

Модуль 1

ЛЕКЦІЯ 1 ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ У СВІТІ.....	6
Вступ	6
1.1Вплив науково-технічного прогресу та науково-технічної революції на навколишнє середовище.....	7
ЛЕКЦІЯ 2 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЗАКОНИ ЕКОЛОГІЇ.....	11
2.1Екологія – як наука.....	11
2.2Основні поняття та терміни екології.....	12
2.3Поняття біосфери.....	15
2.4Хімічний склад біосфери і схема колообігу.....	15
2.5Основні закони екології.....	16
ЛЕКЦІЯ 3 ОСНОВНІ ШКІДЛИВІ РЕЧОВИНИ БІОСФЕРИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЛЮДИНУ І ДОВКІЛЛЯ.....	20
3.1Екотоксикологія шкідливих речовин біосфери.....	20
3.2Забруднення атмосфери.....	22
3.3Забруднення гідросфери. Характеристика стоків.....	24
3.4Забруднення літосфери.....	25
3.5Хімія забруднюючих токсичних речовин і вплив їх на людину...	26
ЛЕКЦІЯ 4 КОЛООБІГ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	30
4.1Основні типи коло обігу.....	30
4.2Глобальні колообіги вуглецю і води.....	31
4.3Фотосинтез.....	33
4.4Колообіг азоту.....	34
4.5Колообіг фосфору.....	35
4.6Колообіг сірки.....	36
4.7Колообіг другорядних елементів.....	37

ЛЕКЦІЯ 1 ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ У СВІТІ

Вступ

Починаючи з кінця 60-х років минулого століття, вчені екологи почали попереджувати: **“Людство на порозі екологічної катастрофи!”** Спочатку це не сприймалось всерйоз, але поступово, і ми всі цьому свідки, про це заговорив увесь світ. Навіть у нашій країні, що завжди похвалялась своєю екологічною чистотою і турботою про навколишнє середовище, виникли різноманітні неформальні зелені рухи і організації, які забили тривогу з приводу тієї екологічної кризи, в якій опинилось багато регіонів нашої країни. Один Чорнобиль поставив на грань виживання частину України, більшу частину Білорусії і південно-західні райони Росії.

То які ж шляхи бачать вчені для виходу людства з екологічної кризи? На Міжнародній екологічній конференції, яка відбулася в Ріо-де-Жанейро (1992 р), прозвучали слова, найперше, що повинно зробити людство – це сформувати **нове екологічне мислення** у кожної людини. Як мінімум для цього негайно потрібно направити декілька мільярдів доларів на відповідне **екологічне навчання** всіх – від дітей до пенсіонерів, ввести відповідні курси з екології в школах, університетах, особливо технічних. Всі технічні рішення повинні розглядатися, перш за все, з екологічного боку, як звести до мінімуму шкідливий вплив від впроваджуваної техніки, на який вид сировини орієнтувати нову технологію, щоб в якнайменшій мірі порушити природний баланс, якпередбачити послідовну перероб-

ку відходів виробництва, щобзробититехнологію безвідходною і т.п. Деякі факти, які характеризують загальну екологічну ситуацію в світі.

З 1950 р. **населення** Землі подвоїлось – понад 6,0 млрд. чол. Разом з тим, з 1950 по 1984 р. **виробництво зерна** виросло в 2,5 р. Здавалось би, немає підстав для тривог за майбутнє

людства, але далі чисельність людей росте експоненціально, а з 1984 р. урожайність майже не піднімається – досягнуто її пікового порогу.

Прісної води, необхідної для життя і діяльності людства на земній кулі, всього близько 3% від загальної кількості води. З них тільки 1% – це вода водойм і рік, а 2% – це підземні води та льодовики. Такий дефіцит прісної води обтяжується нашою безгосподарністю. В нашій країні втрати води в 1,5 – 2 рази вищі, ніж у розвинених країнах Заходу.

В зв'язку з цим постійно виникає питання про Байкал, який є унікальним сховищем величезних запасів прісної води для людства. Проте вирубка навколишніх лісів і спорудження Братського ЦПК призвели до порушення процесів самоочищення води, що вело до загрози втрати цього природного резервуару прісної води. Частково заходи вжиті, але проблема Байкалу до кінця не вирішена.

Чисте повітря – ще один ресурс життєдіяльності людини, який знаходиться під загрозою втрати – це рослини, які в процесі фотосинтезу поглинають CO₂ і виділяють O₂ (на суші – ліси, а океані – фітопланктон). За один рейс з Європи в Америку літак спалює 50 тон O₂. А скільки у нас такої техніки?

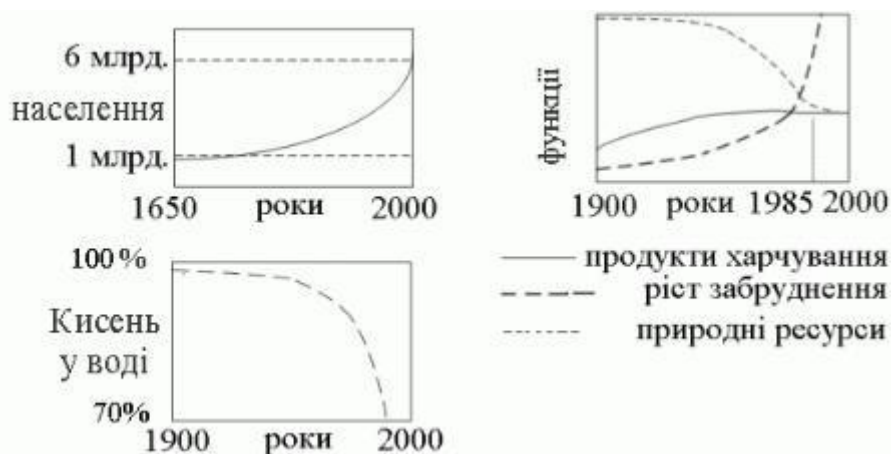
На Землі щосекунди вирубається ділянка лісу величиною з футбольне поле. Ситуація ускладнюється ще й тим, що **зелений світ планети** просто не в стані переробити ту гігантську кількість CO₂, яка щосекунди викидається в атмосферу заводами, котельними, теплостанціями і автомобільним транспортом, внаслідок чого постійно накопичується в атмосфері CO₂. Це загрожує призвести до так званого **“парникового ефекту”**, коли CO₂ та інші газові викиди утворюють своєрідний екран, який зменшує відбиття енергії, внаслідок чого підвищується середня температура повітря. А це може призвести до поступового розтанання льодовиків і затоплення водами океану значної частини суші. В даний час у світі є понад 500 млн. тільки легкових автомобілів. Слід відзначити, що політична нестабільність на земній кулі призводить також до таких жахливих явищ як “екологічна війна”. Ірак, відступаючи з Кувейту, виливав в Перську затоку тисячі тонн нафти. А 1 т нафти покриває суцільною плівкою 6 км² водної поверхні. 1 л нафти вбиває все живе в 40 тис. л води. Так що можна уявити, яка реальна загроза нависла зараз над людством. Щорічно в аваріях танкерів виливається в океан 2-5 млн. тон нафти.

Стає зрозумілим, що подальший розвиток техніки в тому напрямку, в якому він йшов до останнього часу, призведе світ до загибелі. І тому все частіше звучать голоси зупинити, законсервувати технічний розвиток. Але, з другого боку, без подальшого технічного розвитку неможливо справитись з тими екологічними наслідками, які ми маємо на сьогодні.

1.1 Вплив науково-технічного прогресу та науково-технічної революції на навколишнє середовище

Науково-технічний прогрес (НТП) – це єдиний, взаємозумовлений розвиток науки і техніки, який є найважливішою стороною і ознакою еволюції суспільства. НТП включає в себе як поступові зміни (еволюцію), так і стрибки в розвитку (революції). Як справедливо зауважив Ф.Енгельс

7



“якщо в суспільстві з’явиться відповідна технічна потреба, то це просуне науку вперед більше, ніж десятки університетів”. Це характерно і для екології. Якщо до середини 60-х років мало хто знав про існування цієї науки, то зараз за словами академіка Ліхачова вона перетворюється “з міждисциплінарної науки в глобальну науку виживання людства”.

Прослідкуємо, як же розвивався НТП: в кінці XVIII століття Ньюкомен винайшов парову машину для відкачування води з рудників, в 1796 р. Дж. Уатт запатентував першу парову машину для перетворення теплової енергії в механічну. Це ознаменувало перший етап науково-технічної революції (НТР). Суть її полягала в заміні *людської руки механізмом*.

XIX ст. виникнення теорії електромагнітних процесів, створення двигунів внутрішнього згорання, електродвигунів тощо. В результаті виник так званий *“технічний оптимізм”*, що мав разом з наукою і технікою принести людям щастя. Згадайте хоча б фантастичні романи Ж. Верна, Г. Уелса та ін.

XX ст. знаменується теорією відносності, яка пов’язала масу речовини і швидкість: $E=mc^2$; виникненням квантової механіки, яка показала, що у мікросвіті діють зовсім інші закони, ніж у макросвіті. Принцип невизначеності Гейзенберга сприймається як найбільш глибокий принцип, який встановило людство. 1939 р. – Ган і Штрасман вперше спостерігають поділ атомного ядра, а в 1942 р. Фермі з групою співробітників створює у Чикаго перший атомний реактор. З 1945 по 1965 р. безроздільно панує *“атомний оптимізм”*, на зміну якому приходять оптимізм *“глобальних автоматизованих систем і обчислювальної техніки”* (досить згадати хоча б ідею Глушкова про ОГАСУ – систему автоматизованого управління на державному рівні). Таким чином, виникає друга НТР, суть якої в тому, що логічні функції людини можуть бути повністю замінені машиною.

Але в кінці 60-х років починається криза в суспільстві щодо перспектив людства. В 1972 р. видатний еколог Медоуз з групою співробітників публікує песимістичні оцінки подальшого технічного розвитку людства. За Медоузом раніше розроблені прогнози ресурсів були основані на лінійній

екстраполяції і на майбутнє не враховували експоненціальний ріст їх споживання.

Таким чином, над світом нависла загроза енергетичного голоду і глобального екологічного забруднення. До кінця минулого століття потужність природних фотохімічних процесів дозволяла переробляти всі забруднення, які вносила людина. Але зараз природні процеси відновлення балансу порушені.

Не слід думати, що до XX ст. не було прикладів фатального втручання людини в природні процеси. Згадайте хоча б легенду про царя Соломона, який вирішив прославити себе у віках, збудувавши небачений храм з ліванського кедр. Храм цей було збудовано, але ліванський кедр тепер залишився тільки зображенням на державному прапорі Лівану. Для збільшення оброблювальних земель в Месопотамії почали вирубувати ліси. Цим було покладено початок запустіння Близького Сходу. В 1859 р. в Австралію були завезені перші кролі. Але в Австралії немає хижих звірів. Тому і доводиться періодично на державному рівні влаштовувати боротьбу з кролями і кактусами, які теж завезли колоністи. Кактуси ж почали розповсюджуватись з неймовірною швидкістю. Раніше в степах України паслись великі стада зубрів, а трава росла такою високою, що не видно було в ній і вершника.

Слід сказати, що ще в давні часи приймались природоохоронні закони. Так, Ярослав Мудрий видав указ, який заборонив вбивати диких лебедів і бобрів навколо Києва. Хоч зараз природоохоронне законодавство в нашій країні більш розвинене, проте ефективність його невисока. Взяти хоча б ту штрафну політику за скид викидів забруднювальних стоків, яку затвердив нещодавно Вінницький міськвиконком. Згідно з цими тарифами багатьом підприємствам вигідніше виплачувати штрафи, ніж впроваджувати прогресивні методи очищення стоків.

От така безконтрольна діяльність і призводить до того, що зараз щодня зникає 1 вид тварин, тоді як до 60-х років 1 вид тварин зникав щороку.

Отже, сучасна світова економічна система і вся наша цивілізація протягом довгої історії людства формувалися на основі реалізації принципів природопідкорювальної діяльності, які закладені в етиці, моралі, законах суспільства і у всій політичній структурі держав. Науково-технічний прогрес створив умови, за яких при все менших витратах людської праці у виробництво залучалися все більші маси природних ресурсів. Однак *необмежений ріст використання обмежених світових природних ресурсів неможливий. І вже зараз наявними стали лімітувальні ланки такого розвитку у вигляді виснажених природних ресурсів, забрудненого навколишнього середовища, озонових дірок, змін клімату, опустелювання території, зникнення лісів тощо.*

Сьогодні можна стверджувати, що сама структура суспільного виробництва і споживання та штучно роздуті потреби зумовили орієнтацію на марнотратне відношення до природи. Але культура споживання полягає не в безмежному зростанні обсягів використання матеріальних благ, а в *раціональному регулюванні потреб суспільства*. На жаль, в багатьох країнах світу поки що недостатня увага приділяється формуванню в суспільстві нових морально-етичних принципів щодо раціональних норм суспільного споживання. Як зазначено в матеріалах Конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (1992 р.) *“Процеси економічного зростання, що породжують безпрецедентний рівень добробуту і могутності багатії меншості, водночас призводять до ризиків і дисбалансів, які*

воднаковій мірі загрожують і багатим, і бідним. Така модель розвитку і відповідний їй характер споживання не є стійкими для багатих і не можуть бути повторені бідними. ... Шлях, яким прийшли до свого добробуту розвинені країни, не придатний для людства в цілому”.

Наприкінці ХХ століття вперше в своїй історії людське суспільство стало перед проблемою вибору подальшого шляху свого розвитку, правильність якого буде “оцінювати” не стільки сама людина, скільки оточуюче її природне середовище. Бо *людина виникла в природі і може існувати тільки в ній, зберігаючи себе і середовище свого існування*. Тому замість домінуючої до цього часу системи взаємовідносин “суспільство і природа” на перший план має вийти поєднання *“людина (суспільство) в природі”*, навколо чого повинна формуватися вся подальша стратегія розвитку людства. В зв’язку з цим, перед суспільством постає цілий комплекс не тільки екологічних, а, в першу чергу, соціально-економічних, політичних, науково-технічних і етичних проблем, вирішення яких зводиться до однієї голо-

вної мети – не допустити, щоб зміни природного середовища відбувалися на шкоду людству та іншим формам життя на планеті.

Глобальні зміни навколишнього природного середовища матимуть для людства суттєві негативні наслідки, а тому потребують від сучасного суспільства відповідних змін в свідомості, невідкладного переходу всіх країн світу до *стратегії регульованого економічного розвитку*. Такий тип розвитку не за рахунок ресурсів природи, а разом з ними, який дозволить відтворювати можливості життєзабезпечення як для теперішніх, так і майбутніх поколінь людей, був названий *сталим розвитком*, стратегії якого сьогодні інтенсивно розробляються в більшості розвинених країн світу.

Термін “сталий розвиток” привернув до себе широку увагу після публікації доповіді “Наше загальне майбутнє” (1987р.), підготовленої Комісією ООН з навколишнього середовища і розвитку (“комісія Брундтланд”). Її матеріали і висновки визначили основу рішень конференції в Ріо-де-Жанейро в 1992 р., де відбулася зустріч керівників більшості країн світу з проблем планети Земля, і була прийнята всесвітня програма дій – “Порядок денний на ХХІ століття”.

У цих документах “сталий розвиток” визначається як розвиток, що дозволяє на довготривалій основі забезпечити стабільне економічне зростання, не призводячи до деградаційних змін природного середовища. При цьому передбачається, що *вихід на рівень сталого розвитку дозволяє розраховувати на задоволення потреб як сучасних, так і майбутніх поколінь. Отже, сталий розвиток – це процес розбудови держави на основі узгодження і гармонізації соціальної, економічної та екологічної складових з метою задоволення потреб сучасних і майбутніх поколінь.*

Вперше це англійське словосполучення “sustainable development” з’явилося в доповіді “Всесвітня стратегія охорони природи” (1980 р.), поданій Міжнародною спілкою охорони природи і природних ресурсів. У цій доповіді розвиток визначається як “модифікація біосфери і використання людських, фінансових, природних ресурсів, які відновлюються та не відновлюються, для задоволення потреб людей і поліпшення “якості життя”; для того, щоб розвиток був сталим, потрібно враховувати не тільки його економічні аспекти, але і соціальні, і екологічні чинники”, і далі “в довготривалій перспективі, як і в короткочасній, необхідно прораховувати всі переваги і недоліки альтернативних варіантів”; “збереження природи – це таке управління використанням людиною ресурсів біосфери, яке може принести інші стійкі прибутки сучасному поколінню, не піддаючи при цьому сумніву потенційні можливості в задоволенні потреб майбутніх поколінь”.

