосфера

2. Укажіть, який саме напрям сучасної екології займається питаннями популяційного рівня організації:
  - а) демекологія; б) синекологія; в) аутекологія; г) прикладна екологія.
3. Укажіть, який екологічний фактор є лімітуючим за законом Лібіха:
  - а) температурний; б) наявний у мінімальній кількості; в) наявний у максимальній кількості; г) або той, що в мінімальній, або той, що в максимальній кількості.
4. Укажіть, в якому із зазначених випадків популяція є панміктичною:
  - а) коли особини одного виду вільно схрещуються одна з одною; б) коли в популяції існують чіткі обмеження на вільні схрещування; в) коли в популяції поряд із статевим відбувається і нестатеве розмноження; г) коли в популяції відбувається самозапліднення.
5. Укажіть, які із зазначених ритмів є циркадними:
  - а) місячні; б) сезонні; в) багаторічні; г) добові.
6. Укажіть, до якої групи відносять тварин відповідно до їх функцій в екосистемах:
  - а) продуцентів; б) консументів; в) редуцентів; г) консорцій.
7. Укажіть, до складу яких екосистем більш високого рівня безпосередньо входять біогеоценози:
  - а) біомів; б) біот; в) біосфери; г) екологічних ніш.
8. Укажіть, як називають принцип (закон, правило), сформульований таким чином: «два види, що конкурують за той самий набір ресурсів, в умовах стабільності факторів середовища не можуть існувати разом нескінченно довго»:
  - а) принципом конкурентного витіснення; б) законом лімітуючого фактора; в) законом толерантності; г) правилом екологічної піраміди.
9. Укажіть, якою мусить бути біомаса консументів четвертого порядку, якщо біомаса продуцентів становить 10 тис. т:
  - а) 1 000 т; б) 100 т; в) 10 т; г) 1 000 кілограмів.
10. Укажіть, якою має бути маса зоопланктону Чорного моря, якщо загальна кількість дельфінів, які є консументами третього порядку, в цьому морі становить 3 млн особин (вага одного дельфіна дорівнює 50 кг):
  - а) 1,5 млн т; б) 15 млн т; в) 150 млн т; г) 200 млн тонн.
11. Укажіть, як називають процес розвитку екосистеми у місцях, де на певний час життя повністю зникло:
  - а) первинна сукцесія; б) вторинна сукцесія; в) відродження екосистеми; г) стан клімаксу.
12. Укажіть, яка з екосистем є найбіднішою:
  - а) клімаксна; б) вологий тропічний ліс; в) агроценоз; г) екотон.
13. Установіть відповідність між терміном і його визначенням:

Мутуалізм	антагоністичні взаємини між організмами, що будуються на основі взаємодії біологічно активних речовин
Паразитизм	змагання за один і той самий ресурс
Алелопатія	взаємно корисне співжиття організмів різних видів
Коменсалізм	ворожі стосунки організмів різних видів, один з яких поселяється на тілі або в тілі іншого
	взаємини особин різних видів, які їм не шкодять, проте й не дають користі

14. Установіть, до якого з понять відноситься наступне визначення:

Закономірна зміна видових угруповань	клімакс
Період стабільності екосистеми	сукцесія
Прикордонні простори	екологічна піраміда
Неухильне зменшення кількості особин, що утворюють послідовний ланцюг живлення	детрит
	екотон

15. Установіть правильну послідовність процесів під час вторинної сукцесії на місці лісового пожарища:  
малинники; сосновий бір; березовий ліс; трав'янисті рослини.



### Практична робота 3

## РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ З ЕКОЛОГІЇ

**Мета.** Навчитися розраховувати співвідношення між ланками екологічної піраміди. Опанувати правило екологічної піраміди. Навчитися визначати положення живих організмів у трофічних ланцюгах.

**Теоретичне обґрунтування.** Послідовність живих організмів, яку можна уявити такою, що складається з ланок — видів рослин, тварин, грибів і бактерій, пов'язаних одна з одною відносинами «їжа — споживач», прийнято називати **трофічним ланцюгом**. Навіть найбільш простий харчовий ланцюг має кілька трофічних рівнів. Перший трофічний рівень формують зелені рослини (продуценти); другий займають тварини, які живляться рослинами (консументи першого порядку); третій — хижаки, які поїдають рослиноїдних тварин (консументи другого порядку), і четвертий — хижаки, жертвами яких стають дрібніші хижаки (консументи третього порядку). Редуценти — мікроорганізми (бактерії і гриби), що руйнують рештки мертвих істот.

**Правило екологічної піраміди** — закономірність, згідно з якою кількість рослинної речовини, що є основою ланцюга харчування, приблизно у 10 раз більша, ніж маса рослиноїдних тварин, і кожний наступний харчовий рівень також має масу, в 10 раз меншу за попередній.

#### Приклади розв'язування задач.

Складаючи харчовий ланцюг, необхідно правильно розташувати всі ланки і показати стрілками, з якого рівня отримана енергія.

**Приклад 1.** У лучному угрупованні живуть: гусениці, жайворонки, люцерна, шуліки. Складіть харчовий ланцюг.

В і д п о в і д ь: люцерна → гусениці → жайворонки → шуліки.

**Приклад 2.** На підставі правила екологічної піраміди визначте, скільки потрібно планктону, щоб у морі виросла одна особина *калана* (морської видри) масою 30 кг, якщо трофічний ланцюг має вигляд: фітопланктон, нехижі риби, хижі риби, калан.

З правила екологічної піраміди відомо, що кожний наступний трофічний рівень має масу, в 10 раз меншу за попередній. Знаючи це, можна легко розв'язати завдання.

**Р о з в' я з о к.** Складемо трофічний ланцюг, починаючи від продуцентів: фітопланктон → нехижі риби → хижі риби → калан.

## Тема 1. Популяція. Екосистема. Біосфера

Знаючи, що маса калана становить 30 кг, а маса консументів другого рівня, яку він споживає, повинна бути у 10 раз більшою, підраховуємо масу хижої риби, якою він живиться:  $30 \times 10 = 300$  (кг); відповідно маса нехижої риби:  $300 \times 10 = 3000$  (кг); а маса фітопланктону, яким живиться нехижа риба:  $3000 \times 10 = 30000$  (кг). Отже, дістаємо в і д п о в і д ь: для того, щоб у морі виріс один калан масою 30 кг, необхідно 30 000 кг фітопланктону.

### Задачі

#### Варіант 1

1. Установіть відповідність між організмом і трофічним рівнем екологічної піраміди, на якому він перебуває, та впишіть у таблицю наведеної форми: рослини, орел, жаба, мікроскопічні гриби, жук.

Продуцент	
Консумент 1 порядку	
Консумент 2 порядку	
Консумент 3 порядку	
Редуцент	

2. Визначте масу компонентів ланцюга живлення, якщо відомо, що маса консументу 3-го порядку становить 8 кг.

Компоненти ланцюга живлення	Загальна маса
Фітопланктон	
Дрібні ракоподібні	
риби	
видра	8 кг

3. Використовуючи правило екологічної піраміди, визначте площу (у м<sup>2</sup>) відповідного біогеоценозу, на якій може прогудуватися вовк масою 55 кг (ланцюг живлення: трав'янисті рослини → парнокопитні → вовк). Біомаса рослинності лісу становить 2 000 г/м<sup>2</sup>. Візьміть до уваги, що масова частка води в організмі становить 70 % від загальної маси.

4. Визначте площу акваторії моря, потрібної для прогудування дельфіна звичайного масою 60 кг (30 % сухої речовини) у ланцюзі живлення: фітопланктон → риба → дельфін. Продуктивність фітопланктону — 500 г/м<sup>2</sup>.

5. Біомаса сухого сіна з 1 м<sup>2</sup> поля становить 300 грамів. На підставі правила екологічної піраміди визначте, скільки гектарів поля необхідно, щоб прогудувати одного школяра масою 50 кг (70 % маси становить вода), згідно з харчовим ланцюгом: трава → корова → людина.

#### Варіант 2

1. Установіть відповідність між організмом і трофічним рівнем екологічної піраміди, на якому він перебуває, та впишіть у таблицю: циклоп, фітопланктон, судак, карась, річковий рак.

продуцент	
консумент 1 порядку	
консумент 2 порядку	
консумент 3 порядку	
редуцент	

2. Визначте, яку кількість сичів може прогодувати ланцюг живлення, якщо відомо, що загальна маса продуцента становить 8 000 кг, а маса одного сича — 0,2 кг.

Компоненти ланцюга живлення	Загальна маса
рослини	8 000
комахи	
дрібні птахи	
сичі	

3. Використовуючи правило екологічної піраміди, визначте, на скільки збільшилася маса молоді лисиці за тиждень мишування, якщо протягом цього тижня вона з'їла 200 полівок та мишей (маса одного гризуна становить приблизно 10 г). Візьміть до уваги, що масова частка води в організмі становить 70 % від загальної маси.

4. Визначте площу акваторії річки, яка потрібна для прогодування судака масою 1 кг (30 % сухої речовини) у ланцюзі живлення: фітопланктон — трав'яниста риба — судак. Продуктивність фітопланктону — 700 г/м<sup>2</sup>.

5. Біомаса планктонів становить 500 г/м<sup>2</sup> площі моря. Користуючись правилом екологічної піраміди, визначте, яка площа моря може прогодувати одного білого ведмедя масою 500 кг (70 % становить вода) згідно з харчовим ланцюгом: планктон → риба → тюлень → білий ведмідь.



#### Додаткове завдання

Початкова чисельність популяції оленя становить 1 000 особин. Оленями живляться вовки. Частина популяції оленів, що виживала до кінця кожного року, збільшує свою чисельність на 40 %. Початкова чисельність популяції вовків становить 10 особин; один вовк споживає по 30 оленів щороку; річний приріст популяції вовків становить 10 %. У разі відсутності вовків природна смертність оленів від хвороб становить 30 %.

1. Розрахуйте, якою буде чисельність оленів через 3 роки; 10 років у разі повної відсутності хижаків. Зобразіть зміни чисельності оленів протягом даного періоду часу графічно.

2. Розрахуйте, якою буде чисельність оленів через 3 роки; 10 років з урахуванням впливу на неї вовків.