

3. ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ЯК КРИТЕРІЙ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Зв'язок людини і природи споконвічний і безперервний. Людина у своїй природно-біологічній якості тепер уже є її органічний елемент, який взаємодіє з іншими елементами і впливає на них.

Думки про важливу роль людства, яке на основі наукових знань перетворює природу на благо кожної людини, не покидали багатьох учених. В концентрованому вигляді вони сформульовані у ноосферній теорії В.І. Вернадського (1863–1945), згідно з якою людина стає однією із найпотужніших геологічних сил на Землі. Справді, науково-технічний прогрес дав у руки людини великі можливості, які є достатніми для зміни біологічних процесів і досягнення максимальної користі із ресурсів біосфери.

Характер і масштаби впливу людини на природне середовище визначають двоякість її становища. З одного боку, людина – біологічний об'єкт, який входить у загальну систему кругообігу речовин і тісно пов'язаний з природним середовищем величезною кількістю трофічних та енергетичних зв'язків. З іншого – це представник високорозвинутої соціальної системи, яка висуває до природного середовища низку небіологічних вимог, викликаних технічними та культурно-побутовими потребами. І, як наслідок, людина використовує значно більше природних ресурсів, ніж цього вимагають її біологічні потреби.

Якщо первісна людина, щоб забезпечити собі денний раціон, витрачала приблизно стільки енергії, скільки використовувала у вигляді їжі – 2–4 тис. ккал на добу, то сучасним людям треба затратити у 4–5 разів більше. Біологічні затрати людини за цей час майже не

змінилися. Загальні затрати енергії в середньому на одну людину сьогодні становлять близько 45 тис. ккал на добу, що в 10–20 разів більше, ніж використовували первісні люди. В цій ситуації порушуються природні трофічні зв'язки, зростає частка тих речовин, що вилучаються із біологічного кругообігу і тих, що залучаються до нього. Якщо на початку XX ст. промисловість використовувала близько 20 хімічних елементів, то в кінці – майже 100. Ця диспропорція у зміні інтенсивності кругообігу речовин порушує структуру та функції природних біологічних систем і призводить до зміни біологічних умов життя людини.

Людство, як соціальна система, функціонує значно ширше, ніж біологічна, і порушує збалансований у процесі еволюції біологічний кругообіг. І вихід тут один – використання результатів науково-технічного прогресу не тільки для експлуатації природних ресурсів, а й для їхнього збереження та примноження.

Хоча для вирішення цієї проблеми повинен залучатися комплекс заходів, які охоплюють технологічні, економічні, політичні, юридичні, моральні та соціальні аспекти, проте в основі її вирішення залишаються біологічні закони життя. Ідея, яка ґрунтується на розумінні того, що виживання людини можливе тільки при збереженні життя на Землі, знаходить дедалі більше послідовників. Відтак ми розглядаємо природне середовище з погляду безпеки не окремої людини, а проблеми існування живої матерії на всій планеті загалом.

3.1. Складові природного середовища та їхня характеристика

У природній сфері виділяють 5 складових: біосферу, космос, атмосферу, гідросферу і літосферу. *Біосфера* – це сукупність усіх живих організмів, які просторово розташовані в інших сферах (див. рис. 3.1). Із визначення поняття життя, даного в першому розділі, відомо, що для цієї форми існування матерії характерним є постійний обмін речовинами та енергією. Участь у цьому обміні беруть усі організми: від одноклітинних до високоорганізованих. Їхня активна діяльність відбувається у нижній частині атмосфери, гідросфері та поверхневому шарі літосфери – ґрунті.

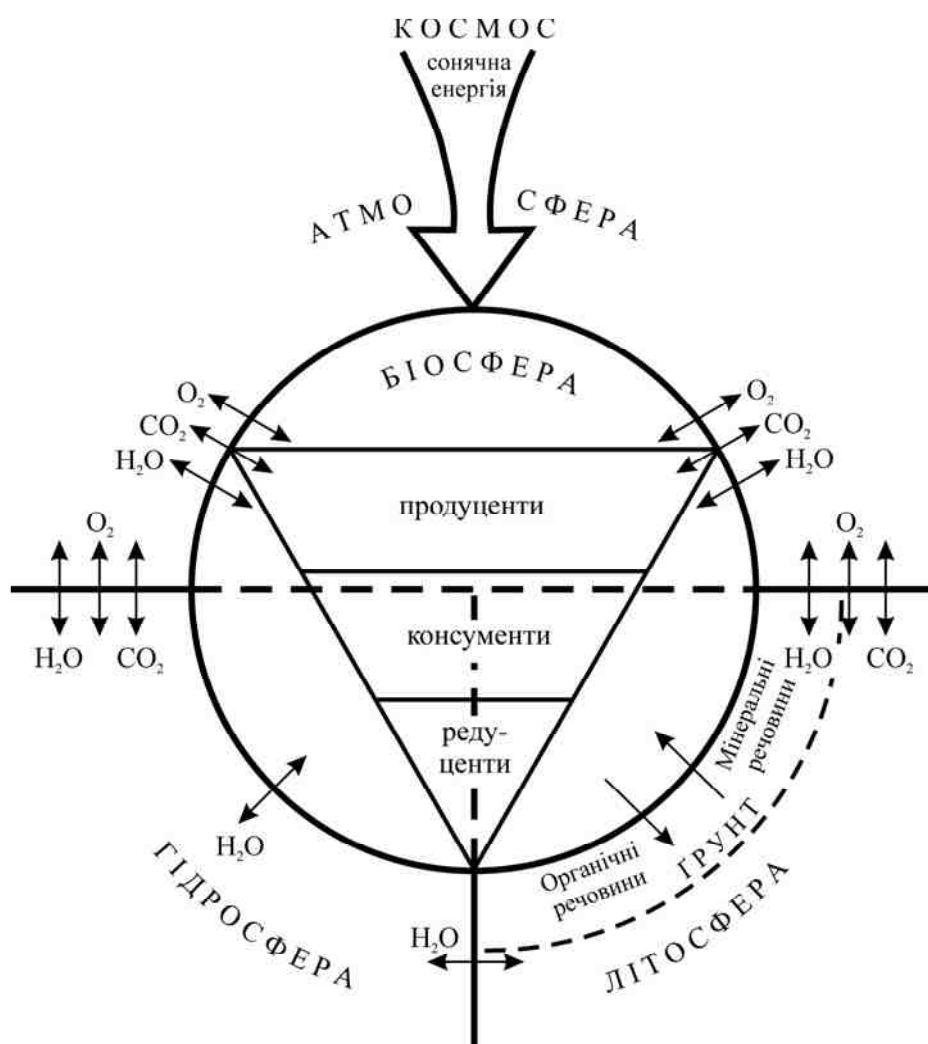
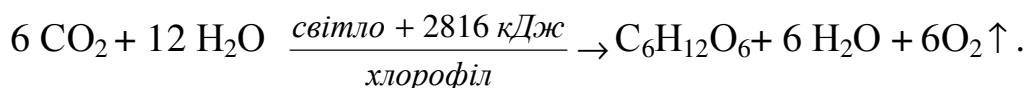


Рис. 3.1. Схема біологічного кругообігу

На межі цих сфер життя відбуваються інтенсивні процеси обміну енергією, органічними речовинами, водою, мінеральними солями та ін. Форми наземного та водного біоциклів різноманітні і завдяки їм виконується найважливіша функція біосфери – стійке підтримання життя. Фундаментальною умовою виконання цієї функції є фізіологічна різноманітність живих організмів. Якби життя існувало лише в одній формі, поза сумнівом, означало б запрограмований його кінець, оскільки в результаті специфічності обміну речовин вичерпалися б ресурси, а середовище забруднилося би продуктами життєдіяльності. На найпростішому рівні таку різноманітність якісних форм життя представляють продуценти, консументи та редуценти.

Продуценти – це живі організми, які здатні синтезувати органічні речовини для побудови свого тіла з неорганічних компонентів з використанням зовнішніх джерел енергії (за енергією всі біологічні системи відкриті). Їхня загальна біосферна функція полягає у втягненні елементів неживої природи в склад тканин організмів, а відтак, у загальний біологічний кругообіг. Створюючи органічні речовини на основі фотосинтезу (хлорофілвімісні рослини, синьо-зелені водорості та деякі бактерії) або, використовуючи енергію хімічних зв'язків (енергія вивільняється в результаті окислення мінеральних речовин певними видами бактерії), продуценти в такий спосіб зв'язують використану сонячну енергію, ніби запасуючи її. У спрощеному вигляді процес фотосинтезу подаємо такою схемою:



Його ефективність, крім інтенсивності сонячного випромінювання, залежить ще від наявності води, вуглекислого газу, мінеральних речовин та температури. Коефіцієнт корисної дії фотосинтезу, тобто відношення кількості енергії органічних речовин, утворених унаслідок фотосинтезу, до поглинутої сонячної енергії у вищих рослинах досягає 1–5%. Надмірна інтенсивність світла, як і його недостача, гальмує фотосинтез.

Оптимальна температура для фотосинтезу є в межах від 15 до 40°C. За певних умов наявна у повітрі концентрація вуглекислого газу обмежує інтенсивність фотосинтезу. Тому в теплицях збільшують концентрацію вуглекислого газу для інтенсифікації фотосинтезу та підвищення врожайності. Однак надмірна концентрація його є також небажаною.

Отруйні речовини навколишнього середовища та більшість гербіцидів входять в схему фотосинтезу і накопичуються в біомасі.

Сумарна маса продуцентів становить понад 95% маси всіх живих організмів у біосфері. Подальше руйнування хімічних зв'язків синтезованих речовин, з яких побудовані продуценти, веде до вивільнення запасів енергії для забезпечення життєвих процесів вищих рівнів.

Консументи – це живі організми, які не здатні будувати своє тіло на ґрунті використання неорганічних речовин і тому потре-

бують надходження речовин ззовні – у складі їжі. Консументи I роду використовують органічну речовину та енергію, яку запасли продуценти, а консументи II роду – консументи I роду та продуценти. Всі тварини – є консументи, і їхня роль у підтриманні стабільного біогенного кругообігу є дуже великою. Відзначаючись здатністю до активного переміщення у просторі, вони беруть активну участь у міграції живої речовини, поширенні її по поверхні планети, що є, по суті, гарантійним механізмом на випадок знищення життя в якому-небудь місці внаслідок тих чи інших причин.

Редуценти – це організми, їжею яких є мертва органічна речовина (труп, фекалії, рослинний опад тощо), і які в процесі метаболізму розкладають її до неорганічних складових. До цієї категорії належать багато видів бактерій та грибів. За характером метаболізму – це організми-відновники. Кінцеві продукти розкладу органічних речовин – двоокис вуглецю, вода, аміак, сірководень, метан, водень, мінеральні солі, що складаються з іонів PO_4^{3-} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} та ін. У наземній сфері головна частина процесу деструкції речовин відбувається в ґрунті.

Спільна діяльність продуцентів, консументів та редуцентів зумовлює неперервне підтримання глобального біологічного кругообігу речовин на Землі. Цей процес підтримується закономірними взаємовідносинами просторово-функціональних складових, зв'язки між якими забезпечують її стійке функціонування внаслідок зміни зовнішніх та внутрішніх чинників (див. рис. 3.2).

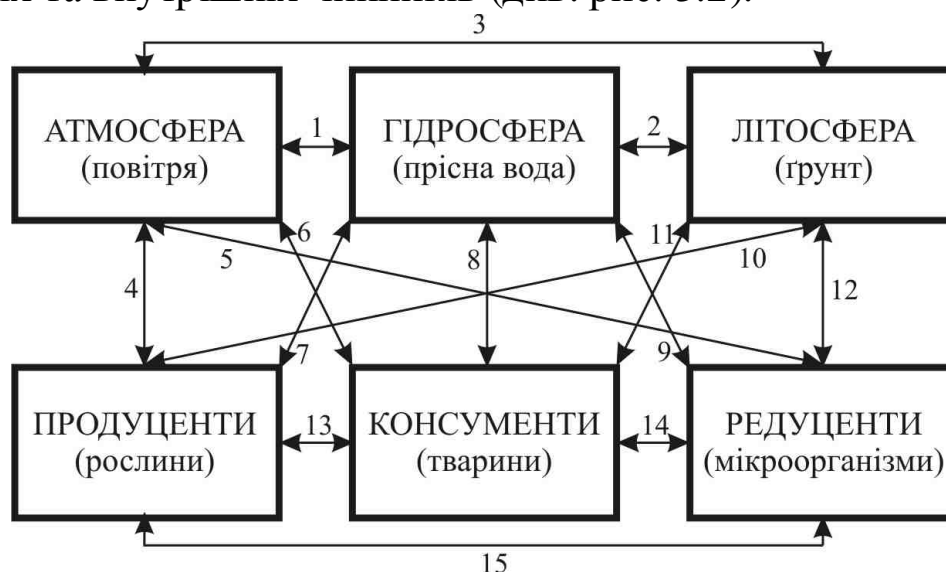


Рис. 3.2. Схема взаємозв'язків між складовими природної сфери



Рис. 3.3. Елементи природного середовища як саморегулювальна система (система зі зворотним зв'язком)

Будь-яку складову частину природного середовища або його меншу частину – елемент – зображають у вигляді саморегулювальної системи – системи зі зворотним зв'язком (див. рис. 3.3). Саме наявність зворотного зв'язку гарантує в певних межах сталість функціонування глобальної екосистеми. На кожний елемент природної системи впливає багато інших елементів, а також господарська діяльність людини. Якщо вплив господарської діяльності людини є незначним, то зміни, що виникають, легко компенсуються за допомогою можливостей зворотного зв'язку. У випадку, коли вплив господарської діяльності перевищує компенсаційні можливості зворотного зв'язку, починаються деградаційні процеси, розвиток яких на сьогодні є непередбачуваним. Складність такого прогнозування зумовлюється великою кількістю зв'язків, які виникають між окремими елементами природної сфери. Кількість зв'язків розраховують за формулою:

$$P = \frac{N(N-1)}{2}, \quad (3.1)$$

де N – кількість елементів, які входять у систему. Якщо між десятима елементами є 45 зв'язків, то для 100 елементів їхня кількість зростає до 4 950. А елементи у природі підрахунку не піддаються. Звичайно, визначають головні, так би мовити, очевидні зв'язки, і на цій основі роблять висновки. Зрозуміло, що такі висновки є досить

наближеними. Ускладнюють процес вивчення зв'язків між елементами природи їхня просторова розпорошеність, а також значна інерційність.

Складність зв'язків, які існують у біосфері, значно перевищує ту складність систем, яка сьогодні впевнено регулюється людиною. Нині ми маємо лише якісний опис взаємозв'язків окремих елементів природної сфери, проте й він інколи буває суперечливим. Якщо чимало людей і дійшли до розуміння того, що їхнє благополуччя цілком залежить від якості природного середовища, в якому вони перебувають, проте далеко не всі вживають належних заходів та методів, здатних нейтралізувати негативні впливи цього самого середовища.

Космос, як складова частина природного середовища, що найменше піддається впливу людини, є джерелом сонячного випромінювання, яке дає енергію для всіх життєвих процесів на Землі. Його нічим замінити не можна і без нього життя на Землі зникне.

На межі атмосфери інтенсивність сонячного випромінювання становить $1,35 \text{ кВт/м}^2$. Кількість випромінювання, що потрапляє на поверхню Землі, залежить, головню, від географічної широти. На середніх широтах інтенсивність випромінювання становить у середньому $0,9 \text{ кВт/м}^2$.

Крім кількості енергії, вирішальне значення для життя на Землі має склад випромінювання. Сонячне випромінювання на 97% складається із електромагнітного випромінювання і на 3% – з корпускулярного потоку заряджених частинок. Електромагнітна складова сонячного випромінювання – це ультрафіолетові промені з довжиною хвиль 200–400 нм (10%), видиме світло з довжиною хвиль 400–700 нм (45%) та інфрачервоні промені з довжиною хвиль 700–10 000 нм (45%).

Ультрафіолетові промені можуть спричинити сонячні опіки та рак шкіри людини, а частина їх з довжиною хвиль менше як 290 нм є згубною для живих організмів.

Видиме світло адсорбується фотосистемами клітин рослин і використовується при фотосинтезі. Поглинута рослинами в процесі фотосинтезу енергія зв'язується продуцентами в органічні сполуки. Далі, з великими втратами внаслідок невикористання біомаси,

теплообміну та дихання передається через різні рівні життя (консументи I і II роду) до редуцентів (див. рис. 3.4). На відміну від кругообігу речовин енергія завжди рухається в одному напрямі від Сонця через рослини та тварин до мікроорганізмів, які перетворюють багаті на енергію органічні речовини на неорганічні речовини з малим запасом енергії.

Поглинута поверхнею Землі енергія інфрачервоного випромінювання потрапляє в атмосферу як теплове випромінювання прямо або через випаровування води. Значна частина цієї енергії адсорбується водяною парою, вуглекислим газом, пилом і знову повертається на Землю, сприяючи її нагріванню. Якщо частка інфрачервоних адсорберів, таких як, наприклад, вуглекислий газ, зростає, то температура на Землі підвищується.

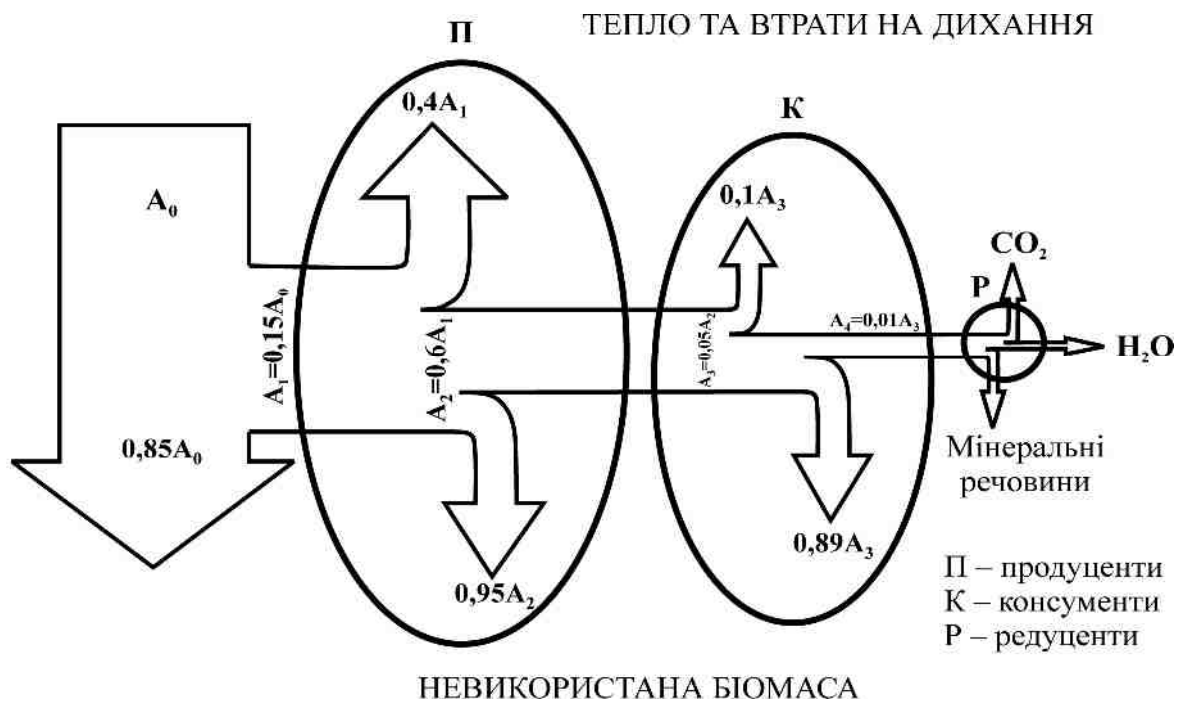


Рис. 3.4. Потік сонячної енергії через глобальну екосистему

Атмосфера – зовнішня газова оболонка Землі, яка простягається на сотні кілометрів від її поверхні і поступово зникає, набуваючи густини речовини міжпланетного простору. Маса атмосфери становить всього 1/1 000 000 частки маси Землі, однак вона відіграє надзвичайну велику роль у запобіганні різким коливанням температури поверхні нашої планети і захищає від надмірного над-

ходження сонячної радіації та безперервного бомбардування метеоритними тілами.

Атмосфера складається з суміші різних газів – повітря, водяної пари, а також рідких і твердих домішок.

Гази. В атмосфері налічується не менше як 40 різних видів газів. Головними є азот, кисень і аргон. Частка решти газів становить 0,076% і їх часто називають *газовими домішками*, поділяючи на *основні* (вуглекислий газ) і *малі* (метан, озон та ін.). Головний хімічний склад чистого сухого повітря наведений в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Хімічний склад повітря

Інгредієнт	% за об'ємом	мг/м ³
Азот (N ₂)	78,1	$9,76 \cdot 10^5$
Кисень (O ₂)	20,9	$2,98 \cdot 10^5$
Аргон (Ar)	0,93	$1,66 \cdot 10^4$
Діоксид вуглецю (CO ₂)	0,037	$5,89 \cdot 10^2$
Інертні газы	10^{-3} – 10^{-6}	20–0,5
Закис азоту(N ₂ O)	$5 \cdot 10^{-5}$	0,98
Водень (H ₂)	$5 \cdot 10^{-5}$	0,045
Озон (O ₃)	$2 \cdot 10^{-6}$	0,042

У повітрі в малих кількостях також завжди є різні домішки газоподібних речовин природного походження – вулканічні виділення з надр Землі (SO₂, NH₃, HCl, H₂S, HF тощо) і сполуки біогенного походження (CH₄ та складніші леткі органічні сполуки). Їхня концентрація у незабрудненому повітрі звичайно перебуває на рівні одиниць мкг/м³ і змінюється в дуже широких межах.

Водяна пара. Наймінливіша складова атмосфери як у просторі, так і у часі. У приземній частині атмосфери її концентрація становить від 0,1–0,2% у полярних широтах до 3% – в екваторіальних. В атмосферу водяна пара надходить у результаті випаровування води з поверхні водойм, ґрунту та рослин, а також дихання живих істот. Вона має важливе значення для регуляції термічного режиму атмосфери і земної поверхні. Завдяки своїй великій теплоємності водяна пара інтенсивно поглинає випромінювання Сонця і земної поверхні вдень, а вночі віддає цю енергію назад, тим самим запобігаючи значному охолодженню поверхні Землі.

Аерозолі. Навіть найчистіше повітря містить не менш як 100 завислих частинок у 1 см^3 . Такі тверді і рідкі частинки називають аерозолями. В атмосферу вони надходять як природними шляхами (морські солі, пил з гірських порід і ґрунту, вулканічний пил), так і внаслідок антропогенних чинників (процеси горіння, різноманітні виробництва, зокрема цементне).

Аерозолі перебувають у повітрі в динамічній рівновазі і тривалість їхнього існування залежить від дисперсності частинок та інтенсивності турбулентних потоків повітря. За розмірами вони поділяються на три групи:

- найдрібніші (так звані частинки Айткена) з радіусом $r < 2 \times 10^{-7} \text{ м}$;
- великі ($r = 2 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-6} \text{ м}$);
- гігантські ($r > 1 \times 10^{-6} \text{ м}$).

Концентрація аерозолів у повітрі змінюється в широких межах і, як видно з табл. 3.2, найбільш забруднене аерозолями повітря виявлено над сушею, особливо в промислових районах, а найчистіше повітря у високогірних районах.

Вміст цих інгредієнтів у повітрі формувався упродовж мільйонів років еволюції Землі і забезпечує існування всіх живих істот, що дихають повітрям.

Взаємодія газів атмосфери із сонячним випромінюванням та випромінюванням, що йде від поверхні Землі, зумовила стійке вертикальне розшарування атмосфери. Характерною ознакою цих шарів є зміна температури залежно від висоти. Атмосферу поділяють на п'ять основних шарів: тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера (іоносфера) і екзосфера. Кожний з цих шарів має свої специфічні геофізичні і геохімічні властивості.

Таблиця 3.2

Вміст аерозолів в атмосфері над різними районами

Район	Концентрація аерозолів в атмосфері, тис. шт./см ³
1	2
Океан	0,84–4,7
Острови	0,46–44
Суша (берег моря)	1,6–33

Закінчення табл. 3.2

1	2
> 2 000 м	0,16–5,3
1 000–2 000 м	0,45–9,8
50–100 м	1,4–36
Сільська місцевість	1–67
Місто	6–110
Промислове місто	50–400

Тропосфера сягає висоти до 8–10 км над полюсами і 16–18 км над екватором. В тропосфері зосереджена основна маса атмосфери від 75% над полюсами до 90% над екватором. Тропосфера містить практично всю водяну пару та домішки газоподібних речовин. Характерним для тропосфери є зниження температури в середньому на $6,5^{\circ}\text{C}$ з піднесенням у гору на кожний кілометр. На верхній межі тропосфери, яка називається *тропопаузою*, температура становить близько -56°C .

Стратосфера сягає висоти близько 50 км і в ній відбувається поступове підвищення температури, яка на верхній лінії коливається в межах $+1$ – $+5^{\circ}\text{C}$. Таке підвищення температури пояснюють поглинанням озоном сонячного випромінювання. Між тропосферою і стратосферою розміщується *озонний шар*, який має здатність поглинати ультрафіолетові короткохвильові сонячні промені і тим самим захищає органічний світ Землі від їхньої згубної дози. У наступному шарі – мезосфері, температура знову знижується до -90°C , а далі в *термосфері* вона знову підвищується, і на її верхній межі, на висоті 80 км, досягає $1\,000^{\circ}\text{C}$. Вище починається верхній шар атмосфери – *екзосфера*, де в умовах високої температури та розрідженого повітря відбувається розсіювання газів та поступовий перехід атмосфери до космічного простору.

Гідросфера охоплює всю воду Землі у твердому, рідкому та газоподібному станах.

Вода складається з молекул, в яких два атоми Гідрогену зв'язані з одним атомом Оксигену ковалентними зв'язками, що розміщені під кутом $104^{\circ}27'$. Завдяки такій будові молекули води є постійними диполями і можуть взаємодіяти з носіями позитивних та негативних зарядів, а також між собою, утворюючи водневі зв'язки. Висока полярність молекул води зумовлює надзвичайно сильну

здатність розчиняти інші речовини, зокрема полярні (солі). Тому в природі хімічно чистої води немає. Залежно від кількості розчинених речовин природні води поділяються на:

- ❑ прісні (з вмістом солей до 1 г на 1 л води);
- ❑ солонуваті (з вмістом солей від 1 до 25 г на 1 л води);
- ❑ солоні (з вмістом солей від 25 до 50 г на 1 л води);
- ❑ розсоли (з вмістом солей більше як 50 г на 1 л води).

У воді розчиняються також гази; 1 л води, що контактує з повітрям, при температурі 20°C містить 14,2 мг азоту, 7,9 мг кисню і 0,51 мг вуглекислого газу. Розчинність газів, що взаємодіють з водою (NH_3 , SO_2 , H_2S , Cl_2), є значно більшою.

У природних водах також містяться завислі колоїдні частинки мінерального та біологічного походження, мікроорганізми.

У різних формах на планеті є близько 1 400 млн куб. км води. З них 96,5% сконцентровані у Світовому океані, 1,7% – у підземних водах, 1,7% – у льодовиках і снігах і 0,1% – у річках, озерах, болотах, ґрунтах, живих організмах та в атмосфері.

Вода перебуває в постійному кругообігу, рушійною силою якого є випаровування води та конденсація водяної пари. Завдяки кругообігу води регулюється енергетичний баланс Землі: теплота акумульована в екваторіальних районах переноситься у вищі географічні райони. Висока теплоємність води 4 187 кДж/(К·кг) дає можливість нагромаджувати великі кількості тепла. З водою також переноситься велика кількість речовин у розчиненому стані та у вигляді завислих частинок. Цей процес є однією із ланок геологічного кругообігу речовин.

Вода є вкрай необхідна для життєвих процесів. Вона використовується живими організмами для транспортування тепла і поживних речовин до клітин. Із десяти основних поживних макроелементів тільки Карбон, Гідроген та Оксиген споживаються у вигляді сполук H_2O і CO_2 , а всі інші – у вигляді іонів, що містяться у водних розчинах. Разом з тим концентрація цих іонів у воді повинна бути незначною, тому для живих організмів є придатною тільки прісна вода. Запаси прісної води на Землі становлять близько 35 млн куб. км, з них майже 70% міститься в льодовиках та снігах.

Отже, лише 0,75% всіх запасів води є доступними для живих організмів.

Літосфера Землі складається з материкових завтовшки до 30 км і океанічних завтовшки 5–10 км плит, які плавають на в'язкій мантиї. В процесі руху вони можуть розсовуватися або наштовхуватися одна на одну. В літосфері постійно відбуваються циклічні геологічні процеси, які приводять до утворення мінералів. У гірських породах земної кори трапляються такі новоутворені мінерали: польові шпати (58%), кварц (12,5%), слюди (3,5%) та піроксени, амфіболи, олівіни (16,5%). При їх фізичному вивітрюванні (руйнуванні під дією температури та води) утворюються вторинні мінерали, зокрема: глинисті мінерали (1%), оксиди Силіцію, Алюмінію, Феруму та їхні гідроксиди (3,5%) та карбонати (1,5%). Фізичне вивітрювання доповнюється хімічними перетвореннями, внаслідок яких мінерали розчиняються у воді та змінюється їхня будова. Утворюються мінеральні частинки різних розмірів: глина з розміром частинок менше як 2 мкм, мул – від 2 до 63 мкм, пісок – від 63 мкм до 2 мм і каміння – понад 2 мм. Вони становлять мінеральну основу ґрунтів, яка доповнюється гумусом – сукупністю відмерлих рослинних та тваринних решток, які частково розкладені мікроорганізмами. Гумус інтенсивно перемішується ґрунтовими тваринами з іншими частинами ґрунту. Повний розклад органічних речовин відбувається до вуглекислого газу, води, аміаку, іонів кальцію, калію, та фосфат-іонів з утворенням нових, властивих тільки для ґрунту гумінових речовин. Якість ґрунту визначається вмістом в ньому гумусу, який зумовлюється комплексною взаємодією ґрунтоутворювальних чинників – тепла, вологи, повітря, рослинного та тваринного світу.

Ґрунт є ареною життя різноманітної флори та фауни. Кількість органічних речовин у ґрунтах становить від 3 до 10%, з яких флора і фауна не перевищує 10%, тобто менш як 1% маси ґрунту. Хоча живі організми трапляються на глибині до 5 м, основна їх маса зосереджена у верхніх шарах ґрунту завглибшки до 5–10 см.

Головною властивістю ґрунту є його родючість – здатність забезпечувати рослинам потрібні для їхнього розвитку поживні речовини, воду та повітря. Поживні речовини у ґрунті перебувають у розчиненому стані (0,2%), адсорбованому стані на поверхні частинок (2%) та міцно зв'язані у гумінових речовинах та мінералах (97,8%). Від родючості ґрунту залежить ефективність сільсько-господарського виробництва та забезпеченість харчовими продуктами.

3.2. Гігієнічна характеристика чинників природного середовища

До гігієнічно значимих чинників природного середовища відносять: сонячну радіацію, повітря, прісну воду, ґрунти.

Сонячна радіація впливає на всі фізіологічні процеси в організмі людини, змінюючи обмін речовин, загальний тонус та працездатність. Під дією ультрафіолетових променів в організмі людини утворюються біологічно активні речовини, які стимулюють багато фізіологічних систем організму.

Найактивнішою у біологічному відношенні є *ультрафіолетова частина спектра* сонячного випромінювання. Ультрафіолетова радіація з довжинами хвиль у межах від 180 до 275 нм пошкоджує біологічну тканину і є згубною для мікроорганізмів. На щастя, вона не доходить до поверхні Землі, а поглинається молекулами озону в стратосфері. В діапазоні хвиль від 275 до 320 нм ультрафіолетові промені володіють незначною бактерицидною дією і вступають у фотохімічні реакції синтезу вітаміну Д. З цього діапазону до поверхні Землі доходять промені з довжиною хвилі понад 290 нм – вони забезпечують природну санацію повітря, води, ґрунту. Недостатнє опромінювання ультрафіолетовими променями цього діапазону негативно впливає на фосforo-кальцієвий обмін, нервову систему, кровоутворення, зумовлює зниження працездатності та стійкості до простудних хвороб. Надмірна дія цих променів також є несприятливою для організму і призводить до погіршення

здоров'я, зокрема до ураження очей. Ультрафіолетова радіація в діапазоні хвиль від 320 до 400 нм зумовлює еритомно-засмагну дію.

Видиме світло, що відповідає діапазону хвиль у межах від 400 до 760 нм, має загальнобіологічну дію. Поряд із специфічним впливом на органи зору воно впливає на функціональний стан центральної нервової системи і через неї на інші системи організму. Хоча фізіологічний рівень зору суцього індивідуальний, проте він завжди залежить від інтенсивності освітлення, контрасту між фоном і об'єктом, що розглядається, від його розмірів. Створення достатнього природного освітлення в приміщеннях має велике гігієнічне значення. Встановлено, що найбільша продуктивність праці, зокрема розумової, забезпечується при достатньому природному (а не штучному) освітленні. Відповідні гігієнічні нормативи встановлюються згідно з фізіологічними особливостями зорових функцій.

Інфрачервоне випромінювання з довжинами хвиль від 760 до 25 000 нм викликає тільки теплову дію, яка значною мірою визначається поглинанням променів шкірою. Чим менша довжина хвилі, тим більше випромінювання проникає в тканину. Специфічною реакцією організму у разі великої інтенсивності інфрачервоного випромінювання може бути сонячний удар, викликаний перегрівом кори великих півкуль головного мозку.

Гігієнічна роль *повітря* визначається його властивостями – температурою, вологістю, швидкістю руху, атмосферним тиском, електричним станом, хімічним складом, бактеріологічним складом та наявністю аерозолей.

Температура має суттєвий вплив на життєві процеси через зміну швидкості біохімічних реакцій. Згідно з правилом Вант-Гоффа, швидкість усіх хімічних реакцій з підвищенням температури зростає. Температурне прискорення хімічних реакцій оцінюють температурним коефіцієнтом, який показує, в скільки разів збільшується швидкість реакцій з підвищенням температури на 10°C:

$$\theta = \frac{V_{T+10}}{V_T}, \quad (3.2)$$

де V_T і V_{T+10} – швидкості хімічних реакцій при температурі T і $T + 10$ відповідно.

Для більшості хімічних реакцій абіотичного характеру температурний коефіцієнт перебуває в межах від 2 до 4. Хімічні процеси в живому організмі підпорядковуються тій же закономірності, але з відмінністю, зумовленою тим, що в цих хімічних процесах беруть участь ферменти, активність яких також залежить від температури. Тому цей коефіцієнт для одного і того ж біохімічного процесу змінюється з температурою.

В одному і тому ж живому організмі величина температурного коефіцієнта хімічних реакцій є неоднаковою для різних процесів. Ця особливість і визначає температурні пороги життя. Значне підвищення чи зниження температури зумовлює розбалансування обмінних процесів унаслідок неоднакових температурних коефіцієнтів для різних біохімічних процесів та дисгармонію функцій в цілому організмі, що призведе до теплової смерті організму.

Для збереження теплового гомеостазу в організмі людина володіє досконалим механізмом терморегуляції, який забезпечує стабільну температуру тіла при значних коливаннях температури повітря. Між організмом людини та повітрям відбувається постійний теплообмін, рівень якого визначається рівновагою процесів хімічної та фізичної терморегуляції.

Організм нагромаджує тепло як в результаті обмінних процесів (окислення поживних речовин) і виділення тепла під час фізичного навантаження, так і від навколишніх більш нагрітих об'єктів (теплого повітря, гарячої їжі, сонячної радіації).

Інтенсивність обмінних процесів є визначальною в нагромадженні тепла в організмі. При температурі повітря в межах від 15 до 25°C кількість тепла, що виділяється в організмі внаслідок процесів, є постійною. При зовнішніх температурах нижче від 15°C вона різко зростає, а понад 25°C спочатку дещо зменшується, досягаючи мінімуму близько 30°C і в подальшому починає зростати, що свідчить про порушення хімічної терморегуляції (див. рис. 3.5).

Організм віддає тепло шляхом конвекції, випромінювання та випаровування. Кількість тепла, що виділяється кожним із цих шляхів, залежить від зовнішніх умов. У стані спокою і теплового комфорту на конвекцію припадає 15%, на випромінювання – 56% і випаровування – 29% тепла, що віддається повітрю. Інтенсивність

віддавання тепла через конvekцію збільшується зі зростанням різниці температур організму та повітря, швидкості руху повітря та площі поверхні тіла людини.

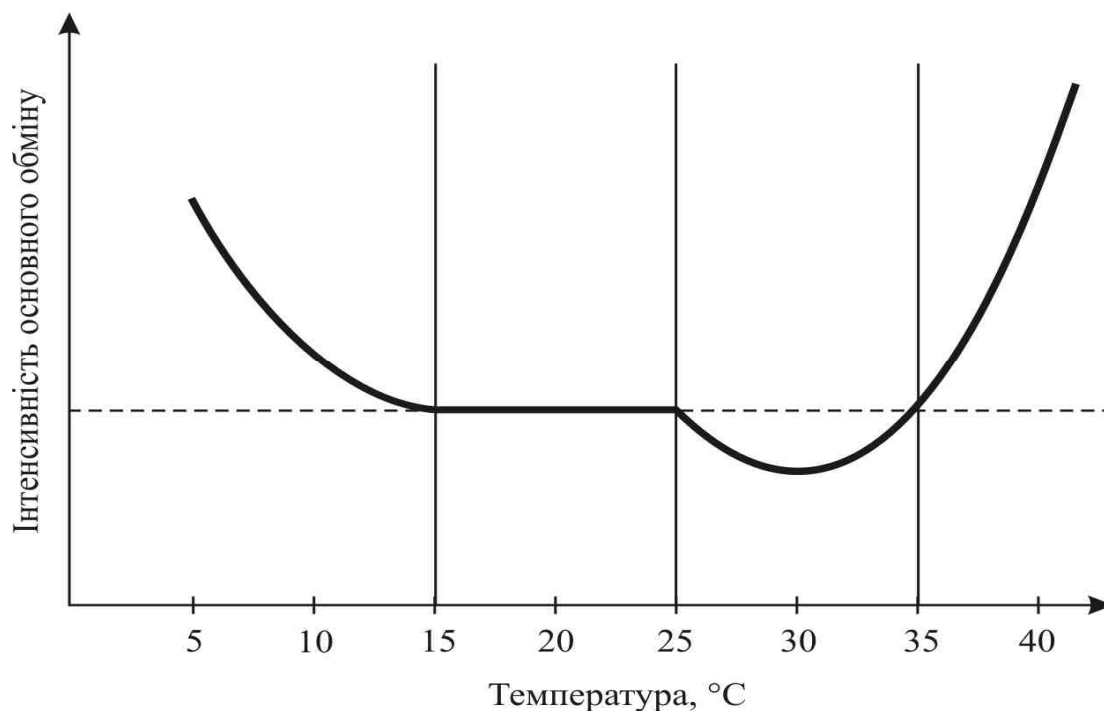


Рис. 3.5. Залежність інтенсивності основного обміну в організмі людини від температури повітря

Між людиною і предметами, що її оточують, постійно йде обмін тепла випромінюванням, оскільки будь-яке тіло, що має температуру вищу від абсолютного нуля, випромінює енергію. Якщо середня температура предметів довкілля нижча від температури тіла людини, то кількість тепла, що виділяє тіло людини, є більшою, ніж кількість тепла, яке воно отримує від інших предметів. У цих умовах відбувається охолодження організму. І навпаки, якщо середня температура предметів довкілля є вищою, ніж температура тіла людини, то баланс теплоти, що складається в цих умовах, є таким, що приводить до нагрівання організму. При обміні теплотою баланс теплоти залежить тільки від різниці температур тіла людини та об'єктів, що її оточують.

При високій температурі повітря (понад 35°C) кількість тепла, що виділяється через конvekцію та випромінювання, різко зменшується і надлишкове тепло виділяється через випаровування поту

людини. На втрати тепла шляхом випаровування поту суттєво впливає вологість та швидкість руху повітря. Разом з потом із організму виводяться солі та водорозчинні вітаміни.

Вологість повітря також впливає на теплообмін організму з навколишнім середовищем. Гігієнічне значення має ступінь насичення повітря водяною парою, тобто відносна вологість. Висока відносна вологість повітря (понад 90%) гальмує випаровування поту і при високих температурах повітря може сприяти перегріванню організму. У разі низької вологості інтенсивна віддача тепла через випаровування поту призводить до охолодження організму, і тому високу температуру людина переносить легше, коли повітря сухе. Однак надмірна сухість повітря (менш як 20%) також є небажаною, оскільки висушує слизову оболонку носа, глотки і рота, що призводить до утворення тріщин, які легко інфікуються. Оптимальною є відносна вологість повітря в межах 40–60%.

На теплообмін організму з навколишнім середовищем впливає також *рухливість повітря*. Із збільшенням швидкості руху повітря зростає віддача тепла через конvekцію та потовиділення. Тому низькі температури людина переносить легше за тихої погоди. Підвищена рухливість повітря опосередковано впливає на інтенсивність обміну речовин, оскільки під час помірного вітру для забезпечення гомеостазу організму підвищується утворення тепла в організмі. Однак сильний вітер порушує ритм дихання, а тривалий – навіть пригнічує людину. На відкритому повітрі влітку найсприятливішою є швидкість руху повітря в межах 1–5 м/с.

Окрім безпосереднього впливу на самопочуття людини швидкість руху повітря також впливає на її господарську діяльність, викликаючи аномальні атмосферні явища, які спричиняють виникнення надзвичайних ситуацій. В табл. 3.3 подана класифікація вітру за його швидкістю руху та шкалою Бофорта.

Атмосферний тиск, що створюється повітряною оболонкою Землі, на рівні моря становить $1,01 \cdot 10^5$ Па і тисне на всю поверхню тіла людини при середній площі тіла дорослої людини $1,6 \text{ м}^2$ зі силою близько $1,6 \cdot 10^5$ Н (еквівалентно силі, з якою діє на людину об'єкт масою 16 т). Людина його не відчуває, бо цей зовнішній тиск

повністю зрівноважується внутрішнім тиском у клітинах та тканинах організму.

Таблиця 3.3
Класифікація вітру за його швидкістю та шкалою Бофорта

Сила вітру за шкалою Бофорта, в балах	Швидкість руху повітря, м/с	Традиційна назва вітру	Зовнішні ознаки вітру
0	0–0,5	Штиль	Дим піднімається вертикально
1	0,6–1,7	Тихий	Дим легко відхиляється
2	1,8–3,3	Легкий	Рух повітря відчувається обличчям
3	3,4–5,2	Слабкий	Рухаються листя дерев
4	5,3–7,4	Помірний	Вітер здіймає пилітку та папір
5	7,5–9,8	Свіжий	Рухаються верхівки дерев
6	9,9–12,4	Помірно сильний	Рухаються тонкі дерева
7	12,5–15,2	Сильний	Рухаються товсті дерева
8	15,3–18,2	Дуже сильний	Вітер викликає руйнування
9	18,3–21,5	Шторм	Вітер викликає руйнування
10	21,6–25,1	Сильний шторм	Вітер викликає руйнування
11	25,2–29,0	Жорсткий шторм	Вітер викликає руйнування
12	29–34 і більше	Ураган	Вітер викликає руйнування

Типові зміни атмосферного тиску в $(0,5–1,3) \cdot 10^3$ Па, звичніше в 4–10 мм рт.ст., здорові люди не помічають, проте різкі коливання атмосферного тиску, зумовлені проходженням атмосферних фронтів, можуть призвести до несприятливих змін в організмі, особливо у хворих людей.

Зі збільшенням висоти над рівнем моря атмосферний тиск знижується, водночас зменшується вміст кисню і при різкому підніманні вгору виникає кисневе голодування тканин. Запас кисню в організмі не перевищує 0,9 л, що є достатнім для 5–6 хв життя. Після цього розвивається явище кисневої недостатності. Перші симптоми кисневої недостатності виявляються вже на висоті

близько 3 км за браком заходів, що охороняють від пониженого тиску атмосфери.

Електричний стан атмосфери характеризується іонізацією повітря, наявністю електричного та магнітного полів Землі, атмосферами та природною радіоактивністю.

Іонізація повітря виникає під дією іонізуючого випромінювання радіоактивних речовин, які містяться в земній корі, воді та повітрі, сонячною радіацією, космічним випромінюванням та балоелектричним ефектом, який виникає в процесі розпилення води. В результаті іонізації один чи декілька електронів вибиваються із атома, перетворюючи його у позитивний іон, і приєднуються до інших нейтральних атомів, заряджаючи їх негативно. Стабілізуються такі позитивні та негативні іони приєднанням інших молекул газу. Вони називаються легкими іонами, і, переміщаючись зі швидкістю 1–2 см/с, невдовзі рекомбінують. Час їхнього існування 1–2 хв. Легкі іони приєднуються до завислих твердих частинок, мікроорганізмів і утворюють тяжкі іони, які є менш рухливі, проте характеризуються більш тривалим часом існування.

Гігієнічне значення іонізації повітря визначають двома показниками:

- відношенням числа важких іонів N до числа легких n , N/n ;
- відношенням числа легких позитивних іонів $n+$ до числа легких негативних іонів $n-$, $n+/n-$.

Збільшення цих відношень негативно впливає на стан організму, бо перше відношення N/n зростає зі збільшенням забруднення повітря, зокрема у закритих приміщеннях, а друге відношення $n+/n-$ при порушенні балансу іонів: зменшенні кількості негативних іонів чи збільшенні кількості позитивних іонів.

Сприятливий фізіологічний ефект утворюють тільки легкі негативні іони – збільшення їхньої кількості стимулює обмінні процеси, а зменшення понижує імунітет організму. Легкі позитивні іони викликають сонливість, депресію, понижують працездатність. Оскільки в природних умовах кількості негативних та позитивних іонів є однаковими, то їх вміст у повітрі може бути показником санітарного благополуччя повітря. Наприклад, якщо вміст легких іонів в 1 см^3 повітря у природних рекреаційних зонах може досягати

2 000–3 000, то в промислових районах він зменшується до сотень, а в закритих приміщеннях і до десятків. Вміст легких іонів у приміщеннях зменшується з відхиленням мікрокліматичних умов від норм та збільшенням вмісту вуглекислого газу у повітрі. Штучну від'ємну іонізацію повітря навіть використовують для лікування окремих хвороб, зокрема бронхіальної астми, гіпертонії, алергії. Сприятливий вплив іонізованого повітря, внаслідок розпилення води, відчутніший поблизу гірських річок та біля фонтанів. Тому фонтани у містах в умовах значного забруднення повітря відіграють не стільки естетичну роль, скільки гігієнічну.

Електричне поле Землі. Середовище існування людини і тварин спрощено можна розглядати як електричну систему, яка є своєрідним конденсатором, обкладинками якого є поверхня Землі та іонізаційні пояси Землі, а також хмари. В атмосфері Землі наявне електричне поле, направлене вертикально до земної поверхні так, що ця поверхня заряджена від'ємно, а верхні шари атмосфери – додатно.

Атмосфера Землі володіє електропровідністю, яка зумовлена іонізацією газових атомів і молекул. Наявність електричного поля Землі є результатом поєднання різниці потенціалів і електропровідності атмосфери. Напруженість цього поля залежить від географічної широти: вона максимальна в середніх широтах, а до екватора і до полюсів спадає. В середньому вона дорівнює 130 В/м. Зі збільшенням відстані від поверхні Землі вона зменшується приблизно за експоненціальним законом і становить величину 5 В/м на висоті 9 км. Електричний стан земної атмосфери встановлюється унаслідок динамічної рівноваги, зумовленої вільними зарядженими частинками, які постійно утворюються і неперервно рекомбінують.

Магнітне поле Землі є природною компонентою електромагнітного поля, в оточенні якого відбувався і відбувається розвиток людства як біологічного виду. Магнітне поле має напруженість 47,3 на північному і 39,8 А/м на південному полюсах. Геомагнітне поле Землі зазнає часових змін, які пояснюються явищем, коли на постійне Землі накладається змінне, взаємодія яких і зумовлює зміну головного магнітного поля. Зміна магнітного поля є результатом сонячної активності, зумовленої збільшенням кількості сонячних

плям та спалахами на Сонці. В періоди сонячної активності корпускулярні потоки, випромінювані Сонцем, різко зростають. У разі своєї появи вони викликають навколо Землі додаткове магнітне поле, яке накладається на постійне поле Землі. Швидкі і сильні зміни геомагнітного поля мають назву *магнітних бур*.

Із впливом Сонця пов'язана і періодичність зміни магнітного поля, яке коливається з 80-річною та 11-річною циклічністю. Крім того, простежується річна циклічність, причому максимум магнітної активності простежується в час рівнодення, мінімум – під час сонцестояння, а амплітуди змін залежать від сонячної активності. Деякі слабші магнітні бурі повторюються через 27 днів. Така періодичність пов'язана з відповідним періодом обертання Сонця. З впливом Сонця пов'язують і добову періодичність зміни земного магнетизму. Магнітні бурі впливають на функціональний стан центральної нервової системи.

Перші дослідження електромагнітних полів доводили, що будь-який суттєвий їх вплив можливий лише за достатньо високої їхньої інтенсивності і що в основі такої дії лежить процес перетворення електромагнітної енергії в теплову. Однак подальші дослідження привели до достовірних експериментальних даних про нетеплові ефекти електромагнітних полів, про надзвичайно високу чутливість до них живих організмів усіх видів – від одноклітинних до людини.

Відтак проблема біологічної дії електромагнітного поля на організми різних видів та її роль у життєдіяльності людини є актуальною і становить неабиякий інтерес, особливо в аспекті механізмів взаємодії в середині організмів, між організмами, організмів з зовнішнім середовищем. Дослідження впливу зовнішніх електромагнітних полів на біологічні суб'єкти показали, що максимальною чутливістю до електромагнітних полів володіють цілісні організми, меншою – ізольовані органи і клітини, а ще меншою – розчини молекул.

Атмосферики – це електромагнітні поля, створювані атмосферними розрядами, зокрема блискавками. Частотний діапазон атмосфериків досить широкий – від сотень Гц до десятків МГц. Їхня інтенсивність максимальна на частотах ~ 10 кГц і зменшується зі

зростанням частоти. Під час атмосферних розрядів напруженість електромагнітного поля становить десятки, сотні, а то й тисячі В/м на частотах ~ 10 кГц. Основними районами атмосфериків є континенти тропічного поясу. Хоч ураження блискавкою явище рідкісне, проте воно є дуже важким, часто смертельним.

Радіоактивність повітря зумовлена наявністю в ньому радіоактивних газів природного походження (радону, актинону, торону), які утворюються внаслідок розпаду природних радіоактивних елементів, що містяться в земних породах. Вихід цих газів із землі зумовлює той факт, що радіоактивність повітря є найвищою на поверхні землі, зі збільшенням висоти вона зменшується, хоча внаслідок дії потоку космічного випромінювання там утворюються радіоактивні ізотопи Карбону–14, Аргону–41, Флуору–8 та ін.

Природна радіоактивність повітря перебуває в межах $2 \cdot 10^{-4}$ – $4 \cdot 10^{-13}$ Ки/дм³, притому над сушею вона вища, ніж над водою. Треба зазначити, що природні радіоактивні речовини містяться у будівельних матеріалах і їхня концентрація в невеликих об'ємах зумовлює незначне підвищення радіоактивного фону в середині приміщення. Однак природна радіоактивність є чинником, який весь час супроводжував розвиток живих організмів і адаптаційні процеси ввели її як потрібний природний компонент.

Гази повітря мають неоднакове значення для живої матерії на Землі. Надзвичайно важливим газом в атмосфері є кисень, який бере участь у процесі дихання. Його зменшення у повітрі до 14% є критичним, а до 8% – несумісним із життям. Його зменшення внаслідок дихання та окислення компенсується надходженням в атмосферу в результаті фотосинтезу. Фотосинтез та дихання – основні процеси, які забезпечують кругообіг кисню в природі, і разом із інтенсивним перемішуванням повітряних мас біля поверхні забезпечують його вміст практично постійним незалежно від району Землі. А незначні коливання в межах десятих часток відсотка фізіологічного значення не мають. Значне збільшення вмісту кисню у повітрі – понад 28% – призведе до розвитку патологічних процесів в організмі, зокрема, до зменшення ємності легенів та пневмонії.

Азот та інертні гази є індиферентними як до живих організмів, так і до сонячної радіації. Проте збільшення вмісту азоту

до 93% є смертельним через зменшення вмісту кисню. Азот повітря засвоюється тільки окремими бактеріями ґрунту та синьо-зеленими водоростями.

Вуглекислий газ, незважаючи на незначну кількість, відіграє дуже важливу роль у процесах фотосинтезу та дихання, а також сприяє зменшенню тепловіддачі Землі внаслідок адсорбції випромінювання, яке йде із земної поверхні. Збільшення вмісту вуглекислого газу у повітрі до 4% викликає головний біль, шум у вухах, серцебиття, а його збільшення до 8% є несумісне з життям через гостре отруєння. Але несприятливий вплив вуглекислого газу (погіршення самопочуття) на організм людини вже простежується при збільшенні його вмісту до 0,1%. Саме ця величина прийнята як граничнодопустима концентрація при розрахунку вентиляції приміщень.

Озон – газ, що захищає живі організми від згубної дії жорсткого ультрафіолетового випромінювання Сонця, поглинаючи його на висоті в межах від 18 до 26 км. Озон утворюється внаслідок взаємодії ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвилі менше як 200 нм з киснем. У нижніх шарах атмосфери, в зоні дихання людини озон негативно впливає на здоров'я, зумовлюючи хвороби легенів та очей.

В атмосферному повітрі постійно перебувають аерозолі як природного, так і антропогенного походження. Гігієнічно значимим параметром аерозолей є їхня дисперсність, частинки розміром менше як 0,1 мкм не осідають і постійно перебувають у повітрі. При диханні частинки розміром понад 5 мкм затримуються у верхніх дихальних шляхах, викликаючи лише подразнення слизової оболонки та хронічні запальні процеси. Найнебезпечнішими є частинки розміром менш як 5 мкм, оскільки вони можуть проникати в легені. Їх надходження з повітрям у легені організму зумовлюють, крім шкідливої дії на легеневу тканину, хронічні отруєння у випадку отруйного пилу (свинцю, марганцю, миш'яку) та злоякісні новоутворення у випадку канцерогенних речовин (бенз- α -пірену).

Крім мінеральних завислих частинок, у повітрі існують ще спори грибків, бактерії, пилок рослин, які можуть викликати алергічні реакції організму.

Фізіологічне значення *води* для людини визначається тим, що вона входить до складу всіх тканин організму: від зубної емалі з вмістом 0,2% до склоподібного тіла, в якому її 99%. У середньому вміст води в організмі становить 60–70% і втрата третини цієї води є фатальною для людини. Немає в організмі клітини, яка б могла обійтися без води, жоден життєво важливий процес не відбувається без води. Вода є основною частиною крові, секретів та екскретів організму. Однією із її важливих функцій є транспортна функція: доставка поживних речовин до клітин та виведення шлаків й токсичних речовин із організму з потом, сечею і слиною. Вода відіграє значну роль у терморегуляції організму шляхом випаровування поту.

За звичайних умов добова потреба організму у воді становить 1–1,5 л у вигляді рідини та 1–1,2 л у складі харчових продуктів. Одним із механізмів регулювання надходження води в організм є спрага, виникнення якої пов'язане з водноелектролітним балансом і зумовлене порушенням осмотичного тиску. Однак головна роль у регулюванні водно-електролітного балансу належить нервовій системі. Треба звернути увагу на одну особливість формування механізму спраги, яка полягає в тому, що суб'єктивне відчуття спраги швидко настає і довго зберігається. Надлишковий вміст води, що може при цьому виникнути, не викликає помітних суб'єктивних відчуттів, проте може порушити механізм саморегуляції.

Крім забезпечення фізіологічних функцій організму, вода має велике гігієнічне значення. Кількість води, що використовується однією людиною за добу, один із найважливіших показників санітарного благополуччя населення. Вода потрібна людині для підтримання чистоти тіла і загартування, прибирання житла, приготування їжі, миття посуду, прання білизни і та ін. Для таких цілей міський житель використовує до 250–350 л води на добу.

Вода є сприятливим середовищем для розмноження багатьох патогенних мікроорганізмів і одним із шляхів поширення інфекційних захворювань, тому дуже важливою є епідеміологічна оцінка питної води. Експерти Всесвітньої організації охорони здоров'я встановили, що 80% усіх хвороб у світі зумовлено з незадовільною якістю питної води та порушенням санітарно-гігієнічних норм

водопостачання. Встановлено, що через воду передаються кишкові інфекції бактеріальної природи (холера, черевний тиф, паратифи А і Б, дизентерія, ентероколіти), вірусні захворювання (хвороба Боткіна, поліомієліт, аденовірусні та ентеровірусні інфекції), глистові інвазії (геогельмінтози і біогельмінтози) та ін.

Якість питної води є основою епідемічного благополуччя та здоров'я населення. Її визначають за хімічними, мікробіологічними та органолептичними показниками (див. табл. 3.4; 3.5; 3.6).

При підготовці води санітарно-побутового призначення використовують різні хімічні реагенти, які розчиняються у воді. Для таких речовин також введені нормативні показники, які обмежують їхній вміст у воді (див. табл. 3.7).

У табл. 3.5 наведені тільки ті хімічні речовини, які можуть природним шляхом потрапити у воду. Кількість хімічних речовин, які внаслідок господарської діяльності людини потрапляють у природні води, перевищує 3 тис. і тільки приблизно для половини з них встановлено граничнодопустимі концентрації у воді, а для деяких – тільки орієнтовно допустимі рівні.

Таблиця 3.4

Нормативи питної води за мікробіологічними
та паразитологічними показниками

Показники	Одиниці вимірювання	Нормативи
Термотолерантні коліформні бактерії	Кількість бактерій в 100 мл	Відсутність
Загальні коліформні бактерії	Кількість бактерій в 100 мл	Відсутність
Загальна мікробна кількість	Кількість колоній бактерій, які утворюються в 1 мл	Не більше як 50
Коліфаги	Кількість бляшкоутворювальних одиниць в 100 мл	Відсутність
Спори сульфиторедуційних клостридій (при оцінці ефективності технології обробки води)	Кількість спор в 20 мл	Відсутність
Цисти лямблій	Кількість цист в 50 л	Відсутність

Таблиця 3.5

Безпека питної води за загальними та хімічними показниками

Показники	Гранично допустима концентрація, мг/л	Показник шкідливості	Клас небез- пеки
1	2	3	4
Загальні показники			
Водневий показник	6–9*		
Загальна мінералізація	1 000		
Жорсткість загальна	7,0**		
Перманганатне окиснення за киснем	5,0		
Нафтопродукти сумарно	0,1		
Поверхнево-активні речовини, аніоноактивні	0,5		
Фенольний індекс	0,25		
Неорганічні речовини			
Алюміній (Al^{3+})	0,5	Санітарно- токсикологічний	2-й
Барій (Ba^{2+})	0,1	Санітарно- токсикологічний	2-й
Берилій (Be^{2+})	0,002	Санітарно- токсикологічний	2-й
Бор (В сумарно)	0,5	Санітарно- токсикологічний	2-й
Залізо (Fe сумарно)	0,3	Органолептичний	3-й
Кадмій (Cd сумарно)	0,001	Санітарно- токсикологічний	2-й
Марганець (Mn сумарно)	0,1	Органолептичний	3-й
Мідь (Cu сумарно)	1,0	Органолептичний	3-й
Молібден (Mo сумарно)	0,25	Санітарно- токсикологічний	2-й
Миш'як (As сумарно)	0,05	Санітарно- токсикологічний	2-й
Нікель (Ni сумарно)	0,1	Санітарно- токсикологічний	3-й
Нітрати (за NO_3^-)	45	Органолептичний	3-й
Ртуть (Hg сумарно)	0,0005	Санітарно- токсикологічний	1-й
Свинець (Pb сумарно)	0,03	Санітарно- токсикологічний	2-й

Закінчення табл. 3.5

1	2	3	4
Селен(Se сумарно)	0,01	Санітарно-токсикологічний	2-й
Стронцій (Sr^{2+})	7,0	Санітарно-токсикологічний	2-й
Сульфати (SO_4^{2-})	500	Органолептичний	4-й
Фториди (F^-)	1,2–1,5	Санітарно-токсикологічний	2-й
Хлориди (Cl^-)	350	Органолептичний	4-й
Хром (Cr^{6+})	0,05	Санітарно-токсикологічний	3-й
Ціаніди (CN^-)	0,035	Санітарно-токсикологічний	2-й
Цинк (Zn^{2+})	5,0	Органолептичний	3-й
Органічні речовини			
γ - ГХЦН (ліндан)	0,002	Санітарно-токсикологічний	1-й
ДДТ (сума ізомерів)	0,002	Санітарно-токсикологічний	2-й
2,4-динітро-2,4-діазопентан	0,03	Санітарно-токсикологічний	2-й

* – в одиницях рН;

** – в ммоль/л.

Таблиця 3.6

Вимоги до органолептичних властивостей питної води

Показник	Одиниці вимірювання	Нормативи, не більше
Запах	Бали	2
Присмак	Бали	2
Колір	Градуси	20
Мутність	ОМФ (одиниці мутності за формазином)	1,5

Таблиця 3.7

Безпека питної води за складом шкідливих хімічних речовин,
які утворюються у воді в процесі її обробки

Показники	Граничнодопустима концентрація, мг/л	Показник шкідливості	Клас небезпеки
1	2	3	4
Хлор			
залишковий вільний	в межах 0,3–0,5	Органолептичний	3-й
залишковий зв'язаний	в межах 0,8–1,2	Органолептичний	3-й

Закінчення табл. 3.7

1	2	3	4
Хлороформ (при хлоруванні води)	0,22	Санітарно- токсикологічний	2-й
Озон залишковий	0,3	Органолептичний	
Формальдегід (при озонуванні води)	0,05	Санітарно- токсикологічний	2-й
Поліакриламід	2,0	Санітарно- токсикологічний	2-й
Активована кремнекислота (за Si)	10	Санітарно- токсикологічний	2-й
Поліфосфати (за PO_4^{3-})	3,5	Органолептичний	3-й
Залишкові кількості алюміній- і залізовмісних коагулянтів: Алюміній (Al^{3+})	0,5	Санітарно- токсикологічний	
Залізо (Fe сумарно)	0,3	Органолептичний	

Гігієнічне значення *ґрунтів* визначається тим, що вони суттєво впливають на кількість і якість продуктів харчування як рослинного, так і тваринного походження, а також є сприятливим середовищем для розвитку патогенних бактерій, вірусів, яєць гельмітів.

У мінеральну основу ґрунтів входять практично всі хімічні елементи, однак їхня кількість є різною і залежить від регіонів земної кулі. Нерівномірність розподілу хімічних елементів відповідно до особливостей геологічних та ґрунтоутворювальних чинників, зумовлює зміну мінерального складу ґрунтових вод і багатьох рослин, що впливає на надходження мінеральних речовин в організм людини. Основна маса мікроелементів надходить в організм з харчовими продуктами рослинного походження. Серед них 9 мікроелементів (Ферум, Йод, Купрум, Хром, Кобальт, Молібден, Манган, Цинк і Селен) визнані життєво необхідними, при недостатчі чи надлишку яких виникають функціональні порушення в організмі людини. Другу частину становлять умовно життєво необхідні мікроелементи, до яких відносять Флуор, Нікол, Ванадій, Арсен, Силіцій, Літій, Бром, Бор. До третьої групи входять отруйні мікроелементи: Алюміній, Кадмій, Плюмбум, Меркурій, Берилій, Бісмут, Талій та

ін. У значних кількостях переважна більшість хімічних елементів стає отруйними і спричиняє шкоду організму.

Дефіцит, надлишок чи дисбаланс вмісту мікроелементів можуть призвести до виникнення специфічних захворювань, відомих як геохімічні ендемії: гіпофтороз, флюороз, ендемічний зоб, молібденоз, хондро- і остеодистрофія, борні ентерити та ін.

Ґрунти мають велике епідеміологічне значення, оскільки в них перебувають і можуть передаватися людині як прямим, так і непрямим шляхами збудники багатьох інфекційних захворювань (кишкові інфекції, поліомієліт, хвороба Боткіна, сибірська виразка, сап, бруцельоз, туберкульоз, ботулізм, стовбняк, гангрена) та яйця і личинки гельмінтів.

Чисті, незабруднені ґрунти несприятливі для патогенних безспорових мікроорганізмів. У забруднених ґрунтах, особливо органічними речовинами, ці мікроорганізми зберігають свою життєдіяльність упродовж тривалого часу, деякі з них до року і більше. Щодо спороносних мікроорганізмів, то вони зберігають життєдіяльність у ґрунтах упродовж десятків років.

Ґрунти володіють унікальною властивістю, яка називається *самоочищенням*. Самоочищення полягає в тому, що бактерії, віруси та яйця гельмінтів, які потрапляють з органічними речовинами у ґрунт, частково затримуються і в міру переміщення кількості їх зменшується. Під впливом механічної, фізико-хімічної, біологічної та біохімічної поглинальної здатності ґрунтів нечистоти знебарвлюються, втрачають запах, токсичність та інші властивості. Знищенню бактерій сприяють конкуренція з боку сапрофітів, вплив механічних чинників, бактерицидна дія сонячного випромінювання.

Важливо зауважити, що можливості самоочищення ґрунтів звичайно обмежені. Особливо знижує ці можливості значне забруднення, яке може викликати загибель усієї корисної мікрофлори. Один із показників забруднення ґрунтів є санітарна кількість, яка визначається як відношення вмісту азоту в гумусі до загального вмісту азоту в ґрунті. В процесі самоочищення цей показник наближається до одиниці.

3.3. Антропогенний вплив на природне середовище та сучасні екологічні проблеми

Людина з давніх часів впливала на природне середовище, але тільки в минулому столітті через суттєве зростання населення Землі і стрімкий стрибок у розвитку науки та техніки антропогенний вплив на природу за своїм масштабом вийшов на один рівень з природними чинниками. Перетворення природних ландшафтів у сільськогосподарські угіддя, промислові комплекси, транспортні магістралі та житлово-комунальні агломерати вже охопило понад 20% території суші. Кількість речовин, що переміщуються під час господарської діяльності, вкрай перевищує природні переміщення. Близько 10% кисню, що продукується під час фотосинтезу, споживає промисловість та автотранспорт, у деяких регіонах техногенне споживання кисню перевищує його виробництво зеленими рослинами. Вплив людського суспільства на природне середовище виявляється щонайменше в інтенсивному використанні природних ресурсів, що призводить до їхнього зменшення або деградації, а також в його забрудненні.

Експлуатація природних ресурсів може мати різні наслідки, які впливають на безпеку життєдіяльності. Природні ресурси прийнято ділити на невичерпні та вичерпні (див. рис. 3.6). До перших відносять такі ресурси, нестача яких сьогодні не відчувається і в найближчому майбутньому не відчуватиметься. Це – сонячне випромінювання, енергія морських приливів, водні ресурси та ін. Хоча такі ресурси є невичерпними, проте внаслідок господарської діяльності може бути обмежений доступ для їхнього використання. Наприклад, унаслідок запилення атмосфери знизиться потік сонячної енергії на поверхні Землі або через забруднення водою зменшиться кількість прісної води, придатної для споживання людиною.

Вичерпні природні ресурси поділяються на дві групи: невідновні та відновні. До невідновних відносять запаси кам'яного вугілля, природного газу, нафти та інші корисні копалини, оскільки темпи їхнього використання значно перевищують швидкість їх нагромадження, якщо таке сьогодні відбувається. Проблема невід-

новних природних ресурсів може вирішуватися через раціональне та комплексне їх використання, а також через пошук альтернативних способів забезпечення енергією та матеріалами.

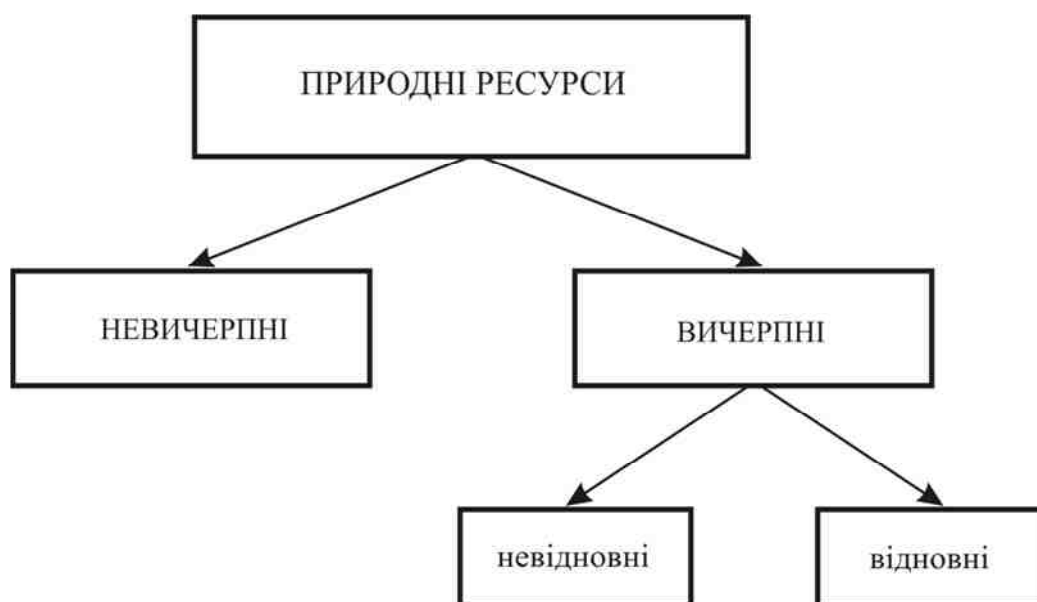


Рис. 3.6. Класифікація природних ресурсів

Для забезпечення життєдіяльності людини більше значення мають відновні природні ресурси, до яких відносять всі форми живої матерії: рослини, тварини, мікроорганізми. Характерною особливістю відновних природних ресурсів є їхня здатність до самовідновлення, яка при раціональній експлуатації біологічних ресурсів не тільки спроможна забезпечити потреби людства в них, а й створити умови для подальшого їх зростання.

Використання природних ресурсів охоплює:

- експлуатацію біологічних ресурсів;
- розробку паливно-енергетичних та мінеральних ресурсів.

Катастрофічні результати впливу людини на природну сферу через експлуатацію біологічних ресурсів виявляються у зникненні багатьох видів рослин і тварин на Землі. Вважають, що понад 100 видів тварин і стільки ж видів та підвидів птахів зникли внаслідок господарської діяльності людини. Стрімко зменшується кількість цінних риб, замість яких з'являються менш цінні. Наприклад, у результаті інтенсивного вилову оселедців, їхнє місце в екосистемі Баренцового моря зайняла менш цінна риба – мойва.

Значних втрат зазнає і рослинний світ Землі через вирубування лісів. Сьогодні багато країн середніх широт залишилися без лісів господарського значення, а центр їх хижацького винищення перемістився в екваторіальні країни. Навіть нові посадки лісів неспроможні відновити високу стійкість екологічних систем, тому що здійснюються вони завдяки цінним у технічному відношенні породам деревини. Отже, багатоманітна природна екосистема, яка сформувалась упродовж тривалого часу, замінюється на одновидові насадження із спрощеною структурою та низькою стійкістю. Використання земель під сільськогосподарські угіддя також веде до спрощення екосистем і зниження рівня біологічного різноманіття та їхньої стійкості.

Сьогодні вже неефективно запроваджувати обмежувальні заходи щодо експлуатації окремих видів біологічних ресурсів. І на порядку дня постає проблема активного впливу людини на природні ресурси з метою штучного конструювання стабільних екосистем із властивостями, що враховують антропогенні порушення в ландшафтах. Зрозуміло, що для цього потрібні не тільки значні економічні ресурси, а й нові знання про природу. Загальна стратегія розв'язання цієї проблеми полягає у відновленні виснажених ресурсів, формуванні нормальних екологічних умов їхнього природного відновлення, встановленні розумних пропорцій між обсягом використання ресурсів та обсягом їхнього природного приросту, у подальшому освоєнні ресурсів й підвищенні продуктивності окультурених екосистем шляхом використання інтенсивних технологій та біологічних методів і формуванні ландшафтів для розширення рекреаційних ресурсів.

Розробка паливно-енергетичних ресурсів характеризується стрімким зростанням кількості видобування різних видів палива та корисних копалин. Таке зростання відбувається за експоненціальним законом і період подвоєння їх споживання становить приблизно 15 років. Оскільки запаси цих ресурсів є обмеженими, то магістральним напрямом їхнього використання є:

- зменшення втрат під час добування, транспортування, переробки та споживання (сьогодні втрати сягають від 60 до 95%);

- ❑ вторинне використання енергоресурсів та вторинної сировини (вторинне використання природних ресурсів коливається в межах від 0 до 50%);
- ❑ пошук альтернативних джерел енергії та мінеральної сировини (безпосереднє перетворення сонячної енергії в електричну і теплову енергію, конструювання нових композиційних матеріалів).

Проблема паливно-мінеральних ресурсів має яскраво виражений інтернаціональний характер через невідповідність центрів їхнього видобутку з центрами використання. Тому доступ до них багатьох країн може бути реалізований через механізм міжнародних економічних зв'язків, роль яких останнім часом значно зросла у забезпеченні безпечної життєдіяльності на всій планеті.

Як експлуатація біологічних ресурсів, так і видобуток та споживання паливно-енергетичних та мінеральних ресурсів призводять до значного забруднення складових природної сфери: атмосфери, гідросфери та літосфери.

Під **забрудненням довкілля** розуміють привнесення до його складових невластивих їм речовин або зміну вмісту наявних у них речовин. Склад атмосфери, гідросфери, літосфери формувався упродовж тривалого часу внаслідок геологічного та біологічного кругообігу речовин на Землі, і сьогодні він є результатом динамічної рівноваги, в основі якої лежать численні процеси перетворення та переміщення речовин за участю живих та неживих об'єктів природи.

Забруднення атмосфери. Внаслідок господарської діяльності у повітряний басейн сучасних промислових зон та великих міст надходять домішки антропогенного характеру – NO_2 , SO_2 , CO_2 , CO , NH_3 , H_2S , Cl_2 , Br_2 , HF , HCl , HBr , AsH_3 , PH_3 , галогенорганічних сполук, органічних кислот, ефірів, альдегідів, спиртів, кетонів, аміно- та нітросполук, ароматичних вуглеводів, сірковмісних органічних сполук, пестицидів тощо. Для більшості з них встановлені норми – ГДК (граничнодопустимі концентрації), які коливаються в широких межах – від 3 мг/м^3 (CO) до $0,001 \text{ мг/м}^3$ (PH_3) і значно менше.

Граничнодопустимі концентрації чи орієнтовні безпечні рівні дії шкідливих речовин встановлені приблизно для 400 хімічних

речовин. Для деяких із них граничнодопустимі концентрації наведені в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Граничнодопустимі концентрації шкідливих речовин
у атмосферному повітрі населених пунктів

Речовина	Концентрація, мг/м ³	
	середньодобова	максимальна разова
Акролеїн	0,1	0,3
Амілацетат	0,1	0,1
Ацетон	0,35	0,35
Бензин (у перерахунку на вуглець)	1,5	5,0
Бензол	0,1	1,5
Бутилацетат	0,1	0,1
Вінілацетат	0,2	0,2
Діметилформамід	0,3	0,3
Дихлоретан	1,0	3,0
Манган	0,01	0,03
Метилацетат	0,07	0,07
Метанол	0,5	1,0
Арсен	0,003	—
Оксид нітрогену	0,06	0,6
Діоксид нітрогену	0,04	0,085
Діоксид сульфуру	0,05	0,5
Оксид карбону	3	5
Діоксид карбону	1 300	3 720
Нетоксичний пил	0,15	0,5
Меркурій	0,0003	—
Сажа (кіптява)	0,05	0,15
Плюмбум	0,0003	—
Сірчана кислота	0,1	0,3
Сірководень	0,008	0,008
Сірковуглець	0,005	0,03
Стирол	0,002	0,04
Фенол	0,01	0,003
Формальдегід	0,003	0,035
Фториди	0,01	0,03
Фурфурол	0,05	0,05
Хлоропрен	0,002	0,02
Хром Cr (у перерахунку на Cr ₂ O ₃)	0,0015	0,0015
Етилацетат	0,1	0,1
Фосфорний ангідрид	0,05	0,15
Озон	0,03	—

В атмосфері містяться не тільки газоподібні речовини, але й велика кількість твердих та рідких аерозолів – пилу, диму, високодисперсних агрегатів розчинних солей різного ступеня вологості, дрібних краплин розчинів газоподібних речовин (SO_2 , HCl , NO_2 , органічних сполук) тощо.

Значне забруднення атмосферного повітря промислових міст призводить до того, що захворювання, типові для працівників виробничої сфери, виникають і серед деяких груп міського населення. Досить імовірним є зв'язок між задимленістю міського повітря та розвитком раку легень. Підставою для цього є наявність у складі диму, незалежно від типу палива, канцерогенних вуглеводнів типу бенз- α -пірену та деяких інших. Статистичні дані показують, що захворюваність на рак легень вища в містах, ніж у сільській місцевості, а в індустріальних переважає над непромисловими населеними пунктами. Забруднення атмосферного повітря може призвести до значного погіршення стану здоров'я населення.

Забруднення гідросфери. Природні води забруднюються:

- ❑ рідкими промисловими відходами, в яких наявні різноманітні речовини: сполуки Арсену, Купруму, Плюмбуму, Меркурію, Кадмію, ціаніди, феноли, поліциклічні вуглеводні, пестициди, технічні оливи, кислоти, основи, нафта та нафтопродукти;
- ❑ стічними водами сільськогосподарського виробництва, які містять небезпечні хімічні речовини у вигляді мінеральних добрив (зокрема нітрати), отрутохімікати у вигляді пестицидів та компоненти рідкого гною;
- ❑ стічними водами житлово-комунального господарства, які містять, передусім, сполуки азоту, фосфору, збудники хвороб та органічні речовини, зокрема поверхнево-активні речовини.

Значного забруднення зазнають не тільки прісноводні водойми, а й води морів та океанів.

З метою зменшення шкідливого впливу забруднення водойм введені граничнодопустимі концентрації шкідливих речовин у природних водах (див. табл. 3.9).

Інтенсивне використання прісної води в промисловості, зокрема для охолодження агрегатів, сільському господарстві для зрошення та в комунально-житловому господарстві без належної очистки призводить до дефіциту води, придатної для користування.

Таблиця 3.9

Граничнодопустимі концентрації шкідливих речовин
у природних водоймах

Речовина	Концентрація, мг/м ³	Речовина	Концентрація, мг/м ³
Хлориди	350	Сапонін	0,2
Сульфати	500	Бензол	0,5
Нафта (сірчиста)	0,1	Піридин	0,2
Нафта (інша)	0,3	Плюмбум	0,1
Гас	0,03	Арсен	0,05
Бензин	0,01	Меркурій	0,0005
Нафтенові кислоти	0,3	Селен	0,01
Ксилол	0,5	Ціаніди (прості)	0,1
Толуол	0,5	Фтор (у сполуках)	1,5
Феноли, що утво- рюють хлорфенол	0,001	Тетраетилсвинець	відсутній
Хром, Cr(III)	0,5	Гексахлорбензол	0,05
Хром, Cr(VI)	0,1	Нітрохлорбензол	0,005
Ферум	0,5	Формальдегід	0,5
Барій	4	Нітрil акрилової кислоти	3
Хлороформ	5	Купрум	0,1
Хлорбензол	0,1	Цинк	1
Динітробензол	0,5	Нікель	0,1
Динітрохлорбензол	0,5	Кобальт	1
Дихлорбензол	0,03	Кадмій	0,01
Трихлорбензол	0,03	Хлор вільний	відсутній
Скипидар	0,2	Сульфід	відсутній
Дихлоретан	2	Циклогексан	1

Забруднення ґрунтів. Сільськогосподарські ґрунти забруднюються унаслідок:

- цілеспрямованого внесення різноманітних речовин у процесі ведення сільськогосподарського господарства, а саме: мінеральних добрив, засобів захисту рослин – пестицидів та рідкого гною;

- ненавмисного забруднення різними антропогенними шкідливими викидами через атмосферу (важкі метали, органічні речовини), вимивання різноманітних речовин із сміттєзвалищ та фільтрацію забруднених поверхневих вод.

Для зниження шкідливої дії речовин, що потрапляють у ґрунти, встановлені граничнодопустимі концентрації та орієнтовні допустимі кількості приблизно для 120 хімічних речовин. Граничнодопустимі концентрації для окремих із них наведені в табл. 3.10.

Простежується значне забруднення ґрунтів навколо автомагістралей через викиди автотранспорту. Наприклад, при інтенсивності руху до 10 тис. транспортних одиниць за добу верхній шар ґрунту на відстані до 15 м містить заліза до 1 000 мг/кг, цинку – до 20, свинцю – до 10 і калію – до 0,2 мг/кг.

Значне забруднення атмосфери, гідросфери та літосфери, широкомасштабне використання природних ресурсів та інтенсифікація ведення сільськогосподарського виробництва призвели до численних екологічних проблем, які можуть мати трагічні наслідки для людства.

Таблиця 3.10

Граничнодопустимі концентрації шкідливих речовин у ґрунтах

Речовина	Концентрація, мг/м ³	Речовина	Концентрація, мг/м ³
Ванадій	150	Сірководень	0,4
Кобальт	5	Фосфорний ангідрид	200
Манган	2	Фтор-іони	10
Мідь	3	Бензол	0,3
Нікель	4	Ізопропілбензол	0,5
Цинк	23	(кумол)	
Ртуть	2,2	α -метилстирол	0,5
Свинець	20	Стирол	0,1
Хром	0,05	Ксилоли	0,3
Оцтовий альдегід	10	Толуол	0,3
Рідкі комплексні добрива з добавками марганцю	80	Кельтан (хлоретанол)	1
Поверхнево-активні речовини	0,2	Нітрат-іони	130

Екологічні проблеми, пов'язані із забрудненням атмосфери, поділяють на три рівні:

- ❑ **локальні:** забруднення внутрішніх приміщень через використання різноманітних композиційних полімерних матеріалів, речовин побутової хімії; утворення смогів через значне забруднення атмосферного повітря та поєднання таких атмосферних явищ, як значний туман (вологі смоги) і сухої безповітряної погоди (сухі смоги);
- ❑ **регіональні:** випадання так званих кислотних дощів унаслідок забруднення атмосфери кислими газами (оксидами сірки та азоту), які утворюються при спалюванні різних видів як твердого, так і рідкого палива (зокрема автомобільного);
- ❑ **глобальні:** підвищення середньої температури Землі внаслідок збільшення концентрації парникових газів, насамперед вуглекислого газу; зменшення вмісту озону у верхніх шарах атмосфери внаслідок забруднення атмосфери галогензаміщеними вуглеводнями.

Екологічні проблеми, пов'язані з використанням водних ресурсів та забрудненням води:

- ❑ порушення біологічних процесів у воді через закислення води та порушення трофічних зв'язків унаслідок виловлювання певних видів риб;
- ❑ дефіцит якісної прісної води унаслідок її інтенсивного використання та забруднення.

Екологічні проблеми, викликані забрудненням ґрунтів та інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва:

- ❑ деградація властивостей ґрунтів – втрата родючості через нераціональне ведення сільськогосподарського виробництва;
- ❑ ерозія ґрунтів – руйнування верхнього родючого шару внаслідок неправильного обробітку ґрунтів, зокрема їх ущільнення.

Відтак, розглядаючи це надзвичайно важливе для безпеки людства питання, зауважимо, що глобальна екосистема постійно розвивається, в ній безперервно відбуваються зміни, викликані су-

купною дією природних процесів. Господарська діяльність людини деякі з них може пришвидшити чи пригальмувати, викликати дисбаланс між деякими з них, проте неспроможна їх зупинити. Визнаючи той критичний стан, в якому сьогодні перебуває природна сфера, наголосимо, що довкола нього виникає багато корисливих цілей, не менш шкідливих, ніж саме втручання людини в природні процеси.

Отже, глобальні проблеми, зокрема ті, які розглядаються, зосереджуючи в собі суперечності і складнощі сучасного етапу розвитку цивілізації, стають дедалі гострішими і актуальнішими з огляду практичного підходу.