Основою сталого розвитку є паритетність відносин у тріаді *людина – господарство – природа*. Сталий розвиток узагальнює в собі процес виживання і відтворення генофонду нації, активізацію ролі кожної окремої людини в суспільстві, забезпечення її прав і свобод, збереження навколишнього природного середовища, формування умов для відновлення біосфери та її локальних екосистем, орієнтацію на зниження рівня антропогенного впливу на природне середовище *гармонізації розвитку людини в природі*.

ЛЕКЦІЯ 2 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЗАКОНИ ЕКОЛОГІЇ

2.1 Екологія як наука

Виникнення екології, як самостійної наукової дисципліни, пов'язане з еволюційною теорією Дарвіна. Вперше термін “екологія” запропонував активний прихильник дарвінізму Ернст Геккель у 1886 році.

Екологія – це наука, яка вивчає умови існування організмів, взаємозв'язки між ними та середовищем, в якому вони існують.

Завдання екології: вивчення кількісними методами основ структури і функціонування природних і створених людиною систем, а також вивчення основних принципів колообігу органічних та неорганічних речовин, енергії в цих системах, вплив на рослинний і тваринний світ.

Екологію розділяють на **загальну**, яка вивчає основні принципи та закони організації і функціонування систем, що заповнені різними рослинами та тваринами на певній географічній ділянці; **предметну**, сфера якої обмежена вивченням конкретних груп організмів. Так, існує екологія рослин, екологія тварин і т.д. Наприклад, в екології рослин особливу увагу приділяють хімізму ґрунтового розчину, який є найголовнішим фактором у рості рослин. На розвиток рослин впливає також реакція ґрунтового розчину, яка визначається у ґрунті. Встановлено також, коли ґрунт родючий для одних культур, то він малородючий для інших. Екологія рослин вивчає також вплив забруднень на розвиток рослин. Так, якщо в лісах середня тривалість життя дерев – 300-400 років, то у місті 40-50. Виділення SO₂ (що в масі своїй є продуктом згорання вугілля та нафти) порушує процес фотосинтезу у рослин і є отрутою для процесів асиміляції.

Зараз екологія трактується досить вузько – як **захист природи**. В майбутньому це повинна бути наука про необхідні обмеження будь-якої людської діяльності і про механізми здійснення. Треба буде враховувати, скільки може використовуватись транспорту і яких видів, скільки в тій чи іншій місцевості може проживати людей, щоб не було перенаселення, скільки людині необхідно споживати продуктів і яких. Необхідно розробити і обґрунтувати механізми таких обмежень.

2.2 Основні поняття та терміни екології

Сучасна екологія є системною фундаментально-прикладною наукою, своєрідною філософією виживання людства, стратегією перебудови цивілізації в XXI ст., що має відповідати сучасним реаліям у взаємовідносинах населення планети та природи.

Екологія – наука про середовище нашого існування, його живі та неживі компоненти, взаємозв'язки, взаємодію між цими компонентами – людиною, рослинним та тваринним світом, літосферою, гідросферою та атмосферою. Це наука про особливості взаємозв'язків і узгодження Стратегії Природи та Стратегії Людини, що має базуватися на ідеї самообмеженості, розумної коеволюції Техносфери та Біосфери.

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.

На сучасному етапі розвитку економічних досліджень виділяють

“універсальну екологію” або “загальну екологію” – науку про тактику і стратегію збереження та стабільного розвитку життя на Землі. Основними завданнями загальної екології є такі:

-вивчення з позицій системного підходу загального стану сучасної біосфери планети, причин його формування та особливостей розвитку під впливом природних та антропогенних факторів;
-прогноз динаміки стану біосфери в часі та просторі;
-розробка шляхів гармонізації взаємовідносин людського суспільства й природи, збереження здатності біосфери до самовідновлення та саморегулювання з урахуванням основних екологічних законів.

Об'єктами вивчення загальної екології або її галузевих підрозділів є екологічні системи чи елементи екосистем.

Загальна екологія досліджує вплив природних і антропогенних факторів на функціонування екосистем і біосфери в цілому.

Загальна екологія включає **теоретичну** та **практичну** екологію. Теоретична і практична екології поділяються на цілий ряд розділів і підрозділів, що мають галузеве спрямування.

До теоретичної екології належить **біоекологія** (екологія живих організмів), яка включає екології: людини, мікросвіту, рослин та тварин.

Практична екологія об'єднує:

- **геоекологію** (науку про охорону та раціональне використання природних ресурсів);
 - **соціоекологію** (науку про соціально-економічні фактори впливу на довкілля);
 - **техноекологію** (науку про техногенні факторизабруднення довкілля).
- Основними розділами **геоекології** є ландшафтна екологія, екологія ат-

мосфери, гідросфери, літосфери і т. ін.

Соціоекологія об'єднує такі важливі нові підрозділи екологічної науки, як екологічна освіта, екологічне право, урбоекологія, національна та міжнародна екополітика, екологічний менеджмент, екологія народонаселення.

Основними структурними елементами техноекології є: екологія енергетики, промисловості, агроекологія, екологія транспорту, військової справи, екологічна експертиза.

Кожен із зазначених розділів загальної екології має вирішувати своє коло проблем, але всі вони тісно пов'язані між собою, і кожен користується матеріалами й результатами іншого під час виконання розробок, моделей та прогнозів щодо природного середовища.

У скороченому вигляді наведемо найголовніші екологічні поняття та терміни.

Біосфера – область існування й функціонування теперішніх живих організмів і продуктів їх життєдіяльності, живих організмів минулих епох; починається від нижньої частини атмосфери, охоплює всю гідросферу та верхні шари літосфери. Вона є активною оболонкою Землі, в якій сукупна діяльність живих організмів проявляється як геохімічний фактор планетарного масштабу.

Біосинтез – процес утворення необхідних організму речовин, який відбувається в його клітинах за участю біокаталізаторів – ферментів.

Біотехнології – сукупність методів і засобів отримання корисних для людини продуктів та явищ за допомогою біологічних агентів (виробництво ліків, антибіотиків, дріжджів, виведення мікроорганізмів, бактерій, які утворюють білок або газ, або тепло тощо).

Біоценоз – взаємопов'язана сукупність мікроорганізмів, грибів, рослин і тварин, що населяють однорідну ділянку суші чи водойми й характеризуються певними відносинами довкілля.

Основною елементарною одиницею в біосфері є **екосистема**.

Екосистема – *єдиний природний комплекс, утворений живими організмами й середовищем, в якому вони існують, і де всі компоненти тісно пов'язані обміном речовин, енергії та інформації.*

Екосистеми – відкриті термодинамічні функціонально-цілісні системи, що існують за рахунок надходження з навколишнього середовища енергії та частково речовини і які саморозвиваються та саморегулюються.

Гомеостаз – стан внутрішньої динамічної рівноваги природної системи. Він є характерним і необхідним для всіх природних систем – від атома до космічних утворень.

Усі популяції мають здатність підтримувати свою чисельність на оптимальному рівні в умовах середовища, що постійно змінюється, ця здатність і названа гомеостазом.

Вид (біологічний) – сукупність організмів із 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 і популяції.

Природне середовище – *це все живе і неживе, що оточує організми і з чим вони взаємодіють. Розрізняють повітряне, водне та ґрунтове середовище, останнім може бути і тіло іншого організму (для паразитуючих).*

Екологічні фактори – всі складові (елементи) природного середовища, які впливають на існування та розвиток організмів і на які живі істоти реагують реакціями пристосування (за межами здатності пристосування настає смерть).

Раніше виділяли три групи екологічних факторів:

-**абіотичні** (неорганічні умови – хімічні і фізичні, такі як склад повітря, води, ґрунтів, температура, світло, вологість, радіація, тиск тощо);

-**біотичні** (форми взаємодії між організмами – хазяїн-паразит);

-**антропогенні** (форма діяльності людини).

Біотоп – це ділянка землі з однотипними умовами існування, яка включає не тільки неорганічні речовини (воду, ґрунт, мінерали, солі), а й фізико-хімічні фактори (температура, освітлення, реакція середовища).

Біотоп і пов'язаний з ним біоценоз в сукупності утворюють екосистему. **Популяція** – це сукупність рослин або тварин, які належать до одного і того ж виду та зосереджені у певному просторі.

Кожна популяція характеризується власною динамікою розвитку і тісно пов'язана з іншими елементами біоценозу. Наприклад, для підвищення врожайності культур раніше широко застосовувався інсектицид ДТТ для



знищення комах шкідників. При розпиленні частина ДТТ потрапила у землю і була засвоєна черв'яками. Птахи, які з'їли цих черв'яків, гинули від паралічу. Смертність доходила до 80% від чисельності популяції.

2.3 Поняття біосфери

Поняття “біосфера” було введено в біологію Хамарком на початку XIX ст., а в геологію – Зюссом наприкінці цього століття, і означало *життя живих організмів на Землі*. До біосфери входять: атмосфера – до 15 км, гідросфера – до 10-12 км, літосфера – до 5 км. До складу біосфери входить ноосфера (людина і продукти її життєдіяльності).

Загальне вчення про біосферу було створене у 20-30 роках XX ст. першим Президентом Української академії наук В.І. Вернадським. За його словами: *біосфера – це оболонка Землі, де жива речовина відіграє домінуючу роль, значно впливає на всі процеси, що відбуваються*. В кінці 30-х років він сформулював найголовніші біохімічні функції живої речовини:

- газова функція* (більшість звичайних газів атмосфери – O_2 , CO_2 , H_2 , CH_4 – мають біогенне походження);
- концентраційна функція* (вуглець у вугіллі, торфі, нафті, кальцій у вапні, інші речовини сконцентровані завдяки і діяльності живих істот);
- окисно-відновна функція* (окислення і відновлення сірки, заліза, марганцю бактеріями);
- біогеохімічна діяльність людини*.

2.4 Хімічний склад біосфери і схема колообігу

Узагальнений склад речовин біосфери: 49,8% атомів Гідрогену, 24,9% – Оксигену, 21,9% – Карбону, 0,27% – Калію, 0,073% – Кальцію. Жива речовина біосфери має 70% Оксигену, 18% – Карбону, 10% – Гідрогену, 0,5% – Кальцію, 0,3% – Нітрогену.

Життя – це колообіг елементів між організмами і середовищем.

Причиною колообігу є обмеженість елементів, з яких будується тіло організмів. Тільки завдяки колообігу живі організми тепер, через 4 млрд. років після своєї появи, не зазнають дефіциту основних біогенних елементів. У зв'язку з цим, у біосфері протікають три основні процеси: колообіг вуглецю, азоту, сірки, в яких беруть участь п'ять елементів (H, O, C, N, S), що рухаються через атмосферу, гідросферу і літосферу. Ці елементи рухаються як окремо, так і у вигляді сполук (вода, нітрати, CO, SO₂). В природі відбувається колообіг матерії за такою схемою:

Колообіг речовин в атмосфері і гідросфері відбувається завдяки енергії Сонця, а в літосфері – завдяки термоядерній реакції в ядрі Землі.

2.5 Основні закони екології

Згідно з новими екологічними довідниками є близько 60 різних екологічних законів, більшість з яких мають біоекологічний характер. Наведемо найголовніші з них, в алфавітному порядку.

1) Закон біогенної міграції атомів (закон Вернадського): міграція хімічних елементів на земній поверхні та в біосфері в цілому здійснюється під переважаючим впливом живої речовини. Так було і в геологічному минулому, мільйони років тому, так відбувається й у сучасних умовах. Жива речовина або бере участь у біохімічних процесах безпосередньо, або створює відповідне, збагачене киснем, вуглекислим газом, воднем, азотом, фосфором та іншими речовинами середовище. Цей закон має важливе практичне і теоретичне значення.

Нині люди впливають на стан біосфери, змінюючи її фізичний і хімічний склад, умови збалансованої віками біогенної міграції атомів. У майбутньому це спричинить дуже негативні зміни, які стануть глобальними і некерованими (опустелювання, деградація ґрунтів, вимирання

тисяч видів організмів). За допомогою цього закону можна свідомо й активно запобігати розвитку таких негативних явищ, керувати біохімічними процесами, використовуючи м'які екологічні методи.

2) Закон внутрішньої динамічної рівноваги: речовина, енергія, інформація та динамічні якості окремих природних систем і їх ієрархії дуже тісно пов'язані між собою.

Так що будь-яка зміна одного з показників неминуче призводить до функціонально-структурних змін інших, але при цьому зберігаються загальні якості системи – речовинно-енергетичні, інформаційні та динамічні. Наслідки дії цього закону виявляються в тому, що після будь-яких змін елементів природного середовища (речовинного складу, енергії, інформації, швидкості природних процесів) обов'язково розвиваються ланцюгові реакції, які намагаються нейтралізувати ці зміни. Слід зазначити, що незначна зміна одного показника може спричинити сильні відхилення в інших і в усій екосистемі.

Закон внутрішньої рівноваги – один з найголовніших у природокористуванні. Він допомагає зрозуміти, що у разі незначних втручань у природне середовище його системи здатні саморегулюватися та відновлюватися, але коли ці втручання перевищують певні межі й вже не можуть “згаснути” в ланцюгу ієрархії екосистем (охоплюють цілі річкові системи, ландшафти), вони призводять до значних порушень енерго- і біобалансу на значних територіях і в усій біосфері.

3) Закон генетичної різноманітності: все живе генетично різне і має тенденцію до збільшення біологічної різноманітності.

Закон має важливе значення в природокористуванні, особливо в сфері біотехнології (генна інженерія, біопрепарати), коли не завжди можна передбачити результат нововведень під час випробувань нових мікрокультур через мутації, що виникають, або поширення дії нових біопрепаратів не на ті види мікроорганізмів, на які вони розраховані.

4) Закон історичної необоротності: розвиток біосфери і людства як цілого не може відбуватися від пізніших фаз до початкових, загальний процес розвитку однонаправлений. Повторюються лише окремі елементи соціальних відносин (рабство) або типи господарювання.

5) Закон константності (сформульований Вернадським): кількість живої речовини біосфери (за певний геологічний період) є величина стала. Цей закон тісно пов'язаний із законом внутрішньої динамічної рівноваги. За законом константності будь-яка зміна кількості живої речовини в одному з регіонів біосфери неминуче призводить до такої ж за обсягом зміни речовини в іншому регіоні, тільки із зворотним знаком.

6) Закон кореляції (сформульований Кюв'є): в організмі, як цілісній системі, всі його частини відповідають одна одній як за будовою, так і за функціями. Зміна однієї частини неминуче викликає зміни в інших.

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

8) Закон максимуму біогенної енергії (закон Вернадського-Бауера):

будь-яка біологічна та “біонедосконала” система з біотою, що перебуває в стані “стійкої нерівноваги” (динамічно рухливої рівноваги з довкіллям), збільшує, розвиваючись, свій вплив на середовище.

У процесі еволюції видів, твердить Вернадський, виживають ті, які збільшують біогенну геохімічну енергію. На думку Бауера, живі системи ніколи не перебувають у стані рівноваги, якої потребують закони фізики та хімії за існуючих зовнішніх умов.

9) Закон мінімуму (сформульований Лібіхом): стійкість організму визначається найслабшою ланкою в ланцюзі його екологічних потреб. Якщо кількість і якість екологічних факторів близькі до необхідного організму мінімуму, організм гине, екосистема руйнується.

Тому під час прогнозування екологічних умов або виконання експертизи дуже важливо визначити слабку ланку в житті організмів.

10) Закон обмеженості природних ресурсів: усі природні ресурси в умовах Землі вичерпні. Планета є природно обмеженим тілом, і на ній не можуть існувати необмежені складові частини.

11) Закон однонаправленості потоку енергії: енергія, яку одержує екосистема і яка засвоюється продуцентами, розсіюється або разом з їх біомасою безповоротно передається консументам першого, другого, третього та інших порядків, а потім редуцентам, що супроводжується втратою певної кількості енергії на кожному трофічному рівні в результаті процесів, які супроводжують дихання. В зворотний потік (від редуцентів до продуцентів) потрапляє дуже мало початкової енергії (не більше 0,25 %).

12) Закон оптимальності: ніяка система не може звужуватися або розширюватися до нескінченності. Ніякий цілісний організм не може перевищити певні критичні розміри, які забезпечують підтримку його енергетики. Ці розміри залежать від умов живлення та факторів існування.

У природокористуванні закон оптимальності допомагає знайти оптимальні з точки зору продуктивності розміри для ділянок полів, вирощуваних тварин, рослин. Ігнорування закону – створення величезних площ монокультур, вирівнювання ландшафту масовими забудовами тощо – призвело до неприродного одноманіття на великих територіях і викликало порушення в функціонуванні екосистем, екологічні кризи.

13) Закон піраміди енергій (сформульований Ліндеманою): з одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший переходить у середньому не більше 10% енергії. За цим законом можна виконувати розрахунки земельних площ, лісових угідь з метою забезпечення населення продовольством та іншими ресурсами.

14) Закон рівнозначності умов життя: всі природні умови середовища, необхідні для життя, відіграють рівнозначні ролі. З нього випливає інший закон – сукупної дії екологічних факторів. Цей закон часто ігнорується, хоча має велике значення.

15) Закон розвитку довкілля: будь-яка природна система розвивається лише за рахунок використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища. Абсолютно ізольований саморозвиток неможливий – це висновок з законів термодинаміки.

Дуже важливими є наслідки з названого закону.

1. Абсолютно безвідходне виробництво неможливе.

2. Будь-яка більш високоорганізована біотична система в своєму розвитку є потенційною загрозою для менш організованих систем. Тому в біосфері Землі неможливе зародження нового життя – воно буде знищене вже існуючими організмами.

3. Біосфера Землі, як система, розвивається за рахунок внутрішніх і космічних ресурсів.

16) Закон зменшення енерговіддачі в природокористуванні: у процесі одержання з природних систем корисної продукції з часом (в історичному аспекті) на її виготовлення в середньому витрачається дедалі більше енергії (зростають енергетичні витрати на одну людину). Так, нині витрати енергії на одну людину на добу майже в 60 разів більші, ніж у часи наших далеких предків. Збільшення енергетичних витрат не може відбуватися нескінченно. Його можна й слід розраховувати, плануючи свої стосунки із природоюзметоюїхгармонізації.

17) Закон сукупної дії природних факторів: (закон Міттерніха– Тіне-мана–Баулса): обсяг урожаю залежить не від окремого, нехай навіть лімітовного фактора, а від усієї сукупності екологічних факторів одночасно.

18) Закон толерантності (закон Шелфорда): лімітуючим фактором процвітання організму може бути як мінімум, так і максимум екологічного впливу, діапазон між якими визначає ступінь витривалості (толерантності) організму до даного фактора. Відповідно до закону, будь-який надлишок речовини чи енергії в екосистемі стає її ворогом.

19) Закон ґрунстомлення (зменшення родючості): поступове зниження природної родючості ґрунтів відбувається через тривале їх використання і порушення природних процесів ґрунтоутворення, а також внаслідок тривалого вирощування монокультур (в результаті накопичення природних речовин, що виділяються рослинами, залишків пестицидів і мінеральних добрив).

20) Закон фізико-хімічної єдності живої речовини (сформульований Вернадським): *уся речовина Землі має єдину фізико-хімічну природу. З цього випливає, що шкідливе для однієї частини живої речовини шкодить*

іншій її частині, тільки, звичайно, в іншій мірі. Різниця полягає лише в стійкості видів до дії того чи іншого агента. Тривале вживання пестицидів екологічно неприпустиме, бо шкідники розмножуються значно швидше і швидше пристосовуються та виживають, а обсяги хімічних забруднень доводиться дедалі збільшувати.

21) Закон екологічної кореляції: *в екосистемі всі види живої речовини функціонально відповідають один одному. Випадання однієї частини системи (виду) неминуче призводить до вимикання пов'язаних з нею інших частин екосистеми і функціональних змін.*

Відомі також чотири закони екології американського вченого Коммонера:

1. Все пов'язано з усім.
2. Все мусить кудись діватися.
3. Природа “знає” краще.
4. Ніщо не минається даремно (за все треба платити).

Таким чином, коло завдань сучасної екології дуже широке й охоплює практично всі питання, що торкаються взаємовідносин людського суспільства та природного середовища, а також проблеми гармонізації цих відносин.

Іляються в ньому нерівномірно, деякі концентруються в окремих органах. Так, наприклад, в кісткових тканинах відкладаються радій, уран, плутоній, стронцій. Кобальт (60) концентрується в легенях і т. д.

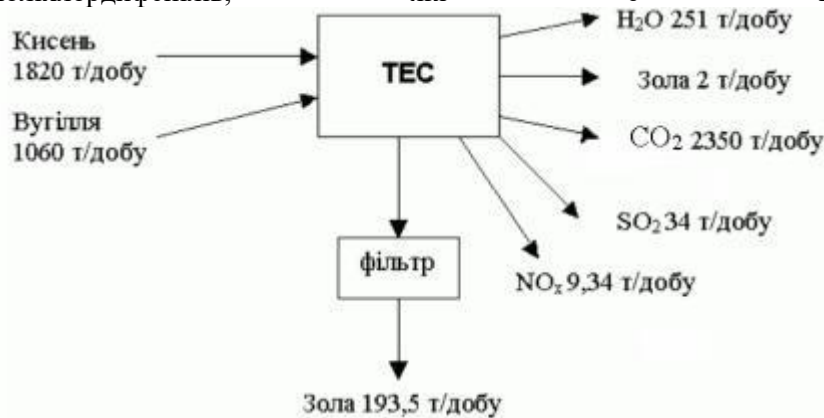
Таким чином, предметом екології людини є вплив забруднень біосфери на людину, її здоров'я і поведінку.

Найбільший вплив забруднень на людський організм спостерігається в містах. Так, виявлена пряма залежність між концентрацією СО в повітрі і рівнем захворювань дітей.

При аналізі екологічної обстановки основна проблема – це кількісна оцінка картини забруднення, оскільки в атмосфері нараховуються сотні токсичних речовин, а постійно контролюються – 6-10. Тому часто використовують інтегральну оцінку стану навколишнього середовища. Так, наприклад, якщо експонувати певний час металічні пластинки стандартного хімічного складу на відкритому повітрі і точно виміряти кількість оксидів, які утворюються, то це дозволить оцінити і рівень забруднення атмосфери. Іноді в ролі детектора використовують дерева або рослини.

Вивченням впливу токсичних забруднень на здоров'я людини займається екотоксикологія.

Зараз в біосфері знаходяться понад 50 тис. речовин, синтезованих людиною і нехарактерних для природи. Оскільки організм людей і тварин внаслідок довгої еволюції пристосувався до природних хімічних речовин, вплив заново синтезованих часто має фатальні наслідки. Так, наприклад, нещодавно встановлено, що в заповіднику в Балтійському морі почало різко зменшуватися поголів'я тюленів. Причиною цього стали мізерні кількості поліхлордифенілів,



Малюнок 3.1 – Матеріальний баланс ТЭС

сових виробництв. Поступове їх накопичування призвело до порушення апаратурозмноження тюленів. Абоприклад зоблисінням дітей в Чернівцях.

Зараз в охорону природи вкладається близько 1% національного доходу. Підраховано, що для того, щоб стабілізувати природне середовище потрібно витратити 3% доходу, а щоб його покращити – більше 5%.

3.2 Забруднення атмосфери

У зв'язку з недосконалістю багатьох технологічних процесів з екологічної точки зору, а також з низькою технологічною культурою і дисципліною, що є характерним для нашої країни, в біосферу постійно надходять відходи виробництв в газоподібному, рідкому і твердому станах.

За оцінкою Вернадського, в давні часи людство використовувало сполуки 19-ти хімічних елементів, а на початку ХХ-го століття – 59. Зараз фактично з усієї періодичної таблиці всіхімічні елементи використовуються в промисловому виробництві. Основні забруднювачі – теплоенергетичні галузі, автотранспорт, хімічна, металургійна, нафтопереробна промисловості. Як приклад – матеріальний баланс ТЭС потужністю 2,4 МВт, яка працює на донецькому антрациті.

Загальна маса атмосферного забруднювання оцінюється від 240 до 790 млн. т/рік. При цьому 50-60% припадає на енергетику, до 30% – промисловість, решта – сільське господарство.

Сировина для теплоенергетики – кам'яне вугілля, мазут і природний газ. Але, крім вуглецю, вугілля містить також сполуки S, N, Al, Ca та ін. Оксиди сірки утворюються за рахунок окислювання S-домішок в вугіллі, а оксиди азоту – за рахунок окислення N₂ повітря.

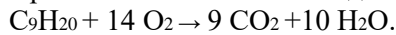
Крім газоподібних продуктів горіння утворюються також тверді – пил, сажа, зола, шлак. Пил і сажа – це неокислений вуглець. Наявність золи і шлаку характеризується зольністю вугілля. Зола складається з оксидів металів та інших елементів. При цьому перехід на рідке паливо зменшує золоутворення, проте не впливає на викиди оксидів азоту і сірки. Найменш екологічно шкідливим є такий вид палива, як природний газ. При виділенні однакової кількості теплоти газове паливо в 3 рази менше забруднює атмосферу, ніж рідке і в 5 разів менше, ніж вугілля.

Досить токсичним газом є SO₂, який руйнує хлорофіл зелених рослин. Наявність його в атмосфері призводить до кислотних дощів. Одна тільки Ладижинська ДРЕС викидає в атмосферу до 500 т SO₂ на добу (близько 55 тис. т за рік).

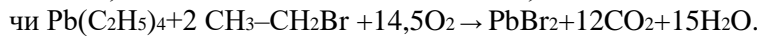
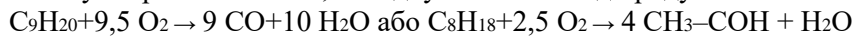
Істотним джерелом шкідливих викидів в атмосферу є автотранспорт. У цих викидів є характерні особливості – кількість машин швидко збільшується, автомобіль – рухоме джерело викидів, тому найбільше їх в житлових районах, на місцях відпочинку. Викиди відбуваються на рівні росту рослин, дихання тварин, людини.

Крім тетраетил свинцю, який додають для підвищення октанового числа, бензин містить інші домішки (сірку).

При спалювання палива в ідеальному варіанті утворюється H_2O і CO_2 :

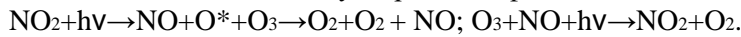


Однак, оскільки паливо згорає за долі секунди, а холодні стінки камери не дають можливості паливу згорати повністю, то відбувається викид продуктів неповного окислення в повітря.



При згоранні 1 кг бензину витрачається 200л O_2 , що в 2,5 рази більше, ніж потребує на добу 1 людина. Кожна автомашинка за рік викидає близько 1 кг Pb. Тільки в США автомобілі викидають за рік понад 200 тис. т Pb, що складає 1/6 частину його виробництва в країні.

Токсичні гази ТЕС і автотранспорту здатні вступати в хімічну реакцію між собою і водяною парою, яка знаходиться в повітрі. Крім "кислотних дощів", особливо в умовах вологого клімату, під дією сонячного світла утворюється фотохімічний смог – непрозорий туман:



Озон і оксид азоту (II) внаслідок сильних окисних і відновлювальних властивостей руйнують клітини рослин і живих організмів, роз'їдають гуму і тканини. Крім того, поступово в атмосфері накопичуються фреони (фторхлорвуглеводні), які застосовуються як в технології, так і в побуті. Фреони (CCl_2F_2) досить стійкі, але під впливом ультрафіолетових сонячних променів розкладаються з утворенням атомарного хлору і фтору, який реагує з озоном. Знищення озонового шару призведе до того, що ультрафіолетове проміння зруйнує структуру ДНК в живих організмах і порушить біохімічні процеси, що означає їх загибель.

Серед інших шкідливих викидів в атмосферу можна назвати SO_2 (від спалювання палива і підприємств кольорової металургії – більшість руд і кольорових металів – сульфідів): $2ZnS + 3O_2 \rightarrow 2ZnO + 2SO_2$.

Міститься SO_2 у відходах виробництва H_2SO_4 . Крім того, відомі й інші *парникові гази*: галогенні сполуки, нітрозні гази, аміак, сірководень, меркаптани (целюлозні фабрики) підприємства чорної металургії (доменні печі) у великих кількостях викидають в атмосферу CO_2 , HCN, CO тощо, наприклад, під час виплавки заліза: $Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 2Fe + 3CO$.

3.3 Забруднення гідросфери. Характеристика стоків

Водоспоживання нашої країни складає близько 8% від світового і перевищує зараз 3000 км³/рік. На ріки і озера покладають зараз дві протилежні функції, з якими вони з часом все менше справляються, з одного боку

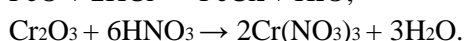
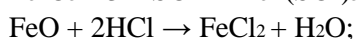
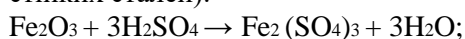
– це джерела водоспоживання для побутових та технічних потреб, з другого – це водойми для скидання побутових та промислових стоків. В результаті вода в річках така, що без відповідного очищення використовувати її вже не можна. Якщо до цього ми увесь час звертали увагу на майже мертві Великі озера в США чи річку Рейн, в якій розчинено близько 60000 різних хімікатів, то тепер доводиться констатувати, що ми знаходимося не в кращому стані у цьому питанні. До річки, в колись мертвих Великих озерах США вже водиться риба! А як же у нас?

Отже, всі стоки поділяються на:

- 1) промислові, що утворюються в результаті технологічних процесів;
- 2) побутові;
- 3) атмосферні або зливові стоки.

Розглянемо найважливіші технологічні процеси, при проведенні яких утворюються стоки:

Процес *травлення*, за допомогою якого виділяють з поверхні металів окалину. Суть його полягає в тому, що оброблювану металеву деталь опускають в водні розчини мінеральних кислот (H_2SO_4 , HCl, HNO_3 , HF та інші). Це або 25%-ий розчин H_2SO_4 при температурі 80-90°C, або 20%-ий розчин HCl при температурі 60°C. Іноді додають HNO_3 і HF кислоти (при травленні корозійно стійких сталей):

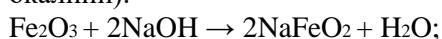


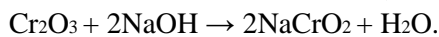
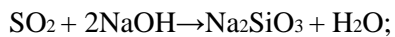
при цьому частково розчиняється і сам метал: $Fe + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2 \uparrow$.

Щоб цього не відбувалось у травильні розчини додають інгібітори (в основному органічні речовини). Через деякий час вміст кислот в травильних розчинах зменшується і його замінюють свіжим, а відпрацьований скидається в стоки. Але процес кислого травлення має певні недоліки – довга тривалість процесу, втрата металу, низька якість високолегованих сталей і т. д.

24

Тому часто використовують лужні процеси травлення (особливо для відділення керамічної окалини):





Крім відпрацьованих кислих травлень розчинів з солями металів в стоки викидається і вода від промивки деталей після травлення.

Під час виробництва кальцинованої соди в результаті технологічного процесу на тонну готової продукції утворюється 10-12 мз дистилірної рідини (суспензії CaSO_3 , CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, пісок). Цю рідину закачують на полігони і таким чином утворюються “білі моря”. Щороку в світі утворюється близько 200 млн. мз цієї рідини, а методи її вторинної переробки ще не розроблені.

Але найнебезпечнішими є промислові стоки із вмістом токсичних речовин (ціаніди, сполуки ртуті, кадмію, свинцю і т.д.). Промислові стоки утворюються при мокрій очистці газових викидів чорної металургії ТЕС, а також в радіопромисловості та машинобудуванні (скрізь, де є цехи гальванопокриття). Найбільш якісним електролітом для покриття деталей Zn , Au , Ag , Cd , Cu є ціаністи електроліти. Але з часом відпрацьовані електроліти і промивні води потрапляють в стоки, потім у водойми і так далі. А токсичність ціанідів для живих істот полягає в подавленні здатності клітини поглинати кисень і призводить до швидкої смерті.

Технічним методом отримання каустику і газоподібного хлору є електроліз кухонної солі на ртутних електродах. На кожну тонну товарного хлору втрати ртуті разом з відходами складають 100-150 г. А далі, при потраплянні у водойми, розвиваються процеси, аналогічні “хворобі Мінамото”.

Який вклад сільське господарство внесло у водне забруднення? В основному це вимивання з ґрунтів пестицидів, хімічних сполук, які містять Cl , P , Hg , As та інші. Пестициди застосовуються для знищення шкідливих комах (інсектициди), бур’янів (гербіциди). Проте, з нашою невисокою культурою сільськогосподарського виробництва значна їх частина потрапляє у воду.

Очевидно, майбутнє все-таки за біологічними методами захисту рослин. Цікавий приклад винахідливості в цій справі показала така країна, як Ізраїль. При такій малородючій землі вона добилась того, що повністю забезпечує себе чистими продуктами, ще й експортує їх. І все завдяки організації крапельного зрошування. Поливається тільки культурна рослина, а бур’ян під палючим сонцем просто не росте.

3.4 Забруднення літосфери

ци, які в основному забруднюють літосферу, утворюються в гірничій і гірничо-збагачувальній промисловості, теплоенергетиці і крупнотонажній хімічній промисловості. В нашій країні заскладовано 1012 млрд. мз відходів гірничодобувної та інших промисловостей на 500 тис. га.

Так, наприклад, при добуванні вугілля сама вугільна маса складає 20% породи, решта йде на терикони. В рудах кольорових металів їх вміст складає не більше 1-2%. Так що об’єми відходів досить великі. Під їх складування відводяться тисячі гектарів землі, придатної для сільського господарства. Вітрова ерозія розносить в повітря і у воду частки пилу з цих відвалів. А вторинна переробка не встигає за темпами накопичення первинних відходів (вторинне використання не перевищує 1%).

А використовувати є що. Так, наприклад, в шлаках міднеплавильних заводів знаходиться близько 27 млн. т Fe , 335 тис. т Cu , 2 млн. т Zn і т.д.

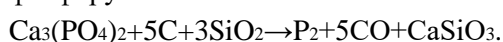
Причому кількості твердих відходів швидко зростають. В 1980 р. шлакові відходи на Земній кулі склали 2 млрд. т, на 1990 р. ця цифра зросла вдвічі.

Додає твердих відходів і крупнотонажна хімія: отримання H_2SO_4 – початкова стадія – відпалювання сірчаного колчедану. В результаті – щороку нагромаджується 4 млн. т огарку ($\text{FeS}_2 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe} + 2\text{SO}_2$).

При отриманні біхромату натрію, як побічні продукти, утворюються карбонати, сульфати і сульфіти натрію.

Сіль – хлористий калій, що добувають із силвініту $\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$, отримують галургічним методом, який заснований на різній розчинності KCl і NaCl залежно від температури. В результаті утворюються галітові відходи. До кінця 1995р. тільки в Білорусі під полігони для складування галітових відходів відведено понад 3 тис. га.

Виробництво **фосфорних добрив**. Взагалі вважається, що 50% підвищення урожайності досягається за рахунок добрив, 25% – за рахунок сортності насіння і 25% – за рахунок агротехніки. А за рахунок фосфору в основному і відбувається ріст рослин. Оскільки в повітрі фосфору немає, то основне поповнення фосфору відбувається із ґрунту. Основний процес термічного отримання фосфору такий:



Таким чином, на одну тонну фосфору утворюється 8-10 т силікатного шлаку. Крім того, збагачений апатитовий концентрат після переробки утворює фосфогіпси – 4-6 тонн на 1 тонну

P₂O₅. Фосфогіпси, як правило, зберігаються у відвалах. Наданому етапі вторинна їх переробка нерентабельна (приклад – відвали фосфогіпсів на колишньому вінницькому “Хімпромі”).

3.5 Хімія забруднювальних токсичних речовин і вплив їх на людину

Основною причиною зміни поведінки людини є нейрохімічні процеси, які відбуваються в нервовій системі. Мозок людини містить 100 млрд. клітин, відділених одна від одної проміжками (сінапсами), розміром 10–8 см. Механізм нервової реакції полягає в дифузії (переносі) особливих нейрохімічних речовин з однієї клітини в іншу. Вплив забруднень полягає в сповільненні або в розладі цих процесів дифузії. Як приклад впливу біохімічних процесів на психіку людини можна навести таку хворобу, як фенілкетонурія.

Відомо, що чисте повітря і вода є запорукою здоров'я і довголіття людини. Навіть незначне збільшення в них деяких токсичних домішок часто призводить до невиліковних хвороб усього людського організму. Важко сказати, чистота якого з трьох компонентів, що їх споживає організм людини з навколишнього середовища (повітря, вода, харчування), має більше значення для здоров'я. Але відомо, що за добу доросла людина споживає в середньому 12 кг (9300 л) повітря, тобто у 8 разів більше, ніж води, і в 12 разів більше, ніж харчів.

Між тим, ступінь техногенного негативного впливу на чистоту повітря вражає: щоранку будь-яка велика промислова держава викидає в повітря понад 8 млн. тонн високотоксичного монооксиду вуглецю (СО – чадний газ) і 2 млн. тонн оксидів азоту, понад 100 тис. л цих газів із додатковим вмістом до 60 кг токсичного пилу на кожного мешканця країни.

Аналогічна ситуація в США, і не краща в нашій країні. Спеціалісти вважають, що 60% захворювань людей спричиняє саме забруднення атмосфери. Особливе значення для здоров'я людини має гранично допустима концентрація (ГДК) токсичних речовин у повітрі, воді й продуктах харчування. Хронічне, хоч і незначне, перевищення ГДК призводить до розладу функцій організму людини, пошкодження генного коду, а в разі значного перевищення – навіть до летальних наслідків.

Наведемо дані щодо токсичності деяких речовин, симптоми ураження організму і можливі захворювання.

SO₂ – діоксид сірки або сірчистий ангідрид. Надходить через органи дихання, сильно подразнює слизову оболонку, викликає покашлювання, інколи блювання. Перевищення ГДК (залежно від тривалості дії) спричиняє отруєння, гострий бронхіт, втрату свідомості, набряк легенів. У деяких промислових містах за постійного вмісту в повітрі SO₂ в кількості 0,03 мг/л у людей розвивається хронічний катар дихальних органів, кон'юнктивіт, карієс, малокрів'я, порушується функція печінки, знижується імунітет до різних інфекцій. Гранично допустима концентрація SO₂ в повітрі – 0,01 мг/л (г/м³).

H₂SO₄ – тетраоксосульфат диводню (більш відома назва – сірчана кислота). Випаровуючись, діє аналогічно діоксиду SO₂. За одночасної дії H₂SO₄ і SO₂ токсичний ефект посилюється. ГДК (H₂SO₄) = 0,001 мг/м³.

N_mO_n – оксиди азоту (нітрогази). Дія аналогічна дії SO₂, крім того, спричиняють порушення обміну поживних речовин, серцеву слабкість, нервовий розлад, зниження артеріального тиску. Надлишок нітратів у питній воді викликає у немовлят синюшність, утруднене дихання, порушення сну. Хронічне вдихання оксидів азоту з повітрям призводить до емфіземи легенів, порушення вітамінного обміну.

H₂S – сульфід диводню (сірководень) – високотоксична отрута. Загальний характер його дії виявляється в ураженні центральної нервової системи, зниженні забезпечення киснем органів і тканин, зменшенні кількості еритроцитів у крові. Розчин H₂S у воді спричиняє екземи і дерматити шкіри, уражає очі (світлобоязнь, хронічна сльозотеча). ГДК – 0,01 г/м³. Міститься в коксохімічних і природних газах, викидах хімічних заводів.

CO – монооксид вуглецю (чадний газ). Уражає кров, утворюючи з гемоглобіном стійку білкову сполуку – карбоксигемоглобін, який перешкоджає транспортуванню кисню з легенів в організм. CO – дуже підступний газ без запаху і кольору, початкове отруєння малопомітне. Симптомами отруєння є швидке втомлювання, головний біль, біль у серці, нудота. ГДК – 0,03 г/м³. У найбільшій кількості міститься у вихлопних газах автомашин, отруюючи вулиці великих міст.

NH₃ – аміак. Впливає на органи дихання і центральну нервову систему, спричиняє кон'юнктивіт, катар верхніх дихальних шляхів, знижує імунітет проти інфекцій. NH₃ в промисловості і торгівлі використовують в холодильних установках, у побуті розчин NH₃ у воді відомий під назвою нашатирного спирту. ГДК – 0,02 г/м³.

Hg – ртуть. За хронічного отруєння парами Hg уражаються система травлення, нирки, нервова система, спостерігається тремтіння рук. ГДК – 10 мг/м³. Краплини розлитої ртуті в приміщенні роблять його непридатним для перебування людини.

Cr – хром. Токсичні сполуки хрому, особливо вищої валентності, спричиняють алергію, астматичний стан, кровотечу. Небезпечні концентрації його утворюються у відходах електродів після процесу хромування металевих деталей.

Пил кадмію (Cd) і берилію (Be). Особливо токсичними є оксиди кадмію і берилію. Спричиняють дистрофію внутрішніх органів. Збільшення кількості кадмію в організмі спричиняє серцеві хвороби, а хронічне отруєння оксидом берилію має навіть летальні наслідки.

Олефіни і парафіни. Справляють наркотичний вплив на нервову систему і затримують фізичний розвиток організму. ГДК гасу, уайтспириту – 0,3 мг/л.

Ароматичні сполуки. Порушують нервову діяльність, спричиняють головний біль, ламкість кровоносних судин, лейкоз і недокрів'я. Містяться в деяких хімічних розчинах, лаках, бітумах, гудронах, вихлопних автомобільних газах тощо.

Метилловий спирт (CH₃OH). Уражає зоровий нерв, що призводить до сліпоти, спричиняє цироз печінки, катар шлунку, атеросклероз, хвороби нирок і психічні хвороби. Міститься в антифризах, розчинниках, технічному етиловому спирті. ГДК – 0,05 г/м³.

Ацетон (C₃H₆O) – накопичується в організмі, спричиняє недокрів'я, катар верхніх дихальних шляхів. ГДК – 0,2 г/м³.

Фенол і його сполуки – спричиняють ембріотоксичний вплив, тобто отруєння ними призводить до народження нежиттєздатних дітей з аномаліями розвитку. ГДК – 0,005 г/м³. Міститься в деяких смолах, лаках і пластмасах.

Нітро- і амінопохідні (R – NO₂, R – NH₂), які широко вживаються в хімії барвників і лаків, уражають центральну нервову систему. ГДК – 0,01...0,3 г/м³.

Нині найгострішою проблемою в світі є забезпечення населення питною, а промисловість – технологічно придатною прісною водою. Прісна вода – це дефіцитний природний ресурс, що становить лише близько 2,5% від усієї маси води на планеті. Звернімо увагу, що половину всієї прісної води “законсервовано” у льодовиках і поки що вона є малодоступною.

У нашій країні значну проблему становить хлорування питної води

для знешкодження мікроорганізмів – збудників таких інфекційних захворювань, як холера, тиф, поліомієліт, гепатит та ін. Внаслідок забруднення природних джерел води різними органічними сполуками останні утворюють із хлором небезпечні для здоров'я хлорорганічні сполуки. Деякі вчені вважають, що вживання такої води спричиняє пригнічення імунної системи організму, ушкодження печінки, нирок і навіть онкологічні захворювання. За даними лабораторії Грінпіс концентрація хлорорганічних речовин у Дніпрі значно перевищує гранично допустимий рівень.

У зв'язку із цим багато країн світу давно відмовилися від хлорування води і застосовують інші нешкідливі для здоров'я методи, такі як **обробка озоном, ультрафіолетовим опромінюванням** тощо. У країнах Європи, які беруть воду із Рейну, використовують комплексний ефективний метод повільної **біофільтрації** і обробки озоном, що забезпечує високу якість питної води. На жаль, у нашій країні продовжують хлорувати воду. Звичайно, застосування нових, безпечних для здоров'я технологій очищення води потребує додаткових витрат, але вони в кінцевому підсумку завжди будуть менші, ніж витрати на лікування людей.

Значну небезпеку для людського організму становлять **пестициди**, особливо хлорвмісні та фосфорорганічні. Щорічно більше ніж у 70 країнах пестицидами отруюються тисячі людей. За даними США економічні збитки цієї країни від захворювань, спричинених забрудненням, сягають понад 2 млрд. доларів на рік. Отже, і в цьому аспекті екологічні проблеми пов'язані з економічними.

ЛЕКЦІЯ 4 КОЛОБІГ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

4.1 Основні типи колообігу

В біосфері Землі відбувається постійний процес руху і перерозподілу речовин. Відбувається цей рух за **біогеохімічними циклами**, які поєднують в одне ціле зовнішнє середовище і живі організми. При цьому в кожному колообігу можна розрізнити дві частини (фонди): **резервний фонд** – це велика маса речовини, в основному, небіологічного походження, яка рухається досить повільно і **обмінний (рухливий) фонд** – для якого характерним є швидкий обмін речовиною між організмом і навколишнім середовищем. Якщо ж розглядати біосферу в цілому, то всі біогеохімічні цикли можна розділити на 2 типи: **колообіг газоподібних речовин** з резервним фондом в атмосфері або гідросфері і **осадовий цикл** з резервним фондом в літосфері.

Рух речовин в межах верхніх оболонок Землі відбувається таким чином. При кристалізації магми, яка поступає з глибин Землі, утворюється магматична порода. На поверхні літосфери ця порода вивітрується і зноситься водою в моря і океани. За рахунок цього утворюються потужні пласти осадових гірських порід, які поступово опускаються на великі глибини і де знову переплавляються в магму. Потім повторюється все спочатку. Про ці біогеохімічні цикли в земній

корі Вернадський писав: “Більша частина матерії в земній корі перебуває у постійному русі – міграціях і утворює оборотні і замкнені цикли, які постійно відновлюються. Вони відновлюються на поверхні енергією сонця, яка поглинається живою речовиною, а в глибинах – атомною енергією, яка утворюється в результаті радіоактивного розпаду.”

Необхідним елементом в цих циклах є **вулканічна діяльність**. Якщо уявити, що ця діяльність могла б бути припинена, то за відсутності підняттів земної кори вся суша була б знесена в океан за кілька геологічних періодів, і земна куля вкрилася б суцільною водною оболонкою.

Поділ біогеохімічних циклів на колообіг газоподібних речовин і осадові цикли зумовлений тим, що ряд колообігів, в яких беруть участь С, N і О, досить швидко компенсують різні порушення завдяки наявності крупних резервних фондів (океанічних і атмосферних). Наприклад, надлишок CO₂ в одному місці швидко розсіюється повітряними потоками. Крім того, посилене утворення CO₂ компенсується посиленням його поглинання рослинами і перетворенням в карбонати в океані.

Осадові цикли, в яких беруть участь такі елементи, як фосфор і залізо, в значно меншій мірі можуть саморегулюватись і легше порушуються, тому що основна маса речовини зосереджена у відносно малорухомому резервному фонді – в земній корі. Людина в результаті своєї технічної діяльності так прискорює рух багатьох речовин, що колообіги стають недосконалими і процес втрачає циклічність. Складається протиприродна ситуація – в одних місцях виникає дефіцит, в інших – надлишок якихось речовин.

Таким чином зусилля щодо охорони природних ресурсів спрямовані в кінці кінців на те, щоб перетворити ациклічні процеси в циклічні. **Основною метою суспільства повинно стати повернення очищених речовин в колообіг.**

4.2 Глобальні колообіги вуглецю і води

Ці колообіги є найважливішими для людини з біохімічної точки зору. Для них характерні невеликі, але досить рухливі фонди в **атмосфері**, які досить чутливі до змін внаслідок діяльності людей і які можуть впливати на погоду і клімат.

Вуглець в біосфері Землі міститься, в основному, в формі CO₂. Джерелом первинної вуглекислоти біосфери є