

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

*Н.М. Притула  
Н.В. Воронова*

**ЕКОЛОГІЯ**

Навчальний посібник  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
спеціальності «Хімія»,  
освітньо-професійної програми «Хімія»

Затверджено  
вченою радою ЗНУ  
Протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_

Запоріжжя 2025

УДК 504 (075.8)

П 772

Притула Н.М. Воронова Н.В. Екологія : навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Хімія», освітньо-професійної програми «Хімія». Запоріжжя : ЗНУ, 2025. 190 с.

Навчальний посібник містить теоретичні відомості з курсу «Екологія», питання для самоконтролю, практичні та тестові завдання, глосарій, використану й рекомендовану літературу. У запропонованому посібнику подано теоретичні основи і поняттєвий апарат навчальної дисципліни «Екологія». Його використання сприятиме формуванню у здобувачів вищої освіти цілісної системи екологічних знань.

Навчальний посібник розроблено для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Хімія», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Хімія».

Рецензент

*К.О. Домбровський*, кандидат біологічних наук, доцент кафедри загальної та прикладної екології та зоології

Відповідальний за випуск

*О.Ф. Рильський*, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЇ ГІЇ.....	7
ТЕМА 1. ПОНЯТТЯ ПРО ЕКОЛОГІЮ ЯК НАУКУ.....	7
ТЕМА 2. АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....	28
ТЕМА 3. ШКІДЛИВІ ЧИННИКИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЛЮДИНУ.....	38
ТЕМА 4. ВИКЛИКИ СУЧАСНОСТІ: АГРОЕКОЛОГІЧНІ, ДЕМОГРАФІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ ЗМІНИ.....	68
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ.....	78
ТЕМА 5. БІОСФЕРА І ПРОЦЕСИ, ЯКІ ВІДБУВАЮТЬСЯ В НІЙ.....	78
ТЕМА 6. ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ГЛОБАЛЬНОГО ЗАБРУДНЕННЯ БІОСФЕРИ І ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДЕЙ .....	92
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. БІОГЕОХІМІЧНІ ЦИКЛИ. ТОКСИКАНТИ. СТАНДАРТИ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	99
ТЕМА 7. КОЛООБІГ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ .....	99
ТЕМА 8. ТОКСИКАНТИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....	107
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. ЕКОЛОГІЯ АТМОСФЕРИ.....	118
ТЕМА 9. СТАН АТМОСФЕРИ ТА ВПЛИВ НА АТМОСФЕРУ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДЕЙ.....	118
ТЕМА 10. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ.....	125
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5. ЕКОЛОГІЯ ГІДРОСФЕРИ.....	132
ТЕМА 11. СТАН ГІДРОСФЕРИ ТА ВПЛИВ НА ГІДРОСФЕРУ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДЕЙ.....	132
ТЕМА 12. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОСФЕРИ.....	140
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 6. ЕКОЛОГІЯ ЛІТОСФЕРИ.....	150
ТЕМА 13. ВПЛИВ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ І СПОЛУК НА ЯКІСТЬ ҐРУНТУ.....	150
ТЕМА 14. ЕКОЛОГІЯ ҐРУНТІВ.....	157
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ.....	168
ГЛОСАРІЙ.....	180
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА.....	187
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....	188

## ВСТУП

Навчальний посібник з дисципліни «Екологія» розроблено для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Хімія» освітньо-професійної програми «Хімія» з метою засвоєння цілісних та узагальнених екологічних знань, розвитку екологічного мислення та свідомості, що ґрунтуються на бережливому ставленні до природи; набуття уявлення про взаємозв'язок усіх процесів у природі та відповідальності людини за стан Біосфери. Основна увага при вивченні дисципліни має бути спрямована на набуття уявлення про фундаментальні основи сучасної екології, виховання свідомого ставлення до довкілля та застосування отриманих знань для визначення напрямів раціонального використання та охорони довкілля.

На сьогодні екологія являє собою величезне поле знань. Екологічні закони пронизують господарську діяльність, побутову, виробничу. Сучасний розвиток екології, з одного боку, дає ключ до вирішення багатьох проблем, пов'язаних зі станом живої природи, а з іншого боку, показує, наскільки складні, дорогі та трудомісткі шляхи їх реалізації. Захист і відновлення навколишнього природного середовища стає все більш відчутним критерієм виживання людства. Порушення екологічних законів можна зупинити тільки піднявши на належний рівень екологічну грамотність кожного члена суспільства.

Метою вивчення навчальної дисципліни «Екологія» є засвоєння цілісних та узагальнених екологічних знань, набуття екологічного мислення та свідомості, екологічної культури, що ґрунтуються на дбайливому ставленні до природи; уявлення про взаємозв'язок людини і навколишнього середовища та відповідальність людини за стан Біосфери. Основна увага при вивченні дисципліни повинна приділятися формуванню уявлень про фундаментальні основи сучасної екології, свідомого ставлення до довкілля та застосування отриманих знань для визначення напрямів раціонального використання та охорони довкілля.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Екологія» є: набуття здобувачами освіти уявлень щодо основних закономірностей та принципів існування людини у довкіллі, організації та функціонування екосистем та біосфери; формування системи світоглядних знань щодо основних тенденцій розвитку екологічних особливостей природокористування; розкриття глобальних екологічних проблем людства та формування навичок їх вирішення з науково-обґрунтованих позицій; формування почуття відповідальності за перетворення довкілля; виховання потреби необхідності дотримання природоохоронного законодавства та правил екологічної етики; застосовувати отримані знання для визначення напрямів раціонального використання та охорони довкілля.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми «Хімія» здобувачам освіти необхідно досягти таких компетентностей:

– Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми хімії або у процесі навчання, що передбачає застосування певних

теорій та методів природничих наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
  - Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
  - Здатність працювати у команді.
  - Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.
  - Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
  - Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).
- ЗК 8 Здатність діяти на основі етичних міркувань (мотивів). ЗК 9 Прагнення до збереження навколишнього середовища.

– Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних 7 джерел.

- Здатність бути критичним і самокритичним.
- Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.

– Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

- Навички до представлення комплексних даних усно та письмово.
- Дотримання етичних принципів у професійній діяльності та з погляду розуміння можливого впливу досягнень з хімії на усі сфери життя.
- Здатність застосовувати знання і розуміння математики та природничих наук для вирішення якісних та кількісних проблем в хімії.

– Здатність здійснювати сучасні методи аналізу даних.

– Здатність оцінювати ризики.

– Здатність до опанування нових областей хімії шляхом самостійного навчання

– Здатність застосовувати сучасні уявлення про теорію будови, номенклатуру, методи одержання та хімічні перетворення речовин; взаємозв'язок будови, реакційної здатності та біологічної активності речовин.

- Навички в практичному застосуванні теоретичних відомостей.
- Здатність до критичного аналізу, діагностики й корекції власної педагогічної діяльності, оцінки педагогічного досвіду.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких програмних результатів навчання:

- Розуміти ключові хімічні поняття, основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, а також хімічних технологій на рівні, достатньому для їх застосування у

професійній діяльності та для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії.

- Розуміти основи математики на рівні, достатньому для досягнення інших результатів навчання, передбачених цим стандартом та освітньою програмою.

- Описувати хімічні дані у символічному вигляді.

- Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики.

- Розуміти зв'язок між будовою та властивостями речовин.

- Розуміти періодичний закон та періодичну систему елементів, описувати, пояснювати та передбачати властивості хімічних елементів та сполук на їх основі.

- Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.

- Застосовувати основні принципи термодинаміки та хімічної кінетики для вирішення професійних завдань.

- Аналізувати та оцінювати дані, синтезувати нові ідеї, що стосуються хімії та її прикладних застосувань.

- Спроможність використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення та моделювання хімічних систем та процесів, обробки експериментальних даних.

- Працювати самостійно або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову добросовісність.

- Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів та теорій з хімії.

- Використовувати свої знання, розуміння, компетенції та базові інженерно-технологічні навички на практиці для вирішення задач та проблем відомої природи.

- Здійснювати моніторинг та аналіз наукових джерел інформації та фахової літератури.

- Обговорювати проблеми хімії та її прикладних застосувань з колегами та цільовою аудиторією державною та іноземною мовами.

- Грамотно представляти результати своїх досліджень у письмовому вигляді державною та іноземною мовами з урахуванням мети спілкування.

- Використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології при спілкуванні, а також для збору, аналізу, обробки, інтерпретації даних.

- Оцінювати та мінімізувати ризики для навколишнього середовища при здійсненні професійної діяльності.

Посібник розроблено з метою організації аудиторної та самостійної роботи здобувачів освіти, а також забезпечення контролю рівня засвоєння знань. Матеріал подано в обсязі, який визначений силабусом навчальної дисципліни «Екологія».


# ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЇ

## ТЕМА 1. ПОНЯТТЯ ПРО ЕКОЛОГІЮ ЯК НАУКУ

**Мета:** розкрити основні положення екології, як науки: її предмет, об'єкт, основні завдання, методи; окреслити структуру сучасної екології як науки; дати характеристику основним екологічним законам.

### План

1. Предмет, об'єкт, завдання, методи та структура сучасної екології.
2. Поняття про середовище існування та його типи.
3. Екологічні чинники та їх класифікація.
4. Основні екологічні закони.

 **Основні поняття:** екологія; методи екології; середовище існування; форми співіснування організмів; екологічні чинники; біологічні ритми; фотоперіодизм.

### 1. Предмет, об'єкт, завдання, методи та структура сучасної екології як науки

На сучасному етапі розвитку суспільства екологія вирішує коло проблем і користується методами, матеріалами, принципами, які виходять далеко за межі суто біологічних наук. Більшість із учених-екологів вважає, що екологія сформувалася в принципово нову інтегровану дисципліну, яка поєднує всі природничі, точні, гуманітарні й соціальні науки.

Не дивно, що так воно відбулося, оскільки в ідеалі визначення екології звучить так: *Екологія* – це наука про взаємовідносини живих організмів між собою та навколишнім середовищем.

Сучасна екологія є однією з головних фундаментальних наук, своєрідною філософією виживання людства. Останнім часом у всьому світі започатковані найрізноманітніші напрями екологічних досліджень, метою яких є забезпечення фахівців необхідною для прийняття рішень екологічною інформацією у всіх сферах діяльності.

Провідним у вивченні екологічної науки є *принцип системності* – це загальнонауковий філософський принцип, в основі якого – поняття про систему. Один із засновників теорії систем Л. Барталанфі (1973) визначив систему як цілісну сукупність елементів, що знаходяться у взаємозв'язку так, що їхнє незалежне існування неможливе. Принцип системності виявився ефективним при вивченні біологічних та екологічних систем. Справді, в природі все пов'язане з усім, тому поняття системи втрачає конкретність і будь-який набір об'єктів може розглядатися як система.

Методологічною основою системного підходу в екології є три головні положення:

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

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

3. Системи природи, що нас оточує, мають здатність до розвитку, самоорганізації та ускладнення. Відповідно до теорії систем вони поділяються на три види:

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

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

в) ізольовані системи, повністю ізольовані від середовища.

Очевидно, що екологія має справу з відкритими системами. Серед усіх напрямків екології можна виділити дві всеосяжні дисципліни: *теоретичну екологію і практичну екологію*.

Теоретична екологія охоплює глобальну екологію, екологію живих організмів, яка розвивається за такими напрямками, як екологія людини, екологія тварин, екологія рослин, екологія мікроорганізмів, палеоекологія, ландшафтна екологія, біоіндикація, теорія штучних екосистем, радіоекологія тощо.

Практична екологія представлена науками про соціально-економічні чинники впливу людини на довкілля (екологічна освіта, екологічне право, екологія та економіка, національна екополітика, екологічний менеджмент) і науками про техногенні чинники забруднення довкілля (енергетична екологія, промислова екологія, транспортна екологія, військова екологія, космічна екологія).

Об'єктів вивчення екології або її галузевих підрозділів безліч, як і в будь-якій іншій науці. Ці об'єкти своєрідні за внутрішньою структурою та функціями. Але в таких наборах об'єктів можна виділити цілісний об'єкт, що лежить в основі утворення інших екологічних об'єктів. В екології таким *об'єктом є екосистема*. Живі організми представлені в екосистемах особинами. Екологія вивчає широке коло об'єктів, але дослідження живого – її центральна задача.

Пізнання явищ життя дозволяє сформулювати декілька важливих принципів, пов'язаних з існуванням та функціонуванням живої матерії. Отже:

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

– Принцип найпростішої конструкції свідчить, що з усіх можливих конструкцій біосистем в природі реалізується найпростіший за організацією



варіант. Можливо, це є результатом мінімізації витрат речовини та енергії на формування даної біосистеми.

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

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

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

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

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

- Принцип зворотних зв'язків стверджує, що біосистеми самопідтримуються та саморегулюються через наявність в них різноманітних зворотних зв'язків.

- Принцип еволюції полягає в незворотних змінах живих організмів.

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

Інша форма елементарних об'єктів в екології – це абіотичні компоненти, що входять до складу екосистем та біосфери. Залежно від підходу до вивчення природи може бути сформовано декілька різних видів ієрархії. Основними ланками екологічної структурної ієрархії є організми, популяції та екосистеми. Аналіз різних видів біологічної ієрархії засвідчує, що рівень організованості біологічних та екологічних систем знижується в міру підвищення їхнього місця в ієрархії. На нижчих ланках ієрархії системи жорстко організовані, на вищих – все більш і більш крихкі.

*Головний предмет дослідження в екології* – вивчення особливостей та розвитку взаємозв'язків між організмами, їхніми угрупованнями різних рангів, екосистемами й неживою компонентою екосистем, а також дослідження впливу природних і антропогенних чинників на функціонування екосистем і біосфери в цілому.

Виходячи з цього, *основними завданнями екології* є:

1. Вивчення з позицій системного підходу загального стану сучасної біосфери планети, причин його формування та особливостей розвитку під впливом природних та антропогенних чинників (тобто вивчення закономірностей формування, існування та функціонування біологічних систем

усіх рівнів у взаємозв'язку з атмосферою, літосферою, гідросферою, техносферою);

2. Прогноз динаміки стану біосфери в часі і просторі.

3. Розробка шляхів гармонізації взаємовідносин людського суспільства й природи, збереження здатності біосфери до самовідновлення та саморегулювання з урахуванням основних екологічних законів і загальних законів оптимізації взаємозв'язків суспільства і природи.

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

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

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

3. Методи інтерпретації отриманих фактичних матеріалів.

Будь-яке екологічне дослідження починається зі спостережень, відмітною рисою яких є невтручання спостерігача в процеси, що відбуваються. Такі спостереження можуть здійснюватися, так би мовити, неозброєним оком, що було характерним для екології першої половини ХХ століття.

Як міждисциплінарна наука екологія широко застосовує *метод експерименту*. Його суть полягає в тому, що до екосистеми свідомо вноситься звичайно якась одна зміна, і через деякий час зіставляються результати спостережень на контрольній (вона обов'язкова) та експериментальній ділянках екосистеми. Але такі класичні однофакторні експерименти в екології мало реальні. Тут більш придатні багатофакторні експерименти, коли змінюються значення одразу багатьох чинників, а стан екосистеми в кінці експерименту оцінюється за багатьма її параметрами.

Екологія широко використовує результати стихійних експериментів, що «ставить» сама природа або вони є наслідком виробничої діяльності людини. Так, відоме виверження вулкана Кракатау, що відбулося наприкінці ХІХ століття, знищило все живе на ряді островів Південно-Східної Азії. Ці острови були використані для вивчення природного ходу заростання та заселення вулканічних покладів.

Чимало корисної інформації додає вивчення масових вирубок лісу, створення великих водосховищ і т. ін. У результаті спостережень та експериментів у розпорядженні еколога накопичується сукупність наукових фактів. Але за науковий факт не можна приймати результати будь-якого спостереження. Певним джерелом фактів для еколога є літературні дані та службова інформація. У зв'язку зі складністю екологічних систем щодо їх вивчення часто використовують *моделювання*. Як модель може виступати матеріальна копія об'єкта екології, звичайно, до певної міри спрощена. Наприклад, акваріум можна розглядати як модель ставка. На таких моделях отримують немало корисної інформації, але в цілому їх значення в екології порівняно обмежене.

На сучасному етапі розроблено багато методів збору інформації про стан біосфери, що є одним з найголовніших завдань екології. Контроль сучасного стану біосфери в цілому чи в межах її окремих компонентів, збір екологічних даних у межах окремих континентів, їх частин або акваторій, порівняльний аналіз екологічної інформації з різних регіонів земної кулі метою визначення динаміки екологічних ситуацій і можливих біосферних змін здійснюється за допомогою екологічного моніторингу навколишнього середовища – системи режимних довгострокових безперервних спостережень за станом довкілля. Найважливішими засобами його є дистанційні екологічні дослідження. Вони дають змогу здійснювати зондування земної поверхні у видимому, інфрачервоному, мікрохвильовому діапазонах або з використанням лазерної техніки. Комплексний моніторинг довкілля повинен забезпечити і своєчасне передбачення екологічної катастрофи, зменшити її силу або відвернути. Від його якості залежить ефективність рішень, що приймаються урядами усіх країн.

Система контролю за навколишнім середовищем включає три основних види діяльності:

- 1) спостереження і контроль – систематичні спостереження за станом навколишнього середовища;
- 2) прогноз – визначення можливих змін у природі під впливом природних і антропогенних чинників;
- 3) керування – заходи щодо регулювання стану навколишнього середовища.

В оцінці стану навколишнього середовища поряд із дистанційними важливу роль відіграють наземні методи дослідження: геофізичні, геохімічні та індикаційні. *Геофізичний метод* передбачає вивчення процесів надходження і перетворення речовини й енергії в геосистемах і екосистемах. Спостереження проводяться у стаціонарних і в напівстаціонарних умовах, на площадках або профілях із застосуванням різної вимірювальної апаратури згідно зі спеціальною програмою. Визначаються елементи радіаційного, теплового і водного балансів, досліджується тепло- і водообмін між компонентами природного середовища і їх вплив на продуктивність екосистем. Порівняння структури балансів зміненої і непорушеної території дозволяє виявити напрямок і ступінь змін.

*Геохімічний метод* полягає у вивченні функціонування природних систем за допомогою аналізу міграції хімічних елементів. Вивчається надходження елементів природним шляхом і в результаті господарської діяльності людини, виявляється інтенсивність їх водної і повітряної міграції, розглядається біологічний колообіг елементів і його зміни під впливом техногенезу. Аналіз охоплює усі середовища: повітря, атмосферні опади, поверхневі та ґрунтові води, геологічний субстрат, ґрунти й рослини. Геохімічний метод дає можливість визначити закономірності змін хімічного складу навколишнього середовища, спроможності природних систем до самоочищення, виявити напрямки потоків забруднюючих речовин.

*Індикаційний метод* ґрунтується на можливості визначення стану одного об'єкта за іншим. Головну роль тут відіграє біоіндикація, а головним

біоіндикатором є рослинний покрив. Останній дозволяє виявляти зміни за чотирма ознаками: фізіологічно, морфологічно, фітоценотично і флористично. Таким чином, комплексний екологічний моніторинг довкілля є джерелом необхідної інформації для прийняття управлінських рішень щодо природоохоронних заходів і вироблення стратегії гармонізації співіснування природи і суспільства.

Сучасна екологія включає п'ять основних розділів. Розділи екології склалися з неоднаковою повнотою, за об'ємом вони дуже різноманітні.

1. *Біоекологія*, або загальна екологія – «класична» екологія, що сформувалася в рамках біології. Вона вивчає взаємодії організмів і надорганізмених систем усіх рівнів між собою та з навколишнім середовищем. У біоекології виділяють чотири розділи: аутокологія (екологія організмів), демекологія (екологія популяцій), синекологія (екологія біоценозів, біогеоценозів, екосистем), глобальна екологія (біосферологія, вчення про біосферу). У теперішній час в окремий розділ екології виділяють екосистемологію, яка вивчає екосистеми в усій їхній різноманітності, у тому числі й біогеоценози. У цьому випадку синекологію вважають такою, що вивчає угруповання видів (біоценози).

2. *Спеціальна екологія*, або екологія окремих груп організмів (наприклад, екологія рослин, тварин тощо).

3. *Геоекологія* – географічна екологія.

4. *Екологія людини*.

5. *Прикладна екологія*: інженерна та промислова екологія; сільськогосподарська екологія; біоресурсна та промислова екологія; кому

На сьогодні, при узагальненні всіх наукових напрямків та течій універсальна екологія (макроекологія) поділяється на 2 взаємопов'язаних напрямки: теоретичну і практичну (прикладну).

*Теоретична екологія* базується на вивченні і розробці екології живих організмів. Основу її складають: вчення про екологічні чинники (аутокологія), вчення про популяції (демекологія), вчення про екосистеми (синекологія).

*Практична (прикладна) екологія* об'єднує три великих розділи:

*Геоекологія* (вивчає геоекосистеми – територіальні одиниці, що контролюються людиною і являють собою ділянки ландшафтної сфери).

*Соціоекологія* (вивчає соціоекосистеми – взаємодію природи і суспільства). До її складу входить: психоекологія, урбоекологія, екологія народонаселення, природоохоронне законодавство та міжнародне співробітництво з охорони біосфери

*Техноекологія* (вивчає техноекосистеми – створені внаслідок впливу на навколишнє середовище техногенних чинників: екологія енергетики, промисловості, агроекологія, екологія транспорту, екологічна експертиза, екологія військової діяльності) (рис. 1).

*Аутокологія* вивчає взаємозв'язки представників виду з навколишнім середовищем. Вона, головним чином, вивчає межі стійкості виду і його ставлення до різних екологічних чинників: тепла, світла, вологи, родючості і т.

п., а також досліджує дію середовища на морфологію, фізіологію і поведінку організму, розкриває загальні закономірності дії чинників середовища на живі організми.

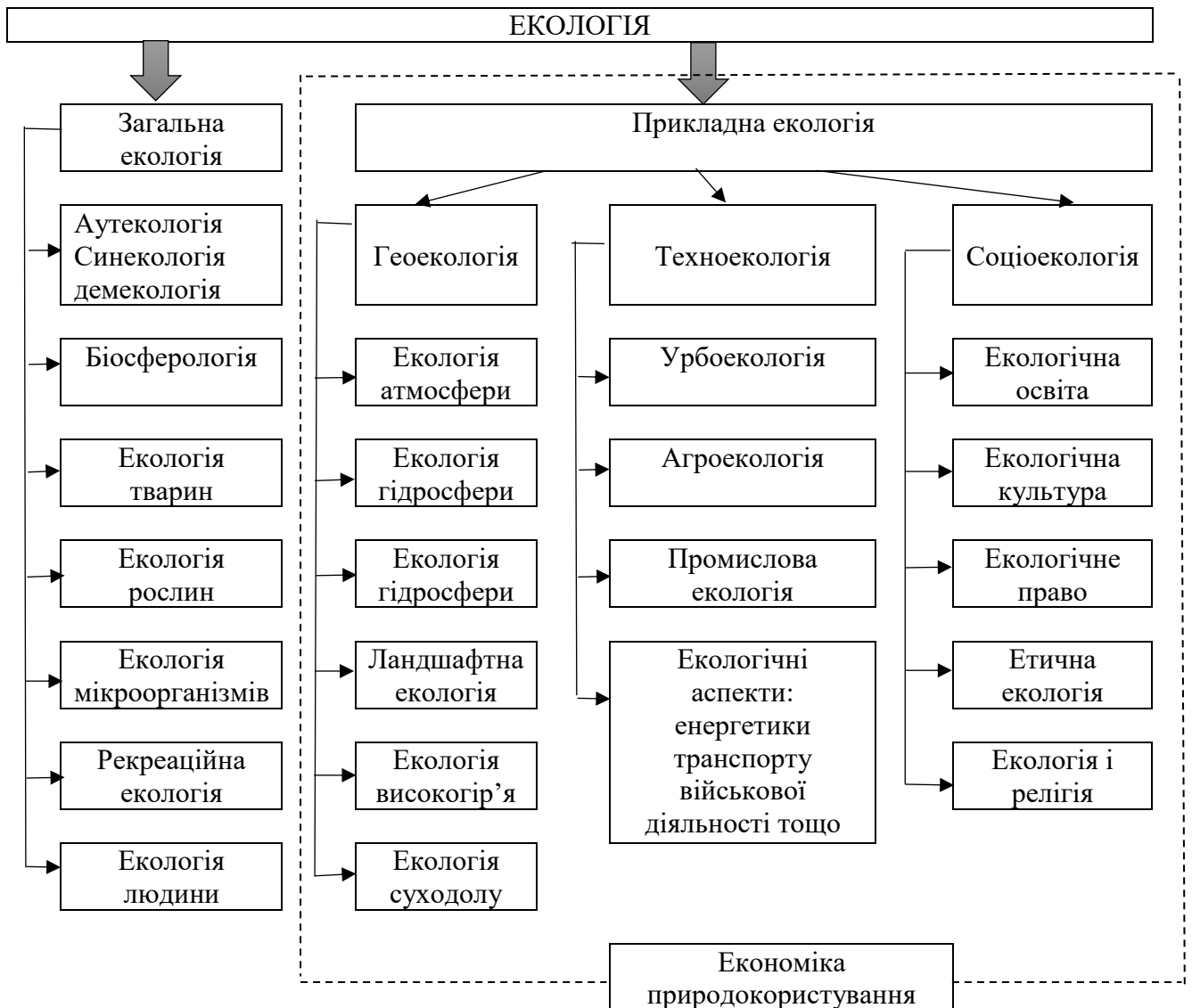


Рисунок 1 – Структура екології

*Синекоекологія* аналізує стосунки між особинами, що належать до різних видів даного угруповання організмів, а також між ними і довкіллям. У тридцяті роки сформувалася популяційна екологія – *демекоекологія*, яка вивчає структуру виду: біологічну, статеву, вікову, етіологічну. Описує коливання чисельності різних видів і встановлює їх причини.

Екологію за розмірами об'єктів вивчення поділяють на географічну або *ландшафтну екологію*, об'єктами вивчення котрої є великі геосистеми, географічні процеси, та на *глобальну екологію* – вчення про біосферу Землі. Стосовно предметів вивчення екологія поділяється на екологію: мікроорганізмів, грибів, рослин, тварин, людини, сільськогосподарську, прикладну, інженерну та загальну екологію – теоретичну й узагальнювальну дисципліни.

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

Залежно від конкретного предмета вивчення розрізняють також ряд галузей екології:

- за видами діяльності (промислова екологія, сільськогосподарська екологія, екологія міста, радіоекологія тощо);
- за типами екосистем (екологія суходолу, екологія лісу, екологія прісних вод, екологія океану тощо);
- за об'єктами дослідження (екологія рослин, екологія тварин, екологія мікроорганізмів тощо);
- за методами вивчення (хімічна екологія, географічна екологія, фізіологічна екологія, математична екологія тощо)

## **2. Поняття про середовище існування та його типи**

Розрізняють чотири основні середовища існування: наземно-повітряне, водне, ґрунт, а також організми інших істот.

*Наземно-повітряне середовище існування.* Характеризується різноманіттям умов існування. Основними абіотичними чинниками, що впливають на живі організми, є освітленість, температура, вологість, газовий склад атмосфери.

**Освітленість.** Виділяють три основні ділянки сонячного світла, які відіграють певну роль у житті організмів: ультрафіолетові промені, видимі промені, інфрачервоні промені.

**Ультрафіолетові промені.** Майже повністю поглинаються озоновим шаром (утворюється з кисню під дією космічного опромінення). За допомогою ультрафіолетового випромінювання в організмі тварин у шкірі здійснюється біосинтез вітаміну Д. Ці промені найкраще сприймають очі більшості комах.

**Видима ділянка спектра.** Мають хвилі завдовжки 0,41-0,74 мкм. Припадає понад 50 % сонячного випромінювання. Важлива для тварин як просторова орієнтація. У рослин і деяких прокаріотів визначає процеси фотосинтезу.

**Інфрачервоні, або теплові промені.** Хвилі завдовжки понад 0,75 мкм. Джерело теплової енергії для живих організмів (поглинається водою). Особливе значення має для холонокровних організмів (плазуни, комахи, амфібії) – використовують підвищення температури тіла. Сприяють здійсненню рослинами транспірації.

За вимогами до освітлення рослини поділяються на екологічні групи:

1) світлолюбні види (геліофіти) – надають перевагу освітленим відкритим місцям, добре ростуть лише за умов повного сонячного освітлення, мають розсічені листові пластинки, високе стебло, добре розвинену стовпчасту паренхіму (береза, сосна).

2) тіньовитривалі рослини – краще ростуть за умов високого освітлення, але адаптуються і до різного рівня затінення (дуб, липа, бузок).

3) тіньолюбні рослини – не зустрічаються на відкритих, освітлених місцях, листки темно-зелені, стовпчаста паренхіма відсутня, або погано розвинена (плаун булавоподібний, смерека).

Тварини стосовно світла поділяються на нічних та денних. Денні тварини мають добре розвинений зір, здатні розрізняти кольори. Активні у світлу частину доби. Переважно яскраво забарвлені. Нічні тварини – активні вночі. Мають великі очі. Деякі тварини живуть в умовах, де світла майже немає (у печерах, у ґрунті тощо). В них редукуються органи зору (у крота) або втрачаються зовсім (протей).

Температура. Впливає на температуру тіла організмів, визначає швидкість обміну речовин. Оптимальні межі для більшості живих істот: +10-+30 °С. В неактивному стані можуть переносити від -200 °С до +100 °С. Наприклад, спори бактерій нетривалий період здатні переносити температуру до +180 °С.

Анабіоз (від грецьк. анабіозис – повернення до життя) – це стан організму, коли відсутні помітні прояви життєдіяльності внаслідок значного гальмування процесів метаболізму. В цьому стані втрачається води до 75 %. За сприятливих умов поновлюються процеси життєдіяльності.

За відношенням до температури розрізняють види холодостійкі та теплолюбні.

*Холодостійкі* – це види, для існування яких оптимальною є низька температура. До них відносять деяких бактерій, лишайники, мохи, деяких членистоногих тощо. Мають певні пристосування до існування. Наприклад, рослини, що мешкають у тундрі, високо в горах, мають низьке стебло, цукор клітинного соку для зниження точки замерзання цитоплазми. Деякі комахи в гемолімфі мають речовини, що сприяють поглинанню тепла. Хребетні тварини мають жировий прошарок, який сприяє збереженню тепла.

*Теплолюбні* (термофіли) – види, для існування яких оптимальними є високі (до +80 °С і вище) температури. Це деякі бактерії, ціанобактерії, членистоногі гарячих джерел.

*Терморегуляція* – здатність організмів підтримувати стале співвідношення між виробленням тепла (теплопродукцією) або поглинанням із середовища існування та втратами теплової енергії. Терморегуляція поділяється на хімічну та фізичну. Хімічна терморегуляція – вироблення тепла збільшується у відповідь на зниження температури довкілля (наприклад, скорочення м'язів). Фізична терморегуляція. Виникає внаслідок змін рівня тепловіддачі (потовиділення, регуляція капілярів шкіри, положення волосяного покриву).

Тварин поділяють за рівнем теплопродукції на *теплокровних* (гомойотермних) і *холоднокровних* (пойкілотермних). Теплокровні тварини. Відносять птахів і ссавців. Мають добре розвинений механізм терморегуляції, що дозволяє підтримувати температуру тіла відносно сталою. Холоднокровні тварини. Відносять безхребетних, риб, амфібій, плазунів. Мають нижчий рівень процесів метаболізму. Температура тіла залежить від температури довкілля.

На зв'язок у тварин пропорцій і розмірів тіла з температурними і кліматичними умовами вказує *правило Бергмана*: із двох близьких видів

теплокровних, що відрізняються за розмірами, більший проживає у більш холодному кліматі.

*Правило Аллена:* у багатьох ссавців і птахів Північної кулі відносні розміри кінцівок та інших частин тіла, що виступають (вуха, дзьоби, хвости) збільшуються в напрямі до півдня і зменшуються в напрямі до півночі (для зменшення тепловіддачі в холодному кліматі). Найпівденніший і добре пристосований до пустельного життя представник родини собачих – фенек – при довжині тіла 30-40 см має вуха довжиною 15 см. Тоді як у лисиці, що мешкає в помірному поясі, вуха набагато менше. І зовсім невеликі вуха має песець, місцем існування якого є тундра.

Організми виробили ряд адаптацій до економного споживання вологи, підтримки її на сталому рівні для існування в наземно-повітряному середовищі. Так, для життя в умовах посушливого клімату рослини мають кореневу систему, яка проникає на велику глибину або добре галузиться. Рослини пустель та напівпустель втратили або майже втратили листя (кактуси). Листкові пластинки покриваються товстим шаром соскоподібних речовин, перетворюються на колючки, лусочки, здатні потовщуватись і накопичувати вологу (алое, молодило). Стебла можуть бути потовщеними та зберігати, накопичувати вологу, виконують фотосинтетичну функцію (кактуси) замість листків. У сезон самих високих температур, посухи дерева та кущі можуть скидати листя.

Вищі рослини щодо вологи поділяються на:

1. вищу водяну рослинність – рослини, що повністю або частково ростуть у воді (елодея, ряска, латаття);
2. вологолюбні рослини – ростуть в умовах надмірної вологи – на болотах, вологих ґрунтах (росичка, зозулин льон);
3. посухостійкі рослини – ростуть у посушливих місцях, можуть переживати тривалі сухі періоди (ковила, типчак, кактуси);
4. рослини, що займають проміжне положення між посухостійкими та вологолюбними – ростуть в умовах достатньої вологи, можуть витримувати сухі періоди (ясен, клен, дуб).

Стосовно вологи тварин поділяють на:

1. вологолюбних – живуть у сирих вологих місцях – під камінням, біля водойм, на болотах тощо (мокриці, земноводні);
2. сухоллюбних – живуть у посушливих місцях, пустелях, напівпустелях (пустельні комахи, павукоподібні, плазуни);
3. посухостійких – переважна більшість тварин.

Тварини отримують вологу трьома основними шляхами: з їжі, під час пиття, при розщепленні речовин, переважно жирів (ендогенна вода).

Покриви (луски, кутикула) дозволяють утримувати воду в організмі, не втрачати її. Комахи мають спеціальні залози у стінках задньої кишки. З їх допомогою вбирають воду з неперетравлених решток їжі. Тварини посушливих місць активні переважно вночі, коли температура повітря зменшується. За високих температур тварини на період посухи можуть впадати в діапаузу.

*Діапауза* (від грецьк. діапаузис – перерва, зупинка) – це період тимчасового



фізіологічного спокою тварин, коли в них затримуються зріст, розвиток, знижується рівень метаболізму.

По відношенню до кількості кисню у повітрі розрізняють анаеробні організми та аеробні. Аеробних переважна кількість. Використовують кисень, видихають вуглекислий газ. Анаеробні організми – це найпростіші та паразити.

*Водне середовище існування.* Значно відрізняється від наземно-повітряного. У водному середовищі більший тиск, густина, у воді є певний склад солей. Мешканці водойм називаються гідробіонтами. Вони виробили цілий ряд пристосувань до водного середовища.

Середня глибина світового океану – 3,76 тис. м залежно від глибини в ньому виділяють зони: *пелагіаль* (від грецьк. пелагос – море) – товща води, *бенталь* (від грецьк. бентос – глибина).

Організми товщі води включають планктон та бентос.

Планктон – організми, що не здатні протистояти течіям, невеликі чи дрібні за розмірами. Розносяться течіями на значні відстані. Пристосування планктону такі: зменшення щільності тіла, зменшення поверхні тіла, наявність газових вакуолей, накопичення жиру тощо. Планктон складається з бактерій, ціанобактерій, водоростей, радіолярій, форамініфер, личинок кісткових риб, медуз, дрібних рачків тощо.

Нектон – організми активно рухаються, добре плавають, це залежать від течій, мають обтічну форму, вкриті слизом тощо. Нектон включає: більшість видів риб, головоногих молюсків, китоподібних.

Перифітон – організми, які покривають поверхні (споруд, кораблів тощо), оселяються на різних субстратах товщі води. Перифітон складається з вусоногих ракоподібних, черевоногих і двостулкових молюсків, водоростей, деяких видів риб, губок тощо.

Нейстон – мешканці на межі водного і наземно-повітряного середовища. Населяють поверхню плівки води. Наприклад, клопи-водомерки.

Бентос – організми, що живуть на дні чи в його товщі. Пристосувалися до великого тиску, це ракоподібні, риби, голкошкірі, круглі, багатощетинкові черви.

Основними чинниками, що впливають на життя гідробіонтів, є світло, сольовий склад води, вміст кисню, густина, течії, температура.

Температура досить стала на глибинах (від  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Значно менші коливання температури навіть у поверхневих шарах завдяки високій ємності водного середовища. Кожний тип водойм має свій температурний режим.

Фотосинтезуючі рослини не проникають у воді глибше 250 м. Освітленість зменшується в напрямку збільшення глибини. На проникнення світла впливають прозорість, пора року тощо. Світло не проникає на глибину 1,5 тис. м. Глибоководні організми здатні до вироблення світла шляхом окислення переважно ліпідів. Таке явище називається біолоюмінесценція.

Сольовий склад води досить сталий. Він вимірюється у проміле (‰) – десятій частці відсотка (1 ‰ – відповідає вмісту 1 г солей на 1 л води). Солоність води океану становить 34-35 ‰. До умов високої солоності пристосовані лише деякі організми (рачки – артемії). Мешканці прісних водойм виробляють

приспособлення для виведення зайвої води (скоротливі вакуолі в найпростіших).

Кисень у воду виділяється рослинами та надходить з наземно-повітряного середовища. Зі збільшенням глибини вміст кисню зменшується. Глибоководні мешканці пристосовуються до низького вмісту кисню.

Густина води забезпечує тиск, який підвищується в напрямку більшої глибини. На кожні 10 м глибини тиск підвищується на 1 атмосферу. Лише добре пристосовані окремі організми мешкають на великих глибинах.

Переміщення водних мас включають приливи, відпливи та течії. Переміщення води сприяє поширенню організмів, міграціям. Деякі організми пристосувались до швидких течій (форель, личинки мошок).

До пересихання водойм пристосовуються мешканці тимчасових водойм, або тих водойм, що періодично пересихають. Такі організми вимушені за короткий період швидко збільшити кількість собі подібних, пристосуватись до перенесення несприятливих умов (яйця, цисти). Є гідробіонти (комахи, малощепинкові черви, деякі риби), які в несприятливий період зариваються у ґрунт, втрачають більшість вологи та можуть тривалий час знаходитись у такому стані. Дводишна риба лусковик заривається на глибину до 1 м., та утворює навколо себе захисну капсулу з часток мулу і секрет у слизових шкірних залоз.

*Ґрунт як середовище існування.* Ґрунт – це верхній родючий шар літосфери (твердої оболонки Землі), що складається з материнської породи та гумусу. Це стабільніше середовище існування, ніж наземно-повітряне. Ґрунт має систему порожнин, які заповнені водою або повітрям. Вологість завжди вища, ніж у наземно-повітряному середовищі. За умовами існування для дрібних організмів наближується до водного середовища.

На глибині понад 2 м не відчуваються коливання температур. Тому наземні організми в несприятливі пори року зариваються у ґрунт.

Ґрунти відрізняються за механічним (розміри ґрунтових часток) та хімічним (співвідношення органічних речовин до неорганічних) складом. Розміри ґрунтових часток визначають величину ґрунтових шпар: чим більші частки, тим більший діаметр шпар. Чим краще шпари розвинені, тим глибше проникають повітря і вода, тим легше тваринам проникати у глибину.

Рослини скидають листя, сприяють утворенню підстилки, яка інтенсивно переробляється мешканцями ґрунту. Верхній шар ґрунту містить гумус. Гумус, забарвлений у темні кольори, визначає родючість.

Для тварин ґрунту характерні переважно вертикальні міграції (дощові черв'яки, кліщі).

Склад ґрунтового повітря значно відрізняється від атмосферного. Надходить кисень з повітря. У повітрі ґрунту підвищений вміст вуглекислого газу, низький вміст кисню (зменшується з поглибленням у ґрунт). Деякі тварини пристосувались до дихання всією поверхнею тіла (кліщі, дощовий черв'як).

У ґрунті містяться підземні частини рослин, переважно корені. На поверхні ґрунту живуть водорості, гриби, лишайники, ціанобактерії.

Ґрунтові бактерії проникають вглиб на кілька метрів. Живуть як автотрофи (хемосинтетики), так і гетеротрофи. Навколо коріння рослин утворюють

бактеріоризу. У ґрунті мешкає переважна більшість представників мінералізують рештки організмів.

У товщі ґрунту живе невелика кількість ґрунтових водоростей. Вони мають дуже малі розміри та є автотрофними організмами.

Ґрунтові гриби – гетеротрофні організми, що живуть у ґрунтах різних типів.

У ґрунті мешкають тварини – представники різних систематичних груп (найпростіші, комахи, круглі, кільчасті черви, членистоногі, павукоподібні, ракоподібні, хребетні). Серед тварин є види, які постійно мешкають у ґрунті (круглі черви, кліщі), або у певний період свого життя (личинки), або живуть і у ґрунті, і у наземно-повітряному середовищі (мурашки). Багато тварин зимує у ґрунті (комахи, гризуни).

У багатьох тварин утворилися певні адаптації до пересування у ґрунті. Наприклад, кінцівки, що риють (у крота, вовчка, жуків), скорочення м'язів (у дощового черв'яка), різці, голова (у сліпака) тощо. Дрібні тварини пристосувалися до пересування у воді, що заповнює шпари (найпростіші).

*Живі організми як середовище існування.* Живі організми завжди мають певні просторові та функціонально залежні угруповання. Між ними формуються відповідні залежності та взаємовідносини. Такий взаємозв'язок виникає перш за все на основі харчових потреб (зв'язків) і способів добування енергії, необхідної для життєвих процесів. Між організмами виникає конкуренція: міжвидова та внутрішньовидова.

Усі форми співіснування різних видів називають *симбіозом* (від грецьк. сим – разом, біос – життя). Ґрунтується на трофічних та просторових взаємозв'язках. Може бути обов'язковим (облігатним), якщо неможливе існування одного без іншого, або необов'язковим (факультативним), коли організми можуть існувати як поруч, так і окремо.

Усі взаємовідносини між живими організмами можна поділити на негативні, позитивні та нейтральні.

До розряду негативних взаємовідносин належить *хижацтво*. Хижаки – це організми, які ловлять свою жертву, умертвляють і поїдають. Серед ссавців типовими хижаками є котів, вовк, горностай, куницеві тощо. До однієї з форм хижацтва можна віднести канібалізм. Це живлення хижаків (хижі клопи, комахи, павуки, хижі риби та ін.) особинами свого виду.

*Антибіоз* – це форма антагоністичних взаємовідносин видів, при якій різні речовини, що виділяються мікроорганізмами, грибами або вищими рослинами, пригнічують або затримують розвиток інших видів (антибіотики, рідкі та газоподібні фітонциди).

*Паразитизм.* Це симбіотичні негативні взаємовідносини, за яких один організм (паразит) живе внаслідок іншого (хазяїна). Серед паразитів розрізняють ендопаразитів, які живуть в тілі свого хазяїна і живляться його тканинами або вмістом травного тракту (паразитичні черви, малярійний плазмодій) та ектопаразитів, що живуть переважно на шкірі хазяїна і мають достатню рухомість, щоб переходити від одного хазяїна до іншого (комарі, кліщі). Залежно від тривалості контакту паразитів з організмом хазяїна розрізняють паразитизм

обов'язковий (постійний), коли паразит перебуває в організмі протягом основного періоду свого розвитку (малярійний плазмодій, деякі плоскі черви, паразитичні амеби, з рослин – повитиця, зарази́ха) і більш розповсюджений необов'язковий паразитизм (гриби-паразити рослин і тварин, плодожерка, комахи, аскариди, немато́ди, хвороботворні бактерії). Паразитизм зустрічається серед різних організмів: тварин (комахи, молюсків), бактерій, грибів (трутовик, сажки) і рослин (повитиця). Внутрішньоклітинними паразитами є віруси.

Паразитизм – це антагоністичні взаємовідносини. Хазяїн за допомогою захисних, імунних реакцій намагається позбутися паразита. Паразит намагається послабити, нейтралізувати дії хазяїна. Паразит і хазяїн розвиваються протягом еволюції разом. Така еволюція називається *кoeволюцією*. Загибель хазяїна веде до загибелі паразита, тому еволюція відбувається в такому напрямку, щоб завдати організму хазяїна менше шкоди. У процесі пристосування до паразитичного життя в паразитів виробляється ряд адаптацій. У паразитів відбувається спрощення будови тіла, втрачаються певні органи та навіть системи органів. Наприклад, у червів стьожковиків відсутня травна, кровоносна, дихальна системи. Для прикріплення в тілі хазяїна у паразитів з'являються гачечки, присоски тощо. Найбільш розвиненою є статевая система, характерна велика плодючість (закон великої кількості яєць).

Багато паразитів має складні життєві цикли, які супроводжуються зміною поколінь, хазяїв та середовищ існування. Хазяї, у яких паразити розмножуються статевим шляхом, називаються остаточними. Хазяї, в яких паразити розвиваються, розмножуються нестатевим шляхом, називаються проміжними (комар у малярійного плазмодія). У природі паразити регулюють надмірне зростання чисельності популяції хазяїв.

У природі існує міжвидова взаємодопомога. Вона відіграє велику роль у боротьбі за існування. Прикладом можуть бути птахи, які попереджають (сороки) про небезпеку великих копитних, знищують личинок-паразитів під шкірою буйволів, очищують пащу крокодилів від п'явок. У рослинному світі це взаємозв'язки ентомофільних рослин і комах-запилювачів.

*Коменсалізм* – симбіотичні позитивні взаємовідносини між організмами різних видів. Один вид (коменсал) використовує житло або їжу іншого (хазяїна). Коменсалізм проявляється у формі квартиранства або нахлібництва.

*Квартиранство* – це використання коменсалом для оселення в організмі хазяїна. Приклади квартиранства – рослини епіфіти (орхідеї, водорості, лишайники). Коменсали живуть у нірках великих морських червів, мурашниках, термітниках, норах гризунів, гніздах птахів, використовуючи їх як місце проживання з більш стабільним і сприятливим мікрокліматом.

*Нахлібництво* – використання залишків їжі, здобичі хазяїна. Приклади – середземноморський краб і актинії (краби живляться залишками їжі актиній). Коменсали є в багатьох морських тварин: дрібні рибки в порожнині голотурій, мальки ставриди під колоколом медуз і в мантийній порожнині каракатиць. Іноді коменсали – і квартиранти, і нахлібники одночасно. В гніздах птахів, норах гризунів живуть постійні співмешканці, які використовують мікроклімат

сховища та їжу, що там знаходиться.

*Мутуалізм* – це позитивний симбіоз, співіснування різних видів, від якого вони отримують користь. Мутуалізм розрізняють за ступенем сполучення партнерів і за їх харчовою залежністю одного від іншого. Прикладами харчозумовлених симбіонтів є симбіоз бульбочкових бактерій із бобовими, мікориза деяких грибів із коренями дерев. Близькі до мутуалізму взаємовідносини грибів із водоростями в лишайниках. Але, як виявили останнім часом, гриби пригнічують розвиток водоростей.

### 3. Екологічні чинники та їх класифікація

*Екологічні чинники* – це всі компоненти довкілля, що впливають на живі організми та їх угруповання. Екологічні чинники поділяються залежно від природи та особливостей дії на абіотичні, біотичні та антропогенні.

*Абіотичні чинники* є компонентами та властивостями неживої природи. Вони впливають на живі організми прямо чи опосередковано. Це такі чинники, як: температура, освітленість, газовий склад повітря, солоність, вологість тощо.

*Біотичні чинники* – це всі форми взаємодії між організмами в популяції. Організми взаємодіють між подібними собі – внутрішньовидові зв'язки та з особинами інших видів – міжвидові зв'язки.

*Антропогенні чинники* – це зміна людиною середовища існування під впливом інтенсивної господарської діяльності. Діяльність людини впливає або прямо, або опосередковано на живі організми.

Екологічні чинники (сила тяжіння, солоність морської води, склад газів атмосфери тощо) можуть залишатися незмінними упродовж тривалого часу (стала інтенсивність дії фактора) чи змінюватись (температура, вологість, освітленість) протягом доби, сезонів, року (мінлива інтенсивність дії фактора).

Зміни екологічних факторів бувають:

- періодичними (залежно від часу доби, пори року, положення Місяця відносно Землі);
- неперіодичними (землетруси, урагани),
- тривалими (зміни клімату, площ суходолу тощо).

Більшість видів у живій природі не досягає такої чисельності, яка загрожувала б їм повним знищенням власних ресурсів. Їхнє життя протікає під постійним впливом різних факторів, що змінюють силу впливу й що змушують пристосовуватися до них. Екологічні чинники по-різному впливають на організми. Однак у дії всіх факторів є щось спільне, що спричиняє цілком закономірні відповідні реакції, які можна передбачити і відобразити кількісно. Цим загальним законам підкоряється й людина, як біологічна істота.

Зміни екологічних факторів бувають: *періодичними* (залежно від часу доби, пори року, положення Місяця відносно Землі), *неперіодичними* (землетруси, урагани), *тривалими* (зміни клімату, площ суходолу тощо).

Більшість видів у живій природі не досягає такої чисельності, яка загрожувала б їм повним знищенням власних ресурсів. Їхнє життя протікає під постійним впливом різних факторів, що змінюють силу впливу і що змушують

приспосовуватися до них. Екологічні фактори (температура, світло, тиск, концентрація солей, вміст кисню тощо) по-різному впливають на організми. Однак в дії всіх факторів існує щось спільне, що викликає цілком закономірні відповідні реакції, які можна передбачити і відобразити кількісно. Цим загальним законам підкоряється і людина як істота біологічна.

Живі організми пристосовуються до умов середовища. На них діє не окремий фактор, а цілий комплекс. Тому організми пристосовуються до всього комплексу екологічних факторів. Сукупність умов, у яких мешкають певні особини, популяції, угруповання організмів називається *середовищем існування*.

Приспосовування організмів до умов середовища існування називаються *адаптаціями*. Адаптації виробляють усі організми, які існують на планеті. Вони існують доти, доки не змінюються умови довкілля. Тому адаптації непостійні.

Основні закономірності впливу факторів на організми:

1) правило екологічної індивідуальності – не існує двох близьких видів, подібних за своїми адаптаціями. Наприклад, кріт – риє ґрунт кінцівками, а сліпак – різцями;

2) правило відносної незалежності адаптації – добра пристосованість організмів до певного чинника не означає такої самої пристосованості до інших. Наприклад, річкові раки живуть на дні та живляться живими організмами та рештками, але дуже чутливі до забруднення води;

3) закон оптимуму – кожен фактор позитивно впливає на організм лише в певних межах.

#### **4. Основні екологічні закони**

Вперше питання мінімальної кількості необхідної речовини досліджував Ю. Лібіх, який в 1840 р., ще задовго до появи самого терміну «екологія», на основі вивчення мінерального живлення рослин досліджував залежність їх росту від тих чи інших хімічних елементів або речовин. На основі своїх досліджень Ю. Лібіх вивів так званий *закон мінімуму*: ріст рослин залежить не стільки від наявності всіх речовин, скільки від мінімальної кількості певної речовини, відсутність якої, своєю чергою, призводить до затримки росту. Компенсація нестачі одного елемента іншим не проходить. Речовиною, яка знаходиться в мінімальних кількостях, регулюється урожай і визначаються величина і сталість його в часі.

З часом до цього закону вносили певні доповнення, але вони не змінювали суті самого закону (температура, час і т.д.), а значно ускладнювали застосування встановленої закономірності. Окрім того, з часу встановлення Ю. Лібіхом цієї закономірності вченими було відзначено, що вона при застосуванні на практиці потребує уточнення. Ю. Одум для застосування закону мінімуму пропонує користуватись допоміжними принципами, яких, на його думку, має бути два.

Перший допоміжний принцип – обмежувальний принцип: закон Лібіха можна застосовувати без уточнень тільки до умов стаціонарного стану, коли приплив енергії та речовин регулюється її витокком, тобто система перебуває у стані рівноваги. Ю. Одум звертає увагу на те, що система характеризується

динамікою, і тому введення обмежувального принципу обмежить похибки, які виникають при довготривалих дослідженнях екосистем.

Другий допоміжний принцип стосується взаємодії факторів. Було відзначено, що в певних умовах висока концентрація або достатність певної речовини, або дія другого, не лімітуючого, фактора може змінювати потребу у мінімальній кількості речовини. Прикладом може бути заміна використання моллюсками кальцію стронцієм, або така закономірність: рослинам, які ростуть на сонці, потреба у цинку є меншою, отож цинк перестає бути лімітуючим елементом. Другий допоміжний принцип, введений Ю. Одумом, вказує на недоцільність аналізу стану системи на основі невеликої кількості елементів. Він наполягає на необхідності комплексного аналізу при будь-якому екологічному дослідженні.

Як показали дослідження Лібіха, розвиток живого організму зумовлений не тільки недостатністю того чи іншого фактора, але також і їх надлишком. Отже, кожен організм має свої межі, які коливаються між мінімумом та максимумом, тобто оптимум, котрий забезпечує існування організму. У кожного виду – свої межі. Поняття про лімітуючу роль максимуму і мінімуму та необхідність оптимальних умов для існування виду ввів В. Шелфорд (1913). Його принцип більш відомий як *закон толерантності*: природним обмежувальним чинником існування організму може бути як мінімальний, так і максимальний екологічний вплив, діапазон між якими визначає ступінь витривалості (толерантності) організму до цього чинника.

Ю. Одум (1975) вводить ряд доповнень до закону Шелфорда, які стосуються неоднорідності впливу екологічних факторів та реакції на них живих організмів:

- організмам властивий як широкий діапазон толерантності до одного фактора, так і вузький до іншого;
- організми із більшим діапазоном толерантності, як правило, широко розповсюджені;
- якщо умови існування, визначені одним екологічним фактором, змінюються за межі оптимуму, то змінюється і діапазон толерантності до інших екологічних факторів;
- у природі організми часто потрапляють в умови, далекі від оптимально встановлених у лабораторних експериментах;
- період розмноження, росту, як правило, є критичним, межі толерантності організму в цей час набагато вужчі, ніж у дорослої особини.

Для характеристики амплітуди толерантності видів в екології використовують ряд термінів. До назви екофактора, який характеризує вплив на живий організм, додаються два слова: стено- (гр. стенос) – вузький та еври- (гр. еурос – широкий).

Взаємодія основних екологічних факторів може залежати від змін, які відбуваються у системі, тобто від взаємодії абіотичних і біотичних факторів. Зміна сонячного випромінювання (світло, як відомо, належить до головних кліматичних факторів) призводить до зміни освітленості земної поверхні, що може призвести до зміни фотоперіодизму в житті тварин і рослин. Зміна

освітленості також може призвести до зміни температурного режиму і вологості даної системи. Підвищення вологості разом із сонячним випромінюванням може змінювати температурний режим.

Яскравим прикладом взаємодії факторів може бути ліс, де ярусність і зміна певних біотичних та абіотичних факторів добре виражені. Для Закарпаття, зокрема для гірської частини області, характерним є перевипас скота, і, як наслідок, наявне швидке порушення функціонування лісових ділянок, де гілки і листя обгризені до певної висоти, а доростання відсутнє.

В основу екологічної характеристики організмів покладено їх реакцію на вплив факторів середовища. Організм здатний вижити лише в діапазоні мінливості даного фактора, який ще називають амплітудою. Як дуже високі (максимальні), так і дуже низькі (мінімальні) значення факторів середовища можуть бути згубними для організму. Критичне значення даного фактора, вираженого в цифрах, вище або нижче якого організм не може існувати, називають критичною точкою. Між цими критичними значеннями і розташована зона екологічної толерантності.

У межах зони екологічної толерантності напруженість факторів середовища є різною. Поряд з критичними точками розташовані песимальні зони, в яких активність організму значно обмежена дією зовнішніх умов. Далі розташовані зони комфорту, в яких спостерігається чітке зростання екологічних реакцій організму. В центрі знаходиться зона оптимуму, яка є найсприятливішою для функціонування організму.

Крім закону мінімуму та закону толерантності до основних екологічних законів належать наведені далі.

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

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

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

*Закон константності* (сформульований В.І. Вернадським): кількість живої речовини біосфери, утвореної за певний геологічний час, є величиною постійною.

*Закон максимізації енергії* (сформульований Г. і Ю. Одумами та доповнений М. Реймерсом): у конкуренції з іншими системами зберігається та з них, яка



найбільше сприяє надходженню енергії та інформації і використовує максимальну їх кількість найефективніше.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### ? Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення екології, її мети, основних завдань, об'єкта та предмета.
2. Розкрийте методи екології, їх переваги та недоліки.
3. Схарактеризуйте сучасну структуру екології. Дайте визначення сучасним екологічним наукам.
4. Дайте визначення середовища існування.
5. Схарактеризуйте наземно-повітряне середовище існування, його основні абіотичні та біотичні чинники.
6. Сформулюйте правила Бергмана та Аллена.
7. Схарактеризуйте водне середовище існування, його основні абіотичні та біотичні фактори.
8. Визначте особливості ґрунту, як середовища існування.
9. Дайте визначення формам антагоністичних взаємовідносин між організмами.
10. Як Ви розумієте термін «міжвидова допомога»? Що таке позитивні взаємовідносини між організмами різних видів?
11. Що таке екологічні чинники? Які екологічні чинники Вам відомі?
12. Сформулюйте основні екологічні закони.

### ✍ Практичні завдання

1. Визначення оптимального та песимального значення екологічного чинника, зони толерантності та проведення порівнянні екологічної валентності модельних видів.

1.1. Розгляньте графік залежності чисельності сонечка (*Coccinellidae*) від температури навколишнього середовища:

Визначте такі параметри:

- оптимальніша температура;
- діапазон температур зони оптимуму;
- діапазон температур зони песимуму;
- дві критичні точки;
- межі витривалості виду.



1.2. У кожному із запропонованих прикладів виберіть чинник, який буде лімітуючим:

- а) для рослин в океані на глибині 6000 метрів: вода; температура; солоність; світло;
- б) для кабана взимку в лісі: висота снігового покриву, світло, температура;
- в) для рослин у пустелі влітку: вода, температура, світло;
- г) для шпака взимку в лісі: світло, температура, їжа, кисень, вологість.

2. Особливості пристосування організмів до різних умов існування.

2.1. Пристосування рослин до середовища існування. Заповніть таблицю:

Таблиця 1 – Особливості пристосування рослин до умов існування

Назва рослини	Назва органу	Особливості організації	Пристосувальне значення

2.2. Пристосування тварин до середовища існування. Заповніть таблицю:

Таблиця 2 – Особливості пристосування тварин до умов існування

Середовище	Представник тваринного світу	Органи чуття	Особливості пересування	Особливості живлення
Водне				
Наземно-повітряне				
Підземне				
Організм				

Зробіть висновки щодо пристосувань живих організмів до умов існування.

## ТЕМА 2. АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

**Мета:** схарактеризувати особливості антропогенного впливу на навколишнє середовище. Визначити основні напрямки та наслідки основних екологічних проблем.

### План

1. Основні форми, обсяги й наслідки антропогенного впливу на навколишнє середовище.
2. Екологічні проблеми народонаселення. Урбоекологічні проблеми.
3. Проблеми утилізації відходів.
4. Екологічні особливості галузевого використання природних ресурсів та екотехнологій.

**Основні поняття:** урбоекологічні проблеми, утилізація відходів, радіоекологія, проблема перенаселення, проблема голоду, природокористування, охорона природи.

### 1. Основні форми, обсяги й наслідки антропогенного впливу на навколишнє середовище

Негативний вплив суспільства на природне навколишнє середовище внаслідок господарської діяльності називають антропогенним. З грецької його дослівно можна перекласти як вплив, породжений людиною. Антропогенні впливи відрізняються обсягами, характером, інтенсивністю, величиною, рівнем шкоди навколишньому середовищу та здоров'ю людей. При цьому всі їх прояви зводяться до чотирьох форм негативної дії.

1. Зміна компонентного складу біосфери, колообігу речовин у природі (видобуток мінеральної сировини, нагромадження відходів, викиди та скиди забруднювальних речовин у повітряне та водне середовища).

Основним тут є викиди забруднювальних речовин у природне середовище. Під забрудненням навколишнього середовища розуміють надходження у біосферу твердих, рідких і газоподібних речовин або енергії (тепла, шуму, радіоактивних речовин) у кількостях, що безпосередньо чи опосередковано шкідливо впливають на людину, тварин і рослини. Прямими об'єктами забруднення (акцепторами) є основні компоненти природного середовища – атмосфера, вода, ґрунти, надра, тваринний і рослинний світ.

Розрізняють такі види забруднень:

- інгредієнтне забруднення – пов'язане з надходженням у природне середовище речовин, ворожих природним біогеоценозам;
- параметричне забруднення – пов'язане зі зміною якісних параметрів навколишнього середовища (підвищення рівнів шуму, радіації тощо);
- біоценотичне забруднення – пов'язане із зміною структурних параметрів популяцій;

– стаційно-деструкційне забруднення – полягає у деструктивному впливові на ареали існування популяцій у результаті використання природних ресурсів.

У територіальному аспекті забруднення поділяють на локальні, регіональні, глобальні. За силою та характером дії на навколишнє середовище забруднення бувають фонові, залпові, постійні, катастрофічні. За джерелами виникнення забруднення поділяють на промислові, транспортні, сільськогосподарські, побутові.

За походженням забруднення поділяють на:

- фізичне – це зміни теплових, електричних, радіаційних, світлових полів у природному середовищі, шуми, вібрації, спричинені людиною;
- механічне – забруднення твердими частками та предметами;
- хімічне – пов'язане з надходженням твердих, газоподібних чи рідких речовин штучного походження, що порушують процеси колообігу речовин та енергії;
- біологічне – забруднення біологічними істотами (збудниками СНІДу, атипової пневмонії, хвороби легіонерів) або катастрофічне розмноження рослин чи тварин, переселених з одного середовища в інше людиною або випадково;
- термічне – при скиданні у водойми нагрітої води;
- радіоактивне – пов'язане з надходженням у навколишнє середовище штучних ізотопів.

Джерелами забруднювальних речовин є промислові підприємства, об'єкти паливно-енергетичного комплексу, а також викиди комунально-побутового господарства, транспорту. Значної шкоди природі завдають викиди в атмосферу і скиди стічних вод металургійних, металообробних і машинобудівних заводів. Дуже небезпечні стічні води хімічної, целюлозно-паперової, харчової, деревообробної, нафтохімічної промисловостей, викиди теплових електростанцій, хімічні речовини, що використовуються у сільському господарстві. Автомобільний транспорт є основним джерелом забруднення важкими металами й токсичними вуглеводнями. Зростання обсягів морських перевезень, насамперед збільшення потоків нафтоперевезень, нарощування видобутку корисних копалин у шельфі Світового океану призвело до забруднення морів і океанів.

У країнах Європейського Союзу всі відходи поділяють на три категорії:

- «зелені» – безпечні;
- «жовті» – шкідливі, на скидання котрих потрібно отримати спеціальний дозвіл;
- «червоні» – дуже небезпечні, які знаходять під суворим контролем.

2. Зміна структури земної поверхні (розорювання земель, вирубування лісів, виконання меліоративних заходів, створення штучних водойм, зміни режиму стоку поверхневих вод, урбанізація, видобуток корисних копалин тощо). Епоха бурхливого промислового розвитку ознаменувалася виникненням досі не відомого антропогенного феномена – кислотних дощів, тобто опадів з великим вмістом сірчаної кислоти з домішками кислоти азотної. Кислотними називають

опади, рН яких нижче від 5,6. Їх джерело в атмосфері – гази з вмістом сполук сірки й азоту. Вони потрапляють до атмосфери як природним шляхом, так і в результаті господарської діяльності людини.

Кислотні дощі породжуються потраплянням в атмосферу оксидів сірки й азоту в результаті спалювання високосірчаного вугілля на теплових електростанціях і промислових об'єктах. Вони випадають на значній відстані (до 1000 км) від джерела первинного викиду. Світові викиди сірки й азоту становлять майже 300 млн т, зокрема у Європі – 65-70 млн т.

Складною проблемою, особливо у засушливих районах планети, стали аридизація і опустелювання. Аридизація – це процеси зменшення зволоженості значних територій і, як наслідок, зниження біологічної продуктивності ґрунтово-рослинних екологічних систем. Опустелювання – втрата місцевістю рослинності як природної, так і штучної, що може виявлятися також у формі погіршення якості ґрунтів з неможливістю їх відновлення без участі людини. Це відбувається у результаті природних змін і антропогенних чинників. Щороку площі пустель зростають на 60 тис. км<sup>2</sup>, що дорівнює площі двох Бельгій. Нині площі антропогенних пустель становлять 9115 тис. км<sup>2</sup>. Це майже 7 % суші, а під загрозою опустелювання ще 30 млн км<sup>2</sup>.

Загострюються проблеми, пов'язані з використанням ресурсів Світового океану. В морях і океанах масштабними стали видобуток нафти (600 тис. т її потрапляє в океани) і газу, кольорових металів, будівельної й хімічної сировини. Морське рибальство нині дає до 90 млн т риби щороку, а її неконтрольований вилов у деяких регіонах призвів до виснаження цих морересурсів. Дуже небезпечні аварії нафтоналивних танкерів, а також практика поховання токсичних і радіоактивних відходів на морському дні.

Погіршення екологічної ситуації у ряді регіонів світу, деградація умов існування та розмноження призвели до знищення рослинного і тваринного світу. За історичний період на Землі зникло 94 види птахів, 63 види ссавців, причому, зникнення 86 % перших і 75 % других безпосередньо пов'язане з господарською діяльністю людини.

3. Зміна енергетичного балансу планети і буферних властивостей Землі. За останні 100 років людство збільшило у понад тисячу разів обсяги використання енергії. Внаслідок спалювання палива частка вуглекислого газу в атмосфері зросла на 25-30 %, що може у майбутньому призвести до підвищення середньої температури на 1,5-2 °С. Це спричинить так зване явище парникового ефекту, коли ефективне випромінювання Землі буде меншим, ніж отримання планетою сонячної радіації. Збільшення в атмосфері вуглекислого газу та парів води порушує тепловий баланс Землі. Нагрівання атмосфери у глобальному масштабі на 2-4 °С призведе до танення полярних льодовиків, внаслідок чого підвищиться рівень океану приблизно на 20 м і затопиться значна частина суші.

4. Знищення рослинного і тваринного розмаїття, природних місць існування і розмноження тварин і рослин, штучна акліматизація і адаптація тварин та рослин на нових місцях існування, виведення нових сортів рослин і порід тварин тощо.

Щороку в світі вирубується 150 тис. км<sup>2</sup> лісів, за останні 60 років понад 1 млрд га лісів перетворено на сільськогосподарські угіддя. За 20 останніх років лісистість планети зменшилася на 2%. Щорічно вирубується 11,3 млн га тропічних лісів. Людство, за свою недовгу історію, знищило до 10% видів живих організмів. Темпи їх знищення становлять нині 150 видів на рік. На сьогодні зникло 120 видів ссавців та 150 видів птахів. Під загрозою знищення зараз перебуває до 2 млн живих організмів, що становить від 15 до 20% від загальної кількості рослин і тварин.

## **2. Екологічні проблеми народонаселення. Урбоекологічні проблеми**

Протягом більшої частини людської історії зростання чисельності народонаселення було майже непомітним. Повільно воно набирало сили протягом ХІХ ст. і надзвичайно різко зросло після другої світової війни. Це дало привід говорити про «демографічний вибух».

Головним фактором зростання чисельності населення у ХХ столітті стало покращення харчування та санітарно-гігієнічних умов, що запобігали виникненню багатьох епідемій, а також заходи щодо зниження дитячої смертності. Висока чисельність населення Земної Кулі виявилася новим явищем. Поряд з науково-технічною революцією вона стала головною причиною антропогенної зміни біосфери.

Згідно з даними ООН, основний приріст населення припадає на країни, які розвиваються. Швидке зростання населення у цих країнах різко загострило екологічні та соціальні проблеми.

Чисельність населення слаборозвинених країн становить 3/4 від населення планети, а споживають вони всього 1/3 загальносвітової продукції, до того ж розрив у споживанні на душу населення продовжує зростати.

Якщо умовно населення Землі «стиснути» до розміру селища з населенням у 100 осіб, а всі наявні співвідношення сучасного людства залишилися би попередніми, то мали б таку картину: у селищі жило б 57 азіатів, 21 європеєць 14 представників Північної, Центральної, Південної Америки, 8 африканців;

- 70 із 100 були б «кольоровими» (не білими);
- 50% усіх багатств були б у руках б осіб, і всі вони були б громадянами США;
- 70 осіб не вміли б читати;
- 50 страждали б від недоїдання;
- 80 осіб жили б у оселях, непридатних для життя;
- тільки один чоловік мав би університетську освіту.

Низька народжуваність в економічно розвинутих країнах – фактор у глобальному масштабі позитивний. Однак, і він може привести до несприятливих соціально-політичних наслідків.

Відбувається «старіння» населення. Менший динамізм старіших вікових груп може викликати істотні розходження між поколіннями у питаннях суспільних і культурних нововведень. Внаслідок цього суспільство стане більш консервативним.

Для вирішення суперечності в системі «людина – біосфера» потрібна нова ноосферна ідеологія, навіть «ноосферна революція». В основу взаємовідносин людини з природним середовищем повинні бути покладені нові принципи гуманізму, перехід до ноосферної економіки, екологізація виробничої діяльності та людської свідомості.

### **3. Проблеми утилізації відходів**

Проблема відходів проявляється у тому, що їх утворюється надзвичайно велика кількість, при чому вони характерні низькою швидкістю розкладання, а окремі з них руйнуються тисячами років, а також втратами значної кількості промислово цінних компонентів, які містять ці відходи.

Папір, за даними Ю.А. Злобіна (1998), руйнується через 2-10 років, консервні банки за 100 років, поліетиленові матеріали за 200, пластмаси – 500, а скло потребує 1000 років.

При теперішніх темпах споживання природних ресурсів на кожного жителя планети в рік видобувається приблизно 20 т. сировини, з яких 90-98% йде у відходи. Якщо в розвинутих країнах сільськогосподарські відходи утилізували на 90%, корпуси автомашин на 98%, відпрацьовані масла на 90%, то значна частина промислових і будівельних відходів, відходів гірничодобувних і металургійних виробництв практично повністю не утилізували. Результатами цього стало нагромадження великої кількості відходів, в першу чергу токсичних, радіоактивних. Перед людством вже давно постало питання можливості переробки відходів різноманітних галузей. Дещо в цьому напрямку робиться, але на жаль не багато. Так, наприклад, багато золотодобувних підприємств використовують як руду відвали, які накопичувалися не одну сотню років – розвиток технології добування дозволяє експлуатувати значно бідніші руди. Проте, вилучається лише мала частина цінної речовини, що не може розв'язати саму проблему накопичення відходів. Сьогодні власне переробці промислових відходів піддається не більше 20 % від їх загального об'єму.

У Великобританії повторне використання цинку становить 22% від загального обсягу використання, олова – 24%, алюмінію – 29%, міді – 32%, свинцю – 60%, заліза та сталі – 67%. У США вторинними ресурсами забезпечується 50% споживання чорних металів та свинцю, понад 40% міді та нікелю, 30% олова та титану, 24-28% алюмінію, цинку і паперу, близько 15% магнію. В Японії вторинне використовується до 60% нафтопродуктів, 40% автопокришок, 35-44% чорних металів, свинцю, гуми та паперу, 21-32% міді, цинку і алюмінію, 15% пластичних мас.

Утилізацію промислових і побутових відходів проводять у таких головних напрямках:

– складування чи захоронення. Основною вимогою до цього є досягнення безпечних умов проживання населення і недопущення їх негативного впливу. Вивіз відходів на звалища є основним методом звільнення від міських відходів, хоча від і найменш досконалий. Найбільшу небезпеку становлять звалищні стічні води, які формуються в результаті випадання опадів. Вони потрапляють у



глибинні горизонти і забруднюють ґрунтові води і відповідно ріки. Крім того, в наслідок гниття речовин на звалищах утворюється велика кількість летких речовин, які забруднюють повітряний простір. Особливо від цього потерпають жителі населених пунктів, які знаходяться неподалік від звалищ.

– знищення відходів шляхом їх спалення. Цей метод дозволяє позбутися значної кількості відходів. Проте, недоліком його є те, що більша кількість сміття спалюється на тих же звалищах відкритим способом. Утворюється велика кількість диму і золи, які містять шкідливі речовини. Тому тверді відходи необхідно спалювати у спеціальних печах. Але використання цього методу не набуло ще широкого запровадження – у Європі працює не більше 600 таких установок, США – 200, Японії – 2000. На даному етапі розвитку найреальніше перейти до повсюдного сортування відходів, оптимізації структури харчування і використання сучасних видів упаковки.

– очищення забруднених викидів та скидів від шкідливих речовин.

Існують різні методи очищення, але всі вони об'єднуються у кілька груп.

1. Механічне очищення здійснюється шляхом:

– подрібнення великих за розмірами часток шляхом механічного впливу;  
– відстоювання забруднень за допомогою нафто- і пісковловлювачів та інших відстійників;

– вилучення механічних часток за допомогою спеціальних решіток та інших пристроїв;

– фільтрування стоків через спеціальні пристрої або пісок;

– вилучення механічних домішок шляхом застосування центрифуг;

– розбавлення стоків чистою водою для зменшення рівня концентрації механічних речовин до екологічно безпечних для скидання у середовище.

2. Хімічне очищення – шляхом дії хімічних реагентів шкідливі речовини перетворюються в осад і таким чином вилучаються або розкладаються. Головними з них є нейтралізація, яка здійснюється шляхом змішування кислих стічних вод з лугами або додаванням до них реагентів та окислення – метод знешкодження органічних і неорганічних шкідливих чи токсичних речовин, шляхом хлорування, озонування, додавання кисню, хлорного вапна, хлоридів кальцію та інших активних речовин.

3. Фізико-хімічне очищення – очищення методом електролізу або методом іонообмінних смол. Найчастіше застосовуються мембранні методи очищення, флотація. При ній забруднюючі речовини (СПАВ, нафтопродукти, волокнисті матеріали) разом з бульбашками повітря спливають на поверхню, а потім їх утилізують. Іншими методами є коагуляція – процес з'єднання дрібних частинок у більші, сорбція – поглинання забруднень твердими й рідкими сорбентами та інші.

4. Біологічне очищення – окремі види бактерій здатні розкладати шкідливі речовини у процесі своєї життєдіяльності. Воно здійснюється в біофільтрах, аеротенках, а також і в природних умовах – на полях фільтрації, біологічних водоймах. Залежно від того, які мікроорганізми використовуються розрізняють аеробне (окислювальне) та анаеробне (відновлювальне) біологічне очищення.

#### **4. Екологічні особливості галузевого використання природних ресурсів та екотехнологій.**

Будь-яке промислове виробництво у своїй структурі включає три послідовні стадії:

- виявлення та освоєння природних ресурсів;
- розгортання виробництва з переробки цих ресурсів та отримання корисної продукції;
- накопичення відходів та їх утилізація.

Промислове виробництво характерне тенденціями до концентрації потужностей. З одного боку це визначається отриманням економічного ефекту від такого типу розміщення, а з іншого – самою нерівномірністю розміщення природних ресурсів як сировини для розвитку промисловості. Формування територіально-виробничих комплексів – груп технологічно об'єднаних промислових підприємств на невеликій території – загострюють суперечності між природним середовищем і розвитком економіки. Промисловий розвиток характерний відчутними масштабами на навколишнє середовище. Це і вилучення значних обсягів нафти, вугілля, газу, руд кольорових і чорних металів, хімічної і будівельної сировини, це і викиди забруднюючих речовин в атмосферу, водне середовище, створення відвалів. Особливо велика кількість забруднень формується на технологічних стиках виробництв або при виготовленні проміжної продукції.

Прискорений розвиток промисловості, сільського господарства, транспорту, житлово-комунального господарства став причиною погіршення стану навколишнього природного середовища. Постійно зростають обсяги промислових і побутових відходів, знищується рослинний і тваринний світ, виснажуються природні ресурси. Нині вже не стільки відчувається кількісний дефіцит природних ресурсів, а набуває дедалі більшого прояву якісне виснаження ресурсів і погіршення стану природного середовища. Проте слід враховувати, що кожна з галузей промисловості чи сільського господарства мають власні особливості впливу на природні комплекси.

Тому варто детальніше зупинитися на екологічних аспектах розвитку окремих галузей промисловості.

*Гірничодобувна промисловість.* Характерна значними обсягами механічного руйнування рельєфу – як при поверхневих так і при підземних розробках. Останні викликають просідання земної поверхні, змінюють режим підземних вод тощо. Для гірничорудної промисловості притаманний специфічний тип впливу на навколишнє середовище – відвали гірських порід. Крім того, що вони займають великі території під складування порід, з ними пов'язані опосередковані наслідки – втрати від недобору сільськогосподарської продукції в результаті відведення площ під відвали, запилювання середовища, забруднення поверхневих і підземних вод, необхідність дорогої рекультивациі.

*Енергетика.* Енергозабезпечення є головною проблемою будь-якого промислового виробництва. Сучасна промисловість майже повністю залежить

від використання викопного палива і споживає близько 10 млрд т умовного палива на рік. У світовому енергетичному балансі переважають нафта і вугілля. Сучасна енергетика стикнулася останнім часом з рядом проблем. В першу чергу закінчується період використання дешевої енергії. При нинішніх темпах споживання енергії розвіданих запасів нафти залишилося не більше, ніж на 100 років, кам'яного і бурого вугілля – на 400. Разючою є нерівномірність споживання енергії у світі. П'ята частина населення планети споживає 2/3 усієї енергії. Близько 35% всього палива спрямовується на виробництво електроенергії.

Ефективність використання палива на ТЕС не перевищує 30-40%, а решта теплової енергії розсіюється в навколишньому середовищі з димовими газами, підігрітою водою. Тому зниження питомої витрати палива на виробництво електроенергії і одиниці продукції взагалі є в умовах дефіциту енергоносіїв завданням чи не найпершої ваги..

Серед промислових об'єктів найбільшої шкоди завдають підприємства теплоенергетики – близько 30% усіх шкідливих викидів в атмосферу від стаціонарних джерел. У галузі екології в тепловій енергетиці домінують дві найважливіші проблеми: забруднення атмосферного повітря і забруднення земель через утворення специфічних відходів – накопичення значної кількості відходів (золи, шлаків, пилу).

При спалюванні органічного палива виробляється велика кількість шкідливих відходів, особливо сірковмісних сполук. На ТЕС формується велика кількість твердих шлаків, золи, стічних вод, газоподібних викидів. При будівництві гідроелектростанцій великі площі родючих ґрунтів затоплюються водосховищами. Все це призвело до того, що багато країн пішли шляхом розвитку атомної енергетики, проте при їх будівництві та експлуатації слід дотримуватися жорстких екологічних вимог з метою запобігання виникнення екологічним катастрофам по типу Чорнобильської.

Головним напрямком розв'язання екологічних проблем енергетики є зміна самої технології спалювання палива, забезпечення глибшої переробки окремих видів палива і запровадження енергозберігаючих технологій. Так на Україні глибина переробки нафти становить 53%, тоді як у високо розвинутих країнах – більше 90%. Відповідно 47% всього обсягу переробленої нафти йде на спалювання у ТЕС. Значні також втрати енергії при транспортуванні – вони за оцінками спеціалістів перевищують 10% всього її обсягу.

*Металургія.* При виплавлянні 1 т. чавуну до атмосфери потрапляє 4,5 кг пилу, 2,7 кг сірки, до 0,6 кг мангану, а також сполуки фосфору, миш'яку, ртуті, свинцю. Розвиток металургійного комплексу пов'язаний з розробкою родовищ чорних і кольорових металів, видобутком коксівного вугілля, вогнетривів, флюсових вапняків тощо. Ця галузь потребує великої кількості води. Результатами металургійного виробництва стають велика кількість шлаків, золи, викидів у атмосферу. Щодо кольорової металургії часто не забезпечується комплексність використання сировини, а малий вміст металу у рудах призводить до необхідності великомасштабних гірничорудних розробок. Часто густо ця

галузь реагує на рівень ресурсозабезпеченості країн металургійними ресурсами. Тому при однаковому рівні економічного розвитку окремі країни досягають різних рівнів використання цих ресурсів. На прикладі кольорової металургії можна прослідкувати реальну реакцію економіки на ресурсозабезпеченість. У США зі 100 металів, які містяться у руді використовуються принаймні 6-7, тоді як у розвинутих країнах Європи 25 (Німеччина – 33), а в Японії 30-32. Ще більше це проявляється при використанні вторинної сировини – для США вони становлять 10-12%, а Західній Європі – до 35%.

*Хімічна промисловість.* Особливістю хімічної промисловості є дещо менші обсяги загальних викидів у навколишнє середовище, але велика їх кількісна диференціація. Це при тому, що в навколишнє середовище викидаються дуже небезпечні речовини, які не існують у природі і не залучаються в колообіг речовин. Для знешкодження їх виникає потреба в утилізації відходів, будівництві дорогих очисних споруд, удосконалення технології хімічного синтезу. Найбільше забруднень хімічного походження виникає при виробництві барвників, пластмас, гуми. Окремі виробництва є надзвичайно водомісткими – для виробництва 1 т синтетичних волокон необхідно використати 5000 м<sup>3</sup> води. Часто на хімічних підприємствах виникають аварійні ситуації, що призводить до аварійних скидів шкідливих речовин, результатом чого стає не лише забруднення навколишнього середовища і загибель рослин і тварин, а й загибель людей. Так аварія на хімічному комбінаті у м. Бхопалі в Індії у середині 80-х років минулого століття забрала життя більш як 5 тисяч осіб.

*Транспорт* – Землі транспорту займають близько 7% суходолу. Нині в світі нараховується понад 400 млн одиниць автомобілів, які стали основними забруднювачами атмосфери вуглекислим газом і свинцем. У їх двигунах щороку спалюється близько 2 млрд т нафтового палива, при чому коефіцієнт їх корисної дії не перевищує 23%. У містах з розвинутою промисловістю 80% всіх забруднень припадає якраз на автотранспорт. У двигунах внутрішнього згоряння на спалювання 1 т бензину витрачається 15 т повітря, в атмосферу викидається 200 кг оксиду вуглецю, 25 кг вуглеводнів, 20 кг оксиду азоту, по 1 кг оксиду сірки й сажі.

Світовою екологічною проблемою транспортного комплексу є стрімке нарощування потенціалу морського транспорту, особливо нафтоналивної танкерної його частини. Небезпеку приховує також використання транспортних засобів цивільного і військового призначення, які працюють на основі використання атомної енергії (підводні човни, криголами). Частими є аварії на нафто- і продуктопроводах, що призводить до виливу транспортованих продуктів і забруднення великих територій.

Дедалі екологічно небезпечнішою стає цивільна авіація, а кількість осіб, які користуються її послугами у світі невідомо зростає і на сьогодні становить 700 млн пасажирів. Повітряний транспорт споживає 14% світового виробництва палива. Лише літак «Боїнг» при зльоті спалює майже 8 т пального, а на 1 годину польоту йому потрібно його 16 т.

Значно загострюються екологічні проблеми у житлово-комунальному господарстві. Це зумовлено рядом причин. З одного боку висока концентрація і високе промислове навантаження на обмеженій території призвело до значного рівня забруднення, який перевищує усі екологічні норми. Проблемам містобудування завжди приділяли другорядну роль, порівняно з пріоритетами промислового розвитку, тому це стало причиною незадовільного стану усіх комунальних систем, які підтримують нормальний розвиток міст – каналізації, водопровідні та теплопровідні мережі. Суттєве скорочення інвестицій за останні десять років спонукали до зростання аварійності у їх системах і нераціональному використанні ресурсів. Лише через аварійні стани втрачається 15% всієї води, яка йде на водопостачання міст. У містах практично усі зелені насадження штучного походження, постійно відбувається скорочення зелених зон. Крім побутових відходів і міських стічних вод комунальне господарство виконує дещо не притаманну для нього роль – промислові підприємства через нестачу ефективних технологій очищення виробничих стічних вод та їх утилізації скидають у водойми через систему централізованої каналізації висококонцентровані стічні води, шкідливі речовини яких руйнують каналізаційні мережі і порушують технологічні регламенти очищення міських стічних вод. Найпотужнішими джерелами антропогенного впливу на атмосферне повітря в житлово-комунальному господарстві України є котельні теплового господарства та автомобільний транспорт.

#### **?** *Питання для самоконтролю*

1. Схарактеризуйте основні форми обсяги та наслідки антропогенного впливу на навколишнє середовище.
2. Які види забруднень Вам відомі?
3. Дайте визначення екологічним проблемам народонаселення.
4. Які проблеми утилізації відходів Вам відомі?
5. Розкрийте внесок галузей економіки у забруднення довкілля.
6. Розкрийте взаємозв'язок природи та суспільства.

#### **✍** *Практичні завдання*

1. Місто потребує великої кількості продовольства. Добова потреба у їжі людини становить 1-2 кг. Це 2000 тонн продовольства (35 ж/д вагонів) на день для міста. У середньому, на 1 людину, необхідно 0,2 га сільськогосподарських земель. Розрахувати яка площа сільськогосподарських угідь необхідна, щоб прогодувати 500 тис. міських мешканців.

2. Людина має масу тіла 70 кг, з якої 60 % становить вода. Яка площа акваторії моря здатна її прогодувати, якщо в їжу споживається риба, що живиться водоростями (фітопланктоном). Продуктивність фітопланктону становить 600 г/м<sup>2</sup> сухої біомаси.

### ТЕМА 3. ШКІДЛИВІ ЧИННИКИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЛЮДИНУ

**Мета:** визначити шкідливі чинники навколишнього середовища та їх вплив на здоров'я людини. Розкрити вплив фізичних, хімічних та соціально-екологічних чинників на людину.

#### План

1. Фізичні фактори негативного впливу на людину: шум і вібрація, електромагнітне випромінювання, іонізуюче випромінювання.
2. Хімічні фактори забруднення довкілля. Вплив на організм людини солей важких металів. Дія пестицидних препаратів на організм людини. Токсичність хімічних речовин. Мутагенність токсикантів.
3. Соціально-екологічні фактори впливу на людський організм.

**Основні поняття:** фізичні чинники: шум, вібрація, іонізуюче випромінювання, електромагнітне випромінювання, електричний струм; хімічні чинники: солі важких металів, пестициди, мутагенність токсикантів; соціально-екологічні чинники, біологічні фактори, ксенобіотики, тератогенність, канцерогенність, алергенність, алкоголізм, наркоманія.

#### 1. Фізичні чинники негативного впливу на людину: шум і вібрація, електромагнітне випромінювання, іонізуюче випромінювання

На організм людини діють три групи екологічних чинників: біотичні, абіотичні та антропогенні. Останні, створені самою людиною, її виробничою діяльністю та є надзвичайно небезпечними для живих організмів. Їх умовно можна поділити на фізичні, хімічні, біологічні та соціоекологічні. До *фізичних чинників* негативного впливу на організм людини належать теплові впливи, шум, вібрація, електричні та магнітні поля і випромінювання, проникаюча радіація. *Хімічними чинниками* є пестициди, лікарські речовини і препарати, отруйні речовини, солі важких металів, мікротоксини. Групу *біологічних чинників* утворюють мікроорганізми, рослини і гриби, гельмінти (черви, які паразитують в організмі людини), комахи, гризуни. *Соціо-екологічні чинники* зумовлюються способом життя людей, споживанням алкоголю, тютюну, харчових добавок, лікарських засобів, наркотиків, психотропних препаратів тощо.

Шум, вібрація, різноманітні поля, електричний струм, іонізуюче випромінювання є факторами негативного впливу, які за сучасних умов постійно діють на людину. За перевищення цими подразниками певних порогових значень людський організм може зазнати дуже важких, а іноді необоротних наслідків. Ситуація ускладнюється тим, що до природних фізичних факторів впливу з розвитком науково-технічного прогресу додаються антропогенні чинники.

*Шум і вібрації.* Досить часто людина не замислюється над протиприродністю шуму. В будь-якому регіоні міста шумить автотранспорт, гуркоче трамвай, з певним шумом працює підприємство, поблизу злітають з

аеродрому літаки. В квартирах гудять холодильники і пральні машини, в під'їздах – ліфти. Цей перелік можна продовжити. Якщо шуму так багато в нашому житті, може здаватися, що він не шкідливий. Однак за своїм впливом на організм людини він більше шкідливий, ніж хімічне забруднення. За останні 30 років у великих містах шум збільшився на 12-15 дБ, а суб'єктивна гучність зросла в 3-4 рази. Шум знизив продуктивність праці на 15-20 %, суттєво підвищив ріст захворюваності.

Експерти вважають, що в великих містах шум скорочує життя людини на 8-12 років. Негативний вплив шуму на продуктивність праці та здоров'я людини загальновідомий. Під час роботи в шумних умовах продуктивність ручної праці може знизитись до 60%, а кількість помилок, що трапляються при розрахунках, зростає більше, ніж на 50 %. При тривалій роботі в шумних умовах перш за все уражаються нервова та серцево-судинна системи та органи травлення. Зменшується виділення шлункового соку та його кислотність, що сприяє захворюванню гастритом.

До акустичних коливань належать не тільки хвилі, що реєструються органами слуху, а й механічні коливання пружних середовищ. Акустичні коливання в діапазоні 16-20000 Гц (герц – одиниця частоти коливань) сприймаються вухом людини і тому називаються звуковими, із частотами менше як 16 Гц – інфразвуковими (лат. *infra* – нижче), вище 20 кГц – ультразвуковими (лат. *ultra* – понад). Поширюючись у просторі, звукові коливання утворюють акустичні поля.

Органи слуху людини можуть сприймати звуки в досить широкому діапазоні частот та інтенсивності. Область звуків, які чує людина, обмежується двома пороговими кривими: нижня – поріг сприйняття, верхня – поріг болювих відчуттів. Поріг слуху людини становить 0 дБ (децибел – одиниця вимірювання інтенсивності звуку) на частоті 1000 Гц, а болювий поріг виникає від звуку у 140 дБ.

Небажані або шкідливі для здоров'я звуки кваліфікують як шуми. У природі вони поширюються з різною інтенсивністю. Наприклад, розмова між людьми має інтенсивність 50-60 дБ, оркестрова музика – 70 дБ, автосирена – 100 дБ, політ літака – 120 дБ. Крім того, шуми розрізняють за спектральним складом (низько-, середньо- і високочастотні), за часовими характеристиками (постійні, періодичні), за тривалістю дії (тривалі, короткочасні).

Шум може негативно впливати на здоров'я людини, тваринний і рослинний світ. Шкідливість його залежить від інтенсивності, частоти, тривалості в часі. Особливо небезпечним є шум, що виникає як одиничний імпульс звуку (гук, сигнал) і постійно повторюється. У складі шуму, разом зі звичайними звуковими сигналами, можуть бути одночасно подані інфразвуки та ультразвуки, які здійснюють додатковий шкідливий вплив на організм людини.

У біологічному аспекті шум є сильним стресовим фактором і може спричинити не тільки порушення функціонування центральної нервової системи, а й деструктивні процеси в органах і тканинах людини. Він впливає на весь організм людини: пригнічує центральну нервову систему, викликає зміни

пульсу, дихання, спричинює порушення обміну речовин, виникнення гіпертонії, серцево-судинних захворювань. Шум у 20-30 дБ не шкідливий; 35 дБ – не турбує людину; 40-70 дБ – викликає погіршення самопочуття; 75 дБ – може спричинити втрату слуху; 50-110 дБ, що виникає під час роботи відбійного молотка, двигуна вантажного автомобіля, звучання духового оркестру, є межею допустимого; вище 110 дБ, який створюється при грозових розрядах, гудінні двигуна реактивного літака, вибухах, може викликати порушення здоров'я людей. Сильніший 140 дБ шум може спричинити розриви барабанних перетинок, контузії, а при 160 дБ – смерть.

Частота захворювань серцево-судинної системи у людей, які живуть у зашумлених районах, у кілька разів вища, а ішемічна хвороба серця у них трапляється утричі частіше. Зростає також загальна захворюваність, особливо вражає вплив шуму на міських жителів. Якщо на 100 тисяч сільських мешканців припадає 20-30 тих, хто погано чує, то в містах ця цифра виростає в 8 разів. За даними статистики, жителі великих міст втрачають гостроту слуху із 30 років (в нормі – в 2 рази пізніше).

Адаптація до шуму неможлива. Нормативні рівні шуму для житлових приміщень становлять до 30 дБ, навчальних закладів – до 40 дБ, торговельних, пасажирських залів, підприємств побутового обслуговування – до 60 дБ, житлових районів – до 45 дБ.

Дослідженнями встановлено, що шум може бути фізичним наркотиком, оскільки ритмічні звуки викликають звукове сп'яніння. Цей ефект використовують у шоубізнесі (рівень шуму сучасної електромусики сягає до 130 дБ).

Негативний вплив на людину можуть спричинити ультра- й інфразвуки. За частотним спектром ультразвук класифікується на низькочастотний (до 100 кГц) і високочастотний (від 100 кГц і вище), за способом поширення – повітряний і контактний. Біологічний ефект впливу ультразвуку залежить від інтенсивності, тривалості дії, поверхні, що піддається його дії, способу поширення. Він може викликати порушення в роботі нервової, серцево-судинної і ендокринної систем, слухового і вестибулярного апаратів. У людей, які зазнали шкідливого впливу ультразвуку, спостерігається астения, порушення рефлекторних функцій мозку (почуття страху в темноті, замкнутому просторі, прискорення пульсу, підвищена пітливість, спазми у шлункові, кишківнику, жовчному міхурі). Контактна дія високочастотного ультразвуку на тіло людини супроводжується порушенням капілярного кровообігу, пониженням відчуття болю. Ультразвукові коливання можуть викликати зміну структури кісткової тканини. Однак у певних дозах вони мають терапевтичний ефект і використовуються в медицині.

Інфразвук із частотою 16-20 Гц і рівнем 110-150 дБ може викликати неприємні суб'єктивні відчуття, порушення роботи центральної нервової, серцево-судинної, дихальної систем, вестибулярного апарату. У людей, які зазнали дії інфразвуку із рівнем 105 дБ, проявляються підвищена тривожність, невпевненість, емоційна нестійкість.



Найчастіше шум супроводжується *вібрацією* – малими механічними коливаннями, які виникають у пружних тілах. Створюють її механізми, транспортні засоби, побутові прилади. Розрізняється вібрація за способом передавання (загальна, локальна), напрямом дії (вертикальна, горизонтальна), тривалістю (постійна, непостійна). Вібрація негативно впливає на біологічні об'єкти, насамперед на людину. Ступінь вібраційних патологій залежить від частоти й амплітуди коливань, тривалості дії, спрямування осі вібрації. Особливо небезпечними є резонансні вібрації – вібрації, за яких частота коливання внутрішніх органів збігається з частотою коливання зовнішнього чинника. Наприклад, область резонансу для голови в сидячому положенні за вертикальних коливань знаходиться в діапазоні 20-30 Гц, за горизонтальних – 1,5-2 Гц. Зорові сприйняття погіршуються при вібраціях в діапазоні 60-90 Гц. Для органів грудної клітки, живота резонансними є частоти від 3 до 3,5 Гц, а для тіла людини в сидячому положенні – 4-6 Гц. Вібрація заподіює шкоду передусім нервовій системі, зоровому і вестибулярному апаратам. Під дією тривалої вібрації в людей виникають запаморочення, симптоми морської хвороби, порушення координації рухів. В осіб, які систематично піддаються дії вібрації (трактористи, водії транспортних засобів), настають патологічні зміни в нижній частині хребта, попереку, кінцівках. Локальна вібрація може спричинити спазми судин рук, передпліччя, кінцівок, а також відкладання солей.

Фізичними джерелами шуму в довкіллі найчастіше є машини, механізми, обладнання, технологічні процеси з використанням пари, поїзди, літаки, транспортні засоби, будівельні машини і комунальне обладнання.

З погляду на джерело і місце виникнення розрізняють промисловий, комунікаційний (дорожній, залізничний, аварійний), комунальний (мікрорайони, помешкання) шум. Найпоширенішим і найзагрозливішим джерелом шуму і вібрації, особливо в урбанізованому середовищі, є дорожні засоби комунікації. Спричинено це тим, що автомобіль проникає навіть у місця, де обов'язковою є захист від шуму. Рівень звуку комунікаційних засобів становить 75-90 дБ.

Ділянками найвищого забруднення шумом, створюваним автомобільним транспортом, є:

- автостради й дороги швидкого руху, вузли багаторівневого руху. Тут існує суттєва небезпека для жителів збудованих вздовж трас будинків, а також погіршується акустичний фон на прилеглих територіях і ландшафтах, навіть тих, що перебувають під охороною і використовуються для відпочинку людей;
- головні вулиці міст, коридори прольоту літаків, перехрестя доріг, аеродроми та ін. Створювані там шуми і вібрації загрожують здоров'ю жителів міст;
- вулиці, місця стоянок і паркування автотранспорту.

Сила звуку біля доріг коливається в межах 65-80 дБ, а біля будинків, розташованих на відстані 100 м, шум від транспорту досягає 57-65 дБ. Рівні шуму залежать і від покриття дороги (асфальт, бетон, бруківка), виду транспортного засобу (легковий автомобіль, вантажівка, трейлер). Автобуси і трамваї

створюють у міському середовищі шум на рівні 80-88 дБ, до цього долучаються машини і обладнання на будівництві, в комунальному господарстві тощо.

Траси літаків у польоті, залізничні дороги, хоча там зафіксовано вищий рівень шуму, медики вважають менш небезпечними, ніж автостради. Літаки належать до джерел шуму з найвищим рівнем. У місцях зльоту, посадки, в аеропортах вони створюють шум на рівні 80-110 дБ. Загальна площа шумового забруднення біля аеропорту з шумом 80 дБ досягає 45 км<sup>2</sup>.

Шум залізниць, з огляду на його циклічність, а також високий рівень звуку може спричинити проблеми на смугах уздовж ліній руху поїздів. Вважається, що шум вище 60 дБ за невеликої швидкості поїздів поширюється на десятки метрів від носія, за інтенсивного руху – на 1 км.

У міському середовищі, крім комунікаційного шуму, небезпечним є і шум побутовий. Понад 25 % жителів міст підпадають під дію наднормативного шуму в приміщеннях внаслідок використання в будівництві недосконалих матеріалів і конструкцій (панелі). Шум у квартирах створюють автомашини, що вивозять сміття, доставляють до магазинів товари, обслуговують офіси, а також голосна музика, недосконала робота водоканалізаційних систем. Згідно із санітарними нормами рівень шуму в будинках може становити протягом дня 30-40 дБ, вночі – 2,5-3 дБ. Дошкульним у сучасних містах є шум від петард, феєрверків.

Значного ефекту боротьби з комунікаційними шумом і вібрацією можна досягти завдяки обмеженню руху транспорту, своєчасному ремонту поверхні доріг і залізничної колії, модернізації конструкцій поїздів, легкових, вантажних автомобілів, автобусів і трамваїв, впровадженню в експлуатацію малошумового обладнання, комунікаційних ліній, створенню захисних бар'єрів, екранів (лісосмуг), використанню природних акустичних бар'єрів, протишумових конструкцій і матеріалів, поліпшенню акустичного фону міст шляхом створення об'їзних доріг, своєчасного ремонту і реконструкції автострад, автодоріг.

Для захисту людей від шумів і вібрацій у промисловості використовують спеціальні засоби (наушники, шоломи), впроваджують малошумові технології, машини, верстати, механізми, використовують у будівництві і реконструкції антивібраційні і протишумові фундаменти, поліпшують умови праці (скорочення робочого часу, нормування шуму і вібрації на робочих місцях, в місцях проживання і відпочинку, впровадження системи атестації на шум і вібрацію технологій, обладнання та машин).

*Електромагнітне випромінювання.* З того часу, коли почалося практичне використання радіо, люди почали спостерігати шкідливий вплив радіохвиль на організми живих істот, у тому числі й людей. Наприклад, у моряків, що несуть службу на кораблях, досить часто спостерігається пригнічений настрій та головні болі. Першим дослідником цього явища був лікар Павло Іванович Іжевський, який, до речі, був досить близьким знайомим винахідника радіо Олександра Степановича Попова.

Усі електромагнітні поля (ЕМП) і випромінювання поділяють на природні й антропогенні.

Середовище навколо нас завжди перебувало під впливом електромагнітних полів. Ці поля називаються фоновим випромінюванням що спричинено природою. З розвитком науки й техніки фонове випромінювання значно підсилилося. Тому електромагнітні поля, які можна віднести до антропогенних, значно перевищують природний фон і останнім часом перетворилися на небезпечний екологічний чинник.

При проходженні через організм людини електричний струм викликає термічну, електролітичну, механічну та біологічну дію. Термічна дія струму спричинює опіки окремих ділянок тіла, нагрівання до високих температур органів на шляху руху струму, внаслідок чого виникають функціональні розлади. Електролітична дія супроводжується розкладом розчинів, насамперед крові, що зумовлює зміну її фізико-хімічного складу. Механічна дія струму призводить до розривів тканин організму парою, що утворюються із тканинної рідини. Біологічна дія його спричиняє параліч, загибель живих організмів.

Результат ураження людини електричним струмом залежить від його характеристики, часу, шляху проходження тілом людини (табл. 3).

Таблиця 3 – Вплив електричного струму на людину (шлях струму – рука – нога, напруга 220 В)

Струм, мА	Змінний струм	Постійний струм
0,6-1,5	Початок відчуття, легке тремтіння пальців	Відсутність відчуттів
2,0-2,5	Початок больових відчуттів	Те саме
5,0-7,0	Початок судом у руках	Свербіння, відчуття нагрівання
8,0-10,0	Судоми в руках, ще є змога відірватися від провідників	Посилене відчуття нагрівання
20,0-25,0	Сильні судоми і біль. Неможливо відірватися від провідників, дихання важке, сповільнене	Судоми рук, важке дихання
50,0-80,0	Параліч дихання	Те саме
90,0-100,0	Фібриляція серця	Параліч дихання

Змінний струм небезпечніший за постійний. Із можливих шляхів руху струму через тіло людини найпотужнішим є рух через головний мозок, серце, легені. Захищають від ураження електричним струмом деякі матеріали (гума), з яких роблять одяг, захисні екрани.

*Вплив електромагнітного випромінювання на людський організм.* У процесі використання побутових приладів, товарів народного споживання, що використовують електричний струм з частотою 50 Гц і напругою 220 Вт,

проявляється електромагнітне випромінювання – періодично змінюване в просторі електромагнітне поле, в якому електричне і магнітне поля тісно взаємопов'язані і будь-яка зміна електричного поля викликає зміну магнітного.

Усі електромагнітні хвилі поділяють на природні і штучні. Електромагнітні поля, які несуть інформацію про функціональний стан окремих органів, створюють усі живі організми. Стосовно організмів природні поля поділяють на зовнішні (космічні, геомагнітні) і внутрішні (утворюються всередині організму). Встановлено, що в районах із підвищеною напругою геомагнітного поля Землі захворюваність населення вища. Порівняно з територіями, на яких зафіксовано фонову напругу, нервово-психічні захворювання і гіпертонічні хвороби трапляються на 60 % частіше, ревматизм серця, судинні порушення, екзема – на 20-30 %. Підвищення напруги геомагнітного поля впливає на формування центральної нервової системи людини ще в утробі матері, збільшує захворюваність на шизофренію.

Штучні електромагнітні поля поділяють на послаблені і посилені. У послаблених полях чутливість органів знижується у такій послідовності: мозок, скелетні м'язи, печінка, серце, кров. Хворі люди реагують на електромагнітні поля сильніше, ніж здорові, чоловіки – сильніше, ніж жінки.

Електромагнітні поля прискорюють розвиток онкологічних захворювань у тварин, які піддавались дії хімічних канцерогенів. За тривалої дії електромагнітних полів різних діапазонів помірної інтенсивності виникають функціональні розлади центральної нервової системи, змінюються ендокринно-обмінні процеси і склад крові. У зв'язку з цим можуть з'являтися головні болі, перепади тиску, нервово-психічні розлади, швидка втомлюваність, випадання волосся, ламкість нігтів, зниження маси тіла. З підвищенням частоти електромагнітних полів їх вплив посилюється. Хвилі міліметрового діапазону поглинаються шкірою і діють на її рецептори, а сантиметрові і дециметрові хвилі проникають у глибину тіла і безпосередньо впливають на структури тканин і мозку. Під впливом сильного поля поведінці тварин властиві такі стадії: підвищення активності, пригнічення, судоми і смерть.

Електромагнітні поля СВЧ (мікрохвилі) діють локально. Люди, які потрапляють під їх вплив, скаржаться на підвищену втомлюваність, головний біль, сонливість, запаморочення, зниження уваги і пам'яті.

Утворюються електромагнітні поля і на електротранспортерах, ескаляторах. Монітори комп'ютерів, телевізори та інші електричні прилади також створюють електромагнітні поля широкого діапазону частот. Результати досліджень свідчать, що за тривалого їх використання у людей спостерігаються зміни в імунній системі. В осіб, які працюють з комп'ютерами 140-160 годин у місяць, спостерігаються порушення у функціонуванні нервової, серцево-судинної систем, у жінок можливі передчасні роди, аномалії розвитку плода.

Серйозну загрозу становлять радіопередавачі мобільних телефонів, які створюють мікрохвилі. Встановлений зв'язок між розташуванням телефонного апарата біля голови і місцем виникнення пухлин, тому не слід зловживати телефонними розмовами.

Шкідливе випромінювання і від освітлювальних приладів, моніторів, телевізорів, оскільки пульсація світла зумовлює звуження поля зору, впливає на нервову систему, загальну працездатність.

Ультрафіолетові випромінювання мають слабшу біологічну дію. Лише при довжині хвилі 280-315 нм ультрафіолет зумовлює загар шкіри, набуває виражених антирахітичних властивостей, а при довжинах хвилі 200-280 нм – бактерицидну дію. Ультрафіолетове випромінювання становить приблизно 5 % щільності потоку сонячного світла. Під його дією відбувається інтенсивне виведення з організму марганцю, ртуті, свинцю, підвищується активність ферментів дихання, поліпшується кровотворення. Тривала його дія спричинює старіння шкіри, атрофію епідермісу, розвиток злоякісних новоутворень.

Для захисту від електромагнітного випромінювання використовують організаційні, інженерно-технічні і лікувально-профілактичні засоби. Послаблюють небажану дію електромагнітного випромінювання за допомогою заземлення об'єктів, раціонального конструювання приміщень, вибору оптимальних параметрів технологічних процесів, використання антистатиків, зволоження та іонізації повітря.

*Іонізуюче випромінювання.* Зрозуміло, що здоров'я будь-якої людини залежить від радіаційної ситуації як на планеті загалом, так і у конкретних екосистемах, місця її проживання зокрема. Проходження радіонуклідів в екосистемі залежить від структури ґрунту, яка з різною силою зв'язує їх атоми. Швидкість проникнення в біоценози визначається типом рослин, їхнім віком, температурою та вологістю, а також складом поживних речовин ґрунту. Потрапляння радіонуклідів до консументів також залежить від їх типу і віку, стану живлення та забезпечення вітамінами і мікроелементами.

Радіоактивність існувала у космосі ще до виникнення Землі, супроводжувала появу життя на ній і існуватиме незалежно від бажання людини. Проте вплив іонізуючих випромінювань на організм людини був виявлений лише наприкінці ХІХ ст. з відкриттям французьким вченим А. Беккерелем, а потім дослідженнями П'єра і Марії Кюрі явища радіоактивності.

Таблиця 4 – Найважливіші радіогенні ізотопи в біосфері

Радіоізотопи	Період напіврозпаду	Тип випромінювання		
		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
$^{239}\text{Po}$	2400 років	+++		++
$^{40}\text{K}$	1,3 млрд років		++	++
$^{14}\text{C}$	5568 років		+	
$^{137}\text{Cs}$	32 роки		++	+
$^{90}\text{Sr}$	28 років		++	
$^3\text{H}$	12,3 років		+	
$^{55}\text{Kr}$	10,6 років		+	
$^{54}\text{Mn}$	300 діб		++	++

$^{144}\text{Ce}$	284 діб		++	+
$^{45}\text{Ca}$	164 діб		++	
$^{35}\text{S}$	87,1 діб		+	
$^{59}\text{Fe}$	45 діб		++	+++
$^{32}\text{P}$	14,3 діб		+++	
$^{24}\text{Na}$	15 годин		+++	+++
$^{131}\text{I}$	8 діб		++	++

Альфа-випромінювання ( $\alpha$ -випромінювання) – корпускулярне іонізуюче випромінювання, яке складається з альфа-частинок (ядер гелію – двох протонів і двох нейтронів), що випромінюються під час радіоактивного розпаду чи при ядерних ланцюгових реакціях і перетвореннях. Цей тип випромінювання є небезпечним лише тоді, коли радіоактивні речовини потрапляють всередину організму людини через відкриту рану, з їжею або повітрям.

Бета-випромінювання ( $\beta$ -випромінювання) – корпускулярне електронне або позитронне іонізуюче випромінювання з безперервним енергетичним спектром, що виникає під час перетворення ядер чи нестабільних частинок атомів радіонуклідів (наприклад, нейтронів). Проникна здатність бета-частинок, що утворилися під час радіоактивного розпаду, у повітрі сягає 2–3 м, у воді й інших рідинах вимірюється сантиметрами, у твердих тілах – міліметрами. У тканині організму бета-випромінювання проникає на глибину 1-2 см.

Гамма-випромінювання ( $\gamma$ -випромінювання) – короткохвильове електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі менше як 0,1 нм, що виникає в процесі розпаду радіоактивних ядер, їх переходу із збудженого стану в основний, під час взаємодії швидких заряджених частинок з речовиною тощо. Гамма-випромінювання має високу проникну здатність і може, як і рентгенівське випромінювання, затримуватися свинцевими пластинками.

За малих доз з часом проявляються віддалені наслідки опромінення (скорочення тривалості життя, передчасне старіння і виникнення пухлин). Дози, нижчі летальних, породжують детерміновані порогові ефекти (променева хвороба, променеви опік, променева катаракта, променеве безпліддя, аномалії в розвитку плода) і стохастичні (випадкові) ефекти (злоякісні пухлини, лейкози, спадкові хвороби).

Джерелами іонізуючого випромінювання є радіоактивні елементи і їх ізотопи (різновиди хімічного елемента, що відрізняються масою атомів). Залежно від джерела випромінювання розрізняють природну і штучну радіоактивність. Встановлено, що середня доза опромінення від всіх природних джерел можлива в межах 50-1000 мР/рік (табл. 5).

За впливом на організм людини небезпечним є  $\gamma$ -випромінювання довго- і короткочасно існуючих ізотопів. Найбільшу енергію несуть короткочасно існуючі ізотопи  $^{59}\text{Fe}$  і  $^{24}\text{Na}$ , період напіврозпаду яких, відповідно, 4,5 і 14,5 доби. Довгочасно існуючі ізотопи з енергією  $\gamma$ -випромінювання 0,2 – 1 МеВ з періодом напіврозпаду  $^{239}\text{Po}$  – 2,4 тис. років,  $^{14}\text{C}$  – 5,6 тис. років і  $^{40}\text{K}$  – 1,3 млрд років є практично безпечними.

Гострі ушкодження проявляються внаслідок поглинання понад 0,25 Гр (грей – доза, за якої 1 кг речовини поглинає 1 Дж): 0,25-0,5 Гр зумовлює тимчасові зміни в крові; 0,5-1,5 Гр – втому або блювоту, помірні зміни в крові; 1,5-2 Гр – легку форму гострої променевої хвороби; променева хвороба середньої важкості виникає при дозах 2,5-4,0 Гр. Її симптомами є блювота, зниження в крові вмісту лімфоцитів, підшкірні крововиливи, а у 20 % випадків можлива смерть, яка настає через 2-6 тижнів після опромінення. При дозах 4-6 Гр розвивається важка форма променевої хвороби, яка зумовлює в 50 % випадків смерть протягом першого місяця; при дозах вище 6 Гр виникає найважча форма променевої хвороби, яка в 100 % випадків закінчується смертю.

Таблиця 5 – Природні джерела іонізуючих випромінювань

Джерело	Середньорічна доза		Внесок в дозу, %
	мБер	мЗв	
Космос (випромінювання на рівні моря)	30	0,3	15,1
Ґрунт, вода, будівельні матеріали	50-130	0,5-1,3	68,8
Радіоактивні елементи в тканинах людини	30	0,3	15,1
Інші джерела	2	0,02	1,0
Середня сумарна річна доза	200,0	2,0	

Хронічна променева хвороба розвивається внаслідок безперервного або повторного опромінення в дозах, нижчих за ті, що викликають гостру форму. Найхарактернішими ознаками хронічної хвороби є зміни в формулі крові, локальні ушкодження шкіри, кристалика ока, зниження імунореактивності організму.

Від природних джерел організми зазнають як зовнішнього, так і внутрішнього опромінення (нукліди надходять з повітрям, водою, харчовими продуктами всередину організму). При цьому внутрішнє опромінення становить 50-60 % природного радіоактивного фону.

Найвагомим за вкладом в опромінення людини зі всіх природних джерел радіації є невидимий, без запаху і смаку важкий газ радон. Він відповідає за  $\frac{3}{4}$  річної еквівалентної дози опромінення, отриманої людиною від земних джерел радіації і близько половини цієї дози від усіх природних джерел радіації. Радон звільняється із земної кори повсюди, однак його концентрація в атмосферному повітрі у різних частинах земного шару суттєво відрізняється. Основну частину дози опромінення від радону людина дістає у закритому, погано провітрюваному приміщенні або під час користування душем. Концентрація радону в межах закритих приміщень може перевищувати фоновий рівень у 5000 разів (у Швеції, Фінляндії), 500-3000 разів (у Великобританії, США). Накопичення радону залежить й від матеріалу, з якого побудоване приміщення. Радіоактивно небезпечними досить часто бувають глиноземи, фосфогіпс, червоні глини, доменні шлаки, зольний пил та шлакоблоки. Найрозповсюдженіші будівельні матеріали – ліс, цегла, бетон виділяють відносно небагато радону.

За підрахунками наукового комітету ООН з дії атомної радіації (UNSCEAR), середня ефективна еквівалентна доза зовнішнього опромінення, яку людина одержує за рік від земних джерел природної радіації, становить приблизно 350 мкЗв, тобто трохи більше середньої дози опромінення через радіаційний фон, що утворюється космічними променями.

Таблиця 6 – Штучні джерела опромінення

Джерело	Річна доза опромінення		Частка від природного фону
	мБер	мЗв	
Медичні прилади, установки (флюорографія)	100-150	1,0-1,5	50-75
Політ в літаку	2,0-2,5	0,02-0,025	1,0-2,5
Телевізор (4 години в день)	1,0	0,01	0,5
АЕС (при стабільній роботі)	0,1	0,001	0,05

Радіоактивність визначають у таких одиницях: харчових продуктів в Бк/кг; води, молока – в Бк/л; повітря – в Бк/л; поверхні ґрунту – в Бк/м<sup>2</sup> (беккерель – кількість імпульсів за певний час).

Природна радіоактивність властива урану, торію, штучна – радіонуклідам, отриманим в результаті ядерних реакцій або штучним шляхом.

Речовини є радіоактивними до тих пір, поки в них відбуваються ядерні перетворення. Заведено вважати, що речовина стає нерадіоактивною, коли в ній відбудеться 10 періодів напіврозпаду. Якщо доза радіонуклідів перевищує гранично допустимі дози (ГДД), вони проявляють радіотоксичну дію. Радіотоксичність залежить від виду радіоактивного перетворення, середньої енергії одного акту розпаду, схеми радіоактивного розпаду, шляху надходження радіонуклідів в організм, розподілу радіонуклідів в органах і системах, часу їх перебування в організмі, тривалості надходження радіоактивних речовин. Надходять радіонукліди в організм під час дихання, через шкіру, вживання їжі і води.

За характером розподілу в організмах радіонукліди поділяють на такі групи:

- радіонукліди, що відкладаються в скелеті (кальцій, стронцій, радій);
- радіонукліди, що накопичуються в печінці (цезій, плутоній);
- радіонукліди, що розподіляються по всьому організму (кисень, водень, залізо);
- радіонукліди, що накопичуються в щитоподібній залозі (йод).

Натепер основну роль у внутрішньому опроміненні організмів відіграють стронцій-90 та цезій-137, які в основному надходять в організм із м'ясом і молоком (табл. 7).



Стронцій поглинається через шлунково-кишковий тракт і швидко надходить у кров і лімфу. В організмі людини до 90% стронцію накопичується в скелеті. При тривалому його надходженні можуть розвиватися лейкемія і онкологічні захворювання кісток. Цезій-137 майже цілком поглинається кишково-шлунковим трактом (80% його акумулюється в м'язах, 8% – у кістках).

Таблиця 7 – Добове надходження цезію-137, стронцію-90 в організми населення забруднених територій

Харчові продукти	Цезій-137		Стронцій-90	
	Бк	%	Бк	%
Хліб та хлібопродукти	0,59	0,8	0,26	11,2
Молоко	45,8	60,0	1,04	44,7
М'ясо	5,92	8,0	0,063	2,7
Риба	1,22	1,6	0,33	14,2
Картопля	20,5	26,9	0,41	18,3
Овочі	0,55	0,7	0,15	6,3
Фрукти	0,037	0,05	0,02	1,0
Гриби	1,48	1,9	0,037	1,6
Всього	76,097		2,31	

Допустимі рівні вмісту радіонуклідів в харчових продуктах наведені в табл. 8.

Таблиця 8 – Допустимі рівні вмісту радіонуклідів у продуктах, Бк/кг

Харчові продукти	Цезій-137	Стронцій-90
Хліб і хлібопродукти	20	5
Картопля	60	20
Овочі	40	20
Фрукти	70	10
М'ясо і м'ясопродукти	200	20
Яйця, Бк/шт	6	2
Молоко згущене	300	60
Молоко сухе	500	100
Свіжі лісові ягоди і гриби	500	30
Сушені лісові ягоди і гриби	2500	250
Лікарські рослини	600	200
Інші харчові продукти	600	20
Продукти дитячого харчування	40	5

Добове надходження основних радіоактивних забруднювачів на територіях, що зазнали впливу аварії на Чорнобильській АЕС, і допустимі рівні вмісту радіонуклідів постійно контролюються. Найбільший їх вміст в основних

харчових продуктах (молоко, м'ясо, картопля) на кілька порядків нижчий допустимих рівнів.

Найнебезпечнішою для людства в питанні радіоактивного забруднення є атомна зброя, певну загрозу можуть становити АЕС (що продемонструвала аварія на Чорнобильській АЕС). Світова спільнота не дійшла одностайної думки щодо доцільності їх будівництва: деякі країни розвивають атомну енергетику, деякі ставляться до неї з пересторогою. Однак безсумнівним є те, що всі джерела радіоактивності повинні експлуатуватися з максимальною обережністю і дотриманням екологічних вимог.

## **2.Хімічні чинники забруднення довкілля. Вплив на організм людини солей важких металів. Дія пестицидних препаратів на організм людини. Токсичність хімічних речовин. Мутагенність токсикантів**

Негативні техногенні впливи на навколишнє середовище і здоров'я людини чинять численні хімічні сполуки, що застосовуються у різних галузях народного господарства. Вони можуть бути причиною різноманітних патологічних процесів і станів. Поглиблене вивчення механізмів токсичної дії хімікатів виявляє нові види їх несприятливих ефектів.

*Вплив на організм людини солей важких металів.* Основними джерелами надходження важких металів на земну поверхню є пилогазові викиди гірничорудної, металургійної та хімічної промисловості. Одним з найсильніших за дією й найпоширенішим хімічним забрудненням є забруднення важкими металами.

Джерела надходження важких металів поділяють на природні (вивітрювання гірських порід і мінералів, ерозійні процеси, вулканічна діяльність) і техногенні (видобуток і перероблювання корисних копалин, спалювання палива, рух транспорту, діяльність сільського господарства).

Відповідно до функцій в організмі метали класифікують на такі групи:

- есенційні (незамінні фактори живлення);
- не есенційні (необов'язкові для життєдіяльності людини);
- токсичні (отруйні).

В організмі людини металеві елементи становлять до 3 % маси тіла. Серед них переважають кальцій (80 %), калій (12%), натрій (5%), магній (2%), залізо (0,2%), цинк (0,14%). Частка інших складає приблизно 0,66%, серед них є мікроелементи зі вмістом в організмі від 10 до 3% та ультрамікроелементи (концентрація їх в організмі нижча 5%). За дією на організм людини мікроелементи поділяють на:

- важливі для живлення людини (Co, Cr, Ce, F, Fe, I, Mn, N, Se, Si, V);
- токсичної дії (As, Be, Cd, Co, F, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Pd, Se, Sn, Ti, V).

Із зазначених елементів деякі віднесені до обох груп. В низьких дозах вони не мають токсичної дії, але надлишок їх в організмі може спричинити її.

Згідно з рішеннями комісії ВООЗ ртуть, кадмій, свинець, миш'як, мідь, стронцій, цинк, залізо включені до переліку металів, уміст яких контролюється при міжнародній торгівлі

За токсичністю серед важких металів виокремлюють:

- найтоксичніші (Cd, Hg, Ni, Pb, Co, As);
- помірно токсичні (Cu, Zn, Mn);
- малотоксичні (інші важкі метали).

Свинець і кадмій проявляють канцерогенні властивості. Концентрація важких металів у овочах, плодах залежить від біологічних особливостей їх будови, агроекологічного стану, ґрунтів, технології їх вирощування. Вміст важких металів залежить і від розмірів плодів. Наприклад, у моркві, буряках, кабачках, кавунах міститься більше свинцю і менше міді, миш'яку, цинку.

Надлишок і дефіцит важких металів змінює перебіг обмінних процесів в організмі людини і може спричинити багато захворювань. При цьому природний баланс, який сформувався в певних біоценозах між ґрунтом і рослинами, успадковується і живими організмами. Відхилення від нього через ланцюги живлення передається людині і може спровокувати захворювання.

У ґрунтах, як правило, знаходиться одночасно кілька важких металів. При цьому найнебезпечнішим для рослин і людини буде елемент, концентрація якого найвища. Забруднення важкими металами контролюють за їх валовим вмістом у ґрунтах і рослинах.

В оцінюванні агроекологічного стану ґрунтів і рослин щодо наявності у них важких металів використовують такі показники:

- кларки (валовий фоновий вміст);
- ГДК (гранично допустима концентрація) валового вмісту важких металів у ґрунті;
- ГДК рухомих форм важких металів у ґрунті;
- ГДК вмісту важких металів у рослинній продукції.

Вплив солей – сполук важких металевих елементів – на стан здоров'я населення прямо пропорційний величині техногенного навантаження на природне середовище, яке включає соціально-економічне освоєння території (показники концентрації населення, промисловості, сільського господарства, будівництва, транспорту, освоєння земельного фонду, забрудненість природного середовища, величини радіаційної і хімічної забрудненості атмосферного повітря, природних вод і ґрунтового покриву).

Підвищений вміст у компонентах довкілля свинцю, нікелю, магнію зумовлює виникнення злоякісних пухлин. Дуже чутливо реагує організм людини на дефіцит або надлишок йоду, що приводить до зобних ендемій, або до виникнення злоякісних пухлин.

Людський організм нормально функціонує за умови збалансованості всіх хімічних компонентів. Негативні зміни в ньому відбуваються тоді, коли концентрація елемента має відхилення від ГДК, що зумовлює глибокі зміни обмінних процесів, порушення функцій багатьох органів, наслідком чого є специфічні захворювання.

Отже, важкі метали і їх солі вражають ґрунт, повітря, воду, а через них потрапляють у рослини, якими живляться тварини і люди. Індустріалізація, науково-технічний прогрес поглиблюють їх негативний вплив.

Таблиця 9 – Валовий фоновий вміст і ГДК важких металів в ґрунтах і продукції рослинного походження (Залеський І. І., Клименко М. О., 2005 р.)

Назва елемента	Ґрунт		Продукція рослинного походження, ГДК, мг/кг		
	Валовий вміст	Рухомих форм			
	Кларк, мг/кг	ГДК, мг/кг	ГДК, мг/кг	Овочі	Зерно
Цинк	50	100	23	10	50
Кадмій	0,5	3	0,7	0,03	0,03
Свинець	10	32	2	0,5	0,3
Мідь	20	55	3	5,0	10
Хром	75	100	6	0,3	0,2
Ртуть	0,02	2,1	0,02	0,03	
Кобальт	8	50	5	1	1
Марганець	850	1500	50	20	44
Залізо	50	50			
Нікель	40	85	4	1,5	0,5

Дія пестицидних препаратів на організм людини. Пестициди є у воді, повітрі, ґрунті, організмах тварин і людей. У ґрунт пестициди потрапляють з протруєним насінням, у процесі хімічного обробітку рослин, з рослинними залишками, а також з поверхневим стоком і органічними добривами. В харчових продуктах найчастіше зустрічаються тіофос, карбофос та давно заборонений ДДТ, якого ще багато на сільськогосподарських сховищах України.

Пестициди (лат. *pestis* – зараза, чума і *caedo* – убиваю) є засобами хімічного захисту рослин, їх поділяють на пестициди першого (сірка, сполуки миш'яку, свинцю, ртуті, нікотин сульфат, піретрум) і другого (фосфорорганічні, хлорорганічні, ртутьорганічні сполуки, карбонати, ціаніди, мідьвмісні речовини) поколінь. До групи пестицидів відносяться: *інсектициди* (засоби для знищення шкідливих комах), *фунгіциди* (засоби для боротьби з грибковими захворюваннями), *гербіциди* (засоби для знищення бур'янів), *дефоліанти* (засоби для видалення листя), *бактерициди* (засоби для боротьби з мікробами), *арборициди* (засоби для знищення небажаної деревної рослинності) тощо. Щорічно у світі використовують до 2,3 млн т пестицидів.

Розповсюдження пестицидів у навколишньому середовищі відбувається як фізичним, так і біологічним шляхом. Перший спосіб – розсіювання з допомогою вітру в атмосфері та поширення через водотоки. Другий – перенесення живими організмами по шляху харчування. З просуванням організмів до вищих ланок харчового ланцюга концентрації шкідливих речовин зростають, нагромаджуючись у внутрішніх органах, переважно в печінці та нирках.

Отже, хімізацію, що інтенсивно розвивається в сільському господарстві, можна оцінювати з двох позицій – як економічно вигідну і як екологічно небезпечну для навколишнього середовища і людини.

Особливого значення набуває застосування системних фунгіцидів (нині

рекомендовано до виробництва близько 300 препаратів), стійких проти змивання з рослин. Неправильне їх застосування може завдати великої шкоди посівам, навколишньому середовищу, здоров'ю людей, свійським тваринам і птиці.

Усі без винятку пестициди при ретельному вивченні виявляли або мутагенну, або інші негативні дії на живу природу і людину. Навіть разові контакти людини з такими пестицидами, як діелдрин, паратіон, призводять до зміни біотоків головного мозку (енцефалограми). Вплив сучасних органофосфатних пестицидів, які швидко розкладаються, загрожує розвитком депресій, роздратування, розладом пам'яті, іншими нейропсихологічними порушеннями. Близько 90% усіх фунгіцидів, 60% гербіцидів і 30% інсектицидів є канцерогенними.

Очевидними є негативні наслідки застосування пестицидів для здоров'я людини, причому спостерігається тенденція до їх зростання, водночас у об'єктів, які пригнічуються пестицидами, спостерігається певна пристосованість до них. Пестициди спричинюють загибель багатьох організмів і можуть при накопиченні в ґрунті, сільськогосподарській продукції погіршувати стан людини (табл. 10).

Таблиця 10 – Характерні особливості різних груп пестицидів

Назва пестициду	Загальні відомості	Основні симптоми отруєння
Фосфор-органічні сполуки (ФОС)	Ці сполуки найчастіше використовуються та характеризуються високою активністю. Механізм дії полягає в інгібуванні (сповільненні розвитку) холінестерази (антихолінестерозна дія). До ФОС належать карбофос, фталофол	Посилення секреції залоз, скорочення гладких м'язів, сповільнення серцевих скорочень, розширення кровоносних судин, пониження артеріального тиску. Залежно від інтоксикації з'являються головний біль, біль у животі
Хлорорганічні сполуки (ХОС)	ХОС є високостійкими сполуками. В молоці, м'ясі, овочах зберігаються до 1 року, їм властиві висока акумуляція, алергічна дія. До них належать ДДТ, гексахлорциклогексан, гексахлор, гексахлорбутадиєн, дихлор, хлорбензол, метоксихлор	Спричинюють порушення вуглецево-фосфорного обміну, пошкоджують нервову систему, верхні дихальні шляхи. Інтоксикація характеризується враженням нервової системи, появою головного болю, запамороченням, пошкодженням печінки

Ртутьорганічні сполуки (РОС)	Характеризуються фунгіцидними (протигрибковими) і бактеріальними властивостями. Використовують для протруювання насіння. Накопичуються в головному мозку, печінці, нирках, наднирковій залозі. Виводяться повільно – 2-3 роки. Найпоширенішими РОС є меркуран, меркургексан	Інтоксикація РОС зумовлює аборти, смерть новонароджених до 1 року. При гострих отруєннях спостерігається металічний присмак у роті, слабкість, головний біль, нудота, блювота, паралічі, психози; у важких випадках – смерть
Ціаніди	До них належать сполуки з ціанистим натрієм, який міститься в тютюні, абрикосах, мигдалі. Використовують для боротьби з гризунами. Дія обумовлюється блокадою тканинного дихання	За гострого отруєння настають втрата свідомості, параліч дихання і серця, за хронічного – головний біль, схуднення, втрата сну, порушення рухової активності
Карбонати	Мають широкий спектр дії. Карбонати – прямі інгібітори холінестерази. Затримуються в багатих на лікоїди тканинах. Можуть спричиняти наркотичну дію. Найтоксичнішими з них є севін, цинеб, цирам	Цинеб, цирам мають канцерогенну дію. Перебіг гострої інтоксикації супроводжується атрофічними змінами слизових оболонок, порушенням вегетативної нервової системи, пошкодженням печінки
Мідьвмісні речовини (МВР)	До цієї групи належать мідний купорос, сульфат міді, бордоська рідина, хлороксид міді. Порушують обмін білків, жирів і вуглеводів. Миття овочів і фруктів не завжди убезпечує від цих речовин, тому їх потрібно очищати від шкірки.	За хронічного отруєння (більше 2 г) можливі розлад дихання і засвоєння їжі, блювота, понос, запалення ясен, збільшення печінки

*Токсичність хімічних речовин.* Широко застосовуються або ж утворюються під час виробничих процесів хімічні речовини, які при недотриманні правил безпеки можуть шкідливо впливати на організм людини. Характер дії і ступінь небезпечності шкідливої речовини визначається її токсичністю, концентрацією, часом дії, отриманою дозою.

Токсичними (отруйними) називаються такі речовини, які, потрапляючи в організм людини, викликають помітні фізіологічні зміни його окремих систем і

органів і тим самим призводять до порушення його нормальної життєдіяльності.

Хоча отруйні властивості можуть виявляти практично всі речовини, до отруту відносять лише ті, які свою шкідливу дію проявляють у звичайних умовах і у відносно невеликих кількостях. Виробничими (промисловими) отрутами називають отрути, які впливають на людину в умовах трудової діяльності і викликають погіршення працездатності або порушення здоров'я.

За характером дії на окремі тканини і системи організму, токсичні речовини умовно поділяють на такі групи: нервові (нейротропні) отрути; отрути крові; ферментні отрути; мутагени; канцерогени; отрути, що подразнюють органи дихання; отрути, що подразнюють шкіру і слизові оболонки; отрути, що впливають на репродуктивну функцію; загальноотруйні речовини.

*Токсичність* – це здатність хімічних речовин викликати отруєння, яке супроводжується порушенням стану організму і його функцій. Отруйні властивості можуть проявляти майже всі речовини. Наприклад, токсично діє на людину спожита у великих дозах звичайна сіль. Однак отруйними вважають лише ті речовини, які проявляють шкідливу дію у звичайних умовах і потрапляють в організм у відносно малих кількостях. Дію отрути класифікують за ступенями токсичності (табл. 11).

Таблиця 11 – Токсикологічна класифікація речовин (Залеський І. І., Клименко М. О., 2005 р.)

Клас токсичності	ЛД <sub>50</sub> для людини, мг/кг маси	Середня смертельна доза	Приклади
Надтоксичні	Менше як 0,01	Менше ніж 1 крапля	Нервово-паралітичні гази, ботулінічний токсин, діоксин
Вкрай токсичні	Менше ніж 5	Менше ніж 7 крапель	Ціанистий калій, героїн, атропін, нікотин та ін.
Дуже токсичні	5-50	Від 7 крапель до 1 чайної ложки	Солі ртуті, морфій, кодеїн
Токсичні	50-500	Від 1 чайної ложки до 1 унції (28,35 г)	Солі свинцю, ДДТ, гідроксид натрію, сірчана кислота, кофеїн, тетрахлор вуглець
Помірно токсичні	500-5000	Від 1 унції до 1 пінти (0,473 л)	Метиловий спирт, ефір, фенобарбітал, амфетамін, керосин, аспірин
Малотоксичні	5000-15000	Від 1 пінти до 1 кварта (0,9463 л)	Етиловий спирт, мило

З огляду на умови, в яких виникають отруєння, їх поділяють на побутові, медикаментозні та професійні. Найчастіше трапляються отруєння снодійними

пігулками, фосфорорганічними сполуками та наркотиками.

Токсичний ефект може проявлятися функціональними і структурними змінами (у цьому разі токсичність визначають в діючих, порогових і недіючих концентраціях і дозах) або смертю організму (токсичність визначають у смертельних концентраціях і дозах).

Великий вплив на ступінь токсичності речовин мають їх агрегатний стан і фізико-хімічні властивості (температура кипіння, летючість та ін.). Токсичність твердих і рідких отрут проявляється в основному при їх переході в пароподібний стан.

При одночасній дії на організм двох і більше отруйних речовин можливі три випадки: посилення однією речовиною дії другої; послаблення дії другої; додавання дій обох речовин. Наприклад, алкоголь посилює токсичну дію майже всіх отруйних продуктів, тому що в його присутності поліпшується всмоктування отрут і прискорюється їх окислення в організмі.

Найчастіше шкідливі речовини потрапляють в організм через органи дихання. Із легень пари, газу, пил всмоктуються в кров і розносяться нею по всьому організму. Здібність проникнення хімічних продуктів залежить в основному від їх розчинності у воді і тканинних рідинах і середовищах.

Багато токсичних речовин потрапляють в організм через шкіру. Це такі речовини, які добре розчиняються в жирах і ліпоїдах: вуглеводні ароматичного і жирного рядів, їх похідні, металоорганічні сполуки та ін. Найбільш небезпечними є малолеткі речовини маслянистої консистенції, наприклад, анілін, нітробензол.

У порожнину рота токсичні речовини (рідкі, тверді продукти і газу) потрапляють відносно рідко, частіше всього – із забруднених рук. Більшість токсичних речовин, що надійшли в організм, зазнають в ньому різноманітних перетворень в результаті різних хімічних реакцій: окислення, відновлення, гідролізу, метилування, ацетилювання та ін. Біологічна направленість цих процесів – знешкодження отрут.

Багато з отруйних речовин перетворюються в організмі в менш токсичні або нетоксичні. Це головний шлях їх знешкодження. Однак в результаті перетворень токсичність деяких отрут може збільшуватись.

Кумуляція (накопичення) токсичних речовин в організмі відбувається в тому випадку, коли їх перетворення або виділення відбувається повільніше, ніж надходження. Кумулятивні отрути (ртуть, свинець, миш'як, фтор), накопичуючись в організмі, здійснюють на нього тривалу і сильну дію і призводять до тяжких хронічних отруєнь і захворювань. Надходження отрут з кісток, печінки, нирок тощо в кровотік може періодично зростати при нервовому напруженні, захворюваннях, прийманні алкоголю, що веде до загострення хронічного отруєння.

Важливий шлях знешкодження отрут – видалення їх з організму, яке відбувається через органи дихання, травлення, нирки, шкіру. Через легені виділяються ті леткі речовини, що не змінюються або мало змінюються в організмі, наприклад, бензин, хлороформ, а також спирти, складні ефіри, ацетон.



Через нирки виділяються добре розчинні у воді речовини і продукти перетворення отрут в організмі. Погано розчинні речовини, в тому числі сполуки важких металів – свинцю, ртуті, а також марганцю, миш'яку виділяються в основному через органи травлення. Через шкіру сальними залозами виділяються всі розчинні у жирах речовини. Потовими залозами виділяються, наприклад, ртуть, мідь, миш'як, сірководень.

Отруті властива вибіркова токсичність. За цим критерієм розрізняють:

- серцеві отрути з перевагою кардіотоксичної дії (лікарські препарати, рослинні отрути, солі калію, кобальту, кадмію і барію);
- нервові отрути, що спричиняють порушення психічної активності;
- (чадний газ, фосфорорганічні сполуки, алкоголь, наркотики);
- печінкові отрути (хлоровані вуглеводи, отруйні гриби, феноли, альдегіди);
- ниркові отрути (сполуки важких металів, етиленгліколь, щавлева кислота);
- кров'яні отрути (анілін, нітрати);
- легеневі отрути (оксиди азоту, озон, фосген).

Відомо, що ефект токсичної дії різних речовин залежить від того, в якій кількості і якими шляхами вони потрапляють до організму, наскільки тривала їх атака на організм, а також від їх фізичних властивостей, хімічної взаємодії з кров'ю і ферментами, що залежить від статі, віку, інколи від індивідуальної чутливості людини (табл. 12).

Таблиця 12 – Токсикологічна характеристика шкідливих речовин

Токсичні речовини	Вид дії
Фосфорорганічні речовини, інсектициди, хлорофол, карбофол, нікотин, отруйні речовини	Нервово-паралітична дія
Діхлореман, гексахлоран, оцтова есенція, миш'як, ртуть	Шкірно-резорбтивна (подразнююча) дія
Синильна кислота, чадний газ, алкоголь і його сурогати	Загальна токсична дія (кома, паралічі, набряк мозку)
Оксиди азоту	Задущлива дія (токсичний опік легенів)
Випари кислот, лугів, хлорпікрин	Сльозогінна дія
Атропін, наркотики	Психотропна дія (порушення психічної активності)

За характером дії (ДСТ 12.0.003-74) шкідливі речовини поділяють на:

- токсичні речовини (спричиняють отруєння всього організму або пошкоджують окремі системи й зумовлюють патологічні зміни печінки, нирок);
- подразнювальні речовини (викликають подразнення слизових оболонок дихальних шляхів, очей, легенів);

- алергенні речовини (провокують напади астми);
- мутагенні речовини (зумовлюють порушення генетичного коду, така дія характерна для свинцю, марганцю, радіоактивних ізотопів);
- канцерогенні речовини (наслідком їх дії є розвиток злоякісних новоутворень. До цього призводить потрапляння в організм небезпечних доз циклічних амінів, ароматичних вуглеводів, хрому, нікелю, азбесту);
- речовини, що впливають на репродуктивну (дітородну) функцію організму (ртуть, свинець, стирол, радіоактивні ізотопи).

Токсичність речовин встановлюють за результатами клінічних, лабораторних та епідеміологічних досліджень. Клінічні дослідження проводять у зв'язку з випадковими отруєннями, передозуванням лікарських препаратів, вбивством і самовбивством. Під час лабораторних досліджень (на пацюках, мишах, морських свинках) встановлюють токсичність різних речовин, а отримані дані використовують в гігієнічному нормуванні шкідливих факторів.

*Мутагенність токсикантів.* У біології мутації – зміни генетичного матеріалу (звичайно ДНК або РНК). Мутації можуть бути викликані копіюванням помилок в генетичному матеріалі протягом поділу клітини, опроміненням жорсткою радіацією, хімічними речовинами (мутагенами), вірусами або можуть відбуватися свідомо під клітинним контролем протягом таких процесів як, наприклад, мейоз або гіпермутація. У багатоклітинних організмах мутації можуть бути підрозділені на генеративні мутації, які можуть бути передані нащадкам, і соматичні мутації, які не передаються нащадкам.

*Мутагени* (лат. *muto* – змінюю і грец. *genos* – рід, походження) – фізичні, хімічні та інші фактори, які збільшують частоту мутацій. За походженням фактори, що впливають на частоту мутацій, поділяють на фізичні, хімічні, біологічні. До фізичних мутагенних факторів належать іонізуючі випромінювання, ультрафіолетові промені з довжиною хвилі 250-280 нм, космічне випромінювання; до хімічних мутагенних факторів – хімічні сполуки (іприт, кофеїн, формальдегід, ртуть, епоксидні смоли, свинець, оксиди азоту, пестициди, мінеральні добрива, лікарські препарати, харчові концентрати, барвники); до біологічних мутагенних факторів – віруси (збудники кору, віспи, паротиту) і бактеріальні токсини.

Забруднення довкілля, ресурсів, виробничої сировини супроводжується збільшенням кількості захворювань, що викликані мутаціями. Зниженню частоти мутацій сприяє вживання антимутагенів, якими, наприклад, є вітаміни Е, С, А, К. Щодо цього корисні овочеві культури (капуста знижує вірогідність мутагенезу в 8-10 разів, екстракт яблук – у 8 разів, м'ята – у 11 разів, зелений перець – у 10 разів, баклажани – в 7 разів, виноград – у 4 рази).

### **3. Соціально-екологічні чинники впливу на людський організм**

Біологічні чинники, як правило, є спотвореними різними стимулами зміненого людиною навколишнього середовища, а найчастіше – безпосередньою дією ксенобіотиків (чужорідних речовин, що проникають в організм людини), які порушують біологічно нормальний стан і функціонування організму,

зумовлюють патології.

Процес захворювання є складним і не завжди однозначно визначеним, особливо в безсимптомні періоди. Ксенобіотики, що потрапляють у певні органи, можуть включатися в обмін речовин, спричинюючи порушення метаболізму, і призводити до важких наслідків. На інтенсивність їх надходження в організм, руйнівну дію значною мірою впливають соціальні чинники, які можуть каталізувати або затримувати, блокувати цей процес.

За твердженнями дослідників, найважливішими чинниками впливу на здоров'я людини є спосіб життя, спадковість, зовнішнє середовище і стан охорони здоров'я (табл. 13).

З цими чинниками пов'язані такі джерела соціальної напруги як тератогенність, канцерогенність, алергенність, алкоголізм, наркоманія та ін.

Таблиця 13 – Фактори ризику здоров'я людини

Фактори впливу на здоров'я	Питома вага фактора, %	Групи факторів ризику
Спосіб життя	49-53	Куріння, вживання алкоголю, неправильне харчування, шкідливі умови праці, стресові ситуації, гіподинамія, погані матеріально-побутові умови, вживання наркотиків, зловживання ліками, низький освітній і культурний рівень, надмірно високий рівень урбанізації тощо.
Спадковість	18-22	Схильність до спадкових захворювань
Природно-кліматичні умови довкілля	17-20	Забруднення повітря, води, ґрунтів; різка зміна атмосферних явищ; підвищена сонячна радіація, магнітні та інші випромінювання
Стан охорони здоров'я	8-10	Неефективність профілактичних заходів, низька якість медичного обслуговування, недоступність ліків, несвоєчасність медичного втручання

*Тератогенність.* Під впливом факторів техногенного середовища ще до свого народження людина може отримати певні хвороби, що здатні унеможливити її повноцінне життя, які дуже часто є наслідком неправильного способу життя її батьків. Цей фактор є найпоширенішою причиною тератогенності. Тератогенність (грец. *teratos* – потвора, виродок) – захворювання, яке проявляється каліцтвом, зміною будови органів.

За своїм характером прояву каліцтва можуть бути незначними або різко вираженими. Спричинюють їх внутрішні (спадковість, гормональні порушення,

неповноцінність статевих клітин) і зовнішні (травми, іонізуюче випромінювання, незвична температура, порушення осмотичного тиску, дефіцит кисню, забруднення довкілля важкими металами, віруси, гельмінти) фактори. Найчастіше порушення у розвитку плоду настають унаслідок дії хімічних і біологічних факторів.

Найсильніше впливають на ембріон лікарські препарати, які вживають вагітні жінки без нагляду лікарів. Наприклад, наслідком використання в Німеччині вагітними жінками не перевіреного на тератогенність знеболювального препарату талідоміду було народження 6 тис. дітей-інвалідів. Шкідливими можуть бути речовини, що зумовлюють аромат і смак страв. Тому вагітним жінкам не рекомендується їсти солоні, гострі страви, вживати каву, бульйони і вважається доцільним споживання відварених м'яса і риби.

До особливо важких наслідків призводить вживання вагітними жінками алкоголю (недоношеність, мертвонароджуваність, різні вроджені каліцтва, ушкодження нервової системи дитини). Шкоди завдає паління, яке може спричинити майбутню стерильність (безплідність) новонароджених, знижує масу їхніх тіл, а нерідко є причиною загибелі ембріона або мертвонародження. За статистикою у США наслідком паління є до 50 тис. випадків викиднів.

Очевидно, що більшості факторів тератогенності можна уникнути. Підвищення загальної культури, освіченості, пропаганда здорового способу життя можуть сприяти цьому.

*Канцерогенність.* Злоякісні новоутворення – одна з найважливіших медико-біологічних та соціально-економічних світових проблем. Канцерогенність (лат. *cancer* – рак і грец. *genos* – рід, походження) – властивість факторів навколишнього середовища зумовлювати виникнення онкологічних захворювань. Пухлини бувають доброякісними й злоякісними. Злоякісні пухлини утворюють клітини, що починають рости інвазійно, тобто проникати в кровеносні судини, сусідні тканини і метастазувати.

Згідно з класифікацією ВООЗ хімічні речовини та професійні впливи з погляду їх канцерогенності для людини поділяються на три групи.

Перша група – хімічні речовини, група речовин, виробничий процес або професійний вплив, є канцерогенними для людини; до цієї групи відносяться речовини лише за наявності достатніх епідеміологічних доказів, що свідчать про причинний зв'язок між впливом речовини та виникненням онкологічних захворювань; характерні представники цієї групи: 4-амінобіфеніл (ефективний антиоксидант), сполуки миш'яку, азбест (волокнистий силікат), вінілхлорид, полівінілхлорид.

Друга група – речовини, можливо канцерогенні для людини; до них відносяться сполуки з вищим (2А) або нижчим (2В) ступенем доведення їх канцерогенної дії; наприклад, представники групи 2А – металевий берилій та деякі його сполуки, акрилонітрил, групи 2В – епіхлоргідрин, 1,4-діоксан, гідрохлорид феназопірину (анальгетик).

Третя група – речовини, що не можуть бути класифіковані з погляду їх канцерогенності; характерні представники цієї групи: фторурацил,

бензилхлорид, фенобарбітал, стирол, сахарин.

Хімічні канцерогени можуть бути поділені на дві групи залежно від їх природи. Більшість канцерогенних хімічних сполук мають антропогенне походження. Поряд з ними були виявлені природні канцерогени, не пов'язані з виробничою або іншою діяльністю людини.

За хімічною структурою канцерогенні речовини належать до різних класів неорганічних та органічних сполук, вони відносяться до:

- поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ);
- ароматичних азотовмісних сполук;
- ароматичних аміновмісних сполук;
- нітрозосполук та нітрамінів;
- металів, металоїдів та неорганічних солей.

Онкологічні захворювання можуть бути спричинені фізичними (сонячні, космічні промені, рентгенівське, ультрафіолетове випромінювання, різкі температурні впливи, механічні травми), хімічними (канцерогенні речовини), біологічними (онковіруси) факторами. З онкогенних факторів найнебезпечніші хімічні канцерогени. Наприклад, азбест викликає онкологічне захворювання легенів, гортані, стравоходу, бензидин – онкологічне захворювання сечового міхура; бензол – лейкоз; вінілхлорид – онкологічне захворювання печінки, головного мозку, лейкоз; миш'як – онкологічне захворювання шкіри, легенів, печінки; хром – онкологічне захворювання легенів; кадмій – онкологічне захворювання простати.

Виникнення 85% пухлин є наслідком впливу факторів довкілля. Особливо загрозливим є бенз(а)пірен, який міститься в повітрі забруднених міст, в продуктах, що піддаються висушуванню (чай, сухофрукти, копчені м'ясні і рибні вироби). Небезпечними можуть бути сорбінова кислота, що використовується при консервуванні харчових продуктів; амінова кислота, яка використовується в хлібобулочних і кондитерських виробках; метилцелюлоза, яка є стабілізатором морозива. До 33 % смертей хворих на рак зумовлені пухлинами, які виникли і розвинулися через порушення нормального харчування.

*Алергенність.* Постійно перебуваючи в оточенні різноманітних речовин, людина виявляє до багатьох чи окремих із них підвищену чутливість. Такі чужорідні речовини, що зумовлюють алергію – певну реакцію, називають алергенами, під дією яких розвивається алергенність. Алергенність (грец. *allos* – інший і *ergon* – дія) – підвищена чутливість організму до впливу певних агентів навколишнього середовища. Найчастіше алергенність спричинюють: несприятливий вплив забрудненого довкілля; хімізація сільськогосподарського виробництва; повсюдне використання засобів побутової хімії; заміна натуральних продуктів консервованими; штучне харчування дітей; використання антибіотиків.

Основою алергічних реакцій є імунні механізми, спрямовані на нейтралізацію, руйнування і видалення з організму генетично чужих речовин, що потрапили до нього. Найчастіше алергени надходять до організму з їжею, під час дихання, через шкіру, слизові оболонки, медичне обладнання, їх поділяють на

побутові (пил, пух), харчові (молоко, риба, раки, суниця, ікра), медичні (антибіотики, препарати йоду, бром, вакцини, сироватки) і бактеріальні.

Алергенами може бути вражений будь-який орган людини. При ушкодженні органів дихання виникають алергічний риніт (запалення слизової оболонки носа), бронхіальна астма; серцево-судинної системи – міокардит, васкуліт; шлунково-кишкового тракту – алергічний стоматит, гастрит, коліт, гепатит; нервової системи – мігрень, порушення мозкового кровообігу, втрата свідомості. Наслідком повторного введення алергену в організм може бути анафілактичний (грец. *ana* – префікс, що означає підсилення, і *phylaxis* – захист) шок – миттєва алергічна реакція, її проявом можуть бути зниження артеріального тиску, температури тіла, судоми, втрата свідомості, порушення ритму дихання і серцевої діяльності. Такі реакції можуть спричинити антибіотики (пеніцилін, еритроміцин, стрептоміцин), сульфаніламідні препарати (сульфадимезин, сульфалін, етазол), анальгін, новокаїн, а також вітаміни групи В, препарати з бромом, йодом.

Однією з найпоширеніших алергічних хвороб є бронхіальна астма, основною причиною якої є домашній пил. При контакті шкіри з такими синтетичними полімерами, як каучук, епоксидні і поліхлорвінілові смоли, скипидар, цемент, фарби текстильної промисловості, формалін, мінеральні добрива, пестициди виникає алергічний дерматит.

*Алкоголізм.* Тривале і систематичне вживання алкоголю зумовлює фізичну і психічну залежність від нього, патологію внутрішніх органів, порушення обміну речовин, центральної і периферійної нервової системи, алкогольні психози, соціальну деградацію індивіда. Всі ці ознаки характеризують важку хворобу – алкоголізм. Алкоголізм (араб. *alkuhl* – дрібний порошок, екстракт) – хронічне захворювання, спричинене систематичним вживанням спиртних напоїв.

Потрапляючи у шлунково-кишковий тракт, алкоголь швидко всмоктується в кров (у шлунку всмоктується приблизно 20 %. решта – в кишківнику), одночасно поглинається тканинами головного мозку. Алкоголю властива «спрага», внаслідок чого він відбирає воду від усіх клітин і тканин. У зв'язку з цим він перетворюється спочатку на ацетальдегід, а потім на оцтову кислоту. Кінцевою стадією окислення є утворення вуглекислоти і води. Окислення алкоголю відбувається ферментами у печінці та інших внутрішніх органах. Цей процес інтенсивніше відбувається протягом перших 5-ти годин після вживання і продовжується до 15 днів. Встановлено, що продукти метаболізму алкоголю (жирні кислоти, холестерин) утримуються в печінці понад двох тижнів, що зумовлює її вразливість. Основна частина (90 %) алкоголю окислюється, але залишок (10 %) виділяється з організму із потом, сечею, а також через легені з видихуванням повітрям. Цим спричинений тривалий стійкий запах алкоголю в диханні людини після його вживання. Токсичний ефект алкоголю зумовлений ацетальдегідом, який впливає на зміни білкового, вуглеводного і жирового обмінів. Інтоксикація алкоголем послаблює імунітет, що знижує опір організму. Помилковою є думка, що алкоголь поліпшує апетит і травлення, адже він

підразнює слизову оболонку шлунку і послаблює дію шлункового соку. Особливо негативно діє алкоголь на шлунок незаповнений їжею, викликаючи хронічне запалення і гастрит. небезпечними є рекомендації щодо вживання алкоголю як судинорозширювального засобу або для знеболення при приступах стенокардії, гіпертонічному кризі. Недопустимо вживати спиртні напої і як заспокійливий засіб при різних нервових розладах та безсонні.

Інтенсивне зловживання алкоголем призводить до порушення обмінних процесів, алкогольного психозу і деградації особистості. Невиправданим є використання алкоголю при переохолодженнях.

У законодавстві, медичній практиці багатьох країн кількість вживання алкоголю вимірюється дозою – мінімальною кількістю етилового спирту, яка у здорової людини викликає стан легкого сп'яніння, не помітного для оточення. За міжнародними нормами, такою кількістю є 15-20 г чистого алкоголю (етанолу) або 30-40 г горілки (наполовину розведеного водою спирту), 150-200 г натурального вина міцністю не вище 10-13°. Саме така кількість чистого алкоголю у здорової дорослої людини легко метаболізується протягом години.

З урахуванням поняття «доза» деякі дослідники встановлюють такі рівні споживання алкоголю:

- цілковита відмова;
- мінімальне споживання (1-2 дози 6-8 разів/рік);
- помірне споживання (1-2 дози 10-20 разів/рік);
- небезпечний рівень (3-4 дози 20-40 разів/рік);
- початкова стадія алкоголізму (3-4 дози 6-10 разів/місяць).

Зловживання алкоголем констатують у таких випадках:

- вживання алкоголю до 21-22 років або біологічна схильність до алкоголізму;
- вживання алкоголю чоловіком і жінкою у близький до зачаття дитини (1 місяць) період;
- вживання алкоголю під час вагітності та годування дитини груддю;
- вживання алкоголю в кількостях і з частотою, що відповідають 3 і 4 рівням споживання;
- вживання алкоголю в ситуаціях, пов'язаних з ризиком для життя і здоров'я оточення (водій за кермом, авіадиспетчер, обслуговчий персонал атомної станції, лікар швидкої допомоги тощо).

*Наркоманія* (грец. *narkotikos* – приголомшливий і *mania* – безумство, шаленство) – хворобливий потяг до вживання наркотиків, що спричинює важкі порушення фізичних і психічних функцій організму.

Про гашиш як ліки проти кашлю й проносу йдеться в лікувальнику китайського імператора Шен-Нуна (2737 р. до н. е.). У Давньому Китаї його використовували як знеболювальний препарат під час хірургічних операцій.

Проблема наркоманії на сучасному етапі характеризується різким зростанням немедичного зловживання наркотичних засобів громадянами, які належать до середнього класу суспільства, а також становляться помітними негативні тенденції, охоплення молодшого населення, навіть дітей. При цьому

характерне зловживання кокаїну, героїну, марихуани як раз серед молоді у віці від 18 до 25 років (22 %), ніж серед інших груп населення (6 %). 1938 рік став дуже важливим в історії наркоманії. Цього року швейцарському хіміку Альберту Хофману вдалося синтезувати лізергінову кислоту (ЛСД-25), що стало початком розвитку масового вживання наркотиків в обсягах, які до цього не мали прецеденту в історії людства.

Унаслідок передозування препаратами коноплі виникає вегетативне перезбудження, свідченням якого є різке розширення зіниць, відсутність реакції на світло, почервоніння обличчя, пересихання губ і порожнини рота, прискорення серцебиття до 100-120 ударів за хвилину, підвищення артеріального тиску до 150-170 мм рт. ст., порушення координації рухів, гіперрефлексія, надмірне самозаглиблення. Психотичний стан (розлад психіки) триває від кількох годин до кількох днів, а вихід із нього – до 2-3 тижнів, як правило, через тривалий сон і слабкість.

Порушення стану здоров'я проявляються після трьох місяців вживання наркотиків, що виражається ураженням центральної нервової системи (депресії, психічна залежність, гострі психози), зниженням імунітету, ураженнями репродуктивної системи (у жінок припиняються місячні, настає безпліддя, у чоловіків розвивається імпотенція).

Група експертів ВООЗ визначила наркоманію як «стан епізодичного або хронічного отруєння, викликаний багаторазовим введенням наркотику». Комітет експертів ВООЗ розрізняє в наркоманії, як в хворобі, два стани – залежність та звикання.

Психічна залежність – це форма взаємовідносин між наркотиком і особистістю, і ці взаємовідносини залежать як від специфічності ефекту наркотику, так і від потреб особистості, які цей наркотик задовольняє. Чим швидше наркотик задовольняє ці потреби та викликає очікуваний емоційний стан, тим складніше перебороти звичку вживання цього наркотику. В умовах сильної психічної залежності позитивний психологічний стан особистості залежить тільки від того, чи є наркотик під рукою. Врешті-решт він стає необхідною умовою нормального стану особистості. Відсутність наркотику, до якого людина звикла і від якого стала психологічно залежною, може найдраматичнішим чином вплинути на все його життя.

Фізична залежність – це стан адаптації, який виражається в явних порушеннях фізіології у випадку припинення вживання наркотиків. Це явище перебуває в безпосередньому зв'язку з фармакологічною дією наркотику на живу клітину. Класичною ознакою виникнення фізичної залежності є поява абстинентного синдрому, який фактично свідчить про «наркотичний голод». Абстинентний синдром характеризується низкою проявів у психічній та фізичній сферах, специфічних для кожного окремого виду наркотику. Цей стан полегшується або зникає після введення того самого наркотику або речовини, яка має такі ж психофармакологічні властивості. Толерантність є адаптаційним станом, проявляється в зниженні інтенсивності реакції організму на ту саму кількість наркотику або виникає потреба в збільшенні дози для досягнення



ефекту, котрий раніше досягався при дії меншої кількості того самого наркотику.

Залежність характеризують:

– сильне бажання або непереборна потреба (нав'язливий стан) подальшого приймання наркотику, а також спроби отримати його за будь-яку ціну;

- тенденція збільшення дозування через розвиток залежності;
- психічна (психологічна або емоційна) залежність від ефекту наркотику;
- згубні наслідки для особистості і суспільства.

Звикання характеризують:

– бажання подальшого приймання наркотику з метою поліпшення настрою;

- незначна тенденція (або її відсутність) до збільшення дозування;
- деякий ступінь психічної залежності від ефекту наркотику, але відсутність фізичної залежності (відсутність абстинентного синдрому);
- негативні наслідки стосуються тільки особистості наркомана.

Опіум – це психоактивна речовина, яка має найдовшу історію. Опіум це молочний сік, який отримують з надрізаних головок опіумного маку. Мак вирощують у всьому світі, але за вмістом морфіну найкращим вважається балканський і малоазіатський мак. Вміст морфіну є головним фактором, який визначає ефективність та якість опіуму. Спосіб вживання опіуму з метою отримання наркотичного сп'яніння залежить від географічних та культурних особливостей, а також традицій.

Найбільш швидко і сильно діє опіум, який вводиться шляхом ін'єкцій. Цей спосіб вживання діє більш в фізичному, а не в психологічному плані. Після уколу настає фізичне оніміння та спокій, стан характеризується повним розслабленням. Функція інтелекту наближається до нуля. Ці ефекти опіуму притягують напружених, емоційно незрілих людей, які намагаються штучно розслабитись та досягнути стану спокою. Знаючи склад опіуму, можна зрозуміти, що його дія є сумарним ефектом всіх алкалоїдів, які входять до його складу (морфін, кодеїн, тебаїн, папаверин).

Протягом перших декількох місяців приймання опіуму переважають позитивні ефекти, і наркомани, націлені до їх повторення, приймають опіум досить часто. Цей період є вступом до психологічної залежності. Пізніше, через розвиток толерантності, щоб досягнути попереднього ефекту, необхідно збільшувати дози. Попри те, що приємні ефекти слабшають, наркоман вже не може відмовитись від наркотику, тому що потрапляє в фізичну залежність. Він приймає наркотик не для задоволення, а прагне уникнути абстинентної кризи.

Найбільш частими ускладненнями хронічного зловживання опіумом є:

- опіумна гарячка;
- вірусне запалення печінки;
- гнійні інфекції шкіри та тканин, запалення та затвердіння вен.

Морфін – найбільш відомий алкалоїд опіуму, виділений у 1805 р. Це білий кристалічний порошок, який не має запаху, його легко розпізнати за терпким смаком. Він використовується як знеболювальний засіб у медицині. До морфіну

швидко виникає толерантність, і хронічні морфіністи можуть приймати наркотик в дозах, більших за терапевтичні в 20-200 разів. Але необхідно пам'ятати, що толерантність ніколи не є абсолютною, а це означає, що існує межа, за якою доза стає смертельною. Толерантність розвивається протягом приблизно трьох тижнів щоденного вживання. Морфін – наркотик, до якого дуже швидко звикають. Вже через декілька днів постійного вживання препарату формується залежність.

Героїн – це напівсинтетичний похідний морфіну, вперше отриманий в Німеччині в 1898 р. Дессером як ліки, які ліквідують залежність від морфіну. Героїн у 20-25 разів сильніший за морфін і вдвічі сильніший в плані звикання. В хімічно чистому вигляді він являє собою сіро-коричневий порошок. Нелегальні торговці додають до нього кофеїн, лактозу, лимонну кислоту і навіть таку отруту, як стрихнін, котрі підсилюють його дію, водночас збільшуючи його вагу. Героїн сам по собі має слабку фармакологічну дію, але він дуже швидко перетворюється у мозку в морфін, тобто ефект героїну насправді є ефектом морфіну. Чистий морфін не в змозі подолати гематоенцефалічний бар'єр і в великих кількостях потрапити в головний мозок, в той час, як молекули героїну без перешкод проходять цей бар'єр і тільки в мозковій тканині трансформуються в молекули морфіну. Героїн – наркотик, який найшвидше викликає звикання. Вже через кілька днів може виникнути сильна фізична залежність.

Найпоширенішою причиною смерті наркоманів є передозування наркотиків. Навіть відносно невеликі дози героїну можуть стати причиною смерті наркомана внаслідок набряку легень та шоку.

Хронічне отруєння організму наркотичними препаратами, що зумовлює зміни у центральній нервовій системі, призводить до руйнації особистості. Наркоманам властиві зухвалість, нечесність, втрата родинних стосунків тощо. Наркотична залежність постійно потребує збільшення дози препарату, що змушує наркоманів ставати на шлях злочину (крадіжки, розбещеності, підробки рецептів та ін.). З наркоманією пов'язане виснаження організму, що стає причиною багатьох хвороб, особливо печінки і нирок. Ускладнення в організмі відбуваються від застосування нестерильних голочок при ін'єкціях (запалення вен, тромбози, інфекційні захворювання тощо). Захищеність людей від зловживання наркотиками та алкоголем залежить від рівня цивілізованості суспільства, традицій народу, законодавчої практики держави.

Наркоманія – це важке захворювання, що завдає серйозної шкоди здоров'ю, призводить до деградації особистості, інвалідності і смерті в молодому віці.

### **?** *Питання для самоконтролю*

1. Дайте загальну характеристику негативних чинників впливу на людину.
2. Проаналізуйте фізичні чинники негативного впливу на людину.
3. Дайте екологічну характеристику шуму і вібрацій.
4. Дайте екологічну характеристику електричних та магнітних

випромінювань.

5. Проаналізуйте вплив іонізуючого випромінювання на людський організм.
6. Опишіть вплив на організм людини важких металів і їх солей.
7. У чому полягає небезпека дії на організм людини пестицидів?
8. Проаналізуйте токсичність хімічних речовин.
9. Опишіть вплив препаратів побутової хімії і полімерних матеріалів на людину.
10. Дайте визначення соціально-екологічним чинникам впливу на людину.

### *✍ Практичні завдання*

У процесі дисиміляції в тканинах відбулося розщеплення 6 моль глюкози, з яких повного кисневого розщеплення зазнала тільки половина.

1. Визначте, які маси молочної кислоти і вуглекислого газу утворились внаслідок реакції.
2. Яка кількість речовини АТФ утворилась?
3. Яка кількість енергії і в якому вигляді акумулювалась в ній?

## ТЕМА 4. ВИКЛИКИ СУЧАСНОСТІ: АГРОЕКОЛОГІЧНІ, ДЕМОГРАФІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ ЗМІНИ

**Мета:** розглянути вплив агроекологічних та демографічних проблем на взаємодію природи і суспільства, а також окреслити можливі шляхи вирішення цих викликів для створення більш екологічно стабільного та гармонійного суспільства.

### План

1. Агроекологічні проблеми у і шляхи їх розв'язання.
2. Демографічні проблеми людства.
3. Загальносистемні закономірності взаємодії людини й природи (закономірності природокористування та охорони природи).

**Основні поняття:** розорювання; перевипасання; зрошення; ерозія; заболочування, опустелювання; демографічне старіння, демографічний вибух, демографічна криза, соціосфера.

### 1. Агроекологічні проблеми і шляхи їх розв'язання

Сільськогосподарське виробництво займає важливе значення – воно забезпечує людство харчовими продуктами, а промисловість – легку і харчову – сировиною. Саме з розвитком сільського господарства було пов'язане виникнення перших екологічних локальних і регіональних змін природного середовища.

Головним ресурсом для розвитку цієї галузі є ґрунти – поверхневий шар гірських порід, який утворився під дією тварин, рослин, мікроорганізмів, клімату, води та інших факторів. Найважливішою його властивістю є родючість – забезпечення рослин необхідними для їх росту і розвитку органічними і мінеральними компонентами, створення сприятливих умов для такого розвитку.

Найбільшою екологічною проблемою сільськогосподарського освоєння територій є втрати ґрунту. Причинами цих процесів, як зазначають Г. О. Білявський, Л. І. Бутченко та В. М. Навроцький є такі:

- *розорювання* – ґрунти стають беззахисними перед вітровою і водною ерозією, а також великої шкоди завдає культивування небезпечних з погляду екологічності культур (цукрових буряків, картоплі та інших, з якими з полів вивозиться велика кількість родючого шару);
- *перевипасання* – знищення трав'яного покриву породжує подальшу ерозію;
- *зрошення* – у посушливих місцях воно сприяє вимиванню солей з глибин у верхні горизонти і засолення внаслідок швидкого випаровування;
- *ерозія* – процес руйнування ґрунтового покриву і знесення його часток потоками води (водна ерозія, буває глибинний і площинний змив) або вітром (вітрова ерозія), яка посилюється внаслідок господарської діяльності людини;

- *підкислення* – зниження рН ґрунтів, спричинене забрудненням їх хімічними речовинами, які мають кислотний характер;
- *заболочування* – підняття рівня підґрунтових вод чи підтоплення земель в результаті погіршення стоку, утворення плужної підшви, погіршення умов випаровування, інтенсивного випадання опадів, гідромеліоративних робіт;
- *опустелювання* – полягає у виснаженні екосистем внаслідок діяльності людини (зменшення біомаси, продуктивності, видового різноманіття тощо);
- *забруднення ґрунтів*.

Основними забруднювачами ґрунтів є мінеральні добрива (азотні, фосфорні, калійні), пестициди, викиди металургійних заводів, відкритий видобуток корисних копалин, сміттєспалювальних заводів, ТЕС, звалища відходів, атмосферні опади. Нафта і нафтопродукти потрапляють і у ґрунт під час видобутку нафти, при аваріях нафтопроводів, зі стічними водами різних виробництв, під час роботи техніки на полях, змивання нафтопродуктів з автомагістралей, АТП тощо.

Основними шляхами виходу з кризи у сільському господарстві і збереження родючості ґрунтів слід вважати інтенсифікацію сільськогосподарського виробництва, виведення нових високопродуктивних сортів сільськогосподарських культур і порід свійських тварин.

Дуже важливим є проведення рекультивації земель, тобто проводити відновлення порушених промисловістю земельних площ з метою їх використання в інших галузях народного господарства. Особливо актуальними такі заходи є у високорозвинутих промислових районах або в районах масштабних гірничих розробок. Рекультивація включає цілий комплекс напрямків:

- *сільськогосподарський* – вирощування сільськогосподарських культур, для яких токсичні речовини, які знаходять у ґрунті є необхідними у великих кількостях. Наприклад, ріпак можна використовувати для рекультивації земель, постраждалих від радіоактивного забруднення, оскільки він накопичує радіонукліди. Інші ж культури використовують з метою закріплення винесеного ґрунту (ковила, типчак, люцерна);
- *лісогосподарський* напрям – розведення лісів на місцях розробок корисних копалин, пак місцях створених відвалів, сміттєзвалищах;
- *водогосподарський* напрям – на затоплених кар'єрах можуть створюватися ставки, рибні господарства, водноспортивні бази, протипожежні водосховища, інші водогосподарські об'єкти;
- *рекреаційний* напрям – використання для відпочинку населення;
- *будівельний* напрям – забудова рекультивованих земель;
- *санітарно-гігієнічний* напрям – використання територій кар'єрів під звалища відходів.

У сільському господарстві необхідне удосконалення технології обробітку ґрунту, меліорацій і виробництва хімічних добрив і засобів захисту рослин, проведення обґрунтованих з екологічного погляду систем гідро-, лісомеліорації та хімічної меліорації, удосконалення систем землеробства, застосування

елементів його альтернативних типів, виведення з експлуатації малопродуктивних земель.

Важливою проблемою, яка має глобальний характер, є боротьба з ерозією ґрунтів. Остання охоплює головним чином комплекс таких заходів:

- ґрунтозахисна сівозміна – виключення просапних культур і збільшення частки багаторічних трав, підсівних культур, правильне визначення складу культур, їх чергування й агротехнічні прийоми. Збільшення частки багаторічних трав, з метою захисту ґрунту від руйнування в ерозійно небезпечні періоди;

- агротехнічні протиерозійні заходи – заміна відвальної оранки обробкою ґрунту без обороту пласта, оранка, культивування і рядовий посів сільськогосподарських культур упоперек схилу, по можливості паралельно основному напрямку горизонталей;

- лісомеліоративні протиерозійні заходи і створення водорегулюючих лісосмуг – створення водорегулюючих лісосмуг, створення водозахисних лісових насаджень навкруги ставків і водоймищ, насаджень протиерозійних лісопосадок на сильноеродованих землях;

- гідротехнічні споруди – будівництво гідротехнічних споруд з метою затримання стічних вод на прибалкових смугах; здійснення безпечного скидання поверхневих вод в яри; зміцнення дна і схилів ярів від подальшого розмиву і руйнування.

Сільське господарство повинно бути орієнтоване на вирощування екологічно чистої продукції. Для цього актуальне впровадження біологічних методів боротьби зі шкідниками, охорона підземних і поверхневих вод, створення парку легких сільськогосподарських машин, що в сукупності з перерахованими вище заходами у перспективі дасть відчутний економічний і екологічний ефект.

## 2. Демографічні проблеми людства

Проблема людства з тих, що стосуються взаємовідносин усередині людської спільноти – *глобальна демографічна криза*. Вона існує майже в усіх країнах світу, але має свої особливості. Глобальну демографічну кризу визначають два протилежні процеси: *демографічне старіння* у країнах із високим рівнем економічного розвитку та постсоціалістичних країнах і *демографічний вибух* у країнах, що розвиваються.

Високі темпи концентрації промисловості, поява дуже складних видів техніки, транспорту, комунікацій і поліпшення внаслідок цього економічного становища людини прискорило зростання кількості міст і населення, тобто урбанізації.

У країнах Європи, США, Канаді, Австралії, Японії природний приріст не перевищував 5% на рік, а в низці європейських країн цей показник від'ємний (рис. 2). Від'ємний природний приріст спричиняє депопуляцію населення (зменшення чисельності). Зниження показників народжуваності призводить до зменшення частки дітей, населення працездатного віку, проте зростає частка



високої народжуваності і відповідно середньорічний природний приріст становить від 15 до 25%, а в країнах Тропічної Африки – близько 30%. Це зумовлює швидке зростання кількості населення.

*Урбанізація* (лат. – містоформування), означає процес пригнічення природного середовища містами та мегаполісами і погіршення становища природи в цілому.

За даними ООН, у наш час у містах більшості розвинених країн мешкає до 75-80% загальної кількості населення. Щороку міське населення у світі збільшується на 4%.

Якщо до 19 ст. в містах жило всього близько 14% населення, то наприкінці ХХ ст. масова урбанізація стала визначати характер розподілу людської популяції на Землі. Стихійний розвиток міст може приховувати у собі багато небезпек і для городян, бо до останнього часу планування міського господарства велося без урахування екологічних чинників та їх впливу на здоров'я і добробуту людини. Вважають, що перші люди в часи, коли вони почали опановувати вогнем і заселяти планету, являли собою популяцію чисельністю не більше 1 млн чол. Це було ще до переходу до землеробства. З початком землеробства і скотарства чисельність людської популяції зросла приблизно до 100 млн осіб. Після Другої світової війни на Землі в 1950 р. мешкало 2,5 млрд осіб. У 1982 р. загальна чисельність населення планети перевищила 5 млрд, а в 2000 р. вона вже становила більш ніж 6 млрд осіб, тобто майже у 2,5 раза вище, ніж в 1950 р. Географічне зростання населення відбувається нерівномірно. За останній час особливо швидко зросло населення Китаю, Індонезії, Індії, країн Африки та Латинської Америки.

Аналіз народжуваності і смертності населення високорозвинених країн за останні 200 років виявив чіткий перехід від «примітивної» (висока народжуваність і висока смертність) стабільності до «сучасної» (низька смертність і низька народжуваність). Це явище отримало назву демографічного переходу.

Суть демографічного переходу полягає у підтримці стабільної чисельності населення низькою народжуваністю і низькою смертністю. Демографічний перехід супроводжується переміщенням населення в міста і різкою зміною вікового складу населення – «старінням» населення.

За ХІХ ст. кількість міст Європи з населенням понад 100 тис. зросла з 20 до 150. На початку ХХ ст. нараховувалось 11 міст-мільйонерів, з яких 6 знаходилися у Європі. У 1950 році в світі було вже 83 міста-мільйонера (з них 30 у Європі), сьогодні вже майже 280 (50 – у Європі). Очікується, що у 2030 році їх буде майже в двічі більше.

У 1950 році понад 10 млн жителів було тільки у Нью-Йорку. Тепер вже 6 міст мають населення понад 20 млн.

Відсоток міського населення в окремих країнах дорівнює: Аргентина – 83%; Уругвай – 82%; Австралія – 75%; США – 80%; Японія – 76%; Німеччина – 90%; Швеція – 83%.

Крім великих міст, швидко зростають міські агломерації – мегаполіси.



Найбільші мегаполіси світу сконцентрували 20–60 млн жителів.

За прогнозами ООН у XXI ст. в містах країн, що розвиваються, житиме понад 40% населення, а в найбільш урбанізованому регіоні – Латинській Америці – 80%.

Площа земель під забудовою міст кожні 5 років зростає на 20%. У Парижі на 1 км<sup>2</sup> – 25 тис. жителів; у Токіо – 17, у Лондоні – 9.

В Україні кількість населення в обласних центрах на початку XXI століття збільшилось порівняно з серединою XX століття: у Львові – у 2,3 раза; у Луцьку, Житомирі, Рівному – 4,5 – 6 разів; у Дніпропетровську, Харкові, Кривому Розі, Києві – 7–10 разів.

Поява мегаполісів означає стихійну реконструкцію великих районів землі, яка призводить до кризових екологічних ситуацій, пов'язаних з забрудненням повітряного та водного басейнів, зелених масивів тощо.

Великі міста змінюють майже всі компоненти природного середовища: атмосферу, рослинність, ґрунт, рельєф, гідрографічну сітку, підземні води і навіть клімат.

Кожне місто – це штучне середовище антропогенного походження, досить складна урбоекологічна система за своїми специфічними умовами, створеними співвідношенням природних чинників середовища (клімат, рельєф, геологічна будова, фауна і флора) та технічних (особливості промисловості, транспортної мережі, способу життя, суспільної організації).

У сучасній урбоекосистемі виділяють природну, соціальну та технологічну підсистеми, які визначають особливості екосистеми міста.

Урбоекологія – наука, що вивчає проблеми, пов'язані з урбанізацією, та визначенням шляхів поліпшення екологічного стану сучасних міст (оптимізація урбоекосистеми).

Основні проблеми урбанізованих територій:

1. Різке зменшення природних ресурсів: продовольчих, паливно-енергетичних, мінеральних, просторових, рекреаційних.

2. Забруднення атмосферного повітря – над великими містами у повітрі у 10 разів більше аерозолів, у 25 разів більше газів, з яких 60-70% газового забруднення дає автотранспорт;

– підвищується конденсація вологи, що призводить до збільшення опадів на 5-10%;

– сонячна радіація знижена на 10-20%;

– зниження швидкості вітру, що призводить до підвищення температури, контрасти якої в межах міста можуть бути до 5-6°C;

– запиленість та загазованість (автотранспорт);

– виникнення смогів.

Наслідки цього – зниження імунітету, бронхіальна астма, алергічні реакції, хронічні бронхіти, фарингіти, ларингіти, набряк легенів, слизових оболонок, кон'юнктивіт, екзема, онкологічні захворювання тощо.

Розв'язання проблеми автотранспорту – перехід на інші більш екологічно чисті двигуни та види очищеного палива, альтернативні джерела енергії,

електротранспорт, використання метро.

3. Проблеми питної води. Практично всі великі міста зазнають дефіцит води. Споживання води в містах у 10 разів перевищує в сільських районах. Крім того, вода у містах гіршої якості, а іноді не відповідає санітарним нормам, внаслідок відсутності відповідних технологій і коштів (очищення 70-80%). Об'єми стічних вод досягають 1 м<sup>3</sup> за добу на 1 людину. Наслідками вживання неякісної води є підвищення захворюваності на інфекційні хвороби (холера, дизентерія, гепатит, туберкульоз тощо).

Шляхи розв'язання проблеми водопостачання:

1. Охорона водозабірних територій, водосховищ,

2. Методи очищення стічних вод:

– природні – відстійники,

– хімічні – хлорування, очищення озоном;

– фізико-хімічні (електрофорез);

– фізичні – адсорбція, застосування фільтрів.

3. Впровадження оборотного водопостачання (повторне використання очищеної води на підприємствах).

4. Забруднення та зниження родючості ґрунтів.

Ґрунти урбанізованих територій – урбоземи – мають великий вміст важких металів, більшу кислотність, переущільнені, витоптані, мало поживних речовин. Крім того, забруднені побутовими відходами, залишками палива.

Розв'язанню багатьох екологічних проблем може сприяти широке використання підземного простору для розміщення об'єктів міського будівництва, що сприятиме підвищенню ефективності використання земель та покращенню санітарно-гігієнічних умов.

5. Високий рівень шуму (шумове забруднення скорочує життя на 8-12 років).

6. Дія електромагнітного поля.

7. Вібрація (транспорт, метро, будівництво).

Біоурбаністика або аркологія – напрямок ландшафтної архітектури, який займається проблемами раціонального планування структури міста.

Тобто, це екологічна архітектура, яка займається питаннями побудови міст із максимальним урахуванням екологічних чинників, збереженням і розширенням зелених зон, оптимізації умов праці і проживання міського населення, структури міста.

Планувальна структура міста виражається у взаємному розташуванні основних функціональних зон і системах зв'язку між ними. Це основа міста. Вона визначає транспортну схему, зовнішній вигляд міста і відбивається в генеральному плані міста.

У місті є зони різні за призначенням та своїми функціями:

– Промислова зона – це зона яка включає промислові підприємства та культурно-побутові установи, що їх обслуговують, адміністративні заклади, вулиці, площі, зелені насадження.

– Селітебна зона (житлова зона) – територія, призначена для житла. Тут

розміщуються мікрорайони і житлові квартали, підприємства культурно-побутового обслуговування, лікарні, вулиці, площі.

- Санітарно-захисна – зона, що захищає селітебні території від шкідливого впливу промисловості і транспорту.

- Зона відпочинку – рекреаційна зона, парки, лісопарки, спортивні споруди, дитячі майданчики.

- Транспортна – обладнання зовнішнього транспорту (залізничного, водного).

- Складська зона – територія розташування різних складських приміщень.

Велике значення набуває озеленення міських територій, розширення площі зелених насаджень, які виконують санітарну роль, уловлюють пил та знешкоджують токсичні речовини, виділяють у повітря фітонциди (тополя, черемха, бирючина, хвойні рослини).

Рослини зеленої зони (лісосмуги) здатні знижувати у повітрі міського району, порівняно з промисловою зоною, вміст сірчистого газу – на 14%, оксиду вуглецю – 37%, фенолу – 36%.

За санітарними нормами насадження загального користування – парки та інші зелені масиви – повинні займати від 8-24 м<sup>2</sup> на кожного мешканця міста, а в житлових мікрорайонах – від 11-19 м<sup>2</sup>.

Рослинний покрив міста представлений в основному штучними насадженнями – парками, газонами, алеями, квітниками, які потребують постійного догляду та піклування з боку людини. Структура антропогенних фітоценозів не відповідає зональним і регіональним типам природної рослинності. Часто використовуються породи дерев та чагарників, які не витримують антропогенного навантаження: знижується їх продуктивність та естетичний вигляд.

Наприклад: більш стійкими є тополя, ясен, клен гостролистий, шовковиця, бузок; менш стійкими виявляються каштан, липа, жовта акація.

Фітомеліорація – використання рослинності в оптимізації урбоекостистем (тобто очищення і покращення газового складу повітря, його вологості за допомогою зелених рослин).

### **3. Загальносистемні закономірності взаємодії людини й природи (закономірності природокористування та охорони природи)**

Суспільство (соціосфера) є складовою частиною ландшафтної оболонки. Суспільство – це сукупність конкретних людей. Людина – частина природи. Фізичне і духовне життя людини нерозривно пов'язане з природою. Природа – це середовище, в якому людина живе. Життя людини можливе тільки у взаємодії з природою. Ця взаємодія проявляється в різних формах, насамперед в обміні речовин і енергії. Але людина – не тільки біологічна істота, а й суспільна. Умови її життєдіяльності залежать і від суспільного оточення. В зв'язку з цим для пояснення розвитку людини як компонента живої природи і людського суспільства одних тільки біологічних закономірностей недостатньо. Треба

враховувати суспільні умови і закономірності. Між людиною і природою є не тільки біологічна, а й економічна взаємодія. Саме природа є джерелом споживчих вартостей.

Людина і природа не протистоять одна одній. Але було б помилкою стверджувати, що це гармонійне ціле. Якби вони являли собою гармонійне ціле, то не виникали б екологічні проблеми, які в сучасних умовах набувають глобального характеру. Матеріальний світ єдиний, і його компоненти взаємозв'язані, вони впливають один на одного. Тому в процесі пізнання природа і суспільство мають розглядатися у взаємозв'язку і у взаємодії.

Матеріальне виробництво є конкретним виявом взаємодії суспільства і природи. В ньому особливо чітко проявляється єдність частин, що діють взаємно. Відношення людей до природи змінюється з розвитком продуктивних сил. Природа і суспільство становлять єдність. Нарізне вивчення суспільства і природи не забезпечує дослідження тісної взаємодії між ними. У минулому впродовж століть вивчалися окремі компоненти природи і суспільства. Тепер людство має широкі знання про природу і розвиток суспільства. За сучасних умов необхідні наукове опрацювання екологічних проблем і практичні заходи для створення гармонійних відносин між природою і суспільством. Проте до останнього часу були поширені погляди на цілісність «природа – суспільство» як на конгломерат частин. У географічній науці і тепер не подолана розірваність між вивченням природи і суспільства. А тим часом суть сучасної географії полягає в тому, що вона вивчає в певних аспектах природу, суспільство і їх взаємодію.

Гармонія антропогенної діяльності людини і природи можлива тільки при здійсненні контролю чисельності людства; обмеженні надмірних потреб людей; раціоналізації використання природних ресурсів; використанні тільки екологічно доцільних промислових технологій, здійсненні глобального моніторингу за станом навколишнього природного середовища та ін.

Американський вчений – еколог Б. Коммонер, узагальнивши положення біоекології та вивчивши досвід людства у сфері природокористування, сформулював ряд соціально-екологічних законів, виділивши з них чотири основних: все пов'язано з усім; все повинно кудись діватися; ніщо не дається задарма; природа знає краще. Ці закони екології не охоплюють всі сторони взаємодії суспільства і природи, але, прості за формою і глибокі за змістом, вони закладають основу морального ставлення людини до природи.

Певний крок у напрямку переходу біосфери в ноосферу – усвідомлення і проголошення необхідності переходу світової спільноти на позиції сталого розвитку. Філософським обґрунтуванням розвитку системи «людина – природа» є стратегія сталого розвитку, прийнята в декларації на «глобальному саміті» в Ріо-де-Жанейро у 1992 р, Йоханнесбурзі у 2002 р. і в резолюції XXI Конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку. Досягнення глобальної стійкості суспільства означає забезпечення потреб сьогодення без ризику для здатності навколишнього середовища підтримувати життя в майбутньому.

### **?** *Питання для самоконтролю*

1. У чому полягають екологічні особливості галузевого використання природних ресурсів та екотехнологій?
2. Які головні шляхи розв'язання екологічних проблем в галузях промисловості Ви знаєте?
3. Дайте характеристику агроекологічних проблем і шляхів їх розв'язання.
4. Які заходи включає рекультивація земель?
5. Які шляхи боротьби з ерозією ґрунтів?
6. Як проявляється сьогодні демографічна криза?
7. Які негативні екологічні наслідки урбанізації?
8. Розкрийте взаємозв'язок природи та суспільства

### *✍ Практичні завдання*

Проаналізуйте вплив демографічної кризи (зменшення народжуваності, збільшення середнього віку населення тощо) на економіку та соціальні питання конкретної країни. Зібравши статистичні дані, проаналізуйте, які конкретні проблеми виникають з приводу зменшення населення та старіння його складу. Пропонуйте можливі шляхи розв'язання цих проблем на рівні владних рішень та громадського усвідомлення. Результати дослідження подайте у вигляді презентації на практичному занятті.

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

### ТЕМА 5. БІОСФЕРА І ПРОЦЕСИ, ЯКІ ВІДБУВАЮТЬСЯ В НІЙ

**Мета:** засвоїти особливості будови біосфери, законів, за якими функціонує біосфера, особливості хімічних процесів у біосфері.

#### План

1. Будова й склад біосфери, як глобальної екосистеми.
2. Біосфера як термодинамічна система. Закон внутрішньої динамічної рівноваги у біосфері.
3. Закон біогенної міграції елементів В.І. Вернадського. Роль і значення живої речовини.
4. Колообіг речовини в біосфері. Жива речовина в циклах колообігу. Особливості хімічних процесів у біосфері.

**✍ Основні поняття:** біосферологія, гідросфера, атмосфера, літосфера, забруднюючі речовини, джерела забруднень, біосфера, колообіг речовин, біогенна речовина, косна речовина.

#### 1. Будова й склад біосфери, як глобальної екосистеми

Біосфера – це своєрідна оболонка Землі, яка містить усю сукупність живих організмів і ту частину речовини планети, що знаходиться в безупинному обміні з організмами. Будову біосфери можна характеризувати за окремими оболонками, які вона охоплює: нижня частина атмосфери, гідросфера і верхня частина літосфери.

У буквальному перекладі термін «біосфера» позначає сферу життя і в такому сенсі він вперше був введений у науку в 1875 австрійським геологом і палеонтологом Едуардом Зюссом (1831 – 1914). Однак задовго до цього під іншими назвами, зокрема «простір життя», «картина природи», «жива оболонка Землі» і т.п., його зміст розглядалося багатьма іншими дослідниками.

Сучасна концепція біосфери пов'язана з ім'ям академіка Володимира Івановича Вернадського (1863-1945). Проте комплексне вчення про біосферу розробив не лише В. Вернадський: паралельно і незалежно від нього свою власну концепцію створив інший великий вчений – Павло Аполлонович Тутковський. У 1913 р. П. Тутковський повернувся з Житомира до Київського університету, спочатку – приват-доцентом, а з 1914 р. – професором географії. З цієї нагоди він виступив в університеті із вступною лекцією, у якій вперше цілісно виклав власне вчення про біосферу. Тобто є всі підстави говорити про незалежність обох учень, кожне з котрих є оригінальним і самодостатнім.

На думку П.А. Тутковського, як і в давні часи, завданням географії залишається вивчення Землі у сучасному стані, у всіх сферах (вивчення літосфери, гідросфери, атмосфери і біосфери), з погляду розподілу сучасних

фактів і явищ у просторі та їх генези. Отже, термін «біосфера» введений до предметного поля географії поряд з іншими земними сферами – літосферою, гідросферою та атмосферою. Тутковський писав, що біосфера проймає собою всі ці три оболонки поблизу фізичної поверхні Землі – повітря і воду до значних височин та глибин і твердий ґрунт у його горішніх верствах. До біосфери належать усі рослини, тварини і людина; відділ науки, що вивчає біосферу з географічного погляду, названо біогеографією.

В. І. Вернадський в своїх роботах зазначав, що межі біосфери визначаються «полем стійкості» живих організмів, тобто крайніми межами виживання – фізико-хімічними властивостями живих молекул (білків) і їх стійкістю в умовах середовища.

Верхня межа біосфери проходить в нижньому шарі стратосфери, на висоті близько 20 км, де високі концентрації озону (сильного окиснювача органічних молекул) згубні для життя. У вищих шарах стратосфери життя неможливе, тому що УФ сонячне випромінювання руйнує живі клітини. Озон поглинає короткохвильову частину сонячного спектра (УФВ), і тільки під цим екраном, нижче 20 км, можливе життя. Нижня межа біосфери в літосфері. Раніше її пов'язували з температурами, що перевищують 100 °С, проте експериментально встановлено, що життя може існувати навіть при +180 °С. Сучасні нижні межі біосфери в земній тверді опускаються на 2-3 км на суші і на 1-2 км нижче дна океану.

У нафтовмісних прошарках земної кори живі одноклітинні організми зустрічаються ще глибше – на 4-5 км. Більшість організмів нашої планети споживають кисень, потреба в якому прив'язує живі форми до тропосфери (від 0 до 15 км над 50 рівнем моря) і порівняно невеликих глибин (кілька метрів) в гідросфері і літосфері.

Найбільша концентрація життя спостерігається у поверхні суші і океану. Останні дослідження показали, що деякі організми здатні існувати при температурі -250 °С, при дуже низькому тиску і навіть у вакуумі. Широкий діапазон також і хімічних умов середовища для мікроорганізмів – аж до життя в оцті. Відомі бактерії, які мешкають в котлах атомних реакторів, а, відтак, життя можливе навіть під дією йонізуючої радіації.

Таким чином, витривалість деяких живих організмів щодо окремих факторів виходить за межі існування біосфери, тобто у живих організмів є певний «запас міцності» і потенційні можливості поширення. Це дозволяє розглядати біосферу як відкриту систему, здатну самоорганізовуватися, яка виникла на зорі геологічної еволюції Землі й у змозі до подальшого розвитку.

У найрізноманітнішій за будовою, складом і організованістю біосфері виділяють порівняно невелике число основних компонентів:

– жива речовина – живі організми, які населяють Землю незалежно від їх місця в різних класифікаціях. Маса живої речовини на Землі становить в сухому вигляді близько 2400 млрд т. Академік Вернадський вказував – жива речовина є найпотужнішою геохімічною силою нашої планети;

- біогенна речовина – хімічні сполуки, які утворилися в результаті життєдіяльності організмів; Причому ці сполуки можуть і не входити до складу організмів (кам'яне вугілля, торф, гумус, крейда, вапняк, нафта та ін.);
  - косна речовина – речовина, утворена без участі живої речовини (неорганічні породи земної кори, вода, повітря);
  - біокосна речовина – продукти вивітрювання гірських і осадових порід, утворені за участю організмів;
  - речовина космічного походження – метеорити, космічний пил і ін.
- Стабільність і стійкість біосфери можлива за умови збереження всього різноманіття організмів і місця їх мешкання, не допускаючи змін, які виходять за рамки адаптаційних можливостей живих організмів. Механізми колообігу хімічних елементів та їх сполук, забезпечують безперервність процесів, що відбуваються в юіосфері. Властивості і функції біосфери зумовлюються живою речовиною і середовищем її мешкання, яке створене організмами.

## **2. Біосфера як термодинамічна система. Закон внутрішньої динамічної рівноваги у біосфері**

З термодинамічного погляду біосфера – це складна, адаптивна, нерівноважна, відкрита система. Складна, тому що складається з відносно незалежних елементів, кожен з яких взаємодіє з іншими, в результаті чого система набуває нових властивостей, які непритаманні для її окремих елементів. Адаптивна, тому що здатна самостійно встановлювати й підтримувати на певному рівні ті чи інші показники у відповідь на зміну будь-яких чинників.

Адаптація характерна для біологічних систем будь-якого рівня. Одноклітинні здатні підтримувати сталість цитоплазми (внутрішнього середовища клітини), що об'єднує всі клітинні структури й забезпечує внутрішньоклітинний транспорт речовини. Багато організмів можуть регулювати температуру свого тіла.

Прикладом самоорганізації екосистем є сезонні цикли – в літній період рослини переживають період активного розвитку, а взимку перебувають у стані спокою. Нерівноважна, тому що використовує зовнішні джерела енергії. Нині основним джерелом енергії для біосфери є радіація Сонця. Організми (рослини, водорості) шляхом фотосинтезу перетворюють енергію сонячного випромінювання в хімічну енергію. Далі хімічна енергія розсіюється в процесах життєдіяльності організмів або «консервується» в біогенних осадових породах (торф, вугілля, нафта і т. п.).

Потреба нерівноважних відкритих систем в зовнішньому джерелі енергії впливає з основних законів термодинаміки:

- енергія може перетворюватись з однієї форми на іншу, але не може бути створена або знищена;
- при здійсненні роботи енергія не може використовуватись на 100 %, тому що частина її в результат випадкового руху молекул перетворюється на тепло, тоді як робота завжди передбачає спрямоване (впорядковане, а не випадкове) використання енергії.



У системі, яка знаходиться в нерівноважному стані, відбуваються необоротні процеси, які прагнуть повернути систему у стан термодинамічної рівноваги, за умови відсутності чинників, що перешкоджають цьому, наприклад, підведення (або відведення) енергії до системи.

Відкрита система, тому що біосфера може існувати лише за умови постійного обміну речовиною з навколишнім середовищем. Атмосфера, гідросфера і літосфера є джерелом речовин, необхідних флорі, фауні і мікроорганізмам, а також резервуаром, в який повертаються продукти діяльності і залишки біоти. Організми існують завдяки участі в малому колообігу речовин – отримують з навколишнього середовища необхідні для життя речовини, які повертають після використання назад, в середовище мешкання.

Будь-яка термодинамічна система, відчуваючи зовнішній вплив, реагує відповідно до принципу Ле-Шательє-Брауна: зовнішній вплив, що виводить систему з термодинамічної рівноваги, викликає в ній процеси, які прагнуть послабити результати цього впливу. З цього принципу випливає важливий наслідок: якщо система не може компенсувати вплив зовнішнього впливу, то вона, або руйнується, або переходить в новий стійкий стан.

У біосфері принцип Ле-Шательє-Брауна проявляється в еволюції організмів при зміні фізико-хімічних умов в її сферах. На нашій планеті неодноразово відбувалися різкі зміни домінантних форм життя в результаті зміни зовнішніх факторів, що змінюють місце існування. Загальна тенденція зміни геохімічної ситуації в біосфері відповідала переходу від відновлювальних умов до окиснювальних (рис. 3)

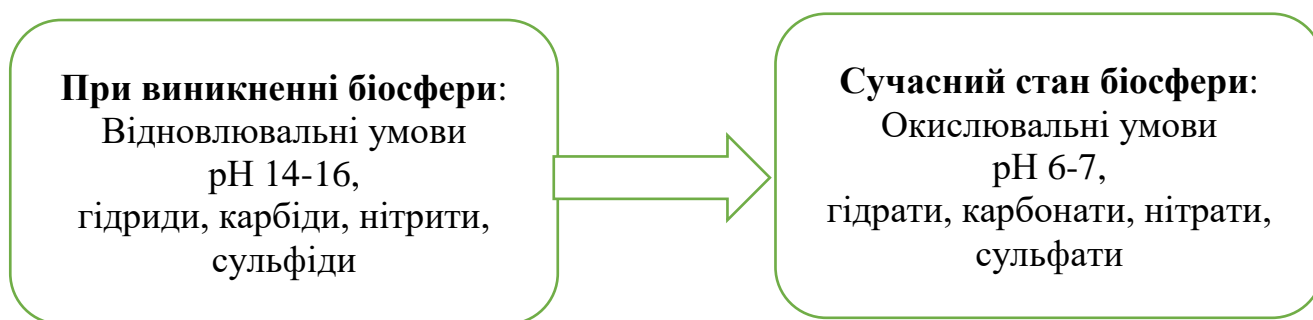


Рисунок 3 – Хімічна еволюція біосфери

Виділяють кілька геологічних періодів (епох), кожному з яких відповідала певна геохімічна ситуація і домінантні форми життя.

*Епоха безжиттєвої Землі* – тут водень перебував переважно в гідридній формі, наприклад, у складі сильного відновника моносілана ( $\text{SiH}_4$ ), який вступав в реакції з кислими газами, в результаті чого утворювалися і накопичувалися в атмосфері сполуки, необхідні для виникнення життя на планеті, такі як:

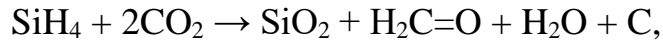
- вода і вільний азот:



- аміно-радикали – компоненти для синтезу білків:



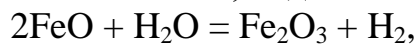
– вуглеводи та інші органічні сполуки:



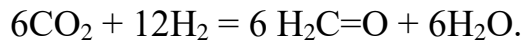
тут  $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$  – умовна формула вуглеводів.

*Епоха зародження життя* – в цей час утворювалися стійкі органічні молекули, здатні до синтезу та відтворення, відбувалось накопичення амінокислот, формальдегіду, води та ін.

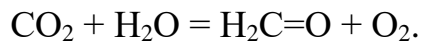
*Епоха початку життя* – з'явилися найпростіші організми з нагромадженої раніше органічної речовини, поступово збільшувалася різноманітність організмів, з'явилися бактерії здатні синтезувати органічну речовину з мінеральних сполук. Такі організми були спроможні брати участь, наприклад, в осадженні Fe і Si з морської води і формуванні залізистих кварцитів. Первісні залізобактерії могли переводити  $\text{Fe}^{2+}$  в  $\text{Fe}^{3+}$ , виділяти молекулярний водень:



і синтезувати вуглеводи:



Потім з'являються бактерії, здатні з вуглекислого газу і води синтезувати органічні речовини і утворювати вільний кисень:



При цьому, в умовах відновної ситуації, атмосфера і гідросфера збагачувалися киснем.

*Епоха розвитку життя.* Поступово відбувалася зміна геохімічної ситуації – вона стала окисною і з'явилися ядерні організми, в основі життєвого циклу яких було дихання киснем. Такі організми відрізняються інтенсивним обміном речовин, що зумовило появу багатоклітинних форм життя. У цей період витрата кисню на окиснення гірських порід і газів зменшилася, тому що істотно зменшилися процеси вулканізму і концентрація  $\text{O}_2$  в атмосфері швидко зросла. Оскільки кисень небезпечний для простіших, то вони були витиснуті в екологічні ніші з екстремальними умовами.

*Епоха сучасного життя.* Накопичення кисню призвело до утворення в атмосфері «озонового шару», який екранує поверхню Землі від УФВ, згубного для багатьох організмів. Життя вийшло на сушу, з'явилися рослини.

У будь-якій відкритій системі (в тому числі в екосистемах, а отже і біосфері, що містить співзалежні між собою речовини, за умови сталого збереження параметрів її стану, рано чи пізно настає хімічна рівновага, яка характеризується постійною (рівноважною) концентрацією речовин і динамічністю зворотних реакцій, що відбуваються в ній не припиняючись і йдуть з однаковою швидкістю.

Динамічна рівновага в біосфері – це стан рівноваги екологічних систем, які перебувають під впливом зовнішніх (в тому числі техногенних і антропогенних чинників) і внутрішніх сил, при якому їх основні характеристики залишаються в межах допустимих значень, що забезпечують нормальний розвиток живих організмів.

У 70-х рр. минулого сторіччя еколог професор Н. Ф. Реймерс сформулював закон внутрішньої динамічної рівноваги: «Речовина, енергія, інформація і

динамічні якості окремих природних систем та їх ієрархії взаємопов'язані настільки, що будь-яка зміна одного з цих показників викликає супутні функціонально-структурні кількісні і якісні зміни, які зберігають загальну суму матеріально-енергетичних, інформаційних і динамічних якостей систем, де ці зміни відбуваються, або в їх ієрархії».

Закон Реймерса розкриває механізм екологічного балансу. При зовнішньому впливі на навколишнє середовище в біосфері може порушитись динамічна рівновага. Щоб цього не сталося, екосистеми змушені своєчасно реагувати на зміни потоків речовини і енергії. При цьому сума динамічних якостей інформації, речовини і енергії в системах залишається незмінною, хоча самі елементи кількісно змінюються. Таку закономірність можна представити у вигляді рівняння:

$$a + b + c + d = f,$$

де  $a, b, c$  і  $d$  – елементи системи, які можуть змінюватися, а  $f = const$ .

Однак рівняння справедливо до тих пір, поки процеси в природі відбуваються самі собою – природним чином. Важливі для практики наслідки із закону внутрішньої динамічної рівноваги автор виклав у своєму словнику-довіднику (Реймерс Н. Ф. Природокористування. 1990 р.):

1. Будь-яка зміна середовища (речовин, енергії, інформації, динамічних якостей екосистем) призводить до розвитку природних ланцюгових реакцій, спрямованих на нейтралізацію цієї зміни або утворення нових природних систем, формування яких при значних змінах середовища може прийняти незворотний характер. Під ланцюговою реакцією в природі розуміється ряд природних явищ, кожне з яких тягне за собою зміну інших, пов'язаних з ним явищ. Наприклад, при сильному забрудненні озеро втрачає здатність до самоочищення, розмножуються анаероби і озеро перетворюється на болото, тобто формується нова природна система. У науковій літературі з екології можна зустріти таке формулювання закону Реймерса: «Будь-які зміни одного або декількох компонентів середовища неминуче призводять до розвитку природних ланцюгових реакцій, що йдуть в сторону формування нових природних систем». Відомий також закон внутрішньої динамічної рівноваги екосистеми, який формулюють так: «Якщо змінюється водність або хімізм середовища, то обов'язково змінюються всі інші екологічні компоненти системи, її динамічні якості, або в цілій екосистемі, або в їх пов'язаних ланцюгах».

2. Взаємодії в природних системах кількісно не є лінійними. Іншими словами, в результаті нелінійності, неповної пропорційності взаємин екологічних компонентів і виникнення ланцюгових природних реакцій, ефект, очікуваний при перетворенні природи, може не виникнути або виявитись набагато сильніше, ніж очікувалось. Наприклад, малі відхилення в газовому складі атмосфери, в зв'язку з її забрудненням оксидами сірки та азоту, призводять до виникнення кислотних опадів, які, своєю чергою, викликають деградацію і загибель лісів, озер. Або ще, абсолютно незначна зміна концентрації вуглекислого газу в атмосфері призводить до посилення парникового ефекту і ін.

3. Зміни, що відбулися в великих екосистемах відносно незворотно. Проходячи по ієрархії знизу вгору – від місця локального впливу й охоплюючи біосферу в цілому, вони змінюють її глобальні процеси й, тим самим, переводять їх на новий еволюційний рівень. Зміни хімічного складу атмосфери, її температури, вологості, освітленості й т.п. неминуче призводять до виникнення нових, більш пристосованих до нових умов екологічних систем, тобто спрямовують еволюцію біосфери. При цьому екологічна система не може знову повернутися до колишнього стану (навіть при встановленні похідних умов середовища), як і будь-який організм (вид або популяція) не в змозі повторити повністю своїх предків або повернутися від старості до народження.

4. Будь-яке локальне перетворення природи викликає в біосфері відповідні реакції, які призводять до відносно незмінності еколого-економічного потенціалу, збільшення якого можливе лише шляхом значного зростання енергетичних вкладень – «правило Тришкіного каптану». Зрушуючи динамічну рівновагу, шляхом вкладення значної енергії для створення стану середовища, сприятливого для життя і діяльності людини, люди порушують співвідношення енергетичних компонентів. Якщо ці зрушення гаснуть в ієрархії природних систем і не викликають термодинамічного розладу, то становище сприятливе або терпиме. Проте зайве вкладення енергії і матеріально-енергетичний розлад часто ведуть до зниження природноресурсного потенціалу аж до перетворення території в пустелю. Іноді виникають ситуації, коли «чим більше пустель ми перетворюємо на сади, тим більше садів ми перетворюємо на пустелі». При цьому, через нелінійності процесів, опустелювання за темпами може значно випереджати створення «квітучих садів».

### **3. Закон біогенної міграції елементів В.І. Вернадського. Роль і значення живої речовини**

Нежива (косна) речовина в геологічний час практично залишається незмінною, інертною, нерухомою і закономірно змінює свій атомний склад лише внаслідок радіоактивних процесів. Жива речовина в ході еволюційних процесів докорінно змінює свої форми, породжує нові види організмів і безліч нових хімічних сполук. Це вказує на те, що еволюція видів у ході геологічного часу, яка призводить до створення форм життя стійких в біосфері, йде лише внаслідок біогенної міграції атомів біосфери. Таким чином, основою динамічної рівноваги і стійкості біосфери є колообіг речовин і перетворення енергії. До появи життя на Землі колообіг речовин здійснювався тільки внаслідок абіотичних факторів – температури, тиску, освітленості та ін. З появою життя на Землі до них додалися біотичні фактори – форми впливу організмів один на одного, як всередині виду, так і між різними видами.

Біологічний колообіг – циклічне переміщення біогенних елементів в біосфері, в якому беруть участь живі організми і абіотичне середовище. Елементи – С, Н, О, N, S, P і ін., що поглинаються організмами з довкілля, входять до складу їх тіл (білків, нуклеїнових кислот, ліпідів, вуглеводів) і, нарешті, в результаті мінералізації загиблих організмів, повертаються в

навколишнє середовище, після чого можуть використовуватись повторно – у новому циклі колообігу. В. І. Вернадський встановив *закон біогенної міграції атомів*: «Міграція хімічних елементів в біосфері здійснюється або за безпосередньої участі живої речовини (біогенна міграція) або протікає в середовищі, геохімічні особливості якої ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$  і т.д.) зумовлені живою речовиною, як тією що населяє біосферу нині, так і тої, що населяла Землю в попередні періоди еволюції».

Відповідно до закону В.І. Вернадського, розуміння загальних хімічних процесів, які протікали і протікають в біосфері, неможливо без урахування спільної дії абіотичних і біотичних факторів. Оскільки людина впливає на біосферу і її живі організми, то вона, тим самим, змінює умови біогенної міграції атомів, створюючи передумови для хімічних змін, які при глобальному розмаху можуть стати некерованими.

За допомогою закону біогенної міграції елементів можна свідомо і активно запобігати розвитку негативних явищ у навколишньому середовищі; керувати біогеохімічними процесами в біосфері, використовуючи «м'які» екологічні методи.

В межах біосфери жива речовина розподіляється нерівномірно. Життя, головним чином, зосереджено на границях стикання геосфер. Так, наприклад, біомаса організмів, які мешкають на суші, на 99,2 % складається з рослин і тільки 0,8 % – гриби, тварини і мікроорганізми. У Світовому океані навпроти, біомасу рослин становлять 6,3 %, а тварин і мікроорганізмів – 93,7 %. Маса живої речовини складає близько 0,01 – 0,02 % від косної речовини. Проте, діяльність живих організмів є основною, яка забезпечує колообіг речовини в природі.

Жива речовина прагне заповнити собою весь навколишній простір. Ця характерна властивість організмів, яку радянський еколог Н. Реймерс образно називав «тиском життя», пов'язана як з інтенсивним розмноженням, так і здатністю організмів збільшувати поверхню свого тіла (наприклад, площа листя рослин на 1 га може становити понад 8-10 га).

Вчені стверджують, що деякі форми організмів, при сприятливих для розмноження умовах, могли б заповнити всю земну кулю за кілька днів або навіть годин. Вважають, що щорічна продукція живої речовини в біосфері становить близько 232 млрд т сухої органічної речовини, яка постійно трансформується, постачаючи речовини й енергію, необхідні живим організмам. Жива речовина в біосфері виконує різноманітні біохімічні функції (табл. 14).

Як приклади виконання функцій живою речовиною можна навести такі – перетворення газового складу; утворення осадових порід; ослаблення «парникового ефекту»; процеси самоочищення та ін. З характерних особливостей і специфічних властивостей живої речовини можна виділити наступні:

- 1) жива речовина біосфери характеризується великим запасом енергії;
- 2) швидкість протікання хімічних реакцій за участю живої речовини йдуть в тисячі, а іноді в мільйони разів швидше, ніж між частинками косної речовини;

3) жива речовина за хімічним складом різноманітніша, ніж косна речовина і, крім того, вона здатна адаптуватися до умов існування;

Таблиця 14 – Деякі біохімічні функції живої речовини

Функції	Характеристика процесів
Газова	Виділення і поглинання $O_2$ і $CO_2$
Енергетична	Поглинання сонячної енергії при фотосинтезі, передача хімічної енергії, при розкладанні енергонасичених речовин, і живої речовини по харчовому ланцюгу
Концентраційна	Вибіркове акумулювання певних видів речовини, які використовуються для побудови тіла організму і видаляються з нього при метаболізмі
Середовищеутворююча	Перетворення фізико-хімічних параметрів середовища – перенесення речовини в вертикальному і горизонтальному напрямку проти сили тяжіння, течії води, вітру і т. п.
Деструктивна	Мінералізація біоорганічної речовини й косної речовини; залучення речовин, що утворилися в біологічному колообігу

Сьогодні відомо понад 2 млн органічних сполук, які входять до складу живої речовини, в той час, як кількість мінеральних речовин складає близько 2 тис., тобто на три порядки менша.

4) компоненти живої речовини – білки, ферменти та ін. – стійкі тільки в живих організмах і швидко розкладаються (мінералізуються) після їх смерті.

#### **4. Колообіг речовини в біосфері. Жива речовина в циклах колообігу. Особливості хімічних процесів у біосфері**

Основою самопідтримки життя на Землі є колообіг речовин – багаторазова участь їх в процесах, які протікають в геосферах, перш за все в тих їх прошарках, які входять до складу біосфери. Колообіг речовин здійснюється при безперервному надходженні (потоці) зовнішньої енергії Сонця і внутрішньої енергії Землі. Залежно від рушійної сили всередині колообігу речовин можна виділити геологічний, біологічний і антропогенний колообіг.

*Геологічний колообіг речовин (великий колообіг) в природі* – це колообіг, рушійною силою якого є екзогенні та ендегенні геологічні процеси:

– ендегенні процеси відбуваються під впливом внутрішньої енергії Землі, яка виділяється в результаті радіоактивного розпаду, кристалізації гірських порід, а також тектонічних рухів, землетрусів, вивержень вулканів;

– екзогенні процеси протікають під впливом зовнішньої енергії Сонця, вивітрювання гірських порід і мінералів, видалення продуктів руйнування з одних ділянок земної кори й перенесення їх на нові ділянки, відкладення і накопичення продуктів руйнування з утворенням осадових порід. До них

відносять також: геологічну діяльність атмосфери, гідросфери (річок, тимчасових водотоків, підземних вод, морів і океанів, озер і боліт, льоду), а також живих організмів і людини.

*Біологічний колообіг речовин (біогеохімічний або малий колообіг)* в біосфері – це колообіг, який здійснюється за участю живих організмів. Відмінною рисою малого колообігу речовин є те, що він відбувається в межах біосфери. Основним джерелом енергії малого колообігу є сонячна радіація і хлорофіл зелених рослин. Життя на Землі не могло б існувати без міграції елементів: рослинність без тварин і бактерій незабаром вичерпала б запаси вуглекислого газу і мінеральних речовин, а тварини без рослин позбулися б джерела енергії й кисню. Тут органічні з неорганічних речовин синтезують автотрофи, а останні вживають гетеротрофи.

До біогенного колообігу можна віднести й переміщення самої живої речовини. Сюди відносяться сезонні перельоти птахів, переміщення тварин в пошуках корму, масові міграції тварин. Природно, що всі ці різноманітні форми руху живого викликають і транспортування абіогенної речовини. Органічні речовини мікроорганізмів після їх загибелі мінералізуються – перетворюються (за участю гетеротрофів) на неорганічні речовини, які знову можуть бути використані для синтезу автотрофами органічної речовини.

Речовину, яка бере участь в біогеохімічному колообігу поділяють на два фонди:

1) обмінний фонд – речовина, пов'язана прямим обміном між живими організмами і навколишнім середовищем;

2) резервний фонд – це речовина, не пов'язана з живими організмами. Залежно від місця розташування речовини резервного фонду біогеохімічні колообіги можна поділити на два типи:

– колообіг газового типу з резервним фондом речовин в атмосфері й гідросфері (колообіг вуглецю, кисню, азоту);

– колообіг осадового типу з резервним фондом в земній корі (колообіг фосфору, кальцію, заліза та ін.).

Колообіг газового типу більш досконалий, ніж осадового типу, тому що витягти потрібні живим організмам речовини із земної кори набагато складніше, ніж з атмосфери. Інтенсивність малого колообігу в першу чергу визначається температурою навколишнього середовища і кількістю води. Так, наприклад, біологічний колообіг інтенсивніше протікає у вологих тропічних лісах, ніж в тундрі.

*Антропогенний колообіг (обмін) речовин* – це колообіг, який здійснюється за участю людини. У ньому можна виділити дві компоненти:

– біологічну, пов'язану з функціонуванням людини як живого організму,

– технічну, пов'язану з господарською діяльністю людей (це так званий техногенний колообіг).

Якщо геологічний і біологічний колообіги значною мірою замкнуті, то антропогенний колообіг відкритий. Тому часто говорять не про антропогенний колообіг, а про антропогенний обмін речовин. Ця особливість антропогенного

колообігу речовини призводить до виснаження природних ресурсів і забруднення природного середовища, тому є основною причиною всіх екологічних проблем людства.

Зараз з'явилася можливість обчислити швидкість міграції (колообігу) речовини. Так, за даними Л. М. Тюрюканова, в пшениці, наприклад, повна зміна атомів відбувається для фосфору за 15 діб, а для кальцію – в 10 разів швидше. За підрахунками біолога П. Б. Гофмана-Кадошнікова, протягом життя людини крізь його тіло проходить 75 т води, 17 т вуглецю, 2,5 т білків, 1,3 т жирів.

Інтенсивність колообігу речовин визначається в першу чергу температурою навколишнього середовища і кількістю води. Фахівці вважають, що за час існування біосфери вільний кисень атмосфери оновлювався не менше мільйона разів, а води Світового океану пройшли через біогенний цикл не менше 300 разів.

Лімітують колообіг речовини процеси міграції та циркуляції. Так, наприклад, підземні води оновлюються за 5 тис. років, вода океану – за 3 тис. років, атмосферна вода оновлюється за 10 діб.

Таким чином, великий і малий колообіг речовин за своєю суттю є періодичні взаємопов'язані фізико-хімічні та біологічні процеси, в яких беруть участь живі організми, поглинаючи із зовнішнього середовища одні речовини і виділяючи інші.

Біогеоценози, що складаються з великого числа видів організмів і косних компонентів середовища, здійснюють цикли, за якими пересуваються атоми різних хімічних елементів, здійснюючи міграцію крізь живі організми і косне середовище. В результаті колообігу речовини відбуваються також процеси самоочищення. Можливість багаторазового використання одних і тих же елементів робить життя на Землі практично вічним за умови постійного надходження достатньої кількості енергії.

Усі без винятку живі організми беруть участь у колообігу речовин в природі. Жива речовина, попри те, що за своєю масою займає малу частку в порівнянні з будь-якої з оболонки Землі, є найбільш активною формою матерії на нашій планеті. Вона формується в результаті колообігу речовин, які відчувають каталітичну дію з боку живих організмів. В ході еволюції змінювався клімат Землі, умови вивітрювання порід і все більшу роль став грати мікроклімат, що створювався живою речовиною (спочатку флорою, а потім і фауною), яка виконала величезну геохімічну роботу в біосфері, повністю перетворивши верхні оболонки Землі. До складу живої речовини входять елементи найбільш поширені в природі – це водень, вуглець, кисень, азот, фосфор, сірка та ін.

Органічні речовини побудовані на основі 4-валентного вуглецю, здатного, приєднуючи радикали утворювати замкнуті й розімкнуті ланцюжки вуглеводнів. Хімічний склад живої речовини підтверджує єдність природи – він представлений тими ж елементами, що і нежива природа, але не повторює склад середовища проживання, відрізняючись співвідношенням атомів і іншою будовою молекул. В процесі життєдіяльності організми використовують



найбільш доступні атоми, здатні до утворення стійких хімічних зв'язків з встановленням динамічної рівноваги, як у власних системах, так і в системах косної речовини планети – ґрунтах, природних водах і т. д.

Жива речовина біосфери ділиться на однорідну і різнорідну; за значенням в оновленні життя – на соматичну і репродуктивну; за способом харчування – на автотрофну, гетеротрофну і міксотрофну. Однорідна жива речовина утворена біомасою речовини, яка представлена особинами одного виду або роду, а різнорідна навпаки, представлена особинами різних видів, що населяють різні екосистеми: ліси, річки, болота і т. д.

Соматична жива речовина – це сукупність всіх клітин організму, крім статевих – репродуктивних клітин, які забезпечують відтворення життя в біосфері. Все розмаїття видів живої речовини біосфери пов'язане між собою через харчування. *Автотрофи* – первинні продуценти органічної речовини в біосфері. *Гетеротрофи* – виконують в екосистемі роль консументів (споживачів готової органічної речовини) і редуцентів (деструкторів органічної речовини), які створюють вторинну біомасу. *Міксотрофи* – організми, зі змішаним типом харчування. Усюди де існують організми, здійснюється біогенний потік атомів, який забезпечує функціональну цілісність біосфери.

В результаті колообігу живої речовини відбувається синтез і розпад органічної речовини, при цьому хімічні елементи з живої речовини поперемінно переходять в біогенну речовину (залишки відмерлих організмів і продуктів життєдіяльності). Нерівномірний розподіл і неоднакова трансформація живої речовини призводить до того, що частина її випадає з колообігу і накопичується в екосистемі. Це потужне джерело потенційної енергії (кам'яне вугілля, вапняк, торф, сланці, нафта та ін.).

Отже, найважливішою функцією живої речовини є участь у перерозподілі або перетворенні речовини і енергії між компонентами біосфери, тобто участь в колообігу речовин, за допомогою якої підтримуються стабільні умови для існування живої речовини й в першу чергу людини.

У загальному випадку, хімічні процеси, які протікають в біосфері мають такі характерні особливості:

- 1) в хімічних реакціях беруть участь живі організми;
- 2) реакції можуть проходити, як тільки між неорганічними, або тільки органічними речовинами, так і при спільній участі цих сполук;
- 3) одночасно можуть протікати реакції змішаного типу (окиснювально-відновні, обмінні, і ін.) часто без контакту речовин, що взаємодіють (наприклад, окиснювач і відновник в живих організмах може перебувати в різних частинах тіла);
- 4) поточні хімічні процеси в основному є нерівноважними.

До особливостей хімічних процесів, які протікають в повітряній оболонці біосфери (атмосфері) можна віднести наступні:

- 1) переважання окиснювально-відновних реакцій завдяки кисню повітря;
- 2) багато реакцій ініціюються енергією випромінювання Сонця і проходять за механізмами ланцюгових перетворень при участі радикалів:  $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{H}_2\text{O}$ ,  $-\text{O}$ ,  $\cdot$ –

H, –H;

3) продукти реакцій, часто токсичні неорганічні і органічні сполуки, можуть переноситися на великі відстані і довгий час зберігатись в атмосфері у вигляді аерозолів.

Процеси у водній оболонці біосфери (гідросфері) мають наступні особливості:

1) хімічні реакції, які протікають в природних водах, здебільшого йонообмінні і окиснювально-відновні;

2) різноманіття хімічних сполук, які беруть участь і утворюються в реакціях, зумовлене присутністю в природній воді практично всіх класів неорганічних і органічних речовин;

3) на хід реакцій впливають процеси гідролізу і гідратації молекул та йонів;

4) в сорбційних процесах (адсорбції, абсорбції, десорбції) і фотохімічних перетвореннях під впливом УФВ Сонця беруть участь водорості (їх існує понад 30 тис. видів) і бактерії (їх міститься від 1 до 300 млн од. в кожному 1 см<sup>3</sup> природної води). Особливість хімічних процесів, які протікають у твердій оболонці біосфери (літосфері), полягає в тому, що взаємодії між основними її компонентами (мінералами) рідко можуть проходити без участі компонентів інших оболонок біосфери. Тому на хімію у цій оболонці біосфери величезний вплив мають: різкі коливання температур, вміст CO<sub>2</sub> і O<sub>2</sub> в атмосфері, вода, кислотні опади і т.п. У земній оболонці біосфери протікають найрізноманітніші реакції – сполучення і розкладання, заміщення та обміну, багато мінералів можуть брати участь в окиснювально-відновних процесах, виконуючи при цьому функцію відновника або окиснювача.

Самий верхній родючий шар літосфери – ґрунт, є середовищем існування живих організмів. Будь-який ґрунт можна розглядати як гетерогенну систему, що складається з трьох фаз:

- твердої (мінеральний «скелет», органічні та біологічні компоненти),
- рідкої (ґрунтовий розчин), о газоподібної (ґрунтове повітря).

Тому ґрунт, як сполучна ланка між усіма оболонками біосфери і живими організмами, відіграє важливу роль в процесах обміну речовиною (і енергією) між компонентами біосфери. Наприклад, газовий обмін між атмосферою і земною корою, атмосферою і підземними водами і ін. здійснюється через ґрунт. У ґрунті одночасно можуть перебігати хімічні, фізичні та біологічні процеси.

### **?** *Питання для самоконтролю*

1. Схарактеризуйте будову біосфери.
2. Назвіть основні компоненти біосфери.
3. Назвіть вчених, що внесли значний внесок у розвиток науки про біосферу.
4. Чому біосферу вважають глобальною екосистемою?
5. Схарактеризуйте етапи хімічної еволюції біосфери.

6.В чому полягають особливості хімічних процесів у біосфері?

*✍ Практичні завдання*

1. Основний канал потрапляння Sr-90 у ґрунт – радіоактивні опади з атмосфери. Якщо його концентрацію в ґрунті прийняти за 1, то через здатність концентруватися при русі по трофічних ланцюгах концентрація Sr-90 у злаках складе близько 27 одиниць, а в м'ясі корів близько 500 одиниць. Оцініть зміст Sr-90 у людей, що харчуються м'ясом корів (у відносних одиницях).

2. Оцініть концентрацію ДДТ та його метаболітів у щуці, якщо їх сумарна концентрація у річковій воді дорівнює 0,000005 мг/л, а коефіцієнт акумуляції ДДТ і його метаболітів у трофічних ланцюгах у середньому близький до 100.

3. За добу людина споживає в середньому 430 г O<sub>2</sub>. Одне дерево, середніх розмірів, за вегетаційний період поглинає близько 42 кг CO<sub>2</sub>. На скільки діб вистачить людині кисню, продукованого одним деревом за вегетаційний період?

## ТЕМА 6. ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ГЛОБАЛЬНОГО ЗАБРУДНЕННЯ БІОСФЕРИ І ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДЕЙ

**Мета:** набути знання щодо екологічних наслідків забруднення біосфери та господарської діяльності людини.

### План

1. Парниковий ефект.
2. Виснаження озонового шару.
3. Кислотні дощі.
4. Масове зведення лісів.
5. Екологічна криза як криза антропоцентричної свідомості.

**✍ Основні поняття:** парниковий ефект, озоновий шар, кислотні дощі, вирубка лісів, екологічний туризм, екологічна криза.

### 1. Парниковий ефект

Парниковий ефект – це підвищення температури земної поверхні в результаті нагрівання нижньої атмосфери внаслідок накопичення парникових газів. Як результат, температура повітря вища, ніж повинна бути, і це призводить до незворотних наслідків, таких як зміна клімату та глобальне потепління. Століття тому ця екологічна проблема існувала, але була не настільки очевидною. З розвитком технологій кількість джерел, що забезпечують парниковий ефект в атмосфері, щороку збільшується. Для визначення механізму цього явища необхідно визначити причини, з яких формується парниковий ефект.

Причини парникового ефекту:

- транспорт – легкові та вантажні автомобілі виділяють вихлопні гази, які також забруднюють повітря та посилюють парниковий ефект;
- вирубка лісів, ліси поглинають вуглекислий газ і виділяють кисень, і зі знищенням кожного дерева на планеті кількість CO<sub>2</sub> у повітрі збільшується;
- використання в промисловості горючих корисних копалин – вугілля, нафти, природного газу, при згорянні яких виділяється величезна кількість вуглекислого газу та інших шкідливих сполук;
- приріст населення впливає на зростання попиту на їжу, одяг, житло, і для забезпечення цього зростає промислове виробництво, яке все більше забруднює повітря парниковими газами;
- лісові пожежі – ще одне джерело знищення рослин на планеті;
- агрохімікати та добрива містять різну кількість сполучень, в результаті випаровування яких виділяється азот – один з парникових газів;
- розкладання та спалювання сміття на звалищах також сприяють збільшенню парникових газів.

Наслідки парникового ефекту. Одною з основних проблем є зміна клімату. З підвищенням температури повітря води морів і океанів випаровуються інтенсивніше з кожним роком. Деякі вчені прогнозують, що через 200 років відбудеться таке явище, як «висихання» океанів, а саме значне падіння рівня води. Це одна сторона проблеми. Інша причина полягає в тому, що підвищення температури призводить до танення льодовиків, що підвищує рівень води в океанах і призводить до затоплення берегів континентів і островів. Збільшення кількості повеней і затоплень прибережних районів вказує на те, що рівень води в океані збільшується з кожним роком. Підвищення температури повітря призводить до того, що райони, які слабо звожуються дощами, стають посушливими та непридатними для життя. Тут врожаї гинуть, що призводить до продовольчої кризи для населення району. Крім того, тварини не знаходять їжі, оскільки рослини гинуть через брак води. Багато людей у своєму житті звикли до погодних та кліматичних умов. Коли температури повітря та води підіймаються на планеті, відбувається глобальне потепління. Люди не витримують високих температур. Наприклад, якщо раніше середньорічна температура становила +22 – + 27, то підвищення до + 35 – + 38 призводить до сонячного удару та теплового удару, зневоднення та проблем із серцево-судинною системою, ризику інсульту. Для того, щоб уникнути цієї катастрофи потрібно, в першу чергу зупинити вирубку лісів, посадити нові дерева і чагарники, тому, що вони поглинають вуглекислий газ і виділяють кисень. Використання електромобілів знизить кількість вихлопних газів. Крім того, можна перейти з автомобілів на велосипеди, що зручніше, дешевше і безпечніше для навколишнього середовища. Також розробляються альтернативні види палива, які, на жаль, дуже повільно впроваджуються в наше повсякденне життя. А також, необхідно, звернути увагу людству і почати робити все, що в силах для зменшення скупчення парникових газів.

## **2.Виснаження озонового шару**

Стратосферний озон (так звана озоносфера) розташований на висотах від 10 до 45 км. Він є свого роду природним фільтром, який перешкоджає проникненню в нижні шари атмосфери жорсткого ультрафіолетового випромінювання.

Спектр УФВ охоплює хвилі довжиною від 100 до 400 нм, який відповідно до стандартів ISO поділяють на діапазони:

УФВ-А, довгохвильовий (400-315 нм; 3,10-3,94 еВ),

УФВ-В середньохвильовий (315-280 нм; 3,94-4,43 еВ),

УФВ-С короткохвильовий (280-100 нм; 4,43-12,4 еВ).

Проходячи крізь атмосферу, всі УФВ-С промені і приблизно 90 % УФ-В променів поглинаються озоном, парами води, киснем і вуглекислим газом. На УФВ-А промені, які володіють слабкою енергією, атмосфера впливає меншою мірою. Тому спектр УФВ, що потрапляє на поверхню Землі, включає в основному слабкі УФВ-А і незначну кількість УФВ-В, які дуже важливі для живих організмів і здоров'я людини. Концентрація озону в приземних шарах атмосфери (близько  $2 \cdot 10^{-6}$  %) не має шкідливого впливу на людину. Однак озон

– активний газ і великі кількості його, які утворюються в атмосфері при фотохімічному перетворенні вихлопних газів автомашин у великих містах з інтенсивним рухом автотранспорту, можуть несприятливо діяти на людину.

У 1974 році хіміки Маріо Моліна та Шервуд Роуланд з Каліфорнійського університету, Ірвайн, вперше попередили про небезпеку погіршення дії озону в атмосфері. Озоновий шар – цінний складник, що є особливим фільтром, який захищає біосферу та людство від прямого сонячного світла. Порушення озонового шару може призвести до безповоротних наслідків для всіх живих організмів. Проблема зменшення озонового шару дуже серйозна й може спричинити збільшення УФ-випромінювання в десять разів. Це, своєю чергою, сприятиме погіршенню зору живих організмів, збільшенню кількості хворих на рак шкіри, замору планктону у світовому океані, різним мутаційним змінам. Концентрація озону в повітрі маленька (0,0001 %), але її цілком вистачає для збереження всього живого від УФ-випромінювання.

Проблема виснаження озонового шару пов'язана з діяльністю людства. Головні причини руйнування озонового шару Землі:

- утворення озонових дір;
- викиди фреону в атмосферу.

Сенсаційне відкриття, озонової діри, було зроблене у 80-х роках минулого століття. У місцях, де руйнується озон, концентрація газу знижується до критичної позначки (30 %). Тобто озонові діри, що утворилися в стратосфері, можуть пропускати УФ-промені на Землю та згубно впливати на живі організми.

Антропогенні причини утворення озонових дір пов'язані із запуском космічних ракет, а також літаками, що літають на висоті 12-16 км. Перша озонова діра помічена ще в 70-ті роки над Антарктидою. За даними супутників, концентрація озону в дірі була на 30-50 % меншою за норму. Тоді ж виявилось, що товщина озону була неоднаковою в середніх і високих широтах Північної півкулі. Явною причиною виникнення озонових дір також могло бути використання космічних кораблів і надзвукових літаків.

У холодильній техніці й аерозольних балончиках широко застосовуються фреони. Викиди цих речовин в атмосферу призводять до того, що в стратосфері утворюються озонові діри, причини й наслідки яких вивчаються і до сьогодні. Згідно з науковими дослідженнями, була офіційна заява про вплив на здоров'я живих організмів і природу в цілому змін в озоновому шарі.

Питанням «як зберегти озоновий шар» стали займатися ще в минулому столітті, від 1985 року. Тоді першочергово обмежили викиди фреонів в атмосферу. Деякі заходи мали успіх, зокрема, було зменшено виробництво фторхлорвуглеців, виробники стали застосовувати речовини, що замінюють фреон, у холодильниках та аерозольних балончиках. Проте є й такі проекти, які були відсунуті на другий план, оскільки потребують величезних фінансових вкладень. Наприклад, отримання озону штучним способом могло б значно покращити ситуацію.

Строгий і постійний контроль за станом озонового шару є необхідною умовою охорони навколишнього середовища. У цьому плані велике значення має

метод лазерного зондування профілів стратосферного озону, що дозволяє отримати інформацію, яку неможливо одержати традиційним зондуванням озону

### **3.Кислотні дощі**

Кислотні дощі – це опади, що містять кислі компоненти, такі як сірчана або азотна кислота, які випадають на Землю з атмосфери у вологій або сухій формі. Це дощ, сніг, туман, град або навіть пил, які є кислотними.

Відзначимо, для нормальної дощової води рН становить 5,6-5,7, тобто вода має слабкокисло реакцію. Обумовлено це тим, що  $\text{CO}_2$ , яке входить до складу повітря, вступає в реакцію з атмосферною вологою і утворює слабку вугільну кислоту.

Перший кислотний дощ в історії був зафіксований ще в далекому 1872 року, якраз в епоху розквіту індустріалізації, масового будівництва заводів і фабрик. Термін «кислотні дощі» запропонував у 1872 р. англійський інженер Роберт Сміт у книзі «Повітря і дощ; початок хімічної кліматології». Англійське королівське хімічне суспільство, називає його «батьком кислотного дощу». Сміт вибрав цей термін, вивчаючи хімічний склад дощової води поблизу промислових міст Англії й Шотландії.

У Книзі рекордів Гіннеса зафіксовано найбільший кислий дощ з рН = 2,83, який випав в 1982 р. в районі Великих озер на американсько-канадському кордоні. Кисла реакція дощової води залежить від концентрації в атмосфері кислих газів, найчастіше оксидів сірки та азоту. Рідше закислення опадів відбувається через забруднення атмосфери плавиковою або соляною кислотою.

Хоча антропогенні забруднювачі зараз є причиною більшості кислотних опадів, природні явища також можуть бути їх джерелом. Наприклад, вулкани можуть викликати кислотні дощі, викидаючи в повітря забруднюючі речовини.

Головним кроком у розв'язанні екологічної проблеми кислотних дощів, як, втім, і проблеми парникового ефекту є скорочення викиду в атмосферу шкідливих промислових відходів, використання очисних фільтрів на заводах і фабриках. І в перспективі створення екологічно безпечних виробництв, в цілому всі сучасні технології повинні впроваджуватися лише тільки після оцінки їх впливу на навколишнє середовище.

Поступовий перехід на екологічні електромобілі також буде кроком на шляху до подолання проблеми виникнення кислотних дощів. Перші подібні автомобілі Tesla сьогодні завоюють популярність, хочеться вірити, що в майбутньому вони стануть повсюдними, а автомобілі на бензині стануть надбанням історії, як стали, наприклад старі парові поїзда.

### **4.Масове зведення лісів**

З найбільш важливих глобальних екологічних проблем сучасності є масове зведення лісів. Одним із самих наочних показників стану біосфери служать ліси, їхнє самопочуття. Кислотні дощі, що викликаються, головним чином, діоксидом сірки й оксидами азоту, завдають величезної шкоди лісовим біоценозам. Установлено, що хвойні породи страждають від кислотних дощів у

більшому ступені, чим широколистяні. Тільки на території нашої країни загальна площа лісів, уражених промисловими викидами, досягла 1 млн га. Значним чинником деградації лісів в останні роки є забруднення навколишнього середовища радіонуклідами. Так, у результаті аварії на Чорнобильській АЕС уражено 2,1 млн га лісових масивів.

Особливо сильно страждають зелені насадження в промислових містах, атмосфера яких містить велику кількість забруднюючих речовин.

Відомо, що лісові співтовариства грають найважливішу роль у нормальному функціонуванні природних екосистем. Вони поглинають атмосферні забруднення антропогенного походження, захищають ґрунти від ерозії, регулюють нормальний стік поверхневих вод, перешкоджають зниженню рівня ґрунтових вод і замулюванню рік, каналів і водоймищ. Зменшення площі лісів порушує процес круговороту кисню й вуглецю в біосфері. Хоч катастрофічні наслідки зведення лісів уже широко відомі, знищення їх продовжується. Зараз загальна площа лісів на планеті складає близько 42 млн км<sup>2</sup>, але вона щорічно зменшується на 2%. Особливо інтенсивно знищуються вологі тропічні ліси в Азії, Африці, Америці і деяких інших регіонах світу. Так, в Африці ліси займали раніше близько 60% її території, а зараз – усього близько 17%. Значно скоротилися площі лісів і в нашій країні.

Зведення лісів спричиняє загибель їхньої флори й фауни. Людина збіднює образ своєї планети. Проте, здається, людство вже усвідомлює, що його існування на планеті нерозривно пов'язано з життям і добробутом лісових екосистем. Серйозні попередження учених, що пролунали в деклараціях Організації Об'єднаних Націй, інших міжнародних організацій, почали знаходити відгук. У останні роки в багатьох країнах світу стали успішно проводитися роботи щодо штучного лісорозведення.

## **5. Екологічна криза як криза антропоцентричної свідомості**

Екологічна криза ХХ століття засвідчує, що біосфера та її компоненти є досить крихкими структурами. Вони почали інтенсивно руйнуватися під впливом глобального антропогенезу та втрачати сприятливі для людини властивості.

Кінець ХХ століття – це час усвідомлення кризи цивілізації, заснованої на індивідуалізмі, споживанні та підкоренні природи.

Протягом всієї історії свого існування людина спиралася на природоруйнівну структуру господарювання. Напередодні ХХІ століття людство ступило на поріг нової складної епохи – екологізації всіх сфер виробничої діяльності. Її легкому протіканню заважають:

- соціально-політичні передумови, коли уряди та народи ще не зрозуміли необхідності включення стану навколишнього середовища до числа пріоритетів розвитку нації;

- економічно-технічні передумови, які полягають у тому, що екологічно чисті технології відсутні або дорого коштують, та передумови морально-психологічного характеру, що зводяться до не усвідомлення згубних наслідків



антиекологічних дій.

Технократична парадигма мислення, притаманна ХХ століттю, настільки сильна, що вихід з екологічної кризи, як і раніше, намагаються знайти звичайними шляхами:

- контроль за технологіями, які використовуються у промисловості;
- прийняття природоохоронних законів;
- створення екологічно чистих виробництв і т.п.

Іншими словами, коли екологічна криза породжена технічним прогресом, то слід просто внести відповідні корективи в напрямок цього прогресу. Екологічна криза сприймається як щось зовнішнє стосовно людини, а не як те, що міститься у ній самій. Однак, дієвість будь-яких заходів, які приймаються по захисту природи, зрештою, визначаються поведінкою людей, які взаємодіють з нею, їх відношенням до природи.

Все більша кількість дослідників доходять висновку, що екологічна криза – це, в першу чергу, криза світогляду, філософсько-ідеологічна криза. З цього погляду, розв'язання екологічних проблем у глобальному масштабі неможливе без зміни домінуючої зараз екологічної свідомості. Терміном «екологічна свідомість» традиційно позначається сукупність уявлень (як індивідуальних, так і групових) про взаємозв'язки в системі «людина-природа» і у самій природі, а також відповідних стратегій і технологій взаємодії з нею. Саме сформований тип екологічної свідомості визначає поведінку людей стосовно природи.

Поступова зміна технократичного шляху розвитку суспільства на шлях екологічний, найбільш придатний можливий шлях подальшого розвитку людської цивілізації.

### **?** *Питання для самоконтролю*

1. Які основні ознаки глобальних екологічних проблем?
2. Що таке «Парниковий ефект», які причини його виникнення та наслідки?
3. Які причини та наслідки виснаження озонового прошарку?
4. Які причини виникнення кислотних дощів, та їх наслідки?
5. Як впливає забруднення атмосфери, гідросфери, ґрунтів на розвиток живих організмів та здоров'я людей?
6. Які можливі шляхи гармонізації взаємовідносин між суспільством і природою?

### **✍** *Практичні завдання*

1. Які речовини обумовлюють солоність морської та океанічної води, яка містить 35‰, або 3,5%? Яка їх роль для рослинних і тваринних організмів?
2. Проаналізуйте значення дихання у колообігу вуглецю за наступними даними, тис. т/рік: дихання рослин – 50; тварин – 4,1; людей – 0,7.
3. У наш час у атмосфері міститься  $1,2 \times 10^{15}$  т кисню. Біологічні потреби населення планети у кисні (дихання) оцінюються у 2 млрд м<sup>3</sup>/добу, а техносфера, створена людиною, поглинає кисню близько 60 млрд м<sup>3</sup>/добу (без урахування

спалювання викопного палива). Щорічно через спалювання викопного палива в атмосфері накопичується  $\Delta C = 5$  Гт вуглецю. Оцініть проміжок часу, через який вміст кисню в атмосфері зменшиться на 1 % за збереження нинішньої тенденції розвитку людства. Густина кисню при нормальних умовах становить  $0,0014$  г/см<sup>3</sup>.

4. Для виробництва одного кілограма м'яса потрібно близько 15 тисяч літрів води, а для виробництва одного кілограма зерна – 1000 літрів. Щорічне споживання води для виробництва продуктів харчування складає приблизно  $1,8 \times 10^{12}$  м<sup>3</sup>. Оцініть, через який час кількість води в океанах зменшиться на 0,01% за умови збереження сучасних тенденцій споживання води.

5. Щорічно антропогенна діяльність додає близько 404040 Гт CO<sub>2</sub> до атмосфери. Вміст CO<sub>2</sub> в атмосфері сьогодні становить приблизно  $3 \times 10^{15}$  т. Щорічно природні процеси поглинають близько 252525 Гт CO<sub>2</sub>. Оцініть, через кількість років вміст CO<sub>2</sub> в атмосфері зростає на 10%.

6 Загальні світові запаси викопного палива оцінюються у  $5 \times 10^{12}$  барелів нафти (у нафтовому еквіваленті). Світове споживання енергії з викопного палива зростає  $100 \times 10^6$  барелів нафти щодня. Оцініть, скільки років залишилося до вичерпання запасів викопного палива для збереження сучасного рівня споживання.

7. Один гектар тропічного лісу продукує 101010 т кисню на рік. Щорічно вирубується близько  $150 \times 10^3$  км<sup>2</sup> тропічних лісів. Біологічні потреби у кисні для населення Землі становлять 222 млрд м<sup>3</sup>/добу. Оцініть, через скільки років вироблення кисню стане недостатнім для потреб людства, якщо тенденція вирубки лісів збережеться.

**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. БІОГЕОХІМІЧНІ ЦИКЛИ.  
ТОКСИКАНТИ. СТАНДАРТИ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА  
ТЕМА 7. КОЛООБІГ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

**Мета:** ознайомитись з основними принципами колообігу хімічних речовин, схарактеризувати процеси перетворень хімічних речовин у природі та під впливом антропогенного фактора, зокрема важливість цих процесів для живих організмів та навколишнього середовища, зрозуміти важливість збереження ресурсів та визначити методи контролю за процесами колообігу речовин.

**План**

1. Антропогенний колообіг сполук: колообіг вуглецю, азоту, фосфору.
2. Колообіг біогенних елементів.
3. Ресурсний цикл.

**Основні поняття:** колообіг хімічних речовин; ресурсний цикл; екосистеми, біосфера, трансформація речовин, біогеохімічний цикл.

**1. Антропогенний колообіг сполук: колообіг вуглецю, азоту, фосфору.**

В основі життя знаходиться обмін речовиною між організмом і навколишнім середовищем. Підхід до пізнання екосистем полягає в дослідженні біогеохімічних циклів (колообігів), різні фази яких протікають всередині різних екосистем. Будь-яка екосистема як складова частина біосфери є джерелом необхідних окремому організму матеріальних ресурсів, є хімічним середовищем проживання. Від відповідності хімічного складу біосфери вимогам живих організмів залежить життєдіяльність цих організмів.

На рівні екосистем і біосфери в цілому відбуваються безперервні фізико-хімічні процеси, які є біогеохімічним циклом. Діяльність людського суспільства на цей час радикально трансформує хімію біосфери. Антропогенний вплив на біогеохімічні цикли проявився не тільки на локальному екосистемному, а й на біосферному, а також планетарному і навколосезонному космічному рівні.

Сформулюємо поняття біогеохімічного циклу. Усі речовини на нашій планеті перебувають в процесі біогеохімічного колообігу. Висувають два основних колообіги: великий (геологічний) і малий (біотичний). Великий колообіг відбувається протягом сотень тисяч або мільйонів років. Він полягає в тому, що гірські породи підлягають руйнуванню, вивітрюванню, а продукти вивітрювання, в тому числі і розчинені у воді речовини, зносяться струмами води у Світовий океан. Тут вони утворюють опади, морські напашарування. Великі повільні геотектонічні зміни, опускання материків і підняття морського дна, переміщення морів та океанів протягом тривалого часу призводять до того, що накопичені на дні морів і океанів речовини знову повертаються на сушу

(літосферу).

Малий колообіг, є частиною великого, і полягає в тому, що поживні сполуки ґрунту, вода, вуглець акумулюються в речовині рослин, витрачаються на побудову тканин рослин, входять до складу органічних речовин, забезпечують життєдіяльність самих рослин, а також організмів-консументів. Продукти розпаду речовини після загибелі рослин потрапляють до розпорядження ґрунтової мікрофлори і мезофауни, а саме бактерій, грибів, хробаків, моллюсків, найпростіших та інших, тобто знову залучаються до потоку речовини (та енергії).

Колообіг хімічних елементів (або речовин) з неорганічного середовища через рослинні і тваринні організми назад у неорганічне середовище з використанням сонячної енергії або енергії хімічних реакцій називається *біогеохімічним циклом*.

До головних циклів належать біогеохімічні цикли вуглецю, води, азоту, фосфору, сірки, біогенних катіонів.

*Колообіг вуглецю.* Біотичний колообіг вуглецю є складовою частиною великого колообігу у зв'язку з життєдіяльністю організмів. Вуглекислота, або  $\text{CO}_2$ , що знаходиться в атмосфері ( $23,5 \times 10^{11}$  т) або в розчиненому стані у воді, слугує сировиною для фотосинтезу рослин і перероблення вуглецю в органічну речовину живих істот, тобто в процесі фотосинтезу перетворюється в цукор, потім перетвориться в протеїни, ліпіди і т. д. Ці речовини слугують вуглеводним харчуванням тварин і наземних рослин, тобто надходять у розпорядження консументів різних рівнів, а далі – редуцентів. При диханні організмів  $\text{CO}_2$  повертається в атмосферу. Певна частина вуглецю накопичується у вигляді мертвої органіки і переходить в копалинний стан. Коли настає смерть, то сапрофаги і біоредуценти двох типів розкладають і мінералізують трупи, утворюючи ланцюги харчування, в кінці яких вуглець нерідко надходить в круговорот у формі вуглекислоти («ґрунтове дихання»). Тварини-сапрофаги і сапрофатичні мікроорганізми, що мешкають в ґрунті, перетворюють накопичені в ній залишки в нове утворення органічної матерії, більш-менш потужний шар коричневої або чорної маси – гумус. Іноді через нестачу повітря або високу кислотність ланцюг буває неповним або коротким, тобто органічні залишки накопичуються у вигляді торфу, утворюючи торф'яні болота. У деяких болотах шар торфу сягає потужності 20 м і більше. Тут і призупиняється природний (біологічний) колообіг.

Поклади кам'яного вугілля або торфу – продукт процесів фотосинтезу рослин минулих геологічних епох. Однак сонячну енергію, акумульовану в викопному паливі, людина інтенсивно вивільняє при спалюванні палива, при цьому  $\text{CO}_2$  поступає в атмосферу. Основна маса вуглецю біосфери акумульована в карбонатних відкладах дна океану (вапняки й корали):  $1,3 \times 10^{16}$  т, кристалічних породах –  $1,0 \times 10^{16}$  т. У кам'яному вугіллі та нафті –  $3,4 \times 10^{15}$  т. Саме цей вуглець бере участь в поважному геологічному колообігу. Життя на Землі і газовий баланс атмосфери піддержується кількістю вуглецю, що міститься в рослинних ( $5 \times 10^{11}$  т) і тваринних ( $5 \times 10^9$  т) тканинах. Проте в цей час людина

інтенсивно замикає на собі колообіг речовин, у тому числі і вуглецю. З іншого боку, надходження діоксиду вуглецю в атмосферу в результаті спалення енергоносіїв веде до глобальних порушень в біосфері, – порушення теплового балансу.

За останнє сторіччя вміст  $\text{CO}_2$  збільшився на 10 %, причому основний приріст відбувся в останні десятиліття. В атмосфері затримується близько половини всього «антропогенного»  $\text{CO}_2$ , а решта поглинається Світовим океаном. Вважається, що екосистеми (наземні) асимілюють близько 12 %  $\text{CO}_2$ , загальний час його перенесення – 8 років. За прогнозами до середини XXI століття вміст  $\text{CO}_2$  в атмосфері подвоїться.

Накопичення  $\text{CO}_2$  в атмосфері в усьому світі пов'язується зараз з так званім «парниковим ефектом» (цьому сприяє також накопичення  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CFCl}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ). Діоксид вуглецю не поглинає видиму і ближню УФ-області сонячної радіації, а з іншого боку, ІЧ-випромінювання Землі поглинається  $\text{CO}_2$  в атмосфері, не пропускається в космос. Затримування тепла поблизу поверхні Землі – це процес дуже важливий для підтримки життя на Землі, інакше середня температура була б на  $33^\circ\text{C}$  нижче теперішній. Але перспективи швидкого підвищення  $t^\circ\text{C}$  Землі дуже небезпечні, оскільки призведуть до підвищення рівня Світового океану.

*Колообіг азоту.* Хоч цей колообіг має найбільшу складність, він здійснюється швидко і безперешкодно. Повітря, що містить 78 % азоту, одночасно слугує і величезним вмістилищем і запобіжним клапаном системи. Він безперервно і в різних формах живить колообіг азоту. Головна роль азоту полягає в тому, що він входить до складу життєво важливих структур організму – амінокислот білка, а також нуклеїнових кислот. У живих організмах міститься приблизно 3 % всього активного фонду азоту. Рослини споживають приблизно 1 % азоту; час його колообігу складає 100 років. Від рослин-продуцентів азотовмісні сполуки переходять до консументів, від яких після відщеплення амінів від органічних сполук азот виділяється у вигляді аміаку або сечовини, а сечовина потім також перетворюється в аміак (внаслідок гідролізу). Надалі в процесах окислення азоту аміаку (нітрифікації) утворюються нітрати, здатні асимілюватися корінням рослин. Частина нітритів і нітратів у процесі денітрифікації відновлюється до молекулярного азоту, що надходить в атмосферу.

Всі ці хімічні перетворення можливі в результаті життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів. Ці дивовижні бактерії – фіксатори азоту – здатні використовувати енергію свого дихання для прямого засвоєння атмосферного азоту і синтезування протеїдів. Таким шляхом у ґрунт щорічно вноситься близько 25 кг азоту на 1 га. Але найефективніші бактерії живуть в симбіозі з бобовими рослинами в бульбашках, що розвиваються на коренях рослин. У присутності молібдену, який слугує каталізатором, і особливої форми гемоглобіну (унікальний випадок у рослин) ці бактерії (*Rhizobium*) асимілюють величезні кількості азоту. Утворений (пов'язаний) азот постійно дифундує в ризосфері (частина ґрунту), коли бульбашки розпадаються. Але ще азот

надходить у наземну частину рослин. Завдяки цьому бобові виключно багаті протеїнами й дуже поживні для травоядних. Річний запас таким чином накопичується в культурах конюшини та люцерни, складаючи 150 – 140 кг/га.

Крім бобових такі бактерії живуть на листі рослин (у тропіках), а також актиноміцети – на коренях вільхи, що фіксують азот. У водному середовищі – це сині водорості.

Отже, азот з різноманітних джерел надходить до коренів у вигляді нітратів, абсорбується корінням і трансформується в листя для синтезу протеїнів. Протеїни слугують основою азотного харчування тварин, а також їжею деяких бактерій. Організми, що розкладають органічну речовину після смерті, переводять азот з органічних сполук у мінеральні. Кожна група біоредукторів спеціалізується на якійсь одній ланці цього процесу. Ланцюг закінчується діяльністю аміноутворюючих організмів, що утворюють аміак ( $\text{NH}_3$ ), який далі входить у цикл нітрифікації: *Nitrosomonas* окислює його до нітритів, а *Nitrobarter* окислює нітрити в нітрати. З іншого боку, бактерії-денітрифікатори розкладають нітрати, звільняють  $\text{N}_2$ , який випаровується в атмосферу. Але цей процес не дуже небезпечний, оскільки розкладає приблизно 20% загального азоту, і то лише на ґрунтах, дуже удобрених гноєм (приблизно 50 – 60 кг азоту 1 га).

Колообіг азоту нині піддається сильному впливу людини. З одного боку, масове виробництво азотних добрив та їх використання призводить до надмірного накопичення нітратів. Азот, що надходить на поля у вигляді добрив, втрачається через відчуження врожаю, вилуговування і денітрифікації. З іншого боку, при зниженні швидкості перетворення аміаку в нітрати амонійні добрива накопичуються в ґрунті. Можливо придушення діяльності мікроорганізмів у результаті забруднення ґрунту відходами промисловості.

Однак ці процеси мають локальний характер. Набагато більше значення має надходження оксидів азоту в атмосферу при спалюванні палива на ТЕЦ, транспорті, заводах («лисячий хвіст»). У промислових районах їх концентрація в повітрі стає дуже небезпечною. Під впливом випромінювання відбуваються реакції органіки (вуглеводів) з оксидами азоту з утворенням високотоксичних і канцерогенних сполук.

*Колообіг фосфору.* Фосфор здійснює колообіг у наземних екосистемах в якості важливої і необхідної складової частини цитоплазми: біоредуктори мінералізують органічні з'єднання фосфору з відмерлих організмів у фосфати, які знову споживають коріння рослин. Величезні запаси фосфору, що накопичилися за минулі геологічні епохи, містять гірські породи; в процесі руйнування ці породи віддають фосфати наземним екосистемам, а проте значні кількості фосфатів беруть участь в круговороті води, коли відбувається їх вилуговування водою і винесення в моря й океани. Тут вони збагачують солоні води, живлять фітопланктон і пов'язані з ним харчові ланцюги. Потім разом з відмерлими залишками фосфати занурюються в океанічні глибини, частина втрачається в глибинних відкладах, частина повертається на землю за допомогою морських птахів.

Повернення фосфору можливе ще й завдяки рибальству. Рибу в усьому

світі використовують як добриво (рибна мука), в тому числі під посіви рису. Вважають, що кожен рік таким чином повертається в колообіг 60 тис. т. фосфору, що далеко не компенсує витрати тих 2 млн т. фосфатів, які щорічно видобувається з покладів і швидко вилуговується при використанні як добрива. Фосфор – це слабка ланка в життєвому ланцюзі, що забезпечує існування людини.

## **2. Колообіг біогенних елементів**

Відомо, що вуглець, азот, водень, кисень, фосфор, сірка формують живі організми. Однак ці організми не зможуть жити без достатньої кількості багатьох інших елементів – катіонів металів. Серед них калій, кальцій, магній (іноді натрій) належать до групи макроелементів, оскільки вони необхідні у великій кількості, однак такі елементи, як залізо, бор, цинк, мідь, марганець, молібден, кобальт, аніон хлору, належать до мікроелементів і вони потрібні лише в малій кількості (вираженій у мільйонних частках сухої речовини).

На суші головним джерелом біогенних елементів (катіонів) слугує ґрунт, який отримує їх у процесі руйнування материнських порід. Катіони абсорбуються корінням, розподіляються різними органами рослин, накопичуються в листі, тобто входять у корм рослиноїдних споживачів подальших порядків у ланцюзі харчування.

Мінералізація загиблих організмів повертає біогенні катіони в ґрунт, створюється враження, що цикл здатний продовжуватися безперервно. Однак ґрунт вилуговується дощами, дощові води переносять катіони в систему підземного стоку, а також і в поверхневий стік: у річки, моря, іноді в значних кількостях. Вилуговування – автокаталітичний процес: чим більше воно прогресує, тим більше деградують ґрунтові колоїди. Становище стає особливо важким у тропічних місцевостях: зливові дощі, низька абсорбованість ґрунтового комплексу (мала кількість гумусу), виснаження ґрунтів монокультурами кави, какао, кукурудзи, арахісу.

Коли вирубуються або випаляються ліси під сільське господарство, які мінералізуються таким шляхом, то запас біогенних речовин швидко вилуговується дощами і ґрунт втрачає свою родючість. Якщо на ньому тимчасово припинити посіви, то він знову може дати життя лісу, але вже вторинному, з менш ціною біомасою, ніж у первісного. Після повторення подібних операцій ґрунт буде покриватися все більш і більш убогою рослинністю зі зменшеною біомасою. Спочатку утворюється савана, потім степ, а потім – пустеля. Значить, коловорот мінеральних катіонів супроводжує цикли вуглецю та азоту.

У помірних широтах наслідки вилуговування не так помітні, але в результаті вирубок (суцільних під корінь), при корчуванні пнів і зняття дерну руйнується гумус – ресурс поживних речовин. Отже, порушується колообіг, його повнота: перехід до пустки або луку з мізерною рослинністю і меншим запасом біомаси. Виснаження ґрунту можливе не тільки внаслідок зняття рослинного покриву, а й через сільськогосподарські культури. Є такі культури, як буряк,

картопля, олійні культури, що забирають щорічно від 300 до 700 кг мінеральних речовин на 1 га.

### 3.Ресурсний цикл

Людина інтенсивно трансформує процеси колообігу всіх хімічних елементів не тільки на локальному, а й біосферному рівні. Людство – це частина біосфери (з його виробництвом). Принципових відмінностей в утилізації природних ресурсів між людиною та іншими організмами немає з погляду екології: відмінності полягають лише в масштабах. Той факт, що людина навчилася утилізувати природні ресурси, утворюючи для цього спеціальні засоби, справи не міняє.

Наскільки б не були масштабними процеси антропогенної трансформації речовини, вони здійснюються в рамках глобальних біогеохімічних циклів. Людина не має сили радикально змінити ці цикли. Найбільше, що він може, – це змінити баланс речовини на визначальних етапах глобальних циклів або на певних територіях. Людина знаходить і видобуває природні ресурси, перевозить їх до місць переробки, виробляє з них енергію, яку-небудь продукцію і предмети, які в підсумку надходять у користування у вигляді засобів виробництва або виробів, споруд тощо. Тобто людина втягує природні ресурси (речовини) в ресурсний цикл.

Під *ресурсним циклом* розуміють сукупність перетворень і переміщень певної речовини або груп речовин на всіх етапах використання його людиною (виявлення, вилучення з природного середовища, переробку, використання, повернення в природу). Але якщо природні цикли речовин замкнуті, то ресурсний цикл як колообіг практично не замкнутий, тобто використані речовини не повертаються в місця їх вилучення. На кожному етапі ресурсного циклу неминучі втрати. При видобутку частина сировини залишається в місцях залягання, а у відвали йде так звана «порожня порода», на витяг якої витрачається енергія. Значна частка добутих копалин втрачається при транспортуванні до заводів і фабрик, при перевантаженні, переробці. Якщо ресурс використовується як паливо, то при його згорянні утворюються шлаки, що йдуть у відвали, оксиди, що летять в атмосферу і т. д. Якщо ж нафта і вугілля переробляються промисловістю, то неминуче утворення побічних твердих, рідких, газоподібних продуктів як технологічних відходів, які формують так звані хвостові викиди, які завдають шкоди екосистемі, порушують якість середовища, що негативно впливають на здоров'я людей.

Таким чином, виходить парадоксальна ситуація: забруднення середовища дають природні ресурси. На їх видобуток, перевезення витрачаються величезні кошти, енергія, час, але вони ж кінець кінцем погіршують якість навколишнього середовища. Але при видобутку корисних копалин та переробці сировини утворюється велика кількість відходів. Велика кількість відходів утворюється і при збагаченні фосфатної сировини. При збагаченні мідних руд у відходи йде флотаційний сірчаний колчедан. Він використовується для виробництва сірчаної кислоти. Однак при випалюванні сірчаного колчедану утворюється колчеданний



недогарок (0,73-0,75 т на 1 т піриту). Щорічно його скупчується понад 5 млн тонн. Недогарок використовується далеко не повністю, хоча містить в основному залізо, а також кольорові та дорогоцінні метали. Просочуючись через відвали, поверхневі води в результаті вилуговування сульфідів збільшують свою кислотність і збагачуються залізом, 40 міддю, нікелем, кальцієм, сульфатами та іншими речовинами. Ці води забруднюють річки, водойми та підземні води. Висока концентрація важких металів може виявитися токсичною для рослин, пригнічуючи їх ріст.

Теплові електростанції дають десятки мільйонів тонн пилоподібної золи і кускових шлаків на рік. Відвали великої теплової електростанції займають сотні гектарів цінних земель, але ці відходи є сировиною для виробництва будівельних матеріалів. Зола може бути сировиною для добування ряду металів: заліза, алюмінію. Зола можна використовувати у виробництві наповнювачів бетону, силікатної цегли, шлакометалів та ін. Так, якщо вирубується деревостан, то вся екосистема може припинити своє існування просто тому, що вилучається і відчужується основна маса запасеної енергії і речовини, яка повинна була передаватися на наступні трофічні рівні. На місці знищеної екосистеми може виникнути нова, але значно менш продуктивна.

Таким чином, розсіювання речовини та енергії різко випереджає її відновлення, і природний круговорот припиняється. Щоб не допустити цього, людина змушена брати на себе відновлення екосистеми: висівання насіння, внесення органо-мінеральних добрив, забезпечення рослин водою і тощо.

### **?** *Питання для самоконтролю*

1. Схарактеризуйте колообіг азоту, вуглецю, фосфору.
2. Що таке геохімічний цикл?
3. Які причини та наслідки порушення колообігу речовин і біосфері?
4. Як впливає антропогенний фактор на перебіг колообігу хімічних речовин у біосфері?
5. Що таке ресурсний цикл? Які речовини утворюються на кожному етапі ресурсного циклу, і як вони впливають на екосистему?
6. Схарактеризуйте антропогенну трансформацію речовини на прикладі вугілля.
7. Як людина впливає на процеси кругообігу хімічних елементів на локальному та біосферному рівнях?
8. Як забруднення середовища, спричинене видобутком та переробкою природних ресурсів, впливає на якість довкілля та здоров'я людей?
9. Які заходи може здійснити людина для відновлення природного кругообігу речовини та мінімізації негативного впливу на екосистему?

### **✍** *Практичні завдання*

1. У вихлопних газах автомобіля є NO. Поясніть можливість його утворення, маючи на увазі, що в циліндрі автомобільного двигуна досягається

високий тиск і температура близько  $2400^{\circ}\text{C}$ . У які реакції вступає NO в повітрі?

2. Для зменшення змісту NO у вихлопних газах застосовують каталізатори, які сприяють реакції NO з  $\text{H}_2$  або із C. Складіть рівняння реакцій.

3. Під дією атмосферного  $\text{SO}_2$  мармур перетворюється на гіпс. Складіть рівняння реакції, що приводить до руйнування мармуру.

4. При збагаченні мідних руд утворюється флотаційний сірчаний колчедан, який використовується для виробництва сірчаної кислоти. При випалюванні 1 тони піриту утворюється 0,73–0,75 тони колчеданного недогарку. Скільки тонн колчеданного недогарку утвориться при випалюванні 10 000 тонн піриту, якщо маса недогарку становитиме 0,74 тони на 1 тонну піриту?

5. При транспортуванні корисних копалин до заводів втрати становлять 5% від загальної маси вантажу. Завод повинен отримати 9500 тонн копалин. Скільки тонн копалин потрібно додати, щоб з урахуванням втрат транспортувати необхідну кількість до заводу?

6. Відвали великої теплової електростанції займають 10 гектарів землі на кожен мільйон тонн пилоподібної золі. Щорічно електростанція виробляє 12 мільйонів тонн золі. Скільки гектарів землі будуть зайняті відвалами за 5 років роботи цієї електростанції?

## ТЕМА 8. ТОКСИКАНТИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

**Мета:** ознайомитись з сутністю, джерелами та видами токсикантів довкілля, їх впливом на екосистеми та здоров'я людини; сформуванню розуміння механізмів поширення, накопичення та впливу токсичних речовин у природі; усвідомити необхідність запобігання забрудненню навколишнього середовища та розробки заходів для його очищення та відновлення.

### План

1. Токсиканти навколишнього середовища: неорганічні токсиканти, діоксини і споріднені з ним з'єднання.
2. Діоксини й споріднені з ними сполуки.
3. Стандарти якості навколишнього середовища.

**Основні поняття:** токсиканти навколишнього середовища; токсичні сполуки; техногенне забруднення; хімічне забруднення; діоксини; стандарти якості; ГДК, ГДС, ксенобіотики.

### 1. Токсиканти навколишнього середовища: неорганічні токсиканти, діоксини і споріднені з ним з'єднання

Хімічне забруднення є нестримною загрозою середовищу існування. Охорона природи від навислої над нею хімічної небезпеки стала глобальною проблемою. Вона пов'язана з продуктивними силами суспільства: з розвитком промислового і сільськогосподарського виробництва, енергетики, транспорту, видобутком корисних копалин.

Усе це веде до потрапляння у повітря, воду, ґрунт сотень тисяч токсичних сполук, проникненню їх в організм рослин, тварин і людини. Повсюдне застосування хімічних речовин у побуті, у сфері наукових досліджень також сприяє наростанню хіміко-екологічної небезпеки. У продажу зараз близько 40 000 різних хімікатів і щорічно до них додається сотня інших.

Масштаби техногенного хімічного забруднення природного середовища не піддаються точній оцінці, однак наведені в літературі дані свідчать про дорогу ціну, яку доводиться платити людині за успіхи, досягнуті в ході науково-технічного прогресу. Так, за один рік на Землі спалюється 7 мільярдів тонн умовного палива та виплавляється понад 800 мільйонів тонн різних металів, що супроводжується виділенням у навколишнє середовище сотень мільйонів тонн шкідливих речовин.

Так, в біосферу вже з середини сімдесятих років щорічно надходило 600 000 000 тонн токсичних газоподібних речовин, у тому числі оксиду вуглецю (II) – 200 000 000 тонн, сірчаного газу – 150 000 000 тонн, кілька мільярдів тонн різних аерозолів, 5 500 мільярдів кубічних метрів стічних вод.

Нині під *токсикантами навколишнього середовища* розуміють такі шкідливі речовини, які поширюються в навколишньому середовищі далеко за

межі свого первісного перебування та надають прихований шкідливий вплив на тварин, рослини й згодом на людину.

Справжні токсиканти – це ті отруйні речовини, які сама людина необачно включає в колообіг природи. Основне ядро токсикантів навколишнього середовища складають пестициди: це збірна назва охоплює всі засоби боротьби з шкідливими організмами. Поняття «біоцид» часто поширюється на ті біологічно активні речовини, які потрапляють з промислових стічних вод у біологічний колообіг речовин. Наприклад, HCN – синильна кислота є інсектицидом, а тому також і біоцидом, але вона швидко випаровується і не може бути включена в розряд токсикантів навколишнього середовища.

*Неорганічні токсиканти.* Проблема деградації навколишнього середовища значною мірою пов'язана з негативним впливом неорганічних речовин, серед яких найбільшу екологічну небезпеку створюють метали та їх сполуки, а також діоксид сірки й оксиди азоту. Потрапивши в живу клітину, сполуки металу спочатку здійснюють деяку найпростішу хімічну реакцію, за якою потім слідує каскадний відгук все складніших взаємодій біологічних молекул і сполук.

Цілий ряд металів включений в різні процеси метаболізму. Ці метали є життєво важливими для живих організмів. Так, наприклад, залізо і мідь – переносники кисню в організмі, натрій і калій регулюють клітинний осмотичний тиск, магній і кальцій (і деякі інші метали) активізують ензими – біологічні катализатори. Багато металів у вигляді конкретних сполук знайшли застосування в медицині в якості лікарських та діагностичних засобів. Інші ж виявилися вкрай небажаними для живих організмів і невеликі надлишкові дози їх надають фатальний вплив.

Активність металів як отрут значною мірою залежить від форми, в якій вони потрапляють в організм. Так, відомий всім миш'як отруйний в тривалентному стані практично не отруйний в п'ятивалентному стані. Денна потреба цинку становить 10 – 15 мг, але більші дози вже негативно позначаються на організмі. Однак іон  $Zn^{2+}$  добре комплексує з фосфатними групами, відщеплюється від нуклеїнових кислот та ліпідів. У результаті іон  $Zn^{2+}$  переходить в малоотруйну форму і легко виводиться з організму.

Барій – небажаний метал для живої клітини, але сульфат барію практично не розчиняється у воді і виводиться з організму без будь-якого впливу, що дозволило застосовувати його при рентгенівських дослідженнях шлунково-кишкового тракту.

Ртуть не надає негативної дії на організм у вигляді одновалентних сполук. Так, каломель майже неотруйна, але двовалентний іон  $Hg^{2+}$ , як і пари ртуті, надає токсичну дію.

Біологічна активність металів пов'язана з їх здатністю пошкоджувати клітинні мембрани, підвищувати проникність бар'єрів, зв'язуватися з білками, блокувати багато ферментні системи, що призводить до ушкоджень організму.

Усі метали за ступенем токсичності можна розділити на три групи:

1) високотоксичні метали – ртуть, уран, індій, кадмій, мідь, талій, миш'як, золото, ванадій, платина, берилій, срібло, цинк, нікель, вісмут;

2) помірно токсичні метали – марганець, хром, паладій, свинець, осмій, барій, іридій, олово, кобальт, галій, молібден, скандій, сурма, рутеній, родій, лантан, лантаноїди;

3) малотоксичні метали – алюміній, залізо, германій, кальцій, магній, стронцій, цезій, рубідій, літій, титан, натрій.

Метали розташовані в кожному ряду у напрямку зниження їх токсичності. Якщо токсичність іонів  $\text{Na}^+$  прийняти за одиницю, то токсичність іона ртуті буде майже в 2300 разів вище.

*Ртуть як біоцид.* Небезпечні сполуки ртуті виявляються у всіх трьох середовищах проживання живих організмів. Самі живі організми сприяють ефективному транспорту цього отруйного елемента з одного середовища в інше. Яким би шляхом ртуть не потрапила у воду, мікроорганізми метилірують її і при цьому завжди утворюється метилртуть  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$  або  $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$  – диметилртуть. З'ясувалося, що її небезпека вражає.  $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$  – жиророзчинна речовина, здатна потрапляти в організм людини не тільки через стравохід, а й через дихальні шляхи і просто через шкіру, проникаючи через стінки клітин. Час життя цієї сполуки в живій клітині становить близько 70 днів, у зв'язку з чим відбувається тривалий токсичний вплив. Ще одним джерелом органічних похідних ртуті є виробництва інших металоорганічних сполук, з яких у результаті реакцій переалкілування – виходить метилртуть: У людини ртуть накопичується у волоссі, що є індикатором. Якщо вміст ртуті в окуні 0,8 мг/кг маси, то у щуки вже 1,6 мг/кг. Після вживання такої щуки в їжу людиною, у волоссі вміст ртуті може становити 50 мг/кг. Якщо ж вміст ртуті у волоссі до 300 мг/кг маси – це смертельно небезпечно.

Вплив ртуті на організм людини викликає ураження головного мозку, обмеження на полі зору аж до повної сліпоти. Встановлено також вплив на спадковість: метилртуть викликає аномальні мітози (К-мітози), «поломки» хромосом у 1000 разів сильніше, ніж при дії такої отрути, як колхіцин.

*Свинець як токсикант навколишнього середовища.* Свинець відноситься до найбільш відомих отрут. За даними Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем (м. Харків) накопичення свинцю в організмі викликає погіршення розумових здібностей у населення. Методом атомно-адсорбційної спектроскопії досліджувався вміст свинцю в молочних різцях у дітей. Одночасно відстежувався їх розумовий розвиток за допомогою тестів. У всіх випадках діти з високим вмістом свинцю в зубах гірше справлялися із завданнями. Таким чином, навіть малі дози свинцю в організмі негативно впливають на увагу і центри, що регулюють мовні навички.

Подібно до інших важких металів, свинець включається в різні клітинні ферменти, які потім втрачають свої функції в організмі. Свинець (як ртуть і кадмій) негативно впливає на реакцію паличок сітківки, що викликає погіршення сутінкового зору і дуже небезпечно для водіїв автотранспорту. Субклінічні отруєння свинцю проявляються неспецифічними симптомами: спочатку підвищена активність і безсоння, потім – стомлюваність, депресії і закрепи.

Більш пізніми симптоми є розлади функцій нервової системи й ураження головного мозку.

Деякі вчені схильні пояснити свинцевим отруєнням агресивність і злочинність, які характерні для сучасного світу. Близько 2/3 всього поглиненого свинцю людина отримує, споживаючи рослинні продукти, а саме листові і стеблові. Свинець, що поглинається листовими овочами, на 95 % акумулює його з повітря, і лише на 5 % – з ґрунту. Тому з погляду безпеки прибирання опалого листя корисне, хоча й виводить азот з колообігу речовин. Свинець може потрапляти в організм людини і при вживанні в їжу м'яса промислових безхребетних, риби та ссавців.

*Кадмій як токсикант навколишнього середовища* Важкий метал кадмій є одним з найбільш небезпечних токсикантів (токсичнішим за свинець). У природному середовищі кадмій зустрічається лише в дуже малих кількостях, тому його отруйну дію виявлено лише недавно. Він міститься в мазуті та дизельному пальному, в сплавах (як присадки), в гальванічних покриттях, у кадмієвих пігментах, в пластмасах (як стабілізатор), електричних батарейках тощо. У результаті спалювання відходів пластмас і промислових виробництв кадмій потрапляє в повітря. В усьому світі в навколишнє середовище щорічно викидається близько 5000 тонн цього металу. Кадмій небезпечний у будь-якій формі. Доза в 30-40 мг є смертельною. Навіть пити лимонад з посудини, що містить кадмій в емалі, є небезпечним. Виводиться з організму дуже погано, лише 0,1 % на добу.

Ранніми симптомами отруєння кадмієм є ураження нирок та нервової системи, білок у сечі, порушення функції статевих органів (вплив на сім'яники), гострі кісткові болі в спині і ногах. Крім того, кадмій викликає порушення функції легенів і має канцерогенну дію, накопичується в нирках (вміст 0,2 мг Cd на 1 г маси нирок викликає важке отруєння). Причиною потрапляння кадмію в харчові ланцюги є промислові газоутворювальні викиди. Людина отримує кадмій в основному з рослинною їжею, оскільки він легко засвоюється рослинами з ґрунту (до 70 %). Дуже велику небезпеку в цьому відношенні становлять гриби.

Джерела забруднення кадмієм:

- спалювання кам'яного вугілля (1 тонна вугілля містить 2 г кадмію);
- фосфатні добрива;
- відходи виробництва пластмас;
- нирки тварин.

Вміст кадмію в нирках тварин накопичується з віком. З підвищенням дози добрив підвищується вміст кадмію в ґрунті, а потім і в рослинах, якими харчуються тварини.

## **2. Діоксини й споріднені з ними сполуки**

Ксенобіотики – чужорідні живому організму речовини. Діоксини – поліхлоровані сполуки, що містять ароматичні ядра, – є супертоксикантами. У цей час у результаті господарської діяльності людини в біосфері циркулює

велика кількість чужорідних для людини сполук, або ксенобіотиків, багато з яких мають виключно високу токсичність. З органічних сполук-забруднювачів виділені «пріоритетні», які становлять найбільшу небезпеку для людини зараз і в майбутньому. Це перш за все поліхлоровані діоксини, дібензофурани та інші родинні хлоровмісні органічні сполуки. За високу токсичність їх відносять до особливого класу забруднюючих речовин – до *екотоксикантів* або *супертотоксикантів*.

Діоксини присутні в природному середовищі вже кілька десятиліть, а саме з часу початку виробництва хлорорганічних сполук. Вони мають широкий спектр біологічної дії на людину і тварин. У малих дозах діоксини викликають мутагенний ефект, відрізняються кумулятивною здатністю, інгібіруючою та індукуючою дією щодо деяких ферментів живого організму, викликають у людини підвищення алергічної чутливості до різних ксенобіотиків. Їх небезпека дуже велика навіть у порівняно з тисячами інших токсичних домішок.

Комплексний характер дії цієї групи сполук призводить до придушення імунітету, ураження органів і виснаження організму. У природному середовищі ці суперекотоксиканти досить стійкі і можуть тривалий час перебувати в ній без змін. Для них, по суті, відсутня межа токсичності (явище так званої свержкумуляції), а поняття гранично допустимої концентрації (ГДК) втрачає сенс.

Організм людини піддається дії діоксинів через повітря (аерозолі), воду, а також харчові продукти. Вони можуть накопичуватися в жирах (у ході їх технологічної переробки) і не руйнуються при кулінарній (тепловій) обробці, зберігаючи свої токсичні властивості. Діоксини почали знаходити у вихлопних газах автомобільного транспорту, продуктах спалювання сміття, у грудному молоці жінок у викидах целюлозно-паперової промисловості. Можна стверджувати, що діоксини і споріднені їм за структурою сполуки безперервно генеруються людською цивілізацією і надходять в біосферу.

Фізико-хімічні властивості діоксинів. Дибензо-*n*-діоксини відносяться до гетероциклічних поліхлорованих сполук, у структурі яких присутні два ароматичних кільця, пов'язаних між собою двома кисневими містками. Ці сполуки є безбарвними кристалічними речовинами, температура плавлення яких залежить від числа атомів хлору в їх структурі. Вони добре розчиняються в органічних розчинниках і практично нерозчинні у воді, причому зі збільшенням атомів хлору розчинність падає. Усі сполуки характеризуються високою хімічною стійкістю. Поряд з високою ліпофільністю, тобто здатністю розчинятися в органічних розчинниках і утримуватися жировими й жироподібними тканинами, діоксини мають високу адгезію до ґрунту, золи, донних відкладень. Діоксини ніби концентруються на цих частках, переходячи з водного середовища у суспензії, потім у мікроорганізми. Цьому допомагає й ефект висолювання, якщо у водному середовищі присутні неорганічні солі.

Деякі з діоксинів близькі до отруйних речовин типу зарину. Проте їх небезпека полягає не в отруйності як такої, а в здатності викликати аномалії в роботі генетичного апарату організму. При цьому розрізняють первинні та

вторинні ефекти впливу на організм. Потрапляючи в організм, діоксини виступають як індуктори тривалих помилкових біовідповідей, сприяючи нагромадженню ряду біокатализаторів – гемопротеїдів у кількості, небезпечній для функціонування клітини і всього організму. У результаті страждають регуляторні механізми адаптації до зовнішнього середовища. Тому навіть слабе ураження діоксинами, що виявляється в постійній дискомфортності організму, високій стомлюваності, зниженій фізичній та розумовій працездатності, у підвищенні чутливості до біологічних інфекцій.

Вторинні ефекти діоксинів пов'язані з тим, що біокатализатори – гемопротеїди в комплексі з діоксинами включають механізм витрачання енергетичних ресурсів клітини на перетворення  $O_2$ ,  $H_2O_2$ ,  $OH^-$ , що призводить до біодеградації гормонів, вітамінів, ліпідів, руйнування біомембран. Особливо чутливі до подібних впливів імунні клітини. Вторинні ефекти посилюють первинні, що призводить до зниження імунітету і в кінцевому підсумку викликає так звані екологічні захворювання людини і тварин.

Орієнтовна доза допустимого надходження діоксинів в організм людини в нашій країні становить 10 нг/кг ( $10^{-8}$  г/кг). В основному діоксини надходять в організм людини з харчовими продуктами, перш за все з м'ясом і молоком, а також з головним джерелом – тваринними жирами.

До структурно споріднених діоксинів з'єднань, що є токсикантами навколишнього середовища, відносяться хлорорганічні пестициди, в структурі яких присутні ароматичні ядра: ДДТ, гексахлорциклогексан та ін. Вони також мають високу стійкість у навколишньому середовищі. Так, період напіврозпаду ДДТ дорівнює від 15 до 20 років. Для ссавців, як і для птахів, хлорорганічні пестициди небезпечні тим, що впливають на репродуктивну функцію, а особливо на стадії розвитку ембріонів. При високій стійкості у навколишньому середовищі і широкому поширенні дії цього типу пестицидів багато в чому аналогічні впливу діоксинів і дибензофуранів. Контакт з цими пестицидами може викликати загибель тварин або патологію внутрішніх органів.

Сьогодні існують жорсткі нормативи з утримання пестицидів у природних об'єктах, особливо в прісних водоймах, бо накопичення пестицидів у рибі є джерелом їх проникнення в організм людини. Саме рибу пропонують вважати індикатором, свого роду біологічною мішенню для оцінки ступеня забруднення водних екосистем.

Джерела діоксинів (поліхлорованих органічних сполук).

1. Максимальний внесок роблять підприємства промислового хлорорганічного синтезу тих органічних сполук, які містять бензолні ядра.

2. Каталітична переробка і спалювання відходів цих виробництв, спалювання автомобільних шин, покришок.

3. При електролізі розчинів неорганічних хлоридів на графітових електродах можливе утворення деякої кількості діоксинів.

4. Помітний внесок у діоксиновий фон вносить целюлозно-паперове виробництво. У ході використання хлору в процесі відбілювання паперу можливе утворення хлорованих фенолів – попередників діоксинів. Папір,



упаковка і вироби з неї (серветки, дитячі пелюшки, носові хустки) є ще одним джерелом діоксинів у побуті, хоча і на надзвичайно низькому рівні їх утримання (10-12 г/кг). Зараз з'явилися нові технології виготовлення паперу без використання хлору. На виробках з такого паперу робиться відповідна позначка: «chlorine free».

5. Джерелом діоксинів можуть бути: палаюче звалище побутових відходів, які містять вироби з полівінілхлориду: лісові пожежі, якщо вони виникли після обробки лісу пестицидами.

### **Стандарти якості навколишнього середовища**

Стандарти якості навколишнього середовища – це сукупність єдиних вимог до стану природних і промислових об'єктів. У них передбачені заходи, які забезпечують оптимальний стан навколишнього середовища, його якість, які складаються з технічних, економічних, організаційних норм, що визначають якісні параметри навколишнього середовища. Як критерії оцінки стану навколишнього середовища слугують показники природного непорушеного стану природних комплексів або фонові параметри середовища.

Нормативні показники, що характеризують міру можливого впливу на природу, встановлюють на основі спеціальних досліджень або в результаті експертних оцінок. Виключити потрапляння шкідливих речовин у навколишнє середовище в силу економічних і технологічних причин неможливо, тому доводиться вводити норми гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин. Усі чинні норми ГДК є компромісом між допустимим і реальним рівнем забруднення атмосфери, гідросфери та літосфери.

Нормативні показники, що використовуються для моніторингу, поділяються на дві основні групи: санітарно-гігієнічні та екологічні.

*Санітарно-гігієнічні показники* встановлюються, виходячи з вимог екологічної безпеки населення, але вони не враховують реакції інших організмів на забруднення. Тому для оцінки стану природного середовища використовують також екологічні критерії, які розглядаються як міра антропогенного впливу на екосистеми й ландшафти. До них належать індикатори стану повітря, вод, ґрунтів і біогеоценотичного покриву в цілому, а також важливе місце займають біоіндикатори.

*Нормування атмосферних забруднень.* Забрудненням атмосфери називається зміна складу атмосфери в результаті наявності в ній домішок. Під домішками розуміють розсіяні в атмосфері речовини, які не характерні для її постійного складу.

Таким чином, до домішок можуть належати не тільки токсичні, але і нетоксичні речовини. Для кожної речовини, що забруднює атмосферне повітря, встановлені два нормативи:

1) максимальна разова гранично допустима концентрація за 20 хвилин вимірювання (осереднення) – ГДК м.р., мг/м<sup>3</sup>;

2) середньодобова гранично допустима концентрація, усереднена за тривалий проміжок часу (аж до року) – ГДК с. мг/м<sup>3</sup>.

ГДК шкідливої речовини в атмосфері – це максимальна концентрація, віднесена до певного періоду усереднення (20-30 хвилин, 24 години, місяць, рік), яка не надає ні прямого, ні непрямого шкідливого впливу на людину і санітарно-гігієнічні умови життя.

При дії на організм одночасно декількох шкідливих речовин, які володіють сумарною дією, сума відносин фактичних концентрацій кожної речовини ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ) в повітрі і його гранично допустимої концентрації (ПДК<sub>1</sub>, ПДК<sub>2</sub>, ... ПДК<sub>n</sub>) не повинна перевищувати одиницю:

$$C_1 / \text{ПДК}_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 + \dots + C_n / \text{ПДК}_n = 1.$$

Гігієнічне нормування натрапляє на труднощі організаційного, технічного і фізіологічного характеру. Екологічна ніша людини незмінна, тому умова – концентрація забруднюючої речовини повинна бути менше або дорівнювати ГДК – цього треба дотримуватися в будь-яких місцях перебування людини. Це означає, що для кожної шкідливої речовини встановлюється декілька максимальних разових гранично допустимих концентрацій в повітряному середовищі.

Поряд з гранично допустимими концентраціями існують тимчасово допустимі концентрації (ТДК), інакше звані орієнтовно безпечними рівнями впливу (ОБРВ).

Гранично допустимі концентрації встановлюються на основі експериментів з піддослідними тваринами, що вимагає досить довгого часу. На першому етапі встановлення ГДК визначаються основні токсикометричні характеристики досліджуваних речовин, і фактично встановлені в результаті експериментів нормативи вважаються тимчасово допустимими концентраціями.

На другому етапі ці дослідження тривають і мають вивірчий характер, а на третьому – здійснюються клініко-статистичні дослідження, протягом трьох років, для перевірки правильності отриманих в експериментах на тваринах значень. Тільки після другого етапу отримані нормативи можуть бути затверджені як ГДК.

Для регулювання якості навколишнього середовища введений і строго контролюється гранично допустимий викид (ГДВ), який є науково обґрунтованою технічною нормою викиду шкідливих речовин з промислових джерел в атмосферу, яка визначається на основі різних параметрів джерел, властивостей речовин, які викидаються і атмосферних умов.

*Нормування забруднюючих речовин у водних об'єктах.* В Україні за основу прийняті «природні» нормативи якості води, тобто базуються на біологічній оцінці ступеня шкідливості нормованих речовин як при розробці санітарно-гігієнічних норм, так і рибогосподарських нормативів. В останні роки з'явилися біологічні нормативи «criteria», але вони не є обов'язковими.

Технічні нормативи визначаються можливостями наявних методів оцінки стічних вод, і вони більш практичні. Біологічні нормативи, своєю чергою, дають можливість оцінювати реальний стан водних екосистем і застосовувати більш ефективні методи ліквідації забруднень. Забрудненням водою називається будь-яка негативна дія (порушення або погіршення умов водокористування),

викликане надходженням або появою в водоймі речовин, пов'язаних прямо чи опосередковано з діяльністю людини.

Розрізняють три види забруднень:

1) первинне забруднення – викликане надходженням забруднюючих речовин і процесами безпосереднього їх перетворення. У циклі первинного забруднення можуть з'являтися вторинні і послідовні за ними забруднюючі речовини;

2) вторинне забруднення розвивається як наслідок первинного забруднення і є новим циклом забруднення;

3) повторне забруднення викликане повторним винесенням забруднюючих речовин внаслідок первинного забруднення.

Наприклад, винесення осілих на дно або вмерзлих у лід нафтопродуктів під час паводку або танення льоду. Джерела забруднення водних об'єктів можуть бути організованими з локалізованим перебуванням і пристроями для скидання, а саме з господарсько-побутовими стоками, промисловими стічними водами; неорганізованими, що не мають локалізованого місця скидання і пристроїв та пристосувань для скидання, а саме лісосплаву, змиви добрив з полів, замети пестицидів при авіаобробці; напіворганізування, що мають одне з двох перерахованих умов (бурові вежі, змиви з територій складів, підприємств транспорту та ін.).

За часом дії забруднення водойм може бути постійним, тобто яке поступає протягом всієї вегетаційної частини року, періодичним, коли водоймище не встигає відновлювати свої властивості в проміжках між надходженням забруднюючих речовин і разовим, коли водоймище встигає відновлюватися.

Інтенсивність прямої дії забруднюючих речовин оцінюється такими параметрами:

- гостролетальними концентраціями, що викликають загибель живих організмів протягом декількох годин до 10 діб;
- хронічними летальними концентраціями, що викликають загибель живих організмів у більш тривалі строки;
- сублетальними концентраціями, що порушують (пригнічують) основні життєві функції – ріст, розмноження, обмін речовин;
- концентраціями, що стимулюють.

Характер впливу забруднюючих речовин на водойми і водні організми поділяється на три основні групи, які заведено називати лімітуючими показниками шкідливості (ЛПШ).

1. Загальносанітарні ЛПШ. Містять зміну складу водойм, зниження концентрації розчиненого кисню, зміна солоності і температури середовища, механічне забруднення твердими і рідкими речовинами.

2. Токсикологічні ЛПШ. Відображають пряму токсичну дію речовин на водні організми.

3. Господарські (рибогосподарські) ЛПШ. Показують зіпсування товарної якості промислових водних організмів.

Існує дві групи нормативів для забруднюючих речовин, що надходять у водне середовище.

1. Нормативи надходження забруднюючих речовин, при яких зберігаються даними нормативом властивості водойм та їх населення, які охороняються, – гранично допустимий скид (ГДС).

2. Нормативи утримання, за яких властивості водойми, які охороняються, не порушуються, – гранично допустима концентрація (ГДК). ГДК встановлюється за найменшою пороговою концентрацією з урахуванням таких сторін дії: стабільності шкідливих речовин у воді, впливу їх на санітарний режим (здатність до самоочищення) водойм, впливу на органолептичні властивості води, вплив на здоров'я населення, що використовує воду.

Зазначені показники належать до гранично допустимих коефіцієнтів викиду (ГДКВ) і вважаються санітарно-гігієнічними.

*Нормування вмісту шкідливих речовин у ґрунті.* Контроль за санітарним станом ґрунту включає проведення санітарно-фізико-хімічних, санітарно-ентомологічних, санітарно-гельмінтологічних, санітарно-бактеріологічних і вірусологічних досліджень.

Санітарно-гігієнічне нормування враховує чотири показники:

- транслокаційний, тобто перехід забруднюючих речовин із ґрунту в рослини через кореневу систему;
- міграційний водний;
- міграційний повітряний;
- загальносанітарний, тобто вплив забруднюючої речовини на здатність ґрунту до самоочищення та його біологічну активність.

Забрудненість ґрунту органічними речовинами, а зокрема відходами виробництв хімічних продуктів з вуглеводнів нафти й газу, оцінюють за комплексним показником «санітарне число», який є відношенням кількостей ґрунтового білкового та органічного азоту (табл. 15).

Таблиця 15 – Характеристика забруднення ґрунту

Характеристика ґрунту	Санітарне число
Чистий	0,98 – 1,00
Слабко забруднений	0,85 – 0,98
Забруднений	0,70 – 0,80
Сильно забруднений	Менше 0,70

Нормування вмісту шкідливих речовин у ґрунті передбачає встановлення таких концентрацій, при яких вміст шкідливих речовин у середовищах, що контактують, не перевищує ГДК для водойм і повітря, а в вирощуваних культурах – допустимих залишкових кількостей.

Нормування включає три основних напрямки досліджень. Перший напрям – визначення максимально допустимої концентрації речовини в ґрунті з погляду токсикологічної дії на людину. Ця концентрація повинна гарантувати накопичення речовини в вирощуваних культурах не вище допустимої остаточної

кількості, а потрапляння його в повітряне середовище і ґрунтові води – не вище ГДК.

Другий напрям – встановлення органолептичних властивостей рослин, які вирощують на цьому ґрунті, а також води і атмосферного повітря.

Третій напрям – вивчення характеру та інтенсивності дії речовини на процеси самоочищення, що протікають у ґрунті. Зі знайдених порогових концентрацій вибирають найменшу, яку і приймають як гранично допустиму.

### **?** *Питання для самоконтролю*

1. Схарактеризуйте поняття хімічного забруднення довкілля.
2. Що таке токсиканти навколишнього середовища?
3. Схарактеризуйте неорганічні токсиканти (барій, ртуть, свинець, кадмій), джерела та симптоми отруєння ними.
4. Що таке діоксини з погляду екологічної значущості? Чому їх відносять до супертоксикантів?
6. Як джерела діоксинів Вам відомі?
7. Схарактеризуйте нормативні показники які характеризують забруднення води, ґрунту, атмосфери.
8. Що таке гранично допустимий викид (ГДВ), і на основі яких параметрів він збільшується?
9. Які основні види забруднення води розрізняють, і які їх характеристики?
10. У чому різниця між гранично допустимим скидом (ГДС) і гранично допустимою концентрацією (ГДК) для водних об'єктів?

### **✍** *Практичні завдання*

1. У водоймі було виявлено рівень забруднення екологічними токсикантами на рівні 0,005 мкг/л. Потрібно розрахувати загальну кількість цих токсикантів у воді, якщо об'єм води у водоймі становить 15 000 л.

2. Припустимо, що в області площею 500 км<sup>2</sup> було виявлено забруднення довкілля екологічними токсикантами. Для проведення дослідження було обрано 10 різних точок для взяття проб ґрунту та води. Кількість екологічних токсикантів вимірюється у мікрограмах на кілограм матеріалу. Результати аналізів вказували на такі показники екологічних токсикантів у кожній з точок: точка 1: 150 мкг/кг; точка 2: 175 мкг/кг; точка 3: 130 мкг/кг; точка 4: 200 мкг/кг; точка 5: 180 мкг/кг; точка 6: 140 мкг/кг; точка 7: 190 мкг/кг; точка 8: 165 мкг/кг; точка 9: 210 мкг/кг; точка 10: 185 мкг/кг. Знайдіть середнє значення кількості екологічних токсикантів в області, що досліджується для виявлення загального рівня забруднення.

3. На підприємстві визначено, що ГДС шкідливої речовини для води становить 0,02 мг/л. Добовий об'єм стічних вод, що скидаються у воду, становить 500 м<sup>3</sup>. Яка маса (в грамах) цієї речовини може бути скинута у воду за добу, щоб не перевищувати ГДС?

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. ЕКОЛОГІЯ АТМОСФЕРИ

### ТЕМА 9. СТАН АТМОСФЕРИ ТА ВПЛИВ НА АТМОСФЕРУ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДЕЙ

**Мета:** ознайомитися з основними характеристиками атмосфери, її структурою та функціями; дослідити джерела забруднення атмосфери, їх вплив на клімат, екосистеми та здоров'я людини; сформувати розуміння наслідків антропогенного впливу на атмосферу та необхідність впровадження екологічно орієнтованих рішень для її збереження якісного стану.

#### План

1. Структура і склад атмосфери.
2. Фотодисоціація. Фотодисоціація води, повітря.
3. Реакції атмосферних іонів.

**Основні поняття:** атмосфера; іоносфера; тропосфера; мезосфера; термосфера; дисоціація; фотодисоціація, фотон, атмосферні гази.

#### 1. Структура і склад атмосфери

Атмосфера – це газова оболонка Землі. Її маса становить близько  $5,9 \times 10^{15}$  тонн. Іноді вона нагадує шар рідкої води, що покриває у вигляді морів і океанів три чверті земної поверхні. І як умови життя в глибинах океану різюче відрізняються від умов проживання поблизу поверхні води, так і умови на дні повітряного океану, в якому живе людство, відрізняються від тих, що існують на верхніх шарах земної атмосфери.

Атмосфера має шарувату будову і складається з кількох сфер, між якими розташовуються перехідні шари – «паузи». У сферах змінюється кількість повітря і його температура. Області мінімуму і максимуму температур – це «паузи», а проміжні області – це сфери. Так, тропопауза відділяє тропосферу від стратосфери; стратопауза – стратосферу від мезосфери і т. д.

Найбільш щільний шар повітря, що прилягає до земної поверхні, має назву тропосфери. Протяжність її по висоті в середніх широтах становить 10 – 12 км над рівнем моря, на полюсах 7 – 10 км, над екватором 16 – 18 км. У ній зосереджено чотири п'ятих всієї маси атмосфери. Температура в тропосфері по висоті зменшується на  $0,6^{\circ}\text{C}$  на кожні 100 м і коливається від  $+40^{\circ}\text{C}$  до  $-50^{\circ}\text{C}$ . Далі температура від кордону 30 км починає підвищуватися і на висоті 50 км досягає  $+10^{\circ}\text{C}$  (стратопауза).

У мезосфері знову відбувається зниження температури до  $-53^{\circ}\text{C}$ . Вище мезосфери (область знижених температур) розташована термосфера, або іоносфера. Тут знову відбувається потепління – на висоті 150 км температура досягає  $200 - 240^{\circ}\text{C}$ , на рівні 200 км –  $500^{\circ}\text{C}$ , а на висоті 500 – 600 км перевищує  $1500^{\circ}\text{C}$ .

Розглянутий температурний зріз атмосфери багато в чому визначається характером хімічних перетворень у цих областях. На відміну від температури,

атмосферний тиск неухильно зменшується з висотою. Особливо різко він падає в нижніх висотах. Така особливість пояснюється стискальністю атмосфери на відміну від гідросфери: на рівні моря тиск складає 760 мм ртутного стовпчика, на висоті 100 км  $P = 2,3 \times 10^{-3}$  мм рт. ст., а на висоті 200 км  $P = 1,0 \times 10^{-6}$  мм рт. ст.

Атмосфера є надзвичайно складною системою. Її пронизує випромінювання Сонця і частки високої енергії, які ним випускаються, а також космічне випромінювання. Цей потік енергії робить помітний хімічний вплив на атмосферу. Крім того, під впливом земного тяжіння більш важкі атоми й молекули опускаються в нижню частину атмосфери, а у верхній її частині залишаються більш легкі. У результаті склад атмосфери виявляється непостійним. Склад атмосфери в приземному шарі, наприклад, склад сухого повітря поблизу рівня моря має такі характеристики: приблизно 99 % всього складу припадає на частку двоатомних газів азоту і кисню, а все інше, за винятком вуглекислого газу, – на частку одноатомних газів.

Хоча на верхні зони атмосфери припадає лише невелика частина її маси, ці верхні шари значною мірою визначають життя на поверхні Землі. Вони захищають нашу планету від потоку променів і граду частинок високих енергій. У результаті такого впливу молекули і атоми піддаються хімічним перетворенням. Дифузний поділ (більш важкі вниз, легші нагорі) за тривалий період призвів до того, що на висоті 500 – 1000 км елемент гелій стає основним компонентом атмосфери. Гелієва «корона» Землі простягається приблизно до 1600 км, а вище 2000 – 3000 км переважає водень.

Передбачається, що вище 400-500 км і азот перебуває в атомарному стані. Киснево-азотний склад зберігається приблизно до висоти 400-600 км. Вище 600 км у атмосфері починає переважати гелій приблизно до висоти 1600 км, а вище 2000-3000 км переважає водень.

Хоча на верхні зони атмосфери припадає лише невелика частина її маси, ці верхні шари значною мірою визначають життя на поверхні Землі. Вони захищають нашу планету від потоку променів і граду частинок високих енергій. У результаті такого впливу молекули і атоми піддаються хімічним перетворенням. Під дією сонячного випромінювання в атмосфері протікає безліч реакцій, у яких беруть участь азот, кисень, озон, оксиди нітрогену, карбон діоксид і пари води.

Йонізація відбувається в основному на висоті 70-80 км. При цьому відзначаються негативні ( $N^-$ ,  $O^-$ ,  $CO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ) і позитивні ( $N^+$ ,  $O^+$ ,  $O^{2+}$ ,  $H^+$ ) йони. Ці йони утворюють різні комплекси:  $NO+N_2$ ;  $NO+CO_2$ ;  $NO+H_2$ ;  $O_2+H_2O$ .

Об'ємні концентрації компонентів, що постійно містяться в атмосфері, так званих «квазіпостійних», залишаються практично незмінними до висоти 100 км. Вміст інших компонентів, «активних» домішок, істотно змінюється залежно від пори року, географічного положення і висоти над рівнем моря.

Зміна складу атмосфери з висотою визначаються двома причинами.

По-перше, вона зумовлена дифузійним поділом: більш легкі молекули і атоми слабше притягаються до Землі. За довгий проміжок часу вони

перемістилися у верхні шари атмосфери. Нагадаємо, що на цих висотах взагалі дуже мало атомів або молекул. Дифузний поділ (більш важкі – внизу, легші – нагорі) за тривалий період призвів до того, що елемент Гелій, вміст якого в атмосфері на рівні моря дуже малий, на висотах від 500 до 1000 км стає найголовнішим компонентом атмосфери. Гелієва «корона» Землі простягається приблизно до 1600 км, а вище 2000-3000 км переважає водень.

По-друге, зміна складу атмосфери з висотою викликається хімічними реакціями під впливом сонячної радіації. Електромагнітне випромінювання Сонця і частинки високої енергії, які викидаються, бомбардують атмосферу і поглинаються нею. Поглинання енергії призводить до дисоціації та йонізації атомів і молекул. Завдяки нерівномірному нагріванню сонячними променями у різних широтах, особливо між полярними і екваторіальними зонами, атмосферне повітря інтенсивно циркулює. Циркуляція повітря усереднює склад компонентів у ньому та сприяє переміщенню як водяної пари з океанів у континентальні райони, так і забруднень на великі відстані.

Атмосферне повітря – це механічна суміш понад 50 різних газів. За вмістом можна виділити такі три основні групи компонентів атмосферного повітря:

1. Гази, які входять до складу повітря практично в сталих кількостях – основні газы – азот, кисень, аргон. Їх кількість є сталою.

2. Газы, які завжди присутні в атмосферному повітрі, але кількість їх змінна – водяна пара, озон, вуглекислий газ, метан, амоніак, аерозолі.

3. Газы та інші речовини, які можуть бути присутні в атмосферному повітрі в змінних кількостях різні домішки природного походження і забруднення, що утворюються в результаті виробничої діяльності людини (викиди промислових підприємств, вулканічні викиди, окиси сульфуру та нітрогену).

*Кисень ( $O_2$ )* – найважливіша для людини частина повітря. У легенях кисень приєднується до гемоглобіну й утворює нестійку сполуку – оксигемоглобін, який доставляється з течією крові до кожної клітини. Там кисень поглинається клітиною і гемоглобін відновлюється. Від величини спожитого кисню залежить характер інтенсивності окиснювальних процесів у організмі. Подача збагаченого киснем повітря усуває кисневе голодування тканин організму при ряді захворювань. В атмосферному повітрі вміст кисню становить 20,95%, у видихуваному людиною повітрі – 15,4-16%. Зниження його в атмосферному повітрі до 13-15% призводить до порушення фізіологічних функцій, а до 7-8% – до смертельного результату.

*Азот ( $N_2$ )* – є основною складовою частиною атмосферного повітря. Повітря, що вдихається та видихається людиною містить приблизно одну й ту ж кількість азоту – 78,97-79,2%. Біологічна роль азоту полягає, головним чином, в тому, що він є розріджувачем кисню, оскільки в чистому кисні життя неможливе. При збільшенні вмісту азоту до 93% настає смерть. З рослинною їжею (особливо бобових) азот у зв'язаному виді надходить до організму тварин і бере участь в утворенні тваринних білків, а, відповідно, і білків людського організму.

*Карбон (IV) оксид (вуглекислий газ),  $CO_2$*  – є фізіологічним регулятором дихання. Вміст у чистому повітрі становить 0,03%, у видихуваному людиною –



3%. Зниження концентрації  $\text{CO}_2$  у вдихуваному повітрі не становить небезпеки, тому що необхідний рівень його в крові підтримується регуляторними механізмами через виділення при обмінних процесах. Підвищення вмісту вуглекислого газу у вдихуваному повітрі до 0,2% викликає у людини порушення самопочуття, при 3-4% спостерігається збуджений стан, головний біль, шум у вухах, серцебиття, уповільнення пульсу, а при 8% виникає важке отруєння, втрата свідомості і настає смерть. За останній час концентрація карбон (IV) оксиду в повітрі промислових міст збільшується в результаті інтенсивного забруднення повітря продуктами згоряння палива. Підвищення в атмосферному повітрі  $\text{CO}_2$  призводить до появи в містах токсичних туманів і «парниковому ефекту», пов'язаному з затримкою вуглекислою теплового випромінювання землі. Вміст  $\text{CO}_2$  в повітрі служить важливим гігієнічним показником, за яким судять про чистоту повітря у виробничих, житлових і громадських будівлях. Гранично допустима концентрація вуглекислоти в приміщеннях – 0,1%. Ця величина прийнята в якості розрахункової при визначенні ефективності вентиляції. Підвищення вмісту  $\text{CO}_2$  понад встановленої норми свідчить про загальне погіршення санітарного стану повітря, оскільки поряд з діоксидом вуглецю можуть накопичуватися інші токсичні речовини, може погіршуватися іонізаційний режим, зростати запиленість і мікробна забрудненість.

*Озон ( $\text{O}_3$ ).* У приземних шарах атмосфери міститься мізерно мала кількість озону – не більше 0,000001 мг/л. Озон захищає живі організми землі від згубної дії короткохвильової ультрафіолетової радіації і одночасно поглинає довгохвильову інфрачервону радіацію, що випливала з Землі, оберігаючи її від надмірного охолодження. Озон володіє окисними властивостями, тому в забрудненому повітрі міст його концентрація нижче, ніж у сільській місцевості. У зв'язку з цим озон вважався показником чистоти повітря. Проте останнім часом встановлено, що озон утворюється в результаті фотохімічних реакцій при формуванні смогу, тому виявлення озону в атмосферному повітрі великих міст вважають показником його забруднення.

Інертні гази – не мають вираженого гігієнічного та фізіологічного значення.

Сучасний хімічний склад атмосфери встановився близько 500 млн років тому. На сьогодні хімічний склад сухого атмосферного повітря залишається практично незмінним на всій земній кулі до висот 95-100 км. У зв'язку з цим, нижній 100-кілометровий шар атмосфери називають гомосферою. Однорідність хімічного складу забезпечується інтенсивним його переміщенням, що здійснюється турбулентними рухами, впорядкованими вертикальними рухами та великомасштабними горизонтальними переміщеннями.

## **2. Фотодисоціація. Фотодисоціація води, повітря**

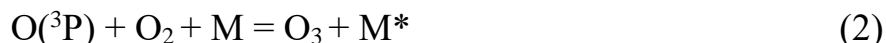
Сонце випускає енергію з різною довжиною хвилі. Короткохвильове випромінювання в ультрафіолетовій області спектра має високу енергією, що викликає хімічні реакції. При цьому енергія фотона ( $E = h\nu$ ) повинна бути достатньою для розриву хімічного зв'язку в молекулі та ініціювання процесу.

Крім того, молекули повинні поглинати фотон, енергія якого повинна перетворюватися в якусь іншу форму. Перша реакція – фотодисоціація кисню:



Максимальна енергія, яка необхідна для такого перетворення, дорівнює 495 кДж/моль. Молекули  $\text{O}_2$  поглинають більшу частину короткохвильового випромінювання з високою енергією, перш ніж воно досягне нижньої частини атмосфери. При цьому утворюється атомарний кисень. На висотах близько 400 км дисоційованих 99 % молекул кисню, на частку молекул  $\text{O}_2$  припадає лише 1 %. На висоті 130 км затримання  $\text{O}_2$  і  $\text{O}$  однакове. На менших висотах вміст молекулярного кисню більший за такого атомарного.

Залежно від енергії поглиненого кванта атом Оксигену, що утворюється за реакцією (1), може знаходитися в збудженому  $\text{O}({}^1D)$  або в основному стані  $\text{O}({}^3P)$ . Атом, що знаходиться в основному стані, здатний вступити в реакцію синтезу озону:



Реакція відбувається за участю третьої речовини  $\text{M}$ , якій і передається зайва енергія. Участь збуджених атомів Оксигену в реакції (2) не призводить до синтезу озону, оскільки в цьому випадку навіть перерозподілом енергії за участю третьої речовини  $\text{M}$  не вдається стабілізувати молекулу озону.

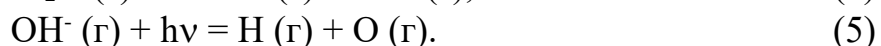
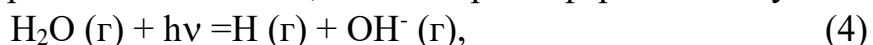
Реакція за участю «непарного Оксигену» призводить і до стоку озону із стратосфери:



Проте швидкість цієї реакції значно нижча за швидкість реакції утворення озону, тому внесок реакцій за участю «непарного Оксигену» в процеси виведення озону з атмосфери незначний. Реакції утворення (2) і розкладання (3) озону часто називають *нульовим циклом озону*.

Енергія дисоціації молекули  $\text{N}_2$  дуже велика, значить, розірвати молекулу можуть тільки фотони з надзвичайно високою енергією і дуже малої довжиною хвилі. Таких фотонів небагато, та й молекула азоту погано поглинає фотони, навіть якщо їх енергія виявиться достатньою. Внаслідок цього атомарного азоту дуже мало.

*Фотодисоціація води.* Концентрація парів води значна поблизу поверхні Землі, але швидко зменшується з висотою. На висоті 30 км (стратосфера) становить три молекули на мільйон молекул суміші. Однак, опинившись у верхніх шарах атмосфери, вода піддається фотодисоціації з утворенням активних компонентів атмосфери – гідроксидного радикала та атомарного Оксигену, які беруть участь у багатьох процесах окиснення, в хімії стратосферного озону:



Фотодисоціація здійснюється через процес йонізації. У 1924 році було встановлено, що у верхніх шарах атмосфери є вільні електрони, а за законом балансу зарядів мають бути і позитивно заряджені йони. Звідки ж беруться ці йони? Меншою мірою від впливу електронів, які доносяться від Сонця разом із сонячним вітром, а більшою мірою – внаслідок фотодисоціації. При впливі

фотона молекула може поглинути його, не розщеплюючись на атоми. При цьому фотон вибиває з молекули електрон найвищого рівня, і утворюється молекулярний йон. Таким же чином може піддатися йонізації і нейтральний атом. Фотони, що викликають йонізацію, відносяться до високочастотної короткохвильової області в межах ультрафіолету. Це випромінювання не доходить до поверхні Землі, його поглинають верхні шари атмосфери.

Деякі вчені вважають, що на ранніх стадіях історії Землі, коли вона ще не мала кисневої атмосфери, фотодисоціація води відіграла відповідну роль у формуванні кисневої атмосфери.

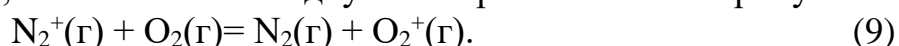
### 3. Реакції атмосферних іонів

Утворені молекулярні йони мають дуже велику реакційну здатність, швидко реагують з будь-якими іншими частинками під час зіткнення, ці реакції також мають екзотермічний характер. Але оскільки при високому розрядженні віддача надлишкової енергії малоймовірна, то більш імовірна рекомбінація йона з електроном, що супроводжується дисоціацією:

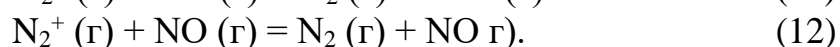
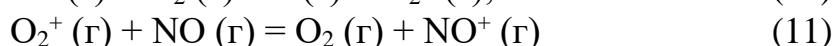
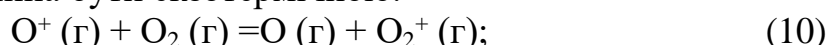


Такі реакції називаються реакціями *дисоціативної рекомбінації*. Атомарний Нітроген у верхніх шарах атмосфери утворюється виключно в результаті такої реакції.

Перенесення заряду. Коли молекулярний йон стикається з якою-небудь нейтральною частинкою, між ними може відбутися перенесення електрону:



Це можливо, якщо  $E_1(\text{O}_2)$  менше  $E_2(\text{N}_2)$ , то є енергія йонізації молекули, яка втрачає електрон, повинна бути менше енергії молекули, яку набуває електрон, тобто реакція повинна бути екзотермічною.



Реакції перенесення заряду відіграють велику роль у багатьох областях хімії, особливо в біохімії. Реакції перенесення заряду не супроводжуються розривом хімічних зв'язків, здійснюється тільки перенесення електрону від однієї частинки до іншої.

Але існує клас реакцій в атмосфері, в ході яких частинки обмінюються атомами:



Ці реакції є екзотермічними і протікають дуже легко, при цьому утвориться молекулярний йон  $\text{NO}^+(\text{r})$ . Оскільки енергія йонізації  $\text{NO}$  найнижча з усіх часток, що знаходяться у верхніх шарах атмосфери, то  $\text{NO}^+(\text{r})$  не можна нічим нейтралізувати і цей йон є панівним у цій області.

Таким чином, молекули  $N_2$ ,  $O_2$  і  $NO$  відфільтровують більшу частину небезпечного (жорсткого) ультрафіолетового випромінювання на висоті близько 100 км.

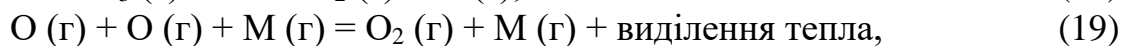
На висоті понад 30 км фотодисоціація кисню залишається. У мезосфері і стратосфері концентрація молекулярного кисню перевищує концентрацію атомарного Оксигену, оскільки утворені атоми часто стикаються з молекулами  $O_2$ , що призводить до утворення озону:



Ця реакція оборотна і якщо частка  $O_3^*$  не віддає надлишкову енергію при зіткненні з іншою ( $N_2$  і  $O_2$ ), то молекула розпадеться. Чим нижче до Землі, тим більша концентрація газів  $N_2$  і  $O_2$ , і тим частіші зіткнення і стабілізація озону. Але знову ж таки, чим нижче, тим менше дисоціація  $O_2$  на атоми, оскільки відфільтровано випромінювання з довжиною хвилі 242 нм. Максимальна швидкість утворення озону на висоті 50 км, бо мало атомів Оксигену і, отже, мало озону.

Молекули озону самі можуть поглинати випромінювання, і найсильніше озоном поглинаються фотонами з довжиною хвилі 200-310 нм, що є дуже важливим. Це випромінювання іншими частинками не поглинається тією мірою, як і озоном. При такому випромінюванні все живе не може існувати. «Озоновий щит» відіграє важливу роль у збереженні життя на Землі.

Узагальнений процес циклічного виникнення і розкладання озону:



де  $M$  – будь-яка частка в зіткненні.

Результатом цього процесу є перетворення ультрафіолетового випромінювання Сонця на теплову енергію.

### **?** Питання для самоконтролю

1. Назвіть і схарактеризуйте основні сфери атмосфери.
2. Як змінюється вміст основних компонентів атмосфери з висотою?
3. У якій сфері найбільше зосереджено атмосферного повітря?
4. Назвіть ділянки, які відокремлюють сфери в атмосфері.
5. Схарактеризуйте склад повітря в приземному шарі атмосфери.
6. Назвіть основні йони, які утворюються під час йонізації в атмосфері.
7. Напишіть основні рівняння реакцій фотодисоціації води у атмосфері.
8. Порівняйте фотодисоціацію кисню та азоту.

### **✍** Практичні завдання

1. Напишіть реакції дисоціативної рекомбінації для атмосферних йонів.
2. Зобразіть за допомогою рівнянь хімічних реакцій узагальнений процес циклічного виникнення і розкладання озону.

## ТЕМА 10. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

**Мета:** визначити основні джерела забруднення атмосфери, їх види та характеристики; дослідити механізми впливу забруднюючих речовин на атмосферу, клімат та живі організми; сформувати усвідомлення наслідків забруднення атмосфери для екосистеми та здоров'я людини, а також необхідність застосування заходів для зменшення викидів.

### План

1. Природне забруднення атмосфери.
2. Штучне (антропогенне) забруднення атмосфери.
3. Наслідки забруднення атмосфери.

**Основні поняття:** самоочищення атмосфери; забруднення; забруднювачі; смог; викиди в атмосферу; санітарний стан атмосфери.

### 1. Природне забруднення атмосфери

Атмосферне повітря ніколи не буває абсолютно чистим. Загальна кількість забруднювачів, що постійно перебувають в атмосферному повітрі над планетою, складає приблизно 10 млн т, що зумовлено як господарською діяльністю людини, так і процесами, що відбуваються у природі. Частина домішок під впливом сили тяжіння й інших факторів випадає на земну поверхню. Більшість хімічних сполук зазнає серйозних змін під дією УФ-радіації, вологи, озону і кисню повітря. Продукти цих реакцій, а також вихідні сполуки, які безпосередньо викинуті в атмосферу (*первинні забруднювачі*), взаємодіють між собою й утворюють іноді ще більш токсичні і небезпечні сполуки (*вторинні забруднювачі*).

Під впливом атмосферних опадів, сонячної радіації, перенесення повітряних мас, взаємодії з гідросферою й літосферою та діяльності мікроорганізмів атмосферне повітря позбавляється від сторонніх домішок. Цей процес називають *самоочищенням атмосфери*. Проте, в деяких випадках, а саме при низькому природному потенціалі атмосфери щодо самоочищення, в атмосфері переважають процеси накопичення забруднюючих речовин.

Існує два види забруднень атмосфери: *природне та антропогенне (штучне)*, кожне з яких обумовлене відповідними джерелами.

Як правило, природне забруднення не становить загрози для біогеоценозів та живих організмів, хоча короточасні наслідки можливі. Атмосферний пил сприяє конденсації водяного пару, а отже, і утворенню опадів. Крім того, він поглинає пряму сонячну радіацію і захищає організми від сонячного випромінювання.

Космічний пил утворюється із залишків згорілих метеоритів при їхньому проходженні в атмосфері. Щорічно його випадає на Землю 2-5 млн т. Природний пил є постійною складовою частиною земної атмосфери. Він являє собою дрібні тверді зважені у повітрі частки радіусом  $10^{-4}$ - $10^{-3}$  см. Частки природного пилу

мають органічне і неорганічне походження та утворюються у результаті руйнування і вивітрювання гірських порід та ґрунту, вулканічних вивержень, лісових і степових пожеж, випарювання з поверхні морів. Одним із джерел пилу у нижніх шарах атмосфери є також безводні пустелі та степи. Атмосферне повітря над океаном включає дрібні кристали солей магнію, натрію, калію, кальцію, що утворюються в результаті висихання у повітрі бризів води.

## 2. Штучне (антропогенне) забруднення атмосфери

З кожним роком чистого повітря на планеті стає все менше, причиною цього є, в основному, *антропогенне забруднення природи*. Це створює реальну загрозу для існування людей, тварин і рослин на Землі. Вирубуються і згорають під час пожеж величезні площі лісів, які очищають повітря і є основним джерелом виділення кисню в повітря. Внаслідок спалювання твердого і рідкого палива в котельнях теплових електростанцій, мартенівських та доменних печах, при опалюванні житлових будинків, а також від викидів двигунів внутрішнього згорання (за даними деяких авторів вони становлять від 1/3 до 1/2 всіх речовин, які забруднюють повітря) в атмосферу потрапляють щорічно сотні мільйонів тонн шкідливих газів і пилу, в тому числі понад 200 млн тонн вуглекислого газу, понад 150 млн тонн сірчистого газу, приблизно 40 млн тонн вуглеводнів та інших речовин. Забруднення повітря цими газами створює “парниковий ефект”, тобто велика кількість тепла накопичується в атмосфері, що спричинило потепління клімату у всьому світі, тільки за ХХ століття середня температура на планеті зросла на 0,5°C. Згідно з прогнозами вчених темпи потепління будуть наростати, що спричинить танення криги на полюсах і підвищення рівня води в морях та океанах.

Антропогенне (штучне) забруднення атмосфери переважає над природним, при цьому 37% забруднень дає автотранспорт, 32% – промисловість і 31% – інші джерела.

Антропогенна діяльність і вулканічні виверження призводять до накопичення в атмосфері SO<sub>2</sub>. Фотодисоціація сульфур (IV) оксиду неможлива, оскільки довжина хвиль, які досягають нижніх шарів атмосфери, де відбувається накопичення SO<sub>2</sub>, занадто велика, жорстке короткохвильове випромінювання вже відфільтровано. Однак фотодисоціація NO<sub>2</sub> і кисню дає на цій висоті достатню кількість атомарного кисню і озону, тоді можливий процес:



Ефективність цієї реакції зростає в міру збільшення відношення концентрації SO<sub>2</sub> до концентрації NO<sub>2</sub>. Окисненню SO<sub>2</sub> до SO<sub>3</sub> можуть сприяти сліди металів, що проявляють каталітичну дію на цю реакцію (наприклад, манган). З'єднуючись з водою, сульфур (VI) оксид утворює сульфатну кислоту, яка з металами або амонієм (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) дає сульфати.

Є думка, що сульфур (IV) оксид існує в атмосфері від декількох годин до декількох днів залежно від вологості та інших умов. Проте встановлено, що сірчистий газ, який надходить до атмосфери з виверженням вулканів, дає сульфатну кислоту, яка циркулює навколо Землі в стратосфері терміном до року

і більше. Перенесенню сульфур (IV) оксиду на далекі відстані сприяє будівництво високих димових труб. Це, можливо, і знижує ступінь локального забруднення, але збільшує час перебування SO<sub>2</sub> в повітряному середовищі і ступінь його перетворення на сульфатну кислоту і сульфати. Таким чином, сірчистий газ у поєднанні з парами води (туман) є головним компонентом так званого *сірчистого смогу*.

В Україні за останні 35 років площа кислих ґрунтів зросла на 33%. Кислі ґрунти потребують вапнування, що підвищує собівартість сільськогосподарської продукції.

Антропогенні джерела забруднення атмосфери розрізняються також за потужністю викиду, а саме за могутністю, величиною, дрібністю, за висотою викиду на: *низькі, середньої висоти і високі*, за температурою вихідних газів на: *нагріті й холодні*. Для підготовки вихідних даних для розрахунку гранично допустимих викидів (ГДВ) підприємства для кожного джерела за кожним показником потрібна класифікація не тільки джерел забруднень, але і класифікація та характеристика викидів, ступінь вивченості і облік в розрахунках. При цьому враховують *організовані, неорганізовані та розподілені викиди*.

*Організовані викиди* зазвичай проводяться зі стаціонарних джерел. Їх характеризує велика висота труб (50 – 100 м), а також значні концентрації та обсяги. *Неорганізовані викиди* проявляються у вигляді надходжень токсикантів до атмосфери з виробничих приміщень підприємств. Концентрація і обсяг забруднюючих речовин менше, висота викиду невелика. *Розподілені викиди* пов'язані в основному з транспортом, а також з обробкою сільськогосподарських територій отрутохімікатами.

Найбільш поширені викиди промисловості – це зола, пил, оксид цинку, сірчистий ангідрид, сірководень, меркаптан, альдегіди, вуглеводні, смоли, оксид і діоксид нітрогену, амоніак, озон, оксид і діоксид карбону, гідроген флуорид, гідроген хлорид, натрій силіцій флуорид, радіоактивні гази й аерозолі.

ГДК сажі і кіптяви жорстко нормується, зважаючи на вміст канцерогенних вуглеводнів (ПАВ): середньодобова ГДК сажі – 0,05 мг/м<sup>3</sup>.

Розв'язати проблему зменшення забруднення атмосферного повітря можна тільки у тісній співпраці громадських організацій та державних закладів, а у планетарному обсязі – лише на основі міжнародного співробітництва та спільних зусиль всіх країн. На підставі Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» (1992) *всі громадяни мають право на споживання екологічно чистих харчових продуктів, вживання доброякісної питної води та дихання чистим повітрям*. Однак внаслідок діяльності промисловості, експлуатації фізично і морально застарілого обладнання, недостатнього впровадження у виробництво безвідходних і маловідходних технологій, відсутності або малоефективності очисних пристосувань, різкого збільшення автотранспорту, росту чисельності міського населення на тлі низького рівня екологічної грамотності, а нерідко і злочинної безвідповідальності за дотримання гігієнічних вимог до роботи підприємств, зростає негативний

антропогенний вплив на навколишнє природне середовище, в тому числі й на атмосферне повітря. З цих причин в кожному населеному пункті при плануванні будівництва житла і підприємств треба враховувати панівні вітри, передбачати облаштування санітарно-захисної зони для кожного підприємства, що викидає в атмосферу шкідливі речовини. Ці зони відокремлюють промислові підприємства від житлових будівель, в них обов'язково насаджуються дерева і забороняють будівництво житла та тривале перебування людей.

### **3. Наслідки забруднення атмосфери**

Забруднення атмосфери – результат викидів забруднюючих речовин з різних джерел. Причинно-наслідкові зв'язки цього явища потрібно шукати в природі земної атмосфери. Так, забруднення переносяться по повітрю від джерел появи до місць їхнього руйнівного впливу; в атмосфері вони можуть перетерплювати зміни, включаючи хімічні перетворення одних забруднень в інші, ще більш небезпечні речовини.

У результаті промислової діяльності людство сьогодні постало перед такими проблемами:

- зменшення і перфорація озонового шару, який захищає Землю від ультрафіолетового випромінювання Сонця;
- проблема «кислотних дощів»;
- потепління клімату, яке пов'язане з накопиченням у атмосфері газів, що поглинають інфрачервоні промені та перешкоджають їхньому розсіюванню (парниковий ефект);
- смоги у промислових містах.

Навколо промислових підприємств, що виділяють шкідливі викиди в атмосферу, рослинність набагато бідніше, ніж у районах з незабрудненим повітрям. Часто шкідливий вплив викидів на рослинність позначається на значній відстані від заводу. Із загибеллю зелених насаджень перестає діяти фільтр, що очищає повітря, тому що на листі і стовбурах осаджуються зважені частинки й газоподібні домішки. Знижується роль зелених насаджень як джерела кисню і фітонцидів, послаблюється їх вітрозахисна дія. У приміських господарствах великих промислових центрів врожайність сільськогосподарських культур і продуктивність тваринництва знижені.

Сталий вміст забруднень у повітрі (викиди) визначає ступінь руйнівного впливу на даний регіон. Можна сказати, що ступінь забруднення атмосфери залежить від числа й маси викидів.

Оцінка результатів забруднення атмосфери включає негативний вплив на окремі об'єкти живої природи, тобто людей, тварин, рослини; на неживі складники природи, включаючи воду, ґрунт і ландшафт у цілому, і на будови й матеріали. У більше широкому змісті як такий негативний вплив можна розглядати саму забруднену атмосферу, клімат, а також ряд економічних і соціальних умов.

У загальному плані концепція забруднення атмосфери включає значне число дій й явищ, що ведуть до погіршення вихідної, природної якості її. У



більше вузькому змісті, що відповідає концепції, погодженої в рамках країн, що входять у систему Комекон і ряду інших, забруднення атмосфери розуміється як викид твердих, рідких і газоподібних забруднюючих речовин. Уважається, що забруднюючі речовини – це ті, які впливають на навколишнє середовище або безпосередньо, після хімічних змін в атмосфері, або в сполученні з іншими речовинами.

Відповідно до концепції захисту атмосфери, прийнятої в деяких промислово розвинених країнах (наприклад, у Німеччині), забрудненням атмосфери вважається пряме або непряме введення в неї будь-якої речовини в такій кількості, що впливає на якість і сполуку зовнішнього повітря, заподіювати шкоду людям, живій і неживій природі, екосистемам, будівельним матеріалам, природним ресурсам – всій навколишньому середовищу. Відповідно до цього визначення до забруднення атмосфери варто було б віднести викид більших кількостей водяної пари від градирень електростанцій, якби це привело до погіршення видимості через туман, утворенню ожеледі на дорогах, підвищенню корозійного впливу атмосфери й т. д.

*У рамках Конвенції по великим міждержавним забрудненням повітря* забрудненням атмосфери, крім викидів у повітря матеріальних часток, вважаються також, що приводять до збитку викиди, енергії. Отже, викиди теплоти шуму вібрацій і випромінювань (не тільки радіоактивних, але й електромагнітних, таких як мікрохвильові, радарні, ультрависокоочастотні, тобто тих, які випускаються високовольтними лініями й т. д.) можуть уважатися видами забруднення.

Захист атмосфери включає комплекс технічних й адміністративних заходів, прямо або побічно спрямованих на припинення або принаймні зменшення зростаючого забруднення атмосфери, що є наслідком промислового розвитку. Територіально-технологічні проблеми включають як питання місця розташування джерел забруднення атмосфери, так й обмеження або усунення ряду негативних ефектів.

Пошук оптимальних рішень з обмеження забруднення атмосфери даним джерелом інтенсифікувався паралельно з ростом рівня технічних знань і промисловим розвитком, – розроблений ряд спеціальних заходів щодо захисту атмосфери. Крім того, починається інтегрування процесу пошуку оптимальних рішень по обмеженню ефектів забруднення атмосфери з комплексним підходом до захисту атмосфери, що і слугує взаємозв'язку між окремими компонентами навколишнього середовища. Таким чином, дослідження ефектів забруднення атмосфери стає усе більше залежною, але не менш важливою частиною в області захисту атмосфери.

Додання дослідженням із захисту атмосфери цілеспрямованого характеру повинне включати боротьбу проти її забруднення, особливо промислового, а також від транспортних засобів й інших джерел.

Захист атмосфери не може бути успішною при однобічних і половинчастих мірах, спрямованих проти конкретних джерел забруднення. Найкращі результати можуть бути отримані лише при об'єктивному, багатобічному підході

до визначення причин забруднення атмосфери, внеску окремих джерел і виявленню реальних можливостей обмеження цих викидів.

У міських і промислових конгломератах, де є значні концентрації малих і більших джерел забруднюючих речовин, лише комплексний підхід може привести до встановлення прийняттого рівня забруднення атмосфери при сполученні оптимальних економічних і технологічних умов. Виходячи із цих положень необхідне незалежне джерело інформації, що розташовував би відомостями не тільки про ступінь забруднення атмосфери, але й видах технологічних й адміністративних мір.

*Об'єктивна оцінка стану атмосфери* спільно з відомостями про всі можливості зменшення викидів дозволяє створити реальні плани й довготермінові прогнози забруднення атмосфери стосовно до найгіршого й найбільш сприятливим обставинам і формує тверду основу для вироблення й укріплення програми захисту атмосфери.

По тривалості програми захисту атмосфери підрозділяються на довгострокові, середній тривалості й короткочасні; методи підготовки планів з захисту атмосфери базуються на звичайних методах планування й координуються так, щоб задовольняти довгострокові вимоги в цій області.

Частиною короткочасного й середньої тривалості планування є негайні заходи щодо запобігання подальшого забруднення найбільше небезпечних щодо цього районів шляхом установаки встаткування, конструйованого спеціально для зниження викидів від присутніх джерел забруднення.

Цілком справедливо буде включити вартість устаткування для обмеження викидів у собівартість продукції, а не в затрати на захист атмосфери, тоді зазначене співвідношення капіталовкладень і збитку від забруднень складе 1:10.

Окремі області досліджень по захисту атмосфери часто групуються в список відповідно до рангу процесів, що приводять до її забруднення:

- джерела викидів (місце розташування джерел, сировина, що використовується й методи його переробки, а також технологічні процеси);
- збір і накопичення забруднюючих речовин (твердих, рідких і газоподібних);
- визначення й контроль за викидами (методи, прилади, технології);
- атмосферні процеси (відстань від димових труб, перенесення на далекі відстані, хімічні перетворення забруднюючих речовин в атмосфері, розрахунок очікуваного забруднення й складання прогнозів, оптимізація висоти димових труб);
- фіксація викидів (методи, прилади, стаціонарні й мобільні заміри, крапки вимірів, сітки вимірів);
- вплив забрудненої атмосфери на людей, тварин, рослини, будови, матеріали й т. д.;
- комплексний захист атмосфери в сполученні із захистом навколишньої середовища.

При цьому необхідно враховувати різні погляди, основними з яких є:

- законодавча (адміністративні заходи);

- організаційна й контролююча;
- прогностична зі створенням проєктів, програм і планів;
- економічна з одержанням додаткових економічних ефектів;
- наукова, проведення досліджень і розробок;
- реалізація, включаючи виробництво продукція й виготовлення установок;
- практичне використання й експлуатація;
- стандартизація й уніфікація.

### *? Питання для самоконтролю*

1. Перерахуйте всі можливі джерела, включаючи і природні, появи в атмосфері: CO, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO.
2. Схарактеризуйте джерела природного забруднення атмосфери.
3. Схарактеризуйте джерела антропогенного забруднення атмосфери.
4. Перелікуйте наслідки забруднення атмосфери для здоров'я людини.
5. Назвіть заходи щодо захисту атмосферного повітря.
6. Чим відрізняються організовані та неорганізовані джерела забруднення? Введіть приклади.
7. Які речовини вважаються основними забруднювачами атмосфери, і який їх вплив на клімат та живі організми?

### *✍ Практичні завдання*

1. Опишіть всі способи окислення SO<sub>2</sub> і SO<sub>3</sub>. Як впливає на навколишнє середовище це окислення?
2. Утворення в атмосфері сірчаноокислотних дощів можливо фотохімічним шляхом: SO<sub>2</sub> + hν = SO<sub>2</sub>; SO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> = SO<sub>3</sub> + O; SO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O = H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Поясніть можливість вказаних реакцій.
3. Що таке фреони, як вони впливають на руйнування озону? Зобразіть за допомогою рівнянь хімічних реакцій утворення смогів, схарактеризуйте їх.
4. Автомобіль, що використовує бензиновий двигун, викидає в атмосферу 2,3 кг вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) на кожен літр спожитого пального. За день автомобіль витрачає 15 літрів бензину. Скільки кілограмів CO<sub>2</sub> викидає цей автомобіль за день, місяць (30 днів) та рік (365 днів)?
5. Промислове підприємство щороку викидає в атмосферу 50 кг оксиду сірки (SO<sub>2</sub>). Об'єм повітря, в якому розподіляється забруднювач, становить 1 000 000 м<sup>3</sup>. Яка концентрація SO<sub>2</sub> (у мг/м<sup>3</sup>) буде в атмосферному повітрі протягом однієї години?
6. Теплова електростанція за рік спалює 1 000 000 тонн вугілля. Відомо, що на шкірну тону спаленого вугілля виділено 80 кг оксиду вуглецю (CO) та 40 кг оксиду сірки (SO<sub>2</sub>). Яка загальна маса CO та SO<sub>2</sub>, що виділяється в атмосферу за рік?

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5. ЕКОЛОГІЯ ГІДРОСФЕРИ

### ТЕМА 11. СТАН ГІДРОСФЕРИ ТА ВПЛИВ НА ГІДРОСФЕРУ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДЕЙ

**Мета:** ознайомитись з основними характеристиками гідросфери, її значенням для екосистем та життєдіяльності людини; з впливом хімічних елементів і сполук на якість води, показниками якості води та класифікацією водних ресурсів за хімічним складом та мінералізацією. дослідити джерела забруднення водних об'єктів та механізми впливу антропогенної діяльності на стан водних ресурсів; сформувані розуміння необхідності раціонального використання водних ресурсів, запобігання їх пошкодженню та відновлення водних екосистем.

#### План

1. Вплив хімічних елементів і сполук на якість води. Запаси води в гідросфері. Біологічна вода. Властивості води.
4. Якість води. Показник якості води.
5. Класифікація водних ресурсів. Класифікація природних вод за хімічним складом, за мінералізацією.

**Основні поняття:** біологічна вода; гідросфера; океан; якість води; показники якості; загальна мінералізація; жорсткість; санітарне число.

#### 1. Вплив хімічних елементів і сполук на якість води. Запаси води в гідросфері. Біологічна вода. Властивості води

Гідросферою називають переривчасту водну оболонку Землі, розташовану між атмосферою і земною корою, що становить собою сукупність океанів, морів і водних об'єктів суші (ріки, озера, водосховища, болота, підземні води), включаючи скупчення води у твердій фазі (сніговий покрив, льодовики).

Океан займає 71 % поверхні Землі, його середня глибина 4 км, маса води  $1,5 \times 10^{18}$  т. Запаси води в гідросфері становлять майже 1,5 млрд км<sup>3</sup>, дані подано в таблиці 16.

Таблиця 16 – Запаси води в гідросфері Землі

Частина гідросфери	Об'єм води, тис. км <sup>3</sup>	Об'єм води у % загального об'єму
Океан	1370323	94,201
Підземні води	60000	4,42
У тому числі зони активного водообігу	4000	0,27
Льодовики	24000	1,65
Озера	230	0,016
Ґрунтова волога	75	0,005
Пари атмосфери	14	0,001
Річні води	1,2	0,0001

З наведених даних видно, що запаси солоної води колосальні, а прісної води дуже мало, а саме лише близько 3 % загального обсягу вод суші. Крім того, значна частина прісної води практично не використовується через свою недоступність – води льодовиків і основної частини підземних вод.

Нині обсяг придатних для використання прісних вод становить 0,3 % загального запасу гідросфери (приблизно 4 млн км<sup>3</sup>). Вода в атмосфері – це головним чином водяна пара і її конденсат (крапельки води й крижані кристали).

*Біологічна вода* – це вода, що міститься в живих організмах і рослинах, в яких в середньому її знаходиться 80 %. Загальна маса живої речовини біосфери близько 1 400 млрд тонн, відповідно маса біологічної води становить 1 120 млрд тонн, або 1 120 км<sup>3</sup>.

Вода – це єдина речовина на Землі, що існує в природі у всіх трьох агрегатних станах: рідкому, твердому і газоподібному. Під дією сонячного тепла вода випаровується з природних водойм і водотоків – океанів, морів, річок, а також ґрунту. Водяна пара є легшою за повітря, підіймається у верхні шари атмосфери й конденсується в дрібні крапельки, утворюючи хмари. З хмар вода повертається на земну поверхню у вигляді атмосферних опадів – дощів і снігу.

Вода, що випадає надходить безпосередньо у водні об'єкти, а також збирається у верхніх шарах ґрунту, утворюючи поверхневі та ґрунтові води, які, стикаючись з мінеральними й органічними речовинами, частково розчиняють їх, формуючи хімічний склад природних вод.

Парниковий ефект, що призводить до порушення теплового балансу Землі, здатний підвищити температуру земної поверхні. Будь-яка людська діяльність, яка сприяє парниковому ефекту і змінам клімату, що відбуваються, впливає і на глобальний колообіг води. Передбачуване підвищення рівня моря не тільки створює проблему захисту прибережних районів від затоплення, але може призвести до забруднення водних ресурсів, а особливо при затопленні хімічних підприємств, складів отруйних речовин, звалищ токсичних відходів тощо, а також до збільшення частки солоної води щодо прісної води. У результаті потепління клімату і збільшення випаровувань опади можуть зрости на 15 %.

При підвищенні температури на 2 – 4 °С в глобальному масштабі можливе танення льоду і підвищення рівня Світового океану приблизно на 20 м з подальшими непередбачуваними екологічними наслідками. Величезну роль відіграє вода в живих організмах. Обмін речовин без неї неможливий; майже всі хімічні, фізіологічні та колоїдні процеси в 66 організмі, а саме асиміляція, дисиміляція, дифузія, ресорбція, осмос та інше протікають у водних розчинах або при обов'язковій участі води. Виняткові властивості води в загальній біологічній системі Землі пов'язані з її фізичними і хімічними властивостями.

Вода (H<sub>2</sub>O) – найпростіша стійка хімічна сполука водню з киснем. При звичайних умовах – це рідина без запаху, смаку та кольору. За шкалою Цельсія температура плавлення води прийнята за 0°С, а температура кипіння – за 100°С. Температура кипіння води є аномальною і водночас найбільш важливою, оскільки саме тому стало можливим існування на Землі води в рідкій фазі. З

іншого боку, існування води в чистому вигляді обумовлено її високою температурою замерзання, що забезпечує вимерзання домішок. Висока теплоємність води сприяла тому, що Світовий океан став регулятором клімату, перерозподіляючи тепло по поверхні Землі. Найвищу щільність вода має при 4°C (1г/см<sup>3</sup>), при 0°C щільність льоду 916,8 кг/м<sup>3</sup>, а щільність води – 999,968 кг/м<sup>3</sup>. Така залежність щільності води від температури дозволяє зберегтися в холодні періоди всю воду біосфери. При температурах до 4°C щільність льоду стає меншою щільності води і лід спливає. При подальшому охолодженні відбувається перемішування більш щільної холодної води із менш щільною теплою до тих пір, поки вся вода не досягне 4°C. Поверхневий шар стає легшим за глибинні шари, і перемішування води припиняється, що призведе до утворення на поверхні води льоду, стає тепловим бар'єром, який захищає гідросферу від переохолодження.

Вода має здатність розчиняти дуже багато речовин, має високу діелектричну постійну, здатна до мимовільної електролітичної дисоціації з утворенням іонів:  $\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$ . Ці властивості води дозволяють з будь-якої природної системи отримати водний розчин електроліту, в якому можливе протікання багатьох процесів, неможливих у безводному середовищі.

Багато речовин вступають з водою в реакцію обмінного розкладу, названу гідролізом. Зміна фізичних властивостей водних розчинів майже лінійно залежить від концентрації розчинених у ній солей. Зі зростанням населення Землі й збільшенням випуску промислової й сільськогосподарської продукції споживання води зростає.

За оцінками Інституту світових ресурсів, близько 9000 км<sup>3</sup> прісної води доступно для людської діяльності. Цей запас води достатній, щоб забезпечити потреби 20 млрд осіб на рік. За оцінками фахівців, безповоротне водоспоживання становить 150 км<sup>3</sup> на рік, тобто близько 1 % стійкого стоку прісних вод. У середньому міське водоспоживання оцінюється в 450 л/добу на одну людину. З них 50 % йде на господарсько-питні, 20 % на комунально-побутові й 30 % на виробничі потреби.

Головним споживачем води є сільське господарство, на частку якого припадає близько 70 % всіх запасів прісної води. Велика потреба у воді в промисловості, де вона використовується для приготування і очищення розчинів, охолодження і нагрівання, транспортування сировини, теплоенергетичних цілей, видалення відходів, миття обладнання, тари, приміщень і т. д. Середній хімічний комбінат кожну добу витрачає 1 – 2 млн м<sup>3</sup> води, теплоелектростанція – 300 км<sup>3</sup> в рік.

## **2. Якість води. Показник якості води**

Чиста питна вода необхідна людині для існування, а від її якості залежить стан нашого здоров'я, самопочуття та навіть зовнішній вигляд. Згідно з науковими дослідженнями, наявність хлору та сульфатів у водопровідній воді може спричиняти розлади травлення, а забруднення часто викликають зараження бактеріальними інфекціями. Дефіцит води в організмі провокує не лише

захворювання, але й передчасне старіння — саме тому так важливо випивати принаймні 1.5 літра чистої води на день.

Здоров'я та самопочуття людини безпосередньо залежать від чистого повітря, правильного харчування та якісної питної води. В масштабах усієї планети вода є найціннішим ресурсом та універсальним компонентом живої матерії, яка об'єднує всіх істот. Науковці довели, що не менше 80% сучасних захворювань спричиняє погана якість споживаної води. На фоні того, що екологія довкілля погіршується і чистих природних джерел стає дедалі менше, значення якості питної води зростає.

Наявність токсичних домішок у джерелах води може призводити до масових отруєнь, а віруси, бактерії та інші хвороботворні мікроорганізми — до інфекційних захворювань та епідемій. Щоб зберегти своє здоров'я, необхідно вживати лише чисту питну воду з корисним хімічним складом.

Варто зазначити, що достовірно оцінити якість, чистоту та безпечність води можна лише шляхом лабораторних досліджень. Річ у тім, що наявність мікробів та деяких хімічних речовин не позначається суттєво на смаку, кольорі та запаху води, тому такий продукт здається цілком безпечним, хоча насправді може бути шкідливим для здоров'я. З огляду на це, рекомендується щороку проводити дослідження води з колодязів та інших джерел, якими користуються люди.

Норми питної води є вкрай важливими для забезпечення здоров'я людей. Вони визначають безпечні рівні різних забруднювальних речовин, забезпечуючи запобігання захворюванням і підтримуючи загальний стан здоров'я.

Вода для пиття повинна бути безпечною для споживання, гарантуючи збереження здоров'я людей. Критерії якості питної води повинні відповідати таким гігієнічним вимогам: бути безпечною в епідемічному та радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості й нешкідливий хімічний склад. Для створення питної води слід віддавати перевагу воді з підземних джерел питного водопостачання, які ефективно захищені від біологічного, хімічного та радіаційного забруднення.

Для оцінки гігієнічної безпеки та якості питної води проводять аналіз бактеріологічних показників (мікробіологічних, паразитарних), санітарно-хімічних (органолептичних, фізико-хімічних, санітарно-токсикологічних), а також радіаційних показників, які вказані у додатках 1-3. Гігієнічні вимоги до питної води включають такі аспекти, як відсутність шкідливих мікроорганізмів, хімічних забруднень, належний рівень мінералізації та інші фізико-хімічні параметри.

Показники якості води наведено на рисунку 4. Розглянемо детальніше ці показники, та вимоги відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 Вимоги до води по кольоровості – питна вода повинна мати прозорий колір без будь-яких домішок або осаду. Наявність деяких відтінків може вказувати на забруднення, такі як метали, бактерії або хімічні сполуки. Відповідно до вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10 колір води не повинен перевищувати 10 градусів.

Каламутність води зумовлена зазвичай дрібнодисперсними домішками

такими як пісок, окалина та інші. У питній воді наявність цих домішок не допускається, відповідно до вимог чинного законодавства України каламутність води не повинна перевищувати 1 НОК, який дорівнює  $0,58 \text{ мг/дм}^3$ .

Вимоги до запаху води передбачають, що при температурі  $60^\circ\text{C}$  запах води не повинен перевищувати 2 бали. Якщо у воді відчувається запах, це вказує на надлишок у воді розчинених хімічних речовин. Наприклад запах тухлих яєць свідчить про наявність у воді сірководню.

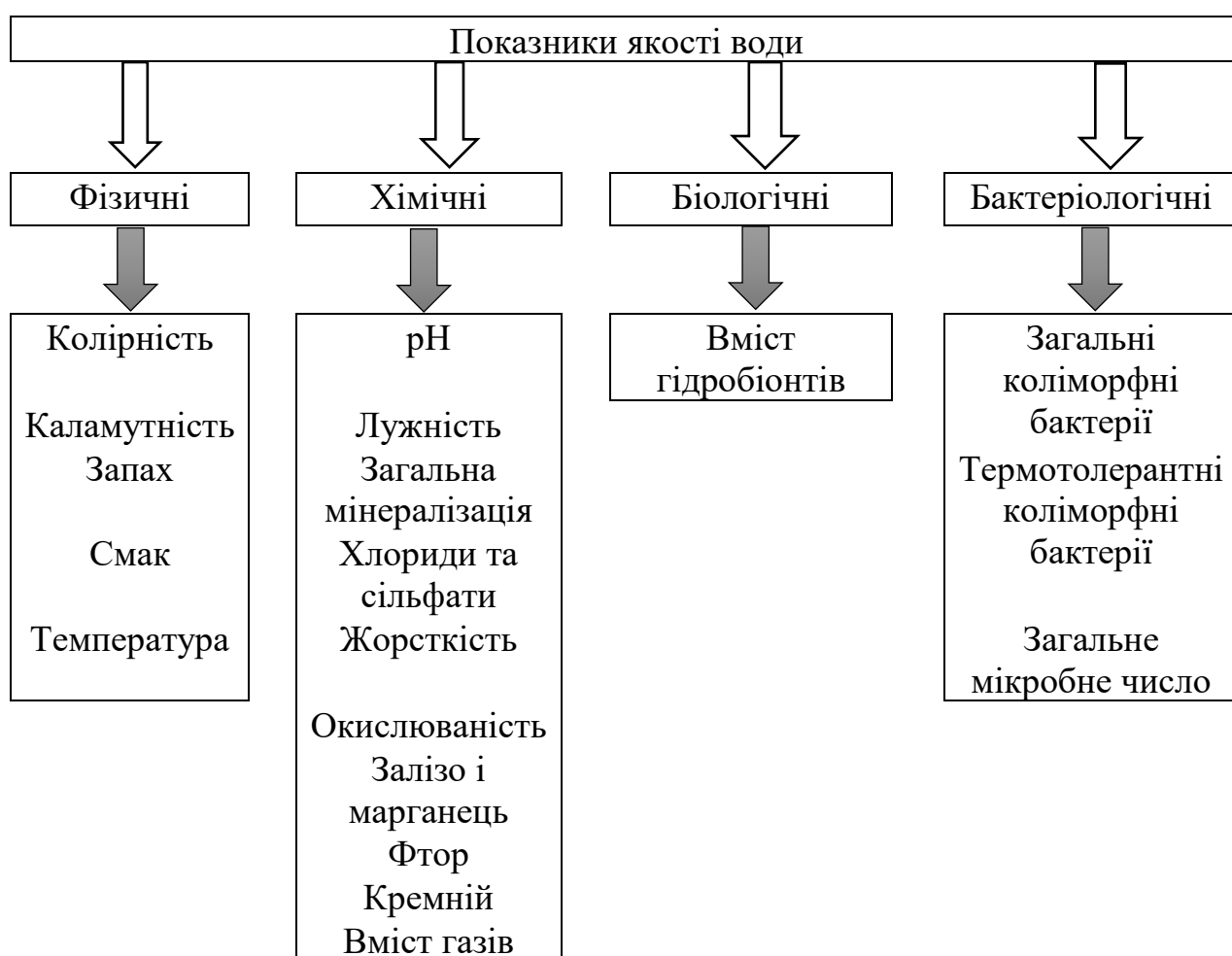


Рисунок 4 – Показники якості води

Вимоги до води за смаком і присмаком – питна вода повинна бути приємною, мати освіжаючий смак без будь-якого стороннього присмаку, і не перевищувати 2 балів. Смак води залежить від її мінерального складу, температури та вмісту розчинених газів. Розрізняють чотири типи смаку води: солоний, солодкий, кислий, гіркий. Всі інші смакові відчуття – це присмаки, наприклад хлорний, терпкий, і т.д.

pH води – це кислотно лужний баланс, який згідно з вимогами до води питної повинен бути в межах від 6,5 до 8,5 одиниць.

Загальна мінералізація – визначає сукупність всіх компонентів, які знаходяться у воді, так вода з рівнем мінералізації від 0 до 20 ppm вважається знесоленою (близькою до дистильованої) і непридатною для вживання, бо вона



вимиває солі з організму. Мінералізація 50 – 150 ppm вважається столовою водою, показники від 150 – 200 ppm – незадовільною, 250 – 1000 ppm непридатною для постійного вживання, оскільки це спричиняє навантаження на серцево-судинну систему, а також затримання води в організмі.

Хлориди – це солі, які містять хлор та інші елементи, такі як калій, магній та натрій, вони впливають на смак і запах води. Норма хлоридів в питній воді становить не більше 250 мг/л.

Жорсткість води визначається наявністю в ній солей кальцію і магнію. За цим показником природні води поділені на 5 класів: дуже м'які, м'які, пом'якшені, жорсткі і дуже жорсткі.

Якщо вода жорстка або забруднена домішками, то на внутрішніх поверхнях труб і котлів осідає накип, який призводить до зменшення теплопровідності і передчасного виходу з ладу апаратури і навіть цілих систем.

Відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 жорсткість води не повинна перевищувати 7 ммоль/дм<sup>3</sup>.

Окиснюваність води характеризує сумарний вміст у воді органічних речовин та легко окиснюваних хімічних домішок. Цей показник вказує на ступінь забруднення води. І якщо окиснюваність становить понад 5 мг кисню в літрі води, це свідчить про її забруднення стічними водами.

Вимоги до заліза у воді не дозволяють його перевищення більше ніж 0,2 мг/дм<sup>3</sup>, якщо цей показник вищий, вола має неприємний металічний присмак, інколи набуває жовтого забарвлення, і є непридатною для споживання.

Марганець зазвичай зустрічається разом з розчиненим залізом, може випадати в осад чорного кольору і надавати воді мутно-темного забарвлення. Вміст марганцю в питній воді не повинен перевищувати 0,05 мг/дм<sup>3</sup>.

Вимоги до фтору в питній воді становлять від 0,8 до 1,0 мг/дм<sup>3</sup>, кремнію менш ніж 10 мг/дм<sup>3</sup>.

Вода повинна бути безпечною для вживання і не містити бактерій.

## **5. Класифікація водних ресурсів. Класифікація природних вод за хімічним складом, за мінералізацією**

Класифікації природних вод за хімічним складом обґрунтується за різноманітнішими ознаками: мінералізацією, концентрацією переважаючого компонента або їх груп, співвідношенням між концентраціями різних іонів, наявністю підвищених концентрацій будь-яких специфічних компонентів газового (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> тощо) або мінерального (F, Ra та ін.) складу.

Відомі спроби класифікувати природні води відповідно до загальних умов, в яких формується їх хімічний склад, а також за гідрохімічним режимом водних об'єктів. За переважним аніоном природні води поділяються на три класи:

1) гідрокарбонатні і карбонатні, а саме більшість маломінералізованих вод річок, озер, водосховищ і деякі підземні води;

2) сульфатні води, тобто проміжні між гідрокарбонатними і хлоридними водами, генетично пов'язані з різними осадовими породами;

3) хлоридні води, тобто високомінералізовані води океану, морів, солоних озер, підземні води закритих структур і тощо.

Кожен клас за переважним катіоном підрозділяється на три групи: кальцієвий, магнієвий та натрієвий. Кожна група, і собі, поділяється на чотири типи вод, що визначаються співвідношенням між вмістом іонів у відсотках у перерахунку на кількість речовини еквівалента.

Води I типу утворюються в процесі хімічного вилуговування вивержених порід або при обмінних процесах іонів кальцію і магнію на іони натрію і є мало мінералізованими.

Води II типу змішані, до них відносяться води більшості озер, річок і підземні води з малою та помірною мінералізацією.

Води III типу метаморфізовані, включають частину сильно мінералізованих природних вод або вод, що зазнали катіонного обміну іонів натрію на іони кальцію і магнію. До цього типу відносяться води морів, океанів, морських лиманів, реліктових водойм.

До IV типу відносяться кислі води – болотні, шахтні, вулканічні або води, які сильно забруднені промисловими стоками.

Виділяють декілька класифікацій природних вод за мінералізацією:

- 1) розсоли (солоність > 50 ‰);
- 2) морські (солоність 25 – 30 ‰);
- 3) солонуваті (солоність 1 – 25 ‰);
- 4) прісні (солоність до 1 ‰).

#### *? Питання для самоконтролю*

1. Схарактеризуйте вплив хімічних елементів і сполук на якість води.
2. Що таке біологічна вода?
3. Схарактеризуйте властивості води.
4. Що таке якість води? Які показники якості води Вам відомі?
5. Наведіть класифікацію водних ресурсів.
6. Які міжнародні угоди та програми спрямовані на охорону водних ресурсів?
7. Що таке «санітарне число», і як воно використовується для оцінки стану ґрунту та водних ресурсів?
8. Чому важливо зберегти біорізноманіття водних екосистем?

#### *✍ Практичні завдання*

1. Визначте добову витрату хлору на хлорування води в місті з мільйоном жителів, якщо прийняти, що витрата води на людину 350 л, а норма витрати хлору  $10^{-4}$  г/л.
2. Яка мінімальна сумарна маса кожного з перерахованих металів, які можуть щодня проходити через міську мережу водопостачання потужністю 107 л день, якщо концентрація цих металів не повинна перевищувати: цинку – 5 мг/л, кадмію – 0,01 мг/л, марганцю – 0,05 мг/л, мідь – 1 мг/л.
3. Скільки л морської води потрібно обробити, щоб одержати 108 кг бромів,

якщо концентрація бромиду  $0,67 \text{ г/кг}$  або  $10^{-4} \text{ моль/л}$ .

4. Кислотні дощі потрапляють в ґрунт і руйнують нерозчинні з'єднання металів, наприклад оксиди. Таким чином, важкі метали в надмірних кількостях потрапляють у воду, а потім у кров тварин і людини, викликаючи різні захворювання і масову загибель риби. До складу глини входить 10 – 40 % оксиду алюмінію. Яка кількість алюмінію опиниться у воді, якщо разом з осіданнями випало 10 т сірчаної кислоти.

5. Промисловий завод щодня скидає у воду  $50 \text{ м}^3$  стічних вод із концентрацією забруднюючих речовин  $20 \text{ мг/л}$ . Скільки тонн забруднюючих продуктів отримується у воду за місяць (30 днів)?

6. Об'єм води становить  $10000 \text{ м}^3$ . У неї потрапляє  $500 \text{ кг}$  забруднюючої речовини. ГДК цієї речовини для води становить  $0,02 \text{ мг/л}$ . Чи підвищиться концентрація забруднюючої речовини у воді до недопустимої норми? Якщо так, то в скільки разів?

7. Озеро площею  $2 \text{ км}^2$  за літо втрачає  $20 \text{ см}$  води через випаровування щомісяця. Який загальний об'єм води (у літрах) випаровується з озера за три місяці літа?

## ТЕМА 12. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОСФЕРИ

**Мета:** сформувати уявлення про антропогенний вплив на гідросферу; розкрити причини порушення якості природних вод, дефіцит водних ресурсів, принципи оцінки екологічного стану водойм; ознайомитися зі способами охорони водойм.

### План

1. Природні та антропогенні джерела забруднення гідросфери.
2. Поняття «стічні води». Класифікація забруднень стічних вод.
3. Охорона водойм.

**Основні поняття:** водний кодекс; забруднення гідросфери; водні ресурси; стічні води.

### 1. Природні та антропогенні джерела забруднення гідросфери

Забруднення гідросфери – це надходження у водойми рідких, твердих і газуватих речовин у кількостях, що змінюють властивості води і є шкідливими для водних екосистем.

Забруднення гідросфери відбувається в дедалі більших масштабах. Як забруднювачі у гідросферу потрапляють усі види забруднень – фізичні, хімічні й біологічні. За місцем потрапляння забруднень виділяють забруднення підземних вод, забруднення прісних вод і забруднення океанів.

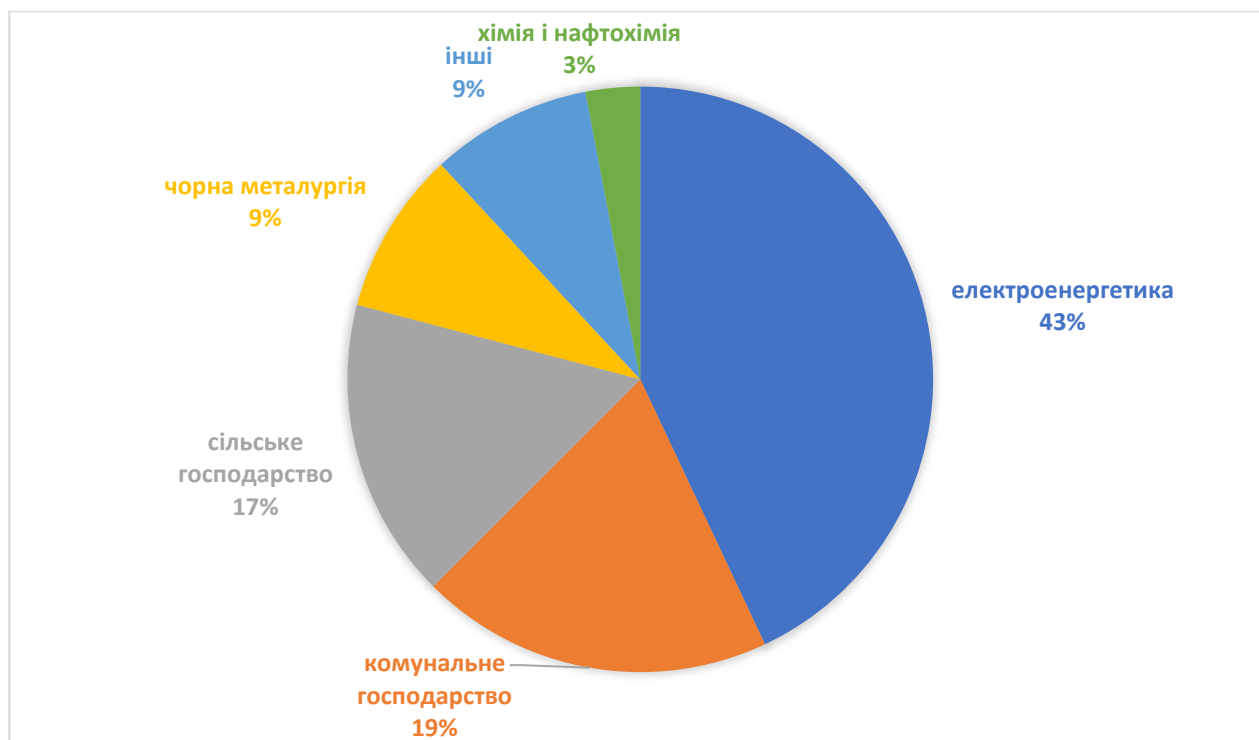
Основні речовини, які потрапляють у гідросферу:

- глина, мул та інші речовини;
- нафтопродукти;
- солі важких металів;
- поверхнево-активні речовини;
- пестициди;
- мікроорганізми (з харчових виробництв та стічних вод);
- радіонукліди;
- побутове сміття, поліетилен тощо.

Основні джерела забруднення атмосфери представлено на рисунку 5.

Види забруднень гідросфери. Фахівці вказують на негативне значення усіх типів забруднення: механічного (засмічення, забруднення піском, глиною), хімічного (нафта, нафтопродукти, пестициди, сполуки важких металів, діоксини, антибіотики, добрива), фізичного (тепло, радіонукліди Цезій-137, Стронцій-90, Калій-40) та біологічного (бактерії, ентеровіруси, яйця гельмінтів, спори грибів). Найбільш небезпечним для водних екосистем є хімічне забруднення. Його особливими видами є теплове, фармакологічне та пластикове забруднення.

Але тільки забрудненням дія людини на гідросферу не обмежується. Побудова гідроелектростанцій, каналів і дамб стала причиною різкої зміни водного режиму багатьох річок. Створення водоймищ та осушення сільськогосподарських угідь призвели до зміни рівня ґрунтових вод.



Рисинок 5 – Основні джерела забруднення атмосфери

Забруднення Світового океану здійснюється через суходіл (стічні води, стоки сільськогосподарських виробництв і населених пунктів) й атмосферу (з димом, пилом, вихлопними газами), з якими гідросфера тісно пов'язана колообігом води. Найінтенсивнішими забруднювачами поверхневих і підземних вод є целюлозно-паперові, хімічні, нафтопереробні, металургійні комбінати, сільське господарство.

## 2. Поняття «стічні води». Класифікація забруднень стічних вод

У поняття «стічні води» входять різні за походженням, складом й фізико-хімічними властивостями води, які використовуються людиною для побутових і технологічних потреб. При цьому вода забруднюється, і її фізико-хімічні властивості змінюються. Стічні води різноманітні за складом й, отже, за своїми властивостями. Розрізняють три основні категорії стічних вод залежно від їхнього походження:

- господарсько-побутові;
- виробничі;
- атмосферні.

*Побутові стічні води* утворюються в житлових, адміністративних й комунальних (лазні, пральні й ін.) будинках, а також у побутових приміщеннях промислових підприємств. Це стічні води, які надходять у водовідвідну мережу від санітарних приладів (умивальників, раковин або мийок; ванн, унітазів і трапів – приладів з ґратами, розташованих на підлозі). Вони містять фізіологічні

виділення людей, а також господарські відходи: залишки харчових продуктів, пісок, мило і пральні засоби, тканину, папір тощо.

*Господарсько-побутові стічні води* можна розглядати як розбавлену суміш сечі і фекалій, кухонних (стоки від приготування їжі і миття посуду) і банно-пральних стоків (стоки від гігієнічних процедур і прання білизни). Особливістю господарсько-побутових стічних вод є відносна постійність їх складу, що зумовлюється подібністю фізіології людини і її господарської діяльності.

*Виробничі стічні води* утворюються в процесі виробництва різних товарів, виробів, продуктів, матеріалів та ін. Виробничі стічні води надзвичайно різноманітні за кількістю і складом, які, своєю чергою, залежать від виду виробництва, сировини і технології, що застосовується. Забруднення, характерні для виробничих стічних вод, умовно поділяють на п'ять категорій:

- біологічно нестійкі органічні сполуки;
- малотоксичні органічні солі;
- нафтопродукти; біогенні сполуки;
- речовини зі специфічними токсичними властивостями, у тому числі важкі метали, біологічно жорсткі органічні синтетичні сполуки, що не розкладаються.

Виробничі стічні води, що містять органічні речовини, а також токсичні домішки, що перешкоджають біохімічному окисленню цих органічних речовин, піддають локальному очищенню з метою видалення токсичних домішок, після чого скидають у міську каналізацію. Стічні води багатьох виробництв, окрім розчинних неорганічних і органічних речовин, містять колоїдні домішки, а також завислі грубодисперсні й дрібнодисперсні домішки, щільність яких може бути більше або менше за щільність води.

Скидання виробничих стічних вод у міську каналізацію регламентується правилами прийому виробничих стічних вод в системи каналізації населених пунктів. Надходження виробничих стічних вод у міську каналізацію може бути рівномірним чи нерівномірним, безперервним або залповим, цілорічним чи сезонним.

*Атмосферні стічні води* утворюються в процесі випадіння дощів і танення снігу як на житловій території населених пунктів, так і території промислових підприємств, АЗС й ін. До цієї категорії стічних вод відносять поталі води, а також води від поливання вулиць. Атмосферні стічні води у сучасних містах містять, крім піску і сміття, що змиваються із бруківок, також і органічні речовини, тому за своїм складом вони часто можуть бути віднесені до слабо забруднених побутових стічних вод.

Забруднення території промислових підприємств призводить до появи в зливових водах домішок, характерних для даного виробництва. Відмінною рисою зливого стоку є його епізодичність і різко виражена нерівномірність по витраті й концентраціям забруднень. Залежно від системи каналізації господарсько-побутові і виробничі, або господарсько-побутові, виробничі й

атмосферні стічні води надходять у міську каналізаційну мережу, утворюючи міські стічні води.

Залежно від гідрогеологічних умов місцевості, характеру виробничих процесів у певному регіоні, витрати води на господарсько-побутові й виробничі цілі вибирається та або інша система водовідведення й, відповідно, схема водовідвідної мережі.

Всі зазначені вище стічні води потребують обов'язкового очищення при їх відведенні у відкриті водойми, оскільки в них містяться різні забруднюючі речовини у концентраціях, що значно перевищують допустимі. Різний ступінь забруднення стічних вод й природа їхнього утворення вимагають при проєктуванні спільного або роздільного відведення окремих видів стічних вод, спільного або роздільного їх очищення.

Основними характеристиками стічних вод є:

- кількість стічних вод, що характеризується витратою, вимірюваною в л/с або м<sup>3</sup>/с, м<sup>3</sup>/год, м<sup>3</sup>/зміну, м<sup>3</sup>/добу і т. п.;
- види забруднень і вміст їх у стічних водах, що характеризується концентрацією забруднень, вимірюваною в мг/л або г/м<sup>3</sup>.

Важливою характеристикою стічних вод є ступінь рівномірності (або нерівномірності) їх утворення й надходження у водовідвідні системи. Зазвичай вона визначається нерівномірністю надходження стічних вод за годинами доби у році. Ці характеристики враховуються при проєктуванні водовідвідних систем.

*Класифікація забруднень стічних вод.* Стічні води надзвичайно різноманітні за своїм складом, а отже і за своїми властивостями. Знання складу стічних вод і характеру присутніх домішок є головною умовою, яка дозволяє правильно вибрати методи їхнього очищення і скласти оптимальну технологічну схему очисних споруд. Забруднення, що містяться в стічних водах, можуть бути класифіковані за різними ознаками, найважливішими з яких є їх походження і фазоводисперсний стан. Стічні води перед скиданням у водойми повинні бути очищені на очисних спорудах. Для цього необхідно знати склад стічних вод і їхню якість.

За походженням забруднення поділяють на:

- мінеральні,
- органічні,
- біологічні
- бактеріальні.

До мінеральних забруднень відносять пісок, глинисті частинки, шлак, розчини мінеральних солей, кислот і лугів, мінеральні масла тощо. Органічні забруднення бувають рослинного і тваринного походження. До забруднень рослинного походження відносяться залишки овочів, фруктів, злаків, паперу тощо. Основним хімічним елементом цього виду забруднень є вуглець. До забруднень тваринного походження відносяться фізіологічні виділення людей і тварин, залишки м'язових і жирових тканин тварин, клейові речовини тощо. Вони характеризуються значним вмістом азоту. Органічні забруднення за хімічним складом поділяють на безазотисті, які містять вуглець, водень і кисень,

та на азотовмісні. Основу безазотистих органічних домішок господарсько-побутових стічних вод складають вуглеводи і жири. З вуглеводів у стічних водах найчастіше зустрічаються моносахариди – глюкоза, лактоза (молочний цукор) і дисахарид – сахароза. Компонентами господарсько-побутових стічних вод є також такі полісахариди, як целюлоза і крохмаль, які, на відміну від простих вуглеводів, не розчиняються у воді. У стічних водах целюлоза знаходиться у завислому стані, складаючи значну частину твердої фази.

Забруднення мінерального й органічного походження, що містяться у побутових стічних водах, перебувають у нерозчинених, розчинених і колоїдному стані. Частину нерозчинених забруднень, затримуваних при аналізах на паперових фільтрах, називають завислими речовинами. Найбільшу санітарну небезпеку представляють забруднення органічного походження. Вміст органічних забруднень, що перебувають у розчиненому стані, оцінюється значеннями біохімічної потреби в кисні (БПК) і хімічної потреби в кисні (ХПК). Побутові стічні води мають БПК=100-400 мг/л, а ХПК=150-600 мг/л, і їх можна оцінити як сильно забруднені. При зберіганні вони здатні загнити через 12-24 год (при температурі 20°C).

Для міських стічних вод кількість забруднень органічного походження доволі значна і складає 45-58 %. Мінеральні речовини і забруднення становлять відповідно 42-55 %. Органічні забруднення стічних вод є сприятливим середовищем для розвитку різноманітних мікроорганізмів і бактерій, які складають так зване біологічне і бактеріальне забруднення стічних вод і зумовлюють їх епідемічну небезпеку.

Розрізняють:

- сапрофітні бактерії (безпечні) (найпростіші, водорості, личинки комах, дріжджі, плісняві грибки);
- хвороботворні бактерії (збудники черевного тифу, паратифу, дизентерії).

Згідно з відомою класифікацією домішок за їх фазово-дисперсним станом, розробленою академіком Л. А. Кульським, усі домішки стічних вод незалежно від їх природи поділені на чотири групи відповідно до розмірів частинок.

Першу групу домішок складають нерозчинні речовини, що знаходяться у воді у вигляді великих завислих частинок діаметром більше десятих часток міліметра, а також у вигляді суспензії, емульсії й піни (частинки розміром від десятих часток міліметра до 0,1 мк).

Другу групу домішок складають речовини колоїдного ступеня дисперсності з розміром частинок від 0,1 до 0,001 мк.

Домішки третьої групи знаходяться у вигляді молекулярно-дисперсних часток діаметром менше за 0,001 мк й утворюють у воді істинні розчини.

Домішки четвертої групи мають розміри частинок менше ніж 0,0001 мк, що відповідає іонному ступеню дисперсності. Це, головним чином, луки, кислоти і їх солі. Деякі з них, зокрема амонійні солі й фосфати, частково вилучаються зі стічних вод у ході біологічного очищення на міських очисних спорудах.



Витрата побутових вод з 1 га площі кварталів міста зазвичай дорівнює 0,3-2 л/с (питома витрата) або 10000 – 60000 м<sup>3</sup> /рік. У водовідвідну мережу вони надходять порівняно нерівномірно за годинами доби. У денний час витрата більше, ніж у нічний час, витрати за годинами доби можуть змінюватися в 2-5 разів.

Виробничі стічні води різних галузей промисловості істотно відрізняються як за складом забруднюючих речовин, так і за їх концентраціями. Виробничі стічні води утворюються в результаті технологічних процесів. Якість стічних вод і концентрація забруднюючих речовин визначаються видом виробництва й вихідної сировини, режимом технологічних процесів. Наприклад, на металообробних підприємствах виробничі стічні води забруднені мінеральними речовинами.

Харчова промисловість дає забруднення органічними домішками. Більшість підприємств має забруднення стічних вод як мінеральні, так й органічні у різних співвідношеннях. Концентрація забруднень стічних вод різних підприємств неоднакова. Вона коливається в доволі широких межах залежно від витрати води на одиницю продукції, вдосконаленості технологічного процесу й виробничого встаткування. Концентрація забруднень у виробничих стічних водах може сильно коливатися протягом години й залежить від ходу технологічного процесу в окремих цехах або на підприємстві в цілому. Нерівномірність припливу стічних вод й їхньої концентрації у всіх випадках погіршує роботу очисних споруд й ускладнює експлуатацію.

Для прикладу нижче наведені характеристики стічних вод деяких галузей промисловості. У стічних водах заводів чорної металургії по окремих цехах утримується: завислих неорганічних речовин 0,2-5 г/л; окалини 0,3-2 г/л; фенолів 0,7-1 г/л, смол і масел 0,2-1,8 г/л. У стічних водах целюлозно-паперових заводів завислих речовин утримується 400-2000 мг/л. Це переважно деревне волокно й целюлоза. У стічних водах текстильних підприємств утримується: завислих речовин 250-400 мг/л, мийних засобів 50-120 мг/л, БПК їх досягає 300-350 мг/л.

У дощових водах утримується значна кількість нерозчинених мінеральних домішок, а також забруднення органічного походження. БПК дощових вод досягає 50-60 мг/л. Дослідженнями встановлено, що дощові води можуть бути джерелами забруднення водойм. Загальна витрата дощових вод за рік становить 1500-2000 м<sup>3</sup> з 1 га, тобто в 5-30 разів менше витрати побутових вод. Утворення (випадання) дощових вод відбувається нерівномірно. Їх витрата змінюється від нуля (у суху погоду) до максимального значення 300 л/с (у період інтенсивних злив).

### **3. Охорона водойм**

Заходи з охорони вод поділяють на правові, організаційні, технологічні, економічні, наукові, соціальні.

Правові – ухвалення та застосування водоохоронних законів усередині країни та підписання і дотримання вимог міжнародних конвенцій.

Питаннями, пов'язаними з проблемами Світового океану, займається Міжнародна морська організація (англ. International Maritime Organization, ІМО) – міжурядова організація ООН (заснована 1958 р.). Вона стала ініціатором підписання низки міжнародних конвенцій:

Конвенція про цивільну відповідальність за збитки від забруднення нафтою (1969);

Конвенція про запобігання забрудненню моря внаслідок захоронення відходів із суден та літальних апаратів (1972);

Конвенція про запобігання забрудненню моря із джерел, розміщених на суші (1974);

Конвенція про захист морського середовища регіону Балтійського моря (1974);

Конвенція про захист Середземного моря від забруднення (1976);

Конвенція ООН з морського права (1982), яка визначила акваторії, що мають національну юрисдикцію, тому конкретні держави відповідають перед міжнародною спільнотою за їхню охорону. Близько 45 % Світового океану оголошено загальним надбанням людства, тому будь-яка діяльність на цих акваторіях має здійснюватися під міжнародним контролем.

Ухвалено також Конвенцію про захист Чорного моря від забруднення, яку підписали Болгарія, Грузія, Румунія, Російська Федерація, Туреччина та Україна (Бухарест, 1992).

Питаннями, пов'язаними з проблемами поверхневих вод суші, займається кожна країна, на території якої є річка або озеро. Водночас великі річки можуть протікати територією кількох держав (транскордонні). Тому з метою забезпечення раціонального використання та охорони транскордонних вод суші з урахуванням їхнього особливого характеру під час здійснення діяльності, яка спричиняє або може спричинити транскордонний вплив, європейські країни прийняли Конвенцію про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер (Гельсінкі, 1992). Україна підписала цю Конвенцію в 1999 р.

В Україні ухвалено низку законів, спрямованих на забезпечення раціонального використання та охорону вод у державі:

«Про охорону навколишнього природного середовища» (1991); Водний кодекс України (1995);

«Про гідрометеорологічну діяльність» (1999);

«Про затвердження Загальнодержавної програми охорони та відтворення довкілля Азовського і Чорного морів» (2001);

«Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» (2002);

«Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» (2012);

«Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» (2016).

Останній з названих законів є прикладом правової та організаційної адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу у сфері водних відносин, де основним законодавчим документом є Водна рамкова директива (ВРД), прийнята у 2000 році. У ВРД передбачено, що базовим інструментом у сфері управління та охорони вод є план управління річковим басейном.

У Кримінальному кодексі України передбачена кримінальна відповідальність за забруднення водойм і атмосферного повітря (ст. 228).

Організаційні – розроблення механізмів із реалізації положень водоохоронного законодавства (здійснення державного моніторингу вод, розроблення планів управління річковими басейнами).

Державний моніторинг вод, який є складником державної системи моніторингу довкілля, здійснюють з метою забезпечення збирання, обробки, збереження, узагальнення та аналізу інформації про стан водних об'єктів, прогнозування його змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для ухвалення рішень у галузі використання, охорони вод та відтворення водних ресурсів. Об'єкти державного моніторингу вод: масиви поверхневих і підземних вод (поверхневі та підземні водні об'єкти або їх частини); морські води в межах територіального моря та лише морської економічної зони України. Суб'єктами державного моніторингу вод є Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, Державне агентство водних ресурсів України, Державна служба геології та надр України, Державна служба України з надзвичайних ситуацій, а також Державне агентство України з управління зоною відчуження.

План управління річковим басейном (ПУРБ) запроваджено згідно із Законом України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» (2016). Це основний документ, розроблений з метою впровадження інтегрованого управління водними ресурсами в річкових басейнах і затверджений Кабінетом Міністрів України. Він окреслює основні принципи управління водними ресурсами та шляхи досягнення стратегічної цілі – доброї якості води і безпечного стану річок і водойм, визначених для кожного району річкового басейну.

Згідно з гідрографічним районуванням (2016) в Україні виділено дев'ять районів басейнів річок (Дніпра, Дністра, Дунаю, Південного Бугу, Дону, Вісли, річок Криму, річок Причорномор'я, річок Приазов'я), для яких повинні бути розроблені ПУРБ. У системі Державного агентства водних ресурсів України функціонують відповідні басейнові управління водних ресурсів.

ПУРБ містить: аналіз стану річкового басейну; економічний аналіз використання вод; перелік цілей для поверхневих і підземних вод, які підлягають охороні, та терміни їхнього досягнення; програму заходів із розв'язання проблем річкового басейну; результати консультацій із зацікавленими сторонами та інформацію про компетентні органи управління річковим басейном. Розроблення планів управління річковими басейнами та подання їх на затвердження в Кабінет Міністрів України мало завершитися у 2024 році.

Економічні – вдосконалення критеріїв оцінювання збитків від забруднення вод на основі принципу «забруднювач платить», розробка ефективних механізмів стимулювання впровадження водоохоронних заходів.

Технологічні – зменшення об'єму стічних вод унаслідок удосконалення технологій виробництва; підвищення ефективності очищення стічних вод; ширше впровадження оборотного водопостачання; заміна водяного охолодження повітряним; у долинах річок створення і чітке закріплення прибережних смуг; ревіталізація (відновлення) малих річок, особливо на урбанізованих територіях.

Наукові – поглиблення наукових досліджень, пов'язаних із технологічними рішеннями стосовно раціонального використання та охорони водних ресурсів; розробка комплексу науково-технічних заходів із максимального упередження негативного впливу господарської діяльності на навколишнє середовище; розробка методів прогнозування наслідків впливу антропогенних факторів на якість природних вод.

Соціальні – створення сприятливих умов для життя, здоров'я і відпочинку населення, пов'язаних із використанням водних об'єктів, що є частиною загальнішої проблеми охорони довкілля. З цією метою, крім реалізації природоохоронних заходів державного рівня, необхідне залучення громадських екологічних організацій, шкільних екологічних центрів, які відіграють важливу роль у вихованні дбайливого ставлення до водних об'єктів та довкілля в цілому.

### **?** *Питання для самоконтролю*

1. Як класифікують стічні води?
2. Схарактеризуйте побутові стічні води.
3. Які основні забруднення характерні для побутових стічних вод?
4. Схарактеризуйте промислові стічні води.
5. Схарактеризуйте атмосферні стічні води.
6. Які є джерела забруднення поверхневого стоку?
7. Які основні забруднення характерні для виробничих та атмосферних стічних вод?
8. Як утворюються так звані «міські» стічні води?
9. Які основні забруднення за походженням характерні для різних видів стічних вод?

### **✍** *Практичні завдання*

1. У прісній воді, призначеній для водопостачання, концентрація іонів кальцію складає  $10^{-3}$  моль/л, а концентрація бікарбонат-іону рівна  $10^{-3}$  моль/л. Яка кількість гідроксиду кальцію і карбонату натрію необхідна для зниження рівня вмісту іонів кальцію в чотири рази, якщо потрібно підготувати 107 л води.

2. Вміст фосфору в морській воді складає 0,07 г фосфору на 106 г води. Якщо весь цей фосфор знаходиться у вигляді фосфат-іону, то які будуть молярні концентрації фосфату?

3. Згідно з наявним оцінкам, всі річки світу щорічно приносять в світовий океан  $4 \times 10^{15}$  г розчинених солей. Яку частку в % за масою складає це щорічне надходження від повної кількості солей, розчинених в океані? Об'єм води світового океану  $1,35$  млрд.  $\text{км}^3$ , солоність води світового океану  $35$  г/кг, тобто  $3,5$  %. Щільність морської води прийняти за  $1$   $\text{кг}/\text{м}^3$ .

4. Фтор потрапляє в організм людини з харчовими продуктами і водою. У деяких районах вміст фтористих солей в питній воді в перерахунку на фторид натрію складає  $2$  мг/л. Вважаючи, що людина в середньому споживає в добу  $2$  л води, обчислити скільки фтору вводиться щодня в організм людини? Напишіть рівняння дисоціації фториду натрію і вкажіть, в якому вигляді фтор потрапляє до організму. До чого може призвести надлишок фтору в організмі?

5. Під час аварії у воді потрапило  $1$  тонна нафти, яка утворила плівку товщиною  $0,1$  мм. Яку площу (в  $\text{м}^2$ ) покриває ця плівка, якщо густина нафти становить  $0,8$   $\text{г}/\text{см}^3$ ?

6. Стічні води підприємства містять  $15$  мг/л нафтопродуктів, але для скидання у воді концентрація має бути не більше  $5$  мг/л. Щоденний об'ємних вод становить  $1\ 000$   $\text{м}^3$ . Скільки кілограмів нафтопродуктів потрібно видалити із стічних вод щодня, щоб вони відповідали ГДК?

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 6. ЕКОЛОГІЯ ЛІТОСФЕРИ

### ТЕМА 13. ВПЛИВ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ І СПОЛУК НА ЯКІСТЬ ҐРУНТУ

**Мета:** розглянути склад літосфери та процеси, що в ній відбуваються, значення природних ресурсів та антропогенний вплив на літосферу і шляхи збереження поверхневого шару земної кори; сформувані розуміння необхідності раціонального використання природних сировинних ресурсів, запобігання їх виснаженню.

#### План

1. Склад літосфери.
2. Природні ресурси.
3. Шкідливі відходи, які забруднюють земну кору.

**Основні поняття:** літосфера; земна кора; літобіосфера; мінерали; гірські породи; гіпергенез; вивітрювання; вилуговання.

#### 1. Склад літосфери

Літосфера – верхня тверда оболонка Землі, поступово з глибиною переходить у сфери з меншою площею речовини. Вона складається з верхньої частини мантії та земної кори. Саме тому літосфера не є однорідною. Її верхні шари утворюють величезні блоки (літосферні плити) завтовшки до 100 км. Вони ніби плавають по розплавленій мантії, то розходяться, то стикаються одна з одною. Коли такі гіганти стикаються або розходяться, на земній поверхні утворюються гори, глибоководні жолоби та тріщини. Потужність літосфери 50 – 200 км, у тому числі земної кори – до 50 – 75 км на континентах і 5 – 10 км на дні океану. Верхні шари літосфери називаються літобіосферою. Хімічний склад земної кори подано в таблиці 17.

Таблиця 17 – Хімічний склад земної кори

Елемент	Масова частка, %
Кисень	49,13
Магній	2,35
Залізо	4,20
Вуглець	0,35
Калій	2,35
Алюміній	26,00
Титан	0,61
Натрій	2,40
Кремній	26,00
Водень	1,00
Кальцій	3,25
Хлор	0,20

Утворення атмосфери, гідросфери і земної кори відбулося в ході вивільнення речовин із верхнього шару мантії молодшої Землі. Нині на океанічному дні в серединних хребтах триває процес утворення земної кори, що супроводжується виділенням газів і невеликих обсягів води. У складі сучасної земної кори у великій концентрації присутній кисень, далі по процентному змісту слідує кремній та алюміній (табл. 17). Здебільшого, літосферу формують такі сполуки, як діоксид кремнію, силікати, алюмосилікати. У формуванні більшої частини літосфери брали участь кристалічні речовини магматичного походження. Вони утворилися при охолодженні магми, яка вийшла на поверхню Землі, а в надрах планети перебуває в розплавленому стані.

Природні хімічні сполуки елементів земної кори називаються мінералами. З них складаються численні типи гірських порід.

Різниця між мінералами та гірськими породами полягає в тому, що мінерали – це однорідні тіла, які складаються з однієї речовини (золото, кварц, польовий шпат, слюда, кам'яна сіль, алмаз та ін.), а гірські породи – це сполучення кількох мінералів. Наприклад, граніт складається з трьох мінералів: кварцу, слюди, польового шпату. Розмаїття мінералів і гірських порід зумовлене насамперед різними причинами їхнього утворення. Ідеться про тиск, температуру, вологість тощо.

Основними групами гірських порід є магматичні, осадові і метаморфічні. Людина практично не впливає на літосферу, хоча верхні горизонти земної кори піддаються сильній трансформації в результаті експлуатації родовищ корисних копалин. Людина безперервно контактує з літосферою. Верхній родючий шар земної кори забезпечує нас необхідними продуктами рослинного походження, а земні надра є багатим джерелом корисних копалин.

*Корисні копалини* – це утворення земної кори, які людина застосовує для своїх потреб. До них відносять мінерали й гірські породи.

Так, *магматичними* називають породи, утворені з магми. У земну кору або на її поверхню вона потрапляє з мантії через глибокі тріщини та розломи. До таких порід відносять базальт, польовий шпат, лабрадорит, пемзу тощо.

*Осадові породи* утворюються на поверхні земної кори. Вони виникають у результаті осідання речовин на дні водойм або нагромадження на суходолі. Це такі мінерали та гірські породи, як галька, бурштин, вапняк тощо.

*Метаморфічні породи* утворюються тоді, коли змінюються умови їхнього залягання порівняно з тими, у ході яких вони утворилися. Наприклад, пісковики під дією значної температури та тиску перетворюються на кварцит. Широко використовуються в будівництві також гнейси та мармур.

Дія атмосфери, гідросфери та біосфери на верхню частину літосфери – земну кору, проявляється в процесах фізичного і хімічного вилуговування.

*Фізичне вилуговування* (точніше, мабуть, вивітрювання) це чисто механічне руйнування порід. Часті зміни температури, морозне вивітрювання з утворенням морозостійких тріщин і сольове розтріскування порід (виникнення тріщин під тиском кристалів солей, що утворюються), в результаті якого вони

подрібнюються до частинок меншого розміру без істотних змін в хімічному складі зумовлюють розпушення структури й розпад порід на мінеральні зерна.

*Хімічне вилуговування* призводить до утворення нових речовин, воно відбувається за участю вологи, особливо підкисленої, і деяких газів (наприклад, кисню), які викликають руйнацію мінералів. Розчинення мінералів – це найпростіша реакція вилуговування. Полярна молекула води здатна розірвати йонні зв'язки, наприклад, в галіті (кам'яна сіль).

Води суші містять розчинні форми речовин, здатні надавати їм кислотності, джерелами якої можуть бути, наприклад, процеси:

- розчинення атмосферного  $\text{CO}_2$  в дощовій воді,
- розчинення природного або антропогенного діоксиду сірки ( $\text{SO}_2$ ) з утворенням  $\text{H}_2\text{SO}_3$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Реакцію між мінералами і кислотними агентами вивітрювання зазвичай називають *кислотним гідролізом*.

Руйнування мінералів і гірських порід на поверхні Землі зазвичай називають процесом вивітрювання або, як різновид його, вилуговування. У 1922 р. А. Ферсман запропонував іншу назву цього процесу – гіпергенез. Сутність процесів гіпергенезу полягає в перегрупованні атомів і утворенні нових стійких до умов земної поверхні сполук. Розрізняють три типи гіпергенезу:

- 1) фізичний (механічний),
- 2) хімічний,
- 3) біологічний (органогенний).

Фізичний і хімічний гіпергенез був представлений процесами вилуговування, які призводять до розпушення мінеральних порід під дією вітру, дощу, кисню повітря, діоксиду вуглецю, води, органічних кислот і т. п.

Отже, літосфера є:

- 1) джерелом природних ресурсів, необхідних для існування усіх живих організмів, в.ч. і людини;
- 2) джерелом тепла (від ядра Землі) та енергії, яку добувають з викопного палива: нафта, газу, кам'яного вугілля;
- 3) сферою накопичення і збереження інформації про еволюційно-історичні та генетичні процеси.

## 2. Природні ресурси

Природні ресурси – це тіла і сили природи, які використовуються людиною для підтримки свого існування. До них належать: сонячне світло, вода, повітря, ґрунт, рослини, тварини, корисні копалини й все інше, що не створене людиною, але без чого вона не може існувати ні як жива істота, ні як виробник.

Природні ресурси класифікують відповідно до таких ознак:

- за їх використанням – на виробничі (сільськогосподарські та промислові), охорони здоров'я (рекреаційні), естетичні, наукові та ін.;
- за належністю до тих чи інших компонентів природи – на земельні, водні, мінеральні, тварини або рослинного світу та ін.;



– за заміністю – на заміні (наприклад, паливно-мінеральні енергетичними ресурси можна замінити вітровою, сонячною енергією) і незамінні (повітря для дихання або прісну воду для пиття замінити нічим);

– за вичерпністю – на вичерпні й невичерпні.

Наведені ознаки дозволяють навести кілька класифікацій природних ресурсів, кожна з яких має свої переваги і недоліки. Більший інтерес для науки і практики становить розподіл природних ресурсів за признаку вичерпності.

*Невичерпні ресурси* – це кількісно невичерпна частина природних ресурсів (сонячна енергія, морські припливи, поточна вода, атмосфера, хоча при значних забрудненнях вона може переходити в категорію вичерпних).

*Вичерпні* – це ресурси, кількість яких неухильно зменшується у міру їх видобутку або вилучення з природного середовища. Вони, і собі, поділяються на відновні, а саме рослинність, тваринний світ, вода, повітря, ґрунт, і невідновні (мінеральні). Вони можуть бути виснажені як і тому, що не відновлюються в результаті природних процесів (мідь, залізо, алюміній і ін.), так і тому, що їх запаси поповнюються повільніше, ніж відбувається їх споживання (нафта, вугілля, горючі сланці). Тому в майбутньому людству знадобиться пошук засобів і методів більш ефективного використання невідновних ресурсів, у тому числі методів переробки вторинної сировини.

Нині використовуються майже всі елементи періодичної системи Менделєєва Д. І. Ступінь застосування та переробки численних видів мінеральної сировини визначає прогрес і добробут суспільства. Основними сировинними ресурсами слугують метали, вода, мінеральна й органічна сировина. Темпи експлуатації земних надр прискорюються з року в рік. За останні 100 років щорічне споживання вугілля, заліза, марганцю та нікелю збільшилася в 50 – 60 разів, вольфраму, алюмінію, молібдену і калію у 200 – 1000 разів. В останні роки зріс видобуток енергетичних ресурсів – нафти природного газу. Зріс у світі видобуток золота й алмазів.

Сучасна епоха характеризується дедалі більшим споживанням мінерально-сировинних ресурсів. Тому виникає проблема більш раціонального використання мінеральних ресурсів, яку можна вирішити такими методами:

- створенням нових високоефективних способів геологічної розвідки корисних копалин, ресурсозберігаючих методів видобутку;
- комплексним використанням мінеральної сировини;
- скороченням втрат сировини на всіх етапах освоєння і використання запасів надр, особливо на стадіях збагачення і переробки сировини;
- створенням нових речовин, органічним синтезом мінеральної сировини.

Крім того, важлива роль у раціональному використанні природних ресурсів належить ресурсозберігаючим технологіям, що дозволяє забезпечити насамперед енергетичну ефективність – співвідношення між затрачуваною енергією і корисним продуктом, одержуваним при цих витратах. Тому основним принципом використання енергії має бути відповідність якості енергії поставленим завданням. Для обігріву осель можна використовувати сонячну

енергію, енергію термальних джерел, вітру, що вже застосовується в деяких країнах.

Другий тип суспільства – це суспільство майбутнього, в основі якого лежить розумне використання енергії та рециркуляції речовини, вторинне використання невідновних ресурсів, а також, що особливо важливо, не повинно відбуватися перевищення порогу екологічної стійкості навколишнього середовища. Наприклад, значно простіше і дешевше запобігти потраплянню забруднюючих речовин у природне середовище, ніж намагатися очистити його від цього забруднення. Відходи виробництва, побуту, транспорту тощо, можуть реально і потенційно використовуватися як продукти в інших галузях народного господарства або в ході регенерації.

### **3. Шкідливі відходи, які забруднюють земну кору**

Шкідливі відходи повинні піддаватися нейтралізації, а невикористовувані вважаються осадом. Основні види відходів поділяються на побутові, відходи виробництва і виробничого споживання.

1. Побутові (комунальні) тверді, у тому числі тверда частина стічних вод – їх осад, не утилізований у побуті, утворюються в результаті амортизації предметів побуту і самого життя людей, включаючи лазні, пральні, лікарні та ін. Для знищення побутових відходів споруджують потужні сміттєспалюючі установки або заводи, які дають електроенергію або пар, що йдуть на обігрів підприємств та житла.

2. Відходи виробництва (промислові) – залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, що утворилися при виробництві продукції. Вони можуть бути безповоротними (випаровування, чад, усушка) і поворотними, що підлягають переробці. За даними зарубіжних джерел, у країнах ЄС 60 % побутових відходів піддається захороненню, 33 % спалюється і 7 % компостується. Що ж стосується промислових і сільськогосподарських відходів, то понад 60 і 95 % відповідно піддаються інтенсивності переробки.

3. Відходи виробничого споживання – непридатні для подальшого користування машини, механізми, інструменти та ін. Вони можуть бути сільськогосподарськими, будівельними, виробничими, радіоактивними. Останні дуже небезпечні і потребують ретельного поховання або дезактивації.

На жаль, проблема звалищ побутових і промислових відходів вирішена тільки в найбільш розвинених країнах. У всьому іншому світі вони збираються на великих площах, стаючи джерелами захворювань, неприємного запаху, розсадниками щурів і комах.

Величезне значення має проникність ґрунтів, що знаходяться під звалищами. Чим вона більша, тим сильніше ризики, що пов'язані із забрудненням.

Наприклад, гравійні і піщані формації є пористими, дозволяючи водним потокам безперешкодно відносити розчинені шкідливі речовини в ґрунтові води. Глинисті ґрунти залишаються слабо проникними, тому частинки відходів потрапляють в поверхневі водойми.

Основні характеристики небезпечних відходів включають:

- токсичність;
- займистість;
- реактивність;
- корозійні властивості;
- крім того, сюди відносяться радіоактивні і патогенні сполуки.

Їх не завжди можна утилізувати, тому застосовують поховання під землею. Хоча в цих випадках використовують сприятливі геологічні умови і необхідні ступені захисту, завжди залишається ймовірність розгерметизації і попадання шкідливих речовин в ґрунтові води.

В останні роки збільшилася кількість небезпечних (токсичних) відходів, які можуть викликати отруєння чи інші ураження живих істот. Це, перш за все, не використані різні отрутохімікати в сільському господарстві, відходи промислових виробництв, що містять канцерогенні та мутагенні речовини. На території багатьох країн є так звані «пастки», тобто давно забуті поховання небезпечних відходів, на яких з часом збудували житлові будинки та інші об'єкти, що дають про себе знати появою дивних захворювань місцевого населення. До таких «пасток» можна віднести і місця проведення ядерних випробувань з мирною метою. Наявні проєкти (частково реалізовані) захоронення, а також підземні ядерні випробування можуть ініціювати так звані «наведення» землетрусу.

Отже, наслідками забруднення літосфери є:

- зміна рельєфу земної поверхні;
- зміна форми континентів, їх розмірів, розташування;
- локальні, регіональні та глобальні екологічні катастрофи;
- зміна клімату і складу атмосфери;
- землетруси;
- виснаження і вичерпання ґрунтів;
- зсуви, селі, осипання, просідання і карстово-суфозійні явища;
- деградація ґрунтів (засолення, ерозія);
- підтоплення й заболочення територій.

В процесі перетворення літосфери людина видобула 125 млрд т вугілля, 2 млрд т. нафти, понад 100 млрд. інших корисних копалин. Розорано понад 1500 млн. га земель, заболочено і засолено 20 млн га.

Забезпеченість людства земельними ресурсами визначається світовим земельним фондом, що становить 13,1 млрд га.

Безвідповідальна господарська діяльність сприяє деградації ґрунтів, хімічному і радіаційному зараженню надр, а також поширенню впливу цих процесів на гідросферу і атмосферу.

### *? Питання для самоконтролю*

1. Схарактеризуйте хімічний склад літосфери.
2. Що таке вилугування (вивітрювання) гірських порід?
3. Що таке мінерали, яке їх значення у народному господарстві?

4. Що таке гірські породи? Як класифікують гірські породи?
5. Як людина впливає на стан літосфери?
6. Схарактеризуйте наслідки антропогенного впливу на літосферу.
7. Які види природних ресурсів добуваються з літосфери? Наведіть приклади їх використання.
8. Що таке шкідливі відходи, і як вони впливають на стан ґрунту та літосфери загалом?
9. Які види промислових відходів найбільш шкідливі для земної кори, і чому?
10. Що таке транслокація забруднюючих речовин, і як цей процес впливає на рослини?

### *✍ Практичні завдання*

1. Визначить температуру повітря в шахті, яка має глибину 100 м, якщо на поверхні температура становить  $+10^{\circ}\text{C}$ .
2. Яка буде температура порід на межі земної кори і мантії під океанами (глибина 9 км) і під гірськими масивами (85 км), якщо середньорічна температура поверхневих шарів  $+17^{\circ}\text{C}$ ?
3. У шахті на глибині 120 м температура становить  $0^{\circ}\text{C}$ . Яка в цей час температура поверхневих шарів?
4. При опусканні в свердловину на глибину 2 км термометр показав  $+25^{\circ}\text{C}$ . На поверхні в цей час температура була  $+10^{\circ}\text{C}$ . Визначте глибину свердловини.
5. Підприємство видає 5000 тонн залізної руди на місяць. Відомо, що 1 тонна руди містить 60% заліза, решта – це домішки. Скільки тонн чистого заліза видобувається щомісяця, і який обсяг домішок утворюється при цьому?
6. Завод з переробки вугілля для енергетичного підприємства щорічно переробляє 1000000 тонн вугілля. При цьому 20% відходів перетворюється на попіл і шлак. Скільки тонн попелу і шлаку утворюється щорічно на цьому підприємстві?
7. Під час видобутку нафти нафтова компанія виробляє 10 тис тонн відходів на місяць. Відомо, що кожна тонна відходів забруднює  $2\text{ м}^2$  земної поверхні. Скільки квадратних метрів земної кори забруднюється щомісяця цими відходами?

## ТЕМА 14. ЕКОЛОГІЯ ҐРУНТІВ

**Мета:** ознайомитись зі складом ґрунту, його екологічними властивостями, визначити поняття родючості ґрунту, окреслити фактори, що негативно впливають на екосистему ґрунту.

### План

1. Поняття про ґрунт і його екологічні властивості.
2. Склад ґрунту. Родючість ґрунту.
3. Фактори негативного впливу на екосистему ґрунту.

**✍ Основні поняття:** ґрунт; ґрунтоутворення; родючість; пестициди; ґрунтовий розчин; хімічні і фізичні властивості ґрунтів; органічна речовина ґрунту.

### 1. Поняття про ґрунт і його екологічні властивості

Сучасний етап розвитку науки про ґрунт у зв'язку з екологічною кризою, що прогресує, викликаною антропогенним тиском на біосферу взагалі і ґрунтовий покрив зокрема, потребує ретельного аналізу досягнутого, ясного розуміння ролі ґрунту в збереженні біорізноманіття нашої планети, в подальшому розвитку людської цивілізації й забезпеченні її екологічно стабільного існування. Ще наприкінці позаминулого століття В. В. Докучаєв зауважив, що зі всіх стихій природи (царств, компонентів) тільки ґрунт ніколи не шкодив людині, а навпаки, завжди годував її й зберігав навколишнє природне середовище. Адже, як справедливо відзначив засновник генетичного ґрунтознавства, лише ґрунт представляє кращу і вищу чарівність природознавства, ядро справжньої натурфілософії, становить генетичний, віковий і завжди закономірний зв'язок між рослинним, тваринним і мінеральним царствами з одного боку та людиною, її побутом і навіть духовним світом – з іншого.

Загальноновизнаним є те, що В. І. Вернадський, творець нових наук (геохімії, біогеохімії, радіогеології, вчення про живу речовину і біосферу) зробив значний внесок у розвиток мінералогії, кристалографії, геології, історії науки й наукового світогляду. Проте лише небагатьом, навіть серед спеціалістів, відомо, що він від початку наукової діяльності й протягом усього свого життя вивчав проблеми ґрунтознавства і його екологічних аспектів. Його ґрунтознавчі ідеї не лише донині зберегли свою актуальність, а й справляють вирішальний вплив на розвиток цієї важливої галузі знань.

В. І. Вернадський ще в 1914 році, аналізуючи стан вивченості питання про хімічний склад ґрунту, зазначив: «... все яснішим стає для нас значення ґрунту в біосфері – не лише як субстрату, на якому живе рослинність і тваринний світ, але і як частини біосфери, де найбільш інтенсивно відбуваються хімічні реакції, пов'язані з живою речовиною. Роль ґрунту в історії земної кори аж ніяк не

відповідає тонкому шару, який він утворює на її поверхні. Проте вона повною мірою відповідає тій величезній активній енергії, яка зібрана в живій речовині».

В. І. Вернадський вперше за всю історію дослідження ґрунтів звернув увагу на специфічну геохімічну роль живої речовини в ґрунтоутворенні, яка традиційно розглядалася під кутом зору біохімії й гумусоутворення. Він визначив ґрунт не лише як продукт взаємодії між гірськими породами та організмами, а і як систему цієї взаємодії, розкрив біогеохімічний механізм, який керує цією системою.

Спираючись на біогеохімічні закони, В. І. Вернадський з'ясував важливі напрями впливу живої речовини на ґрунт, створивши по суті програму майбутніх досліджень, які, на його думку, мали б проводитись у таких напрямках:

- а) роль живої речовини у формуванні фізичних та хімічних властивостей ґрунту;
- б) роль живої речовини у формуванні ґрунтових компонентів;
- в) роль живої речовини в процесі концентрації й розсіювання хімічних елементів у ґрунті та ін.

Періодом найбільшої активності вивчення В. І. Вернадським проблем ґрунтознавства є останні три десятиліття його життя, які він присвятив дослідженню найбільшої з екосистем – біосфери. Учений показав, що хоча ґрунтовий покрив є вузькою зоною біосфери, у ньому відбувається важливий процес поглинання сонячної енергії на Землі. Саме в ґрунті зароджуються біологічні явища, які визначають склад і шляхи міграції хімічних елементів атмосфери, літосфери та природних вод не лише в межах зазначеної вузької ґрунтової зони, а й поза нею. В. І. Вернадський розробляв нові підходи до хімічного аналізу ґрунтів, які спираються на єдину логічну основу і дають змогу порівнювати ґрунти з іншими природними тілами – гірськими породами, природними водами, живою речовиною. Йому належить продуктивна ідея створення кларкових (середніх) величин вмісту елементів у ґрунтах та інших утвореннях. Усвідомлюючи важливість цих питань для майбутнього розвитку науки, він присвятив їм ряд праць і виступав на багатьох міжнародних конгресах і симпозіумах.

Фізичні екологічні властивості ґрунтів, які визначають водний, тепловий, повітряний та інші режими едафотопу, що характеризують спрямованість ґрунотвірного процесу, можна поділити на властивості твердої фази, гідрофізичні, теплові, електрофізичні та аерофізичні.

Серед властивостей твердої фази ґрунтів найважливіше екологічне значення мають гранулометричний склад, структура, щільність та пористість. Як відомо, від гранулометричного складу залежить формування та особливості всіх інших екологічних властивостей та функцій ґрунтів. Найкращими з екологічного погляду є суглинисті та супіщані ґрунти. Шляхом утворення структурних агрегатів у ґрунті одночасно можуть існувати організми з цілковито протилежними вимогами до умов існування, наприклад аероби та анаероби.

Щільність та пористість ґрунтів тісно пов'язані між собою. Ці властивості визначають формування повітряного режиму ґрунтів, що відбивається на стані всього ґрунту.

Гідрофізичні властивості визначають водний режим ґрунтів. Ґрунт через певну вологоємність виконує роль резервуара вологи для рослинності та ґрунтових організмів.

Також важливе значення для забезпечення живих організмів ґрунту мають водопроникність (надходження вологи з поверхні) та водопідйомна здатність (надходження вологи з нижніх, насичених вологою ґрунтових горизонтів). *Гідрофізичні властивості* значною мірою визначаються іншими особливостями ґрунтів – структурою, водорозчинними сполуками, здатними або нездатними коагулювати ґрунтові колоїди, вологістю, щільністю твердої фази та ін.

*Вологість ґрунтів* часто виступає лімітуючим фактором середовища, особливо це характерно для степових умов. Теплові властивості формують тепловий режим ґрунтів. Серед цих властивостей найголовніше екологічне значення мають *теплоємність та теплопровідність*, через які відбувається поглинання та передача теплової енергії в ґрунтах. Від кількості енергії залежить інтенсивність та умови протікання процесів ґрунтоутворення, які визначають усі особливості та властивості ґрунтів.

*Електрофізичні властивості* визначають екологічні особливості ґрунтів як природного тіла, що характеризується електропровідністю, діелектричною проникністю та магнітними ознаками. Через ці властивості відбувається впорядковане розміщення заряджених частинок у просторі залежно від електромагнітного поля земної кулі. Електрофізичні властивості залежать від вологості, мінералогічного, хімічного та гранулометричного складу ґрунтів.

*Аерофізичні властивості* характеризують повітряний режим ґрунтів, який значною мірою впливає на інші ґрунтові властивості та процеси. Ці властивості сприяють проникненню повітря до нижніх ґрунтових горизонтів, завдяки чому відбувається постійний газообмін між ґрунтовим та атмосферним повітрям. Особливо важливо це для аеробних ґрунтових організмів, оскільки в ґрунтовому повітрі при відсутності нормального газообміну кількість кисню може зменшуватися до десятих часток відсотка, а вуглекислоти – збільшуватися до десяти і більше об'ємних відсотків.

*Фізико-хімічні екологічні властивості* ґрунтів визначаються вмістом гумусу (органічної речовини), співвідношенням вуглецю гумінових та фульвокислот, ємністю поглинання, сумою обмінних основ, наявністю біофільних елементів, кислотністю. Гумус – найважливіший компонент органічної речовини, яка визначає родючість ґрунтів.

Екологічна роль органічних речовин у житті ґрунту визначається тим, що:

- 1) органічні речовини – один із найважливіших факторів вивітрювання гірських порід та процесів руйнування мінеральної частини ґрунту;
- 2) вони є джерелом поживних речовин для рослин;
- 3) органічні речовини відіграють важливу роль в утворенні структури ґрунту;

4) органічні речовини мають безпосередній вплив на рослину, сприяючи певним чином її росту та розвитку.

Ємність поглинання є важливим показником хімічних та фізичних властивостей ґрунтів і визначається як сума всіх обмінних катіонів, що можна витіснити з ґрунту. Від ємності поглинання залежить здатність ґрунтів утримувати та віддавати різні хімічні сполуки, які необхідні для функціонування рослин та ґрунтових організмів.

Обмінні основи – катіони ґрунтового-вбирального комплексу, які вступають у реакції обміну з нейтральними розчинами солей або кислотами. Катіонообмінна здатність ґрунтів зумовлює спрямованість ґрунтових процесів та відіграє важливу роль у кореновому живленні рослин. Значною мірою впливає на формування структурного стану ґрунтів та їх водостійкість. Біофільні елементи необхідні для нормального функціонування всієї живої фази ґрунту. Через їх вибіркоче накопичення в різних організмах відбувається концентрація біофільних елементів у просторі. Прикладом можуть бути відклади крейдяних порід, біогенних за своїм генезисом. Наявність або відсутність біофільних елементів часто відіграє роль лімітуючого фактора середовища для живих організмів, включаючи наземну фауну, яка безпосередньо не пов'язана з ґрунтом.

Кислотність визначає умови протікання ґрунтових реакцій. Кислотність ґрунтів це складне фізико-хімічне явище. Первинним джерелом кислотності будь-якого ґрунту є водневі йони вугільної кислоти та органічних кислот, які утворюються при розкладі органічних залишків та які виділяються коренями рослин. Висока або низька кислотність ґрунтів лімітує нормальний розвиток ґрунтових організмів.

### **Склад ґрунту. Родючість ґрунту**

Ґрунт – це поверхневий шар земної кори, який утворюється і розвивається в результаті взаємодії рослинності, тварин, мікроорганізмів, гірських порід і є самостійним природним утворенням. Найважливішою властивістю ґрунту є родючість – здатність забезпечувати зростання і розвиток рослин.

Ґрунт є гігантською екологічною системою, що чинить, поряд зі Світовим океаном, вирішальний вплив на всю біосферу. Вона активно бере участь у колообігу речовин і енергії в природі, підтримує газовий склад атмосфери Землі. За допомогою ґрунту – найважливішого компонента біоценозів – здійснюються екологічні зв'язки живих організмів з літосферою, гідросферою й атмосферою.

Докучаєв В. В. розкрив сутність ґрунтоутворювального процесу. До факторів ґрунтоутворення відносяться материнські (ґрунтоутворені) породи, рослинні і тваринні організми, клімат, рельєф, час, вода (ґрунтова) і господарська діяльність людини. Розвиток ґрунту нерозривно пов'язаний з материнською породою (граніт, вапняк, пісок, лесоподібні суглинки та ін.) Виникнення пухкої ґрунтової маси пов'язано як з процесами хімічного вивітрювання, так і з біологічними – утворенням специфічних органічних речовин (гумусу або перегною) під впливом рослин.



До складу ґрунту входять чотири важливих структурних компоненти: мінеральна основа, зазвичай 50 – 60 % загального складу ґрунту, органічна речовина до 10 %, повітря 5 % і вода 25 – 35 %.

Структура ґрунту визначається відносним отриманням у ній піску, мулу і глини. Хімізм ґрунтів частково визначається мінеральним скелетом, частково – органічною речовиною. Велика частина мінеральних компонентів представлена в ґрунті кристалічними структурами. Найпоширенішими ґрунтовими мінералами є силікати. Велику роль в утриманні води й поживних речовин відіграє особливо численна і важлива група глинистих мінералів, більшість з яких утворюють у воді колоїдну суспензію. Кожен кристал глинистого мінералу містить шари силікату, об'єднані з шарами гідроксиду алюмінію, що володіють постійним негативним зарядом, який нейтралізується катіонами, адсорбованими з ґрунтового розчину. Завдяки цьому катіони не вилуговуються з ґрунту і можуть обмінюватися на інші катіони з ґрунтового розчину і рослинних тканин. Ця катіонообмінна здатність слугує одним з важливих індикаторів родючості ґрунту.

Органічна речовина ґрунту утворюється при розкладанні мертвих організмів, їх частин, екскретів і фекалій. Кінцевим продуктом розкладання є гумус, перебуваючи у колоїдному стані, подібно до глини, і володіє великою поверхнею часток з високою катіонообмінною здатністю. Одночасно з утворенням гумусу життєво важливі елементи переходять з органічних сполук у неорганічні, наприклад азот в іони амонію, фосфор в ортофосфатіони, сірка в сульфатіони. Цей процес називається *мінералізацією*. Вуглець вивільняється у вигляді  $\text{CO}_2$  в процесі дихання.

Ґрунтове повітря, як і ґрунтова вода, знаходиться в порах між частками ґрунту. Між ґрунтом і атмосферою відбувається вільний газообмін, і в результаті цього повітря обох середовищ має подібний склад, але в повітрі ґрунту через дихання організмів, які його населяють, дещо менше кисню і більше діоксиду вуглецю.

Ґрунтові частинки утримують навколо себе певну кількість води, яка поділяється на три типи:

- гравітаційна вода, яка здатна вільно просочуватися вниз крізь ґрунт, що веде до вилугування, тобто вимивання з ґрунту різних мінеральних речовин;
- гігроскопічна вода, адсорбується навколо окремих колоїдних частинок завдяки водневим зв'язкам і є найменш доступною для коренів рослин. Найбільший її вміст в глинистих ґрунтах;
- капілярна вода, утримувана навколо ґрунтових частинок силами поверхневого натягу і здатна підійматися вузькими порами і каналцями від рівня ґрунтових вод і є основним джерелом води для рослин, а на відміну від гігроскопічної, вона легко випаровується.

Ґрунти за зовнішніми ознаками значно відрізняються від гірських порід, внаслідок фізико-хімічних процесів, що протікають в них. Вони включають такі показники, як колір (чорноземи, буроземи, сірі лісові, каштанові тощо),

структура (зерниста, грудкувата, стовпчаста та ін.), новоутворення (у степах – карбонати кальцію, в напівпустелях – скупчення гіпсу).

Товщина ґрунтового шару в помірних районах на рівнинах не перевищує 1,5 – 2,0 м, в гірських – менше метра. У ґрунтовому профілі, де переважають рухи ґрунтових розчинів зверху вниз, найчастіше виділяють три головних горизонти:

- перегнійно-акумулятивний (гумусовий) горизонт;
- елювіальний, або горизонт вимивання, що характеризується переважно виносом речовин;
- іллювіальний горизонт, куди з верхніх горизонтів вимиваються сполуки (легкорозчинні солі, карбонати, колоїди, гіпс та ін.). Далі розташовується материнська (ґрунтоутворююча) порода.

Типи ґрунтів характеризуються певною будовою ґрунтового профілю, однотипним напрямом ґрунтоутворення, інтенсивністю процесу ґрунтоутворення, властивостей і гранулометричного складу. Серед ґрунтів можна виділити кілька основних типів:

- арктичні і тундрові ґрунти, потужність покриву яких становить не більше 40 см. Ці ґрунти характеризуються перезволоженням і розвитком анаеробних мікробіологічних процесів, поширені на північних околицях Євразії та Північної Америки, островах Північного Льодовитого океану;

- підзолисті ґрунти, у формуванні їх переважне значення має підземний відтворювальний процес в умовах помірного вологого клімату під хвойними лісами Євразії та Північної Америки;

- чорноземи поширені в межах лісостепової і степової зон Євразії, формуються в умовах посушливого клімату і наростаючої континентальності, характеризують великою кількістю гумусу (> 10 %) і є найбільш родючим типом ґрунтів;

- каштанові ґрунти характеризуються незначним вмістом гумусу (< 4 %), формуються в посушливих і екстраконтинентальних умовах сухих степів, широко використовуються в землеробстві, оскільки володіють родючістю і містять достатньо точну кількість елементів живлення;

- сіробурі ґрунти і сіроземи типові для рівнинних внутрішньоконтинентальних пустель помірного поясу, субтропічних пустель помірного поясу, субтропічних пустель Азії та Північної Америки, розвиваються в умовах сухого континентального клімату і відрізняються високою засоленістю і малим вмістом гумусу (до 1,0 – 1,5 %), низькою родючістю і придатні до землеробства тільки в умовах зрошення;

- червоноземи і жовтоземи формуються в умовах субтропічного клімату під вологими субтропічними лісами, поширені в Південно-Східній Азії, на узбережжі Чорного та Каспійського морів, цей тип ґрунту при сільськогосподарському використанні вимагає внесення мінеральних добрив і захисту ґрунту від ерозії;

- гідроморфні ґрунти формуються під впливом атмосферної вологи поверхневих і ґрунтових вод, поширені в лісовій, степовій і пустельній зонах. До них відносяться болотисті та засолені ґрунти.

Основними хімічними та фізичними властивостями, що характеризують родючість ґрунтів є:

- вміст і склад гумусу, його запаси, потужність гумусового шару;
- вміст доступних елементів живлення;
- показники фізичних властивостей ґрунту – щільність, агрегування, польова вологоємність, водопроникність, аерація;
- морфологічна будова профілю ґрунтів – потужність орного горизонту і в цілому гумусового профілю;
- фізико-хімічні властивості ґрунтів – реакція ґрунту, ємність поглинання, склад обмінних катіонів, рівень токсичних речовин – рухомих форм алюмінію і марганцю, показники сольового режиму.

Хімічне забруднення ґрунтів призводить до деградації ґрунторослинного покриву та зниження ґрунтової родючості. *Ґрунтовий розчин* – це розчин хімічних речовин у воді, що знаходиться в рівновазі з твердою і газоподібною фазами ґрунту і заповнює її поровий простір. Його можна розглядати як гомогенну рідку фазу, що має змінний склад. Склад ґрунтового розчину залежить від його взаємодії з твердими фазами в результаті процесів осадження-розчинення, сорбції-десорбції, іонного обміну, комплексоутворення, розчинення газів ґрунтового повітря, розкладання тваринних і рослинних залишків. Кількісними характеристиками складу і властивостей ґрунтового розчину слугує іонна сила, мінералізованість, електропровідність, окислювально-відновний потенціал, титрована кислотність (лужність), активності та концентрації іонів, рН. Хімічні елементи можуть перебувати в складі ґрунтового розчину у формі вільних іонів, аквакомплексів, гідроксокомплексів, комплексів з органічними і неорганічними лігандами, у вигляді іонних пар та інших асоціатів. Ґрунтові розчини різних типів ґрунтів мають карбонатний, гідрокарбонатний, сульфатний або хлоридний аніонний склад з переважанням серед катіонів Ca, Mg, K, Na. Залежно від ступеня мінералізованості, яку знаходять як суму сухих солей після випарювання ґрунтового розчину (в мг/л), ґрунту класифікуються: на прісні, мінералізовані 1 %, солонуваті 1-10 % і солоні 10-25 %.

Важливою характеристикою ґрунтового розчину є актуальна кислотність, яка характеризується двома показниками: активність іонів  $H^+$  (ступінь кислотності) і вмістом кислотних компонентів (кількість кислотності). На величину рН ґрунтового розчину впливають вільні органічні кислоти: винна, мурашина, масляна, корична, оцтова, фульвокислоти та ін.

З мінеральних кислот велике значення має вугільна кислота, на кількість якої впливає розчинення в ґрунтовому розчині  $CO_2$ . Тільки через вміст  $CO_2$  рН розчину може знижуватися до 4 – 5,6.

За рівнем актуальної кислотності ґрунти класифікуються на:

- сильно кислі рН = 3-4;
- слаболужні рН = 7-8;
- кислі рН = 4-5;
- лужні рН = 8-9;

- слабокислі рН = 5-6;
- сильнолужні рН = 9-11;
- нейтральні рН = 7.

Надмірна кислотність токсична для багатьох рослин. Зменшення рН ґрунтового розчину викликає збільшення рухливості іонів алюмінію, марганцю, заліза, міді та цинку, що зумовлює зниження активності ферментів і погіршення властивостей протоплазми рослин і призводить до пошкодження кореневої системи рослин. Іонообмінні властивості ґрунту пов'язані з процесом еквівалентного обміну в ґрунтовому поглинаючому комплексі катіонів, які там знаходяться, та аніонів взаємодіючих з твердими фазами ґрунту розчину. Основна частина обмінних аніонів знаходиться в ґрунтах на поверхні гідроксидів заліза і алюмінію, які в умовах кислої реакції мають позитивний заряд. В обмінній формі в ґрунті можуть знаходитися аніони  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SeO}_4^-$ ,  $\text{MoO}_4^{2-}$ ,  $\text{HMoO}_4^-$ . Обмінні фосфат-, арсенат- та сульфатіони можуть міститися в ґрунтах у невеликих кількостях, оскільки ці аніони міцно поглинаються деякими компонентами твердих фаз ґрунту і не витісняються в розчин при впливі інших аніонів.

Поглинання аніонів ґрунтами в несприятливих умовах може призводити до накопичення ряду токсичних речовин. Обмінні катіони знаходяться на обмінних позиціях глинистих мінералів і органічної речовини, їх склад залежить від типу ґрунтів. У тундрових, підзолистих, бурих лісових ґрунтах, червоноземах і жовтоземи серед цих катіонів переважають іони  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ , та  $\text{H}^+$ . У чорноземах, каштанових ґрунтах і сіроземах обмінні процеси представлені переважно іонами  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , а в засолених ґрунтах – також іонами  $\text{Na}^+$ . У всіх ґрунтах серед обмінних катіонів завжди є невелика кількість іонів  $\text{K}^+$ . Деякі важкі метали ( $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  і ін.) можуть бути присутніми в ґрунтах як обмінні катіони.

### **3. Фактори негативного впливу на екосистему ґрунту**

Однією з причин погіршення якості ґрунтів є їх техногенне забруднення внаслідок нераціонального застосування хімічних засобів захисту рослин і мінеральних добрив у сільському господарстві, та дії промислових емісій поллютантів. Наслідком негативного впливу забруднювачів на ґрунт є: зростання їх концентрації до критичного рівня; значні зміни фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунтів (рН, ємності катіонного обміну, руйнування структури, загибель мікробіоценозів, зниження ферментативної активності); зменшення продуктивності та погіршення якості продукції агроценозів; розвиток ерозійних процесів; повне руйнування генетичних горизонтів ґрунту; утворення техногенної пустелі

За даними Міністерства аграрної політики України, всупереч тому, що використання стійких високотоксичних хлорорганічних пестицидів було заборонено майже півстоліття тому, їх залишки ще виявляються пробах ґрунту. Перевищення гранично допустимих нормативів вмісту ДДТ у ґрунтах зафіксоване на території АР Крим, Закарпатської, Луганської та Черкаської

областей. В окремих господарствах Закарпатської області виявлені залишки гептахлору, якими подекуди забруднено понад 46 % сільськогосподарських угідь. Хоча середній вміст залишкових кількостей ДДТ і його метаболітів у ґрунтах сільгоспугідь України значно нижчий за рівень гранично допустимої концентрації й становить 0,06 ГДК, підвищений середній вміст ДДТ відмічається в Запорізькій, Донецькій, Миколаївській, Чернігівській областях. Найбільш забрудненими хлорорганічними сполуками є території хмільників, садів, ягідників та овочеві ділянки.

Найсильніше забруднені залишками пестицидів ґрунти лісостепової зони. Тут також зосереджена переважна частка земель, що містять вищі за норму залишки фосфорорганічних сполук, а умовна щільність забруднення в 1,4 раза вища, ніж в Поліссі й Степу.

Ще однією загрозою для ґрунтової екосистеми є наявність значних кількостей заборонених та непридатних до використання пестицидів на території колишніх сільськогосподарських підприємств. Заборонені та непридатні до використання пестициди – це високотоксичні відходи. Для здоров'я людей та навколишнього середовища вони становлять підвищену небезпеку. Непридатними до використання ці речовини стають внаслідок протермінування, порушення умов зберігання або транспортування. Значна кількість таких пестицидів невідомого складу: у них відсутнє маркування або втрачена документація, через що їх первинний склад і призначення неможливо визначити. Вони часто зберігаються в незакритих контейнерах, паперовій чи поліетиленовій тарі, а подекуди – й під відкритим небом. Тому після дощів, у період танення снігу відбувається забруднення ґрунту, поверхневих і підземних вод, повітря. Як наслідок, погіршується родючість земель, а високотоксичні компоненти пестицидів по трофічних ланцюгах переходять в організми людей і тварин, викликаючи захворювання, пов'язані, насамперед, із порушенням функцій імунної і репродуктивної систем. Наприклад, у Львівській області наразі зберігається понад 800 тонн непридатних пестицидів. У Полтавській області орієнтовна кількість непридатних або заборонених до використання пестицидів становить понад 730 т. У Житомирській області на 516 складах (187 із яких мають незадовільний стан і не відповідають санітарним вимогам) зберігається понад 375 т заборонених і непридатних агрохімікатів.

Міжнародний центр реєстрації потенційно токсичних хімічних сполук (IPPTC, Женева) відносить до потенційно токсичних сполук також нітрузоаміни. Їх виявляють у тих ґрунтах, де застосовувалися високі дози азотних добрив. Утворення нітрузоамінів у ґрунті є складним мікробіохімічним процесом, який полягає у біологічній трансформації мінеральних і органічних азотних сполук у відповідних фізико-хімічних умовах ґрунтового середовища. Аміни можуть вступати в реакцію з нітратною кислотою, утворюючи нітрузоаміни типу  $(\text{CH}_3)_2\text{N}-\text{NO}$ . Численні бактерії – нітрифікатори автотрофи роду *Nitrosomonas* і *Nitrobacter* та гетеротрофи *Arthrobacter globiformis*, *Pseudomonas fluoresceus*, *Bacillus megaterium*, стрептоміцети й нокардії, також деякі гриби родів *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* і *Neurospora* утворюють у ґрунтовому

середовищі, де міститься азот в аміачній або амінній формі чи у вигляді вільного гідроксиламіну, метаболіти, які є попередниками нітросоамінів: гідроксиламіни та їх похідні: нітратні сполуки, нітрати, нітрити.

Середні та максимальні концентрації нітратів у ґрунтах України значно нижчі рівня ГДК. Найбільший їх вміст виявлений у ґрунтах Житомирської, Одеської та Волинської областей, де середні концентрації нітратів знаходяться в межах 0,04-0,06 ГДК, а максимальні – 0,08-0,17 ГДК.

Загальна кількість забруднюючих речовин, що містяться у викидах в атмосферне повітря, осідає на ґрунтах у радіусі переважно до 5 км від джерела забруднення. Практично скрізь у містах загальним джерелом забруднення ґрунтів важкими металами є підприємства чорної та кольорової металургії, машинобудівної й легкої промисловості, теплоенергетики, а також викиди відпрацьованих газів від автотранспорту.

Ґрунти є природними накопичувачами важких металів у навколишньому середовищі і основним джерелом забруднення суміжних середовищ, включаючи вищі рослини. Близько 90 % важких металів, що потрапили в довкілля, акумулюються саме ґрунтами. Найбільшого забруднення рухомими формами важких металів зазнають ґрунти мегаполісів та території міст, розташованих у районах з високим ступенем концентрації промислового виробництва.

В Україні 10-30-кратне перевищення ГДК важких металів характерне для ґрунтів Донецько-Придніпровського промислового регіону і околиць таких великих мегаполісів, як Харків, Одеса, Миколаїв. Максимальний вміст свинцю в ґрунтах – 20-94 ГДК – зафіксовано у Кривому Розі, Костянтинівці, Івано-Франківську; кадмію – 18 ГДК – у Костянтинівці; міді – 15-47 ГДК – у ґрунтах Києва та Харкова. Надзвичайно забрудненими наразі є ґрунти в Алчевську, Донецьку, Костянтинівці, Верхньодніпровську, Дніпродзержинську, Кривому Розі, Маріуполі, Макіївці, Черкасах. У містах Маріуполь, Артемівськ, Кагарлик, Сквиря, Ковель, Львів, Київ ґрунти також суттєво забруднені важкими металами. Погіршення екологічної ситуації спостерігається не лише на території мегаполісів та регіонів із високим ступенем концентрації промислового виробництва, а й далеко за її межами.

Для запобігання забруднення ґрунтів і ландшафтів різними елементами, слід застосовувати комплекс агротехнічних, агролісомеліоративних і гідротехнічних прийомів у поєднанні з інтенсифікацією природних механізмів очищення. До таких прийомів можна віднести поєднання агротехніки, мінімальну обробку ґрунтів, удосконалення асортименту засобів хімізації, раціональне внесення добрив разом з насінням, оптимізацію строків і доз внесення. Крім того, цьому сприятиме створення агролісомеліоративних систем і організація системи хімічного контролю за складом мінеральних добрив, вмістом важких металів і токсичних сполук.

### *? Питання для самоконтролю*

1. Схарактеризуйте механічний та хімічний склад ґрунту.
2. Що таке ґрунтовий розчин?

3. Схарактеризуйте основні елементи живлення рослин і їх вміст в ґрунті.
4. Що таке родючість? Які показники родючості ґрунтів Вам відомі?.
5. Схарактеризуйте екологічні властивості ґрунту.
6. Які загрози для ґрунтових екосистем Вам відомі?
7. Опишіть механізм трансформації забруднюючих речовин у ґрунті.

### *✍ Практичні завдання*

1. Для аналізу ґрунту потрібно приготувати 500 мл 20 % розчину соляної кислоти. Скільки мл 35 % розчину HCl потрібно узяти, щоб приготувати необхідний розчин? Яка нормальність розчину HCl, одержаного після розбавлення розчину?

2. Обчисліть інтенсивність ерозії ґрунтів для трьох ділянок (кожна площею 1 га), якщо ерозія тривала протягом одного місяця, а втрати маси ґрунту становили 1, 5 і 10 тонн для першої, другої та третьої ділянки відповідно. Вкажіть, на якій з ділянок ґрунт постраждав найсильніше. Обчисліть місячну інтенсивність ерозії ґрунтів для двох ділянок (кожна площею 1 га), якщо ерозія тривала протягом двох місяців для першої (втрата маси ґрунту становила 8 тонн) і трьох місяців — для другої (втрата маси ґрунту становила 9 тонн). Вкажіть, на якій з ділянок ґрунт постраждав найсильніше.

Інтенсивність ерозії вимірюють за втратою ґрунтом його маси (m) з одиниці площі (S) за одиницю часу (t) і виражають у тонах на гектар (т/га) за формулою:  

$$Q = m / (S \times t)$$

3. Фермер обробляє 100 га землі пестицидами, які містять 10 кг активної речовини на гектар. Скільки кілограмів пестицидів використано на 100 га землі?

4. Відомо, що підприємство скидає в ґрунт 500 кг хімічних відходів, які забруднюють 5 м<sup>2</sup> землі на кожен кілограм. Яка площа землі буде забруднена цими відходами?

5. Відомо, що підприємство викидає 200 тонн шкідливих відходів у ґрунт щорічно. Економічний збиток від забруднення становить 50 грн за кожену тону відходів. Яка загальна сума економічної шкоди від забруднення за рік?

**ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ**

**1. Які із наведених нижче словосполучень, не мають наукового сенсу і є свідченням низького рівня екологічної компетенції?**

- а) Екологічна культура;
- б) Екологія культури;
- в) Екологічна хімія;
- г) Хімічна екологія;
- д) Психологічна екологія;
- е) Екологічна психологія.

**2. Коли був затверджений Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»?**

- а) 25 червня 1991 р.;
- б) 28 червня 1996 р.;
- в) 16 жовтня 1992 р.

**3. Який нормативний акт комплексно відображує основні напрями державної екологічної політики України?**

- а) Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»;
- б) Концепція (основи державної політики) національної безпеки України;
- в) Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року».

**4. Який вчений уперше запропонував термін «Загальна морфологія»?**

- а) А. Теслі;
- б) Е. Геккель;
- в) М. Реймерс;
- г) В. Вернадський.

**5. У якому році вийшла праця «Загальна морфологія організмів» відомого вченого Е. Геккеля?**

- а) у 1880 році;
- б) у 1900 році;
- в) у 1866 році;
- г) у 1902 році.

**6. Скільки етапів розвитку має наука екологія?**

- а) три;
- б) чотири;
- в) п'ять;
- г) два.

**7. Що означає поняття «екологія»?**

- а) це наука про живі організми;



- б) це наука, що вивчає живу і неживу природу;
- в) це наука, що вивчає взаємодію організмів із навколишнім середовищем;
- г) це наука, що вивчає будову живих організмів та їх органи.

**8. Що є об'єктом дослідження екології?**

- а) взаємодія тваринного світу та природи;
- б) природні та природно-антропогенні екосистеми;
- в) антропогенні екосистеми;
- г) функціонування екосистеми.

**9. Як називають організовану групу популяцій рослин, тварин та мікроорганізмів, які мешкають спільно в одних і тих самих умовах середовища?**

- а) біотип;
- в) екосистема;
- г).фітоценоз;
- д).біоценоз.

**10. Яким видатним ученим уперше було запропоновано термін «екосистема»?**

- а).А. Тенслі;
- б).Н. Медіусом;
- в).В. Сукачовим;
- г) Є. Лобряпком.

**11. Як називається угруповання організмів, штучно створених для отримання сільськогосподарської продукції?**

- а) екосистема;
- б) біогеоценоз;
- в) агроценоз;
- г) популяція.

**12. Центральний блок антропоекосистеми, це**

- а) природа;
- б) хазяйство;
- в) населення;
- г) людське суспільство.

**13. Чим відрізняється агроценоз від екосистеми?**

- а) відсутністю біотичних зв'язків між організмами;
- б) недовершеністю колообігу речовин;
- в) швидкістю колообігу речовин і енергії;
- г) незначним видовим різноманіттям.

**14. Укажіть кількісний діапазон фактора, що найбільше сприятливий для життєдіяльності?**

- а) екологічний песимум;
- б) екологічний оптимум;
- в) екологічний мінімум;
- г) екологічний максимум.

**15. Про що свідчить Закон життя?**

- а) про те, що життя можливе лише в екосистемах;
- б) про те, що життя можливе лише при забезпеченні метаболізму;
- в) про те, що життя може існувати тільки за наявності харчового фактора;
- г) про те, що є природний добір в екосистемах.

**16. Ситуація у навколишньому середовищі, згідно якої при певних умовах можливе виникнення небажаних подій, явищ і процесів (небезпечних факторів), це**

- а) небезпека;
- б) збиток;
- в) економічний ризик;
- г) екологічний ризик.

**17. Що НЕ належить до антропогенних джерел забруднення навколишнього середовища?**

- а) лісові та степові пожежі;
- б) ерозія ґрунтів;
- в) електромагнітне поле;
- г) пестициди й добрива.

**18. Як називається газова оболонка, що оточує Землю?**

- а) атмосфера;
- б) гідросфера;
- в) літосфера;
- г) ноосфера.

**19. Що означає поняття «парниковий ефект»?**

- а) це зростання температури атмосфери внаслідок збільшення в ній умісту парникових газів;
- б) це зростання температури гідросфери ґрунтового покриву;
- в) це ефект пару в екосистемі;
- г) це температурний показник у штучних закритих екосистемах.

**20. Які основні речовини руйнують озоновий шар?**

- а) ангідрид сірчистий;
- б) оксиди нітрогену та фреони;

- в) завислі речовини;
- г) стириולי та феноли.

**21. До якого виду забруднення води належить забруднення мікроорганізмами?**

- а) до хімічного;
- б) до фізичного;
- в) до теплового;
- г) до біологічного.

**22. Які шкідливі сполуки, що містяться у брудній воді, належать до органічних?**

- а) мінеральні солі;
- б) пестициди;
- в) кислоти;
- г) луги.

**23. Які промислові підприємства найбільше забруднюють довкілля?**

- а) гірничодобувні;
- б) гірничо-металургійні;
- в) хімічні;
- г) харчові.

**24. Яким ученим уперше було запропоновано термін «природокористування»?**

- а) В. Вернадський;
- б) В. Сукачовим;
- в) Ю. Кружавським;
- г) Е. Геккелем.

**25. Який принцип природокористування є нині провідним?**

- а) адміністративно-економічний;
- б) екологічний;
- в) економічний;
- г) еколого-економічний.

**26. Складові частини та ініціатори екологічної небезпеки - це**

- а) екологічна загроза;
- б) екологічний ризик;
- в) фактори екологічного ризику;
- г) джерела екологічної небезпеки.

**27. Температура, рух повітря, опади – це фактори ризику:**

- а) клімато-метеорологічні;

- б) орографічні;
- в) геофізичні;
- г) гідрографічні.

**28. Розрідження атмосфери, лавини, зсуви – це фактори ризику:**

- а) клімато-метеорологічні;
- б) орографічні;
- в) геофізичні;
- г) гідрографічні.

**29. Геотермальні бурі, землетруси – це фактори ризику:**

- а) клімато-метеорологічні;
- б) орографічні;
- в) геофізичні;
- г) гідрографічні.

**30. Повінь, заболочування – це фактори ризику:**

- а) клімато-метеорологічні;
- б) орографічні;
- в) геофізичні;
- г) гідрографічні.

**31. Склад порід, радіація – це фактори ризику:**

- а) клімато-метеорологічні;
- б) орографічні;
- в) геофізичні;
- г) гідрографічні.

**32. Які з нижчеперелічених екологічних проблем характерні для України?**

- а) транскордонні забруднення;
- б) руйнування озонового шару;
- в) аварія на ЧАЕС;
- г) глобальне потепління клімату.

**33. Мікроелементи, пилоутворення – це фактори ризику:**

- а) клімато-метеорологічні;
- б) орографічні;
- в) геофізичні;
- г) гідрографічні.

**34. Хімічні речовини, які забруднюють середовище існування, це:**

- а) ксенобіотики;
- б) політанти;

- в) екзогенні речовини;
- г) екотоксиканти.

**35. Під транскордонними забрудненнями розуміють:**

- а) забруднення, перенесені з одного району країни у інший район;
- б) забруднення, перенесені з території однієї країни на площу іншої країни;
- в) забруднення, перенесені з одного материка на інший материк;
- г) забруднення, перенесені з материків у океан.

**36. Негативними екологічними наслідками створення водоймищ є:**

- а) інтенсифікація процесів заростання озер, лиманів, заток;
- б) акумулювання стоку води для цілей меліорації;
- в) зміна режиму підземних вод;
- г) зниження стійкого річкового стоку;
- д) активізація зсувів, карстів.

**37. До антропогенних факторів і причин розвитку пустель не належить:**

- а) випалювання торішньої сухої трави;
- б) тривалі посухи;
- в) вирубка дерев і чагарників;
- г) перевипасання худоби.

**38. Головні забруднювачі повітря у містах, це:**

- а) легка промисловість і хлібозаводи;
- б) різні харчові комбінати і друкарні;
- в) енергетика і транспорт;
- г) установи побуту і будівельні комбінати.

**39. Здатність організмів витримувати певну амплітуду коливання екологічного фактора називається:**

- а) стійкістю;
- б) акліматизацією;
- в) екологічною валентністю.

**40. Відповідно до якого закону два різних види з однаковими екологічними потребами не можуть одночасно займати одну і ту ж екологічну нішу?**

- а) закону Г.Ф. Гаузе;
- б) закону Ю. Лібіха;
- в) закону В. Шелфорда.

**41. Термін «біосфера» запропонував:**

- а) В.І. Вернадський;
- б) Е. Зюсс;

- в) Ж.Б. Ламарк;
- г) Е. Геккель.

**42. Найбільш близьким до терміну «екосистема» є:**

- а) біоценоз;
- б) біогеоценоз;
- в) біоцикл.

**43. Життєво необхідні організму елементи та які є ланкою між живою та неживою природою, це:**

- а) біогенні елементи;
- б) макроелементи;
- в) мікроелементи;
- г) вітаміни.

**44. Елементи, необхідність в яких складає близько 100 мг на добу, це:**

- а) біогенні елементи;
- б) макроелементи;
- в) мікроелементи;
- г) вітаміни.

**45. Вуглець, водень, азот, кисень, сірка, це:**

- а) біогенні елементи;
- б) макроелементи;
- в) мікроелементи;
- г) вітаміни.

**46. Елементи, необхідність в яких складає близько 5-10 мг на добу, це:**

- а) біогенні елементи;
- б) макроелементи;
- в) мікроелементи;
- г) вітаміни.

**47. Магній, ванадій, цинк, залізо, це:**

- а) біогенні елементи;
- б) макроелементи;
- в) мікроелементи;
- г) вітаміни.

**48. Хімічні речовини, які забруднюють середовище існування, це:**

- а) ксенобіотики;
- б) поллютанти;
- в) екзогенні речовини;
- г) екоотоксиканти.

**49. Речовини, поява яких пов'язана з діяльністю людини, це:**

- а) ксенобіотики;
- б) полютанти;
- в) екзогенні речовини.

**50. Речовини, чужорідні щодо живих організмів і не входять у природний біогеохімічний цикл, це:**

- а) ксенобіотики;
- б) полютанти;
- в) екзогенні речовини;
- г) екотоксиканти.

**51. Речовини, що чинять у малих дозах потужну токсичну дію, це:**

- а) ксенобіотики;
- б) полютанти;
- в) екзогенні речовини;
- г) екотоксиканти.

**52. Діоксини, ртуть та її сполуки відносять до:**

- а) ксенобіотики;
- б) полютанти;
- в) екзогенні речовини;
- г) екотоксиканти.

**53. Встановити відповідність між показниками та одиницями вимірювання.**

- |                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| 1 температура       | а) децибел;               |
| 2 тиск              | б) метр на секунду;       |
| 3 швидкість вітру   | в) градус Цельсія;        |
| 4 вологість повітря | г) бар;                   |
| 5 шум               | д) грам на метр кубічний. |

**54. Природне середовище, певним чином змінене людиною називається:**

- а) культурне середовище;
- б) природне середовище;
- в) антропогенне середовище.

**55. За дією екологічні фактори поділяються на:**

- а) фактори загальної дії та виборчі фактори;
- б) еволюційні, історичні, діючі фактори;
- в) фактори подразники, обмежувачі, модифікатори, сигналізатори.

**56. Техногенні фактори входять до складу:**

- а) антропогенних факторів;
- б) абіогенних факторів;
- в) біогенних факторів.

**57. Характер факторів дозволяє виділяти такі їх групи, як:**

- а) фізичні, хімічні, біогенні;
- б) індивідуальні, групові;
- в) летальні, екстремальні, мутагенні.

**58. Фактори, що обмежують хід будь-якого явища, процесу чи існування організму, виду, угруповання називаються:**

- а) летальні фактори;
- б) лімітуючі фактори;
- в) легітимні фактори.

**59. До кліматичних факторів належать:**

- а) температура;
- б) тиск;
- в) кислотність ґрунту.

**60. Для вимірювання тиску використовують такий прилад, як:**

- а) манометр;
- б) дозиметр;
- в) пірометр.

**61. До властивостей атмосфери належать:**

- а) висока щільність;
- б) турбулентність;
- в) переривчастість;
- г) циркуляція.

**62. Стабільність водного режиму, сталість сольового складу, велика кількість їжі, захищеність мешканців, відсутність температурних перепадів характеризує таке середовище існування, як:**

- а) наземно-повітряне;
- б) водне;
- в) ґрунтове;
- г) гостальне.

**63. Вчені пов'язують процес виникнення життя з таким середовищем існування, як:**

- а) наземно-повітряне;
- б) водне;



- в) ґрунтове
- г) гостальне.

**64. Що таке лімітуючий фактор?**

- а) найбільш сприятлива для організму інтенсивність екологічного фактора;
- б) фактор середовища, що виходить за межі витривалості організму;
- в) інтенсивність фактору, при якій ще можливе існування організму.

**65. Що таке межа витривалості (толерантності) організму?**

- а) ступінь витривалості організмів чи їхніх угруповань до впливу факторів середовища;
- б) ступінь витривалості організмів до несприятливого впливу інших факторів;
- в) рубіж, за межами якого існування неможливе.

**66. Еврибіонтні організми – це організми...**

- а) з широким діапазоном пристосування;
- б) з вузьким діапазоном пристосування;
- в) у стані фізіологічного оптимуму;
- г) всеїдні.

**67. Стенобіонтні організми – це організми...**

- а) з широким діапазоном пристосування;
- б) з вузьким діапазоном пристосування;
- в) у стані фізіологічного оптимуму;
- г) всеїдні.

**68. Під середовищем існування (життя) організмів розуміють:**

- а) неживу природу;
- б) вся сукупність абіотичних і біотичних факторів;
- в) сукупність біотичних факторів;
- г) сукупність біотичних і абіотичних факторів, при яких існує популяція.

**69. Встановити відповідність між видами тварин та їхніми життєвими формами:**

- |                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| 1 кіт свійський;   | а) хижак, мисливець;       |
| 2 кіт синій;       | г) нектон;                 |
| 3 клоп постільний; | б) ектопаразит тимчасовий; |
|                    | д) повітряні;              |
|                    | в) хижак, фільтрувальник;  |
|                    | е) наземні.                |

**70. Встановити відповідність між видами комах та їхніми життєвими формами:**

- |                |                         |
|----------------|-------------------------|
| 1 гідробіонти; | а) вуховертка звичайна; |
| 2 тамнобіонти; | б) жук вусач;           |
| 3 геобіонти;   | в) жук плавунець.       |

**71. Термін «біоценоз» запропонував.....в..... році:**

- |                  |             |
|------------------|-------------|
| 1 Віктор Мазинг; | а) 1877 р.; |
| 2 Карл Мебіус;   | б) 1973 р.; |
| 3 Томас Мальтус; | в) 1940 р.  |

**72. Термін «екологічна ніша» запропонував ..... у ..... році:**

- |                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| 1 Джозеф Гриннелл;  | а) у 1917 році; |
| 2 Чарльз Елтон;     | б) у 1922 році; |
| 3 Джордж Хатчинсон; | в) у 1935 році. |

**73. Термін «ланцюг живлення» запропонував вчений..... у ..... році:**

- а) Артур Тенслі у 1935 році;
- б) Ернст Геккель у 1866 році;
- в) Чарльз Елтон у 1934 році..

**74. Головним джерелом енергії на нашій планеті є:**

- а) енергія Сонця;
- б) кінетична енергія обертання Землі;
- в) ядерна енергія.

**75. Організми, здатні будувати свої тіла за рахунок синтезу органічних речовин з неорганічних, це :**

- а) автотрофи;
- б) гетеротрофи;
- в) сапротрофи.

**76. Організми, які синтезують основну масу органічної речовини біосфери, це:**

- а) консументи;
- б) продуценти;
- в) синтетики.

**77. Процес синтезу органічних речовин з вуглекислого газу з використанням енергії окиснення аміаку живими організмами називається:**

- а) хемосинтез;
- б) аміакосинтез;
- в) фотосинтез.

**78. Органели зелених рослин, в яких міститься хлорофіл називаються:**

- а) мезосоми;

- б) хлоропласти;
- в) мітохондрії.

**79. Водний розчин зі значенням рН 5 називають:**

- а) лужним;
- б) нейтральним;
- в) кислим.

**80. Аварії нафтових танкерів, що супроводжуються розливом продуктів транспортування, спричиняють забруднення води:**

- а) гідробіологічне;
- б) фізичне;
- в) хімічне.

**81. Кислотними називають опади з рН:**

- а)  $\text{pH} < 6$ ;
- б)  $\text{pH} > 6$ ;
- в)  $\text{pH} = 7$ .

**82. Забруднення, яке спричинено скиданням комунально-побутових вод називають:**

- а) біогеоценотичним;
- б) параметричним;
- в) інгредієнтним.

**83. Забруднення Світового океану є причиною такої глобальної екологічної проблеми, як:**

- а) парниковий ефект;
- б) зміни клімату;
- в) проблема озонового шару.

**84. Кислоті дощі утворюються в результаті реакцій між водою і такими речовинами, як:**

- а) діоксид сульфуру;
- б) діоксид нітрогену;
- в) монооксид заліза.

**85. Водний розчин зі значенням рН 5 називають:**

- а) лужним;
- б) нейтральним;
- в) кислим.

## ГЛОСАРІЙ

**Абіотичні фактори** є компонентами та властивостями неживої природи. Вони впливають на живі організми прямо чи опосередковано.

**Адаптація** – пристосування організму до умов середовища існування.

**Антропогенна діяльність** – діяльність людини.

**Антропогенне забруднення** – забруднення, що виникає в результаті діяльності людини.

**Антропогенні фактори** – це зміна людиною середовища існування під впливом інтенсивної господарської діяльності.

**Атмосфера** – газова оболонка землі, або інших небесних тіл.

**Біогеоценоз** – просторово обмежена внутрішньо однорідна природна система функціонально взаємозалежних живих організмів і навколишнього середовища що склалася еволюційно. Синонім, але не у всіх випадках, терміну «екосистема» (визначення терміну В. Н. Сукачовим).

**Біомаса** – кількість живої речовини на одиницю площі або об'єму екосистеми.

**Біосфера** – нижня частина атмосфери, вся гідросфера і верхня частина літосфери Землі, де зустрічаються живі організми (сучасна біосфера) або тільки продукти їх життєдіяльності (колишні біосфери); оболонка Землі, в якій діяльність живих організмів проявляється або виявлялася як геохімічний фактор планетарного масштабу; найбільша (глобальна) екосистема Землі.

**Біотехнологія** – сукупність методів і засобів отримання корисних для людини продуктів та явищ за допомогою біологічних агентів (виробництво ліків, антибіотиків, дріжджів, виведення мікроорганізмів, бактерій, які продукують білок, або газ, або тепло тощо).

**Біотичне середовище** – сукупність сил та явищ природи, які своїм походженням зобов'язані життєдіяльності нині наявних організмів.

**Біотоп** – частина (блок) екосистеми, що представляє середовище (місце) існування для організмів (біоценозу); може бути представлений абіотичними й біотичними факторами.

**Біоценоз** – частина (блок) екосистеми (біогеоценозу), представлений сукупністю взаємопов'язаних організмів; застосовується стосовно до великих екосистем і біосфери в цілому, замість терміна «біоценоз» зазвичай використовують термін «біота».

**Біологічне забруднення** – випадкове або пов'язане з діяльністю людини проникнення в екосистеми не притаманних їй рослин, тварин і мікроорганізмів (бактеріологічне); часто справляє негативний вплив при масовому розмноженні нових видів.

**Біотичні фактори** – це всі форми взаємодії між організмами в популяції.

**Вид** (біологічний) – сукупність організмів зі спорідненими морфологічними ознаками, які можуть схрещуватися один з одним і мають спільний генофонд. Це основна структурна одиниця в системі живих організмів, вид підпорядкований роду, але має підвиди й популяції. Види мають морфологічні, фізіолого-

біохімічні, еколого-географічні (біогеографічні) та генетичні характеристики.

**Відходи** – це не використані безпосередньо у містах їх утворення, відходи виробництва, побуту, транспорту та ін. Які можуть бути реально або потенціально використані як продукти в інших галузях господарства або під час регенерації.

**Генофонд** – сукупність видів живих організмів з властивими їм потенціальними спадковими ознаками.

**Геохімічна екологія** – комплексна дисципліна, що вивчає взаємовідносини організмів та їх угруповань з геохімічним середовищем, а також геохімічні відносини особин та їхніх угруповань в умовах екосистем різних ієрархічних рівнів.

**Гідросфера** – переривчаста оболонка Землі, що розташована між атмосферою та земною корою і до якої входять океани, моря, озера, річки та болота, льодовики і підземні води.

**Глобальна екологія (біосферологія, екосферологія, мегаекологія)** – наукова галузь, що досліджує глобальні екологічні проблеми, які належать до біосфери загалом або великих її частин (закономірності еволюції біосфери, вплив діяльності людини на біосферу, колообіги елементів і речовин у біосфері тощо). По суті це біологосоціогеографічна галузь знань, яка за об'ємом і значенням для суспільства вийшла за межі материнських наук і відповідає класичній біології, хімії, математиці тощо.

**Гомеостаз** – сукупність механізмів, спрямованих на усунення або максимальне обмеження дії факторів, які порушують внутрішню динамічну рівновагу системи. Застосуємо до різних систем – від космічних до організму і атома.

**Гранично допустима концентрація (ГДК)** – кількість шкідливої речовини в навколишньому середовищі, яке при постійному контакті або при впливі за певний проміжок часу практично не впливає на здоров'я людини.

**Ґрунт** – верхній шар земної поверхні, що утворився під впливом природних факторів і є самостійним природним утворенням.

**Дискомфортні території** – райони, малопридатні для постійного проживання і трудової діяльності людей без створення спеціальних систем життєзабезпечення.

**Еволюційна екологія** – розділ екології, який досліджує екологічні аспекти еволюції, тобто еволюційний розвиток видів, біоценозів, екосистем у зв'язку з факторами зовнішнього середовища. По суті це синтез природничих наук (екології, біології, еволюційного вчення, математики, фізики, хімії, палеонтології).

**Евробіонти** – організми з високою пристосованістю до змін навколишнього середовища.

**Екологічна валентність певного виду** – це діапазон інтенсивності дії екологічного фактора, у якому можливе існування певного виду.

**Екологічна генетика** – вивчає вплив різних факторів на генетичний апарат людини.

**Екологічна імунологія** – вивчає зміни в імунній системі людини під впливом факторів навколишнього середовища.

**Екологічні фактори** – це всі компоненти довкілля, що впливають на живі організми та їх угруповання.

**Екологія загальна** – наука про найбільш загальні закономірності взаємовідносин організмів і їх спільнот з середовищем. Зазвичай розглядається як синонім екології біологічної чи екології класичної. Включає екологію особин (аутекологію), екологію популяцій (демекологію), екологію співтовариств і вчення про екосистеми (сінекологію), вчення про біосферу (глобальну екологію).

**Екологія прикладна** – розділ екології, що займається визначенням допустимих навантажень на середовище і екосистеми, розробкою нормативів використання природних ресурсів, методів управління екосистемами, способів «екологізації» різних галузей господарства, а також моделюванням екосистем або екосистемних процесів і т. п.

**Екологія соціальна** – наукова дисципліна, розглядає взаємовідносини в системі «суспільство – природа», специфічну роль людини в екосистемах різного рангу, відмінність цієї ролі від інших живих істот, шляхи оптимізації взаємин людини з середовищем, основи раціонального природокористування.

**Екологія людини** – розділ соціальної екології, завданням якого є вивчення адаптації людини до змінного середовища (в ряді випадків соціальної), впливу середовища на здоров'я людей.

**Екосистема** – будь-яка спільнота живих істот і середовища їх проживання, що існують як єдине функціональне ціле. Основні ознаки екосистеми: колообіг речовин і потік енергії, здатність протистояти (у певних межах) зовнішнім впливам, самовідновлюватися і розвиватися. Розрізняють мікроекосистеми (наприклад стовбур дерева, невеликий ставок та ін.), мезоекосистеми (ліс, озеро, річка та ін.), макроекосистеми (океан, континент та ін.) і глобальну екосистему в межах всієї планети (біосферу).

**Екотоксиканти** – шкідливі хімічні речовини, що забруднюють навколишнє середовище та отруюють живі організми, які в ньому знаходяться.

**Екстремальні території** – райони, не придатні для постійного проживання і трудової діяльності людей навіть за умов створення спеціальних систем життєзабезпечення.

**Емерджентність** – наявність у системного цілого (екосистеми) особливих властивостей, які не притаманні елементам (підсистем, блокам), його складовим.

**Ендемічні хвороби** – це хвороби, що спостерігаються у людей довготривалий період на певній території і обумовлені природними і соціальними умовами.

**Жива речовина** – головний елемент біосфери, який об'єднує рослини, тварин, мікроорганізми і людей. Маючи величезну енергію, жива речовина постійно впливає на процес утворення фунтів, води, породи, бере участь у багатьох інших біосферних перетвореннях. Основну кількість живої речовини на планеті становить фітомаса лісів.

**Забруднення** – внесення в середовище не характерних для нього хімічних,

фізичних або біологічних агентів або перевищення природного рівня властивих середовищу агентів.

**Забруднення атмосфери** – внесення в повітря чи утворення в ньому фізичних агентів, хімічних речовин або біологічних організмів, які негативно впливають на середовище.

**Забруднення гідросфери** – надходження в гідросферу забруднювачів у кількостях і концентраціях, які здатні порушувати нормальні умови середовища в значних за розміром водних об'єктах (річки, водосховища, штучні водоймища, озера, моря, океани, ґрунтові та підземні води).

**Забруднення ґрунту** – накопичення в ґрунті речовин чи організмів, у кількостях і концентраціях, що перевищують середньо багаторічні.

**Забруднення теплове** – підвищення температури середовища під впливом різних факторів (найчастіше антропогенних), зазвичай характерне для повітря і вод, де може викликати серйозні зміни у функціонуванні екосистем.

**Забруднювач** – будь-який фізичний чинник, хімічна речовина або біологічний вид, який потрапляє в навколишнє середовище або виникає в ньому в кількості, більшій за звичайну, і спричиняє забруднення середовища.

**Закон 10%** (Р. Ліндеман, 1942): з одного трофічного рівня харчової піраміди на інший переходить не більше ніж 10% енергії.

**Закон мінімуму** (Ю. Лібіх, 1840): існування виду визначається найслабшою ланкою в ланцюзі його екологічних потреб.

**Закон толерантності** (В. Шелфорд, 1912): як мінімум, так і максимум фактора визначають межі, в яких організм існує в нормі.

**Здоров'я людини** – це стан повного фізичного, духовного і соціального добробуту, а не лише відсутність хвороб або фізичних дефектів, як це до цього часу відносно широко було розповсюджене у суспільній свідомості.

**Зона оптимуму** – це сприятлива інтенсивність впливу екологічного фактора для організмів певного виду.

**Зона песимуму** – відхилення інтенсивності дії певного екологічного фактора від оптимальної в той чи інший бік і виявлення його пригнічувальної дії.

**Індекс забруднення** – показник, якісно й кількісно відображає присутність у довкіллі речовини-забруднювача і ступінь його впливу на живі організми.

**Індекс чистоти повітря** – синтетичний показник, який розраховують на основі вивчення угруповань епіфітних лишайників (зростають на корі дерев) у населених пунктах та індустріальних регіонах для порівняльного оцінювання стану атмосферного повітря.

**Інженерна екологія (промислова екологія)** – комплексна науково-технічна дисципліна, що вивчає вплив промислового виробництва на навколишнє середовище та забезпечує створення і раціональне функціонування природно-промислових систем різного рангу. Суміжна з техноекоекологією, що розкриває сутність техногенних факторів забруднення довкілля, вивчає джерела і можливий вплив технологічної діяльності на довкілля, розробляє регламентації природокористування й технічні засоби охорони природи, опікується екологізацією виробництв. Деякі автори вважають їх синонімами.

**Комфортні території** – райони, у яких природні фактори не ускладнюють побут, працю, відпочинок людей, відсутні, або не мають істотного значення, адаптація населення перебуває швидко і без ускладнень.

**Консументи** (від лат. «*consume*» – споживаю) – це гетеротрофні організми, які споживають готову органічну речовину, тобто підтримують своє існування через перетворення речовин, синтезованих продуцентами. До консументів належать всі тварини, включаючи людину, частина мікроорганізмів, паразитичні та частково комахоїдні рослини. За типом організмів, яких споживають, та місцем в екосистемі консументів поділяють на такі рівні (порядки):

**Консументи 1-го порядку** – гетеротрофні організми, які живляться продуцентами, тобто зеленими рослинами (рослиноїдні або травоїдні тварини (фітофаги), мікроорганізми, рослинні паразити та напівпаразити);

**Консументи 2-го порядку** – гетеротрофні організми, які живляться консументами 1-го порядку або фітофаги (всеїдні та м'ясоїдні або плотоїдні (зоофаги), комахоїдні рослини (росичка, пухирчатка), мікроорганізми);

**Консументи 3-го порядку** – гетеротрофні організми, які існують поїданням консументів 2-го порядку (м'ясоїдні та паразити; великі хижаки, як, наприклад, беркут, який полює на лисиць, скопа, яка полює шук тощо).

**Ксенобіотики** – речовини, які не синтезуються в організмі.

**Ксерофіти** – рослини сухих середовищ. Для них характерні вузколистість, опушення листків, жорсткі стебла та видозміни листків (колючки).

**Культура екологічна** – стан, складова частина загальнолюдської культури, яка характеризується глибоким усвідомленням важливості гармонійного взаєморозвитку суспільства і природи.

**Ланцюг харчування** (ланцюг трофічний) – ряд видів або груп організмів в екосистемі, кожна попередня ланка у якому служить їжею для наступного. Ланцюг живлення складається з декількох (від 2-х до 5-6-ти) харчових (трофічних) рівнів, під якими розуміють групи організмів з подібним типом харчування (рослини, травоїдні тварини, хижаки, мертвоїди).

**Літосфера** – верхня «тверда» оболонка земної кулі. Найважливішим її елементом є надра, тобто поклади мінеральних ресурсів, у тому числі паливно-енергетичні, рудні, гірничо-хімічні, природні будівельні матеріали і нерудні корисні копалини, гідромінеральні ресурси тощо.

**Навколишнє середовище** – сукупність зовнішніх умов живої та неживої природи, при яких існує організм і які прямо чи опосередковано впливають на стан, розвиток і розмноження як окремих організмів, так і популяцій. Можна сказати, що навколишнє середовище це зовнішнє середовище, яке знаходиться в безпосередньому контакті з об'єктом.

**Ніша екологічна** – місце біологічного виду в природі, що включає не тільки його положення в просторі, але весь життєвий статус (вид їжі і спосіб харчування, відносин до факторів середовища, місця розмноження і т. п.).

**Ноосфера** – «розумна оболонка» (В. І. Вернадський), сфера розуму – природна стадія розвитку біосфери, коли розумна діяльність людини стає важливим фактором біосферних процесів.



**Озоновий екран** – шар в межах стратосфери, знаходиться на висоті 20-45 км (біля полюсів нижче) і відрізняється підвищеною концентрацією озону (приблизно в 10 разів вище, ніж над поверхнею Землі), що поглинає згубні для організмів ультрафіолетові промені.

**Озонова «діра»** – значний простір в озоновому шарі з помітно зниженим (до 50%) вмістом озону.

**Опустелювання** – зменшення або знищення біологічного потенціалу Землі (найчастіше під впливом антропогенних факторів), яке може призвести до виникнення умов, аналогічних умов пустелі (визначення Конференції ООН з опустелювання, 1977 р.).

**Пестицид** – хімічна сполука, що використовується з метою захисту культурних рослин природних екосистем.

**Полісанпроби** – організми, що витримують сильний ступінь дефіциту кисню.

**Популяція** – сукупність особин одного виду, що населяють простір протягом тривалого часу. Особи різних популяцій зазвичай мають відмінності за зовнішнім виглядом, поведінці та іншими ознаками.

**Правило Аллена (1877)**: у теплокровних тварин у напрямку до тропіків подовжуються вуха, хвіст, кінцівки, що підвищує поверхню тіла і допомагає випромінюванню тепла.

**Правило Бергмана (1847)**: у теплих краях тваринам вигідніше бути дрібними, великі тварини мають більший об'єм і меншу поверхню, тобто вони випромінюють менше тепла.

**Принцип Гаузе (1935)**: принцип конкурентного витіснення: два близьких види з однаковими потребами не можуть довго існувати разом, один з них буде витіснений.

**Природне забруднення** – виникає внаслідок потужних природних процесів.

**Природне середовище** – все живе й неживе, що оточує організми й з чим вони взаємодіють. Розрізняють повітряне, водне та ґрунтове середовище, останнім може бути й тіло іншого організму (для паразитуючих).

**Продуценти (автотрофи)** – організми, що створюють (продукують) органічну речовину з води, вуглекислого газу й мінеральних солей, використовуючи для цього сонячну енергію. У цю групу входять також зелені рослини. Їх на Землі налічується близько 350 тис. видів.

**Реакція ланцюгова природна** – ланцюг природних явищ, кожне з яких тягне за собою зміну інших, пов'язаних з ним процесів. Залежно від сили дії факторів, що викликали реакцію, остання може закінчуватися або збереженням екосистем в межах основних властивостей і параметрів, або переходом систем на новий (більш низький) рівень, або повним розпадом систем (опустелюванням). Розуміння ланцюгових реакцій і вміння прогнозувати – найважливіша умова екологічно грамотної поведінки людей і прогнозування наслідків втручання людини у природні процеси.

**Редуценти** – організми, переважно бактерії і гриби, в результаті життєдіяльності перетворюють органічні залишки в неорганічні речовини і здійснюють таким чином колообіг в екосистемах.

**Речовина біогенна** – хімічна сполука, що виникла в результаті життєдіяльності організмів.

**Самовідновлення екосистем** – здатність розкладати природні та антропогенні речовини, усувати їх шкідливий вплив. Основним фактором самовідновлення виступають живі організми.

**Смог вологий** (лондонського типу) – суміш газоподібних забруднюючих речовин (в основному сірчистого газу), пилових частинок і крапель туману.

**Смог сухий** фотохімічний (лос-анджелеського типу) – вторинне забруднення повітря в результаті фотохімічних реакцій з утворенням нових речовин – фотооксидантів.

**Соціально-екологічні закони Б. Коммонера**, 1971: Усе пов'язано з усім; все має кудись діватися; природа знає краще; за все треба платити (ніщо не дається задарма).

**Стенобіонти** – види з низькою адаптаційною здатністю, життєдіяльність яких обмежена вузьким діапазоном змін певного фактора.

**Токсична концентрація** – концентрація шкідливої речовини, яка здатна при різній тривалості впливу спричиняти загибель живих організмів, або концентрація шкідливого агента, що веде до загибелі живих організмів протягом 30 діб у результаті впливу на них шкідливих речовин.

**Фауна** – сукупність видів живих організмів, котрі мешкають на певній території, або на Землі в цілому.

**Фізичне забруднення** пов'язане зі змінами фізичних, температурно-енергетичних, хвильових і радіаційних параметрів зовнішнього середовища.

**Фітоценоз** – спільнота взаємопов'язаних рослинних організмів (рослинне співтовариство); невіддільний від екосистеми (біогеоценозу).

**Флора** – сукупність, що історично склалася, видів рослин які ростуть на будь-якій території, або на Землі в цілому.

**Фонова концентрація** – вміст речовини в об'єкті навколишнього середовища, яке визначається сумою глобальних і регіональних природних і антропогенних внесків у результаті дальнього або транскордонного перенесення.

**Фундаментальна екологія (теоретична)** – це надтеорія екології, що покриває все поле цієї науки; це особлива гілка (частина, напрям) екології, що являє собою систему основних ідей, всеосяжних принципів, загальних законів, часткових закономірностей екологічних явищ і процесів, структури, організованості та організації екосистем.

**Хімічна екологія** – комплексна дисципліна, що вивчає всю сукупність хімічних зв'язків у живій природі та хімічні взаємодії, що пов'язані з життям, досліджує наслідки прямої, опосередкованої та побічної дії на навколишнє середовище хімічних речовин, а також шляхи мінімізації їх негативного впливу.

**Хімічне забруднення** – збільшення кількості хімічних компонентів певного середовища, а також; проникнення (введення) у нього хімічних речовин, не притаманних йому або в концентраціях, котрі перевищують норму.

**Шумове забруднення** – один з видів атмосферного забруднення антропогенного походження утвореного у пружному повітряному середовищі.

**ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Екологія : підручник / Дорогунцов С. І., та ін. Київ : КНЕУ, 2005. 371 с.
2. Загальна екологія : підручник / Соломенко Л. І. та ін. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 352 с.
3. Інтерактивні карти. Інтерактивні атласи. URL: [https://new.osvitanet.com.ua/atlases/atlas\\_g\\_8/Maps/1026.jpg](https://new.osvitanet.com.ua/atlases/atlas_g_8/Maps/1026.jpg)
4. Костік В. В. Екологічна хімія : конспект лекцій. Одеса : Одеський державний екологічний університет, 2019. 127 с.
5. Кучерявий В. П. Загальна екологія. Львів : Світ, 2010. 520 с.
6. Маленко Я. В., Ворошилова Н. В., Кобрюшко О. О., Перерва В. В. Загальна екологія : навчальний посібник. Кривий Ріг : КДПУ, 2023. 231 с.
7. Мислюк О. О. Основи хімічної екології : навчальний посібник. Київ : Кондор, 2012. 660 с.
8. Моніторинг якості атмосферного повітря : український та міжнародний досвід / Кольцов М. І. та ін. Київ : ГО «Фундація «Відкрите Суспільство», 2018. 13 с.
9. Набиванець Б. Й. Аналітична хімія природного середовища. Київ : Либідь, 1996. 304 с.
10. Надточій П. П., Мислива Т. М., Вольвач Ф. В. Екологія ґрунту : монографія. Житомир : Видавництво ПП «Рута», 2010. 473 с.
11. Некос В. Ю. Загальна екологія та неоекологія : підручник. Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010. 596 с.
12. Основи сучасної екології : навчальний посібник / К. В. Корсак, О. В. Плахотнік. Київ : ДП «Вид. дім «Персонал», 2009. 408 с.
13. Сухарев С. М. Основи екології та охорони довкілля : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 394 с.
14. Царик, Т. Є. Основи екології : навчальний посібник для студ. вищих навч. закл. Тернопільська академія народного господарства. Тернопіль, 2003. 206 с.
15. Царик Т. Є., Файфура В. В. Основи екології. Електронна версія. Тернопіль. 2009. URL: <https://studfile.net/preview/4617544/>

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна:

1. Маленко Я. В., Ворошилова Н. В., Кобрюшко О. О., Перерва В. В. Загальна екологія : навчальний посібник. Кривий Ріг : КДПУ, 2023. 231 с.
2. Мягченко О. П. Основи екології : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2020, 312 с.
3. Соломенко Л. І, Боголюбов В. М. Волох А. М. Загальна екологія : підручник. Київ : Гельветика, 2020. 346 с.
4. Юрченко Л. І. Екологія : навчальний посібник. Київ : Центр навчальної літератури, 2021. 304 с.

### Додаткова:

1. Білявський Г. О. Основи екології : теорія та практика. Київ : Лібра, 2002. 52 с.
2. Білявський Г. О. Основи екологічних знань. Київ: Либідь, 2000. 336с.
3. Барановський В. А. Екологічний атлас України. Київ : Географіка, 2000. 355 с.
4. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : навчальний посібник. Київ : Т-во Знання, КСО, 2006. 345 с
5. Джигирей В. С. Основи екології та охорона навколишнього середовища. Львів : Афіша, 2000. 272 с.
6. Мусієнко М. М., Серебряков В. В., Брайон О. В. Екологія : тлумачний словник. Київ : Либідь. 2010. 376 с.
7. Ракоїд О. О., Клепко А. В., Бондарь В. І. Загальна екологія : навчально-методичний посібник для студентів ОС Бакалавр за напрямом підготовки 193 Геодезія та землеустрій. Київ : НУБіП, 2023. 133 с.
8. Яцик А. В. Гідролого-екологічний тлумачний словник. Київ : Урожай, 1995. 156 с.
9. Яремчик І. Г. Екополітика природокористування. Київ : Просвіта, 2000. 430 с.
10. Odum E. P. Fundamentals of ecology. Publisher: Brooks Cole 1986. 384 p.
11. Begon M., Townsend C.R. Ecology: from individuals to ecosystems. Hoboken, United States : John Wiley and Sons Ltd, 2020, 864 p.

### Інформаційні ресурси

1. Офіційний сайт Міністерства екології і природних ресурсів України  
URL: <http://www.menr.gov.ua>
2. Каталог Українських Web-ресурсів з екології URL:  
<http://catalog.uitei.kiev.ua/index.php>.

3. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського. Ресурси. Наукові ресурси. Екологія URL: <http://www.nbuv.gov.ua/node/1539>.

4. Сайт Наукової бібліотеки ЗНУ. Електронна бібліотека. Електронні книги. Екологія. URL : <https://ebooks.znu.edu.ua/index.php>

5. Адреса дисципліни СЕЗН ЗНУ URL: <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=9046>

Навчальне видання  
(українською мовою)

Притула Наталія Михайлівна  
Воронова Наталія Валентинівна

## **ЕКОЛОГІЯ**

Навчальний посібник  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
спеціальності «Хімія», освітньо-професійної програми «Хімія»

Рецензент *К.О. Домбровський*  
Відповідальний за випуск *О.Ф. Рильський*  
Коректор *Н.М. Притула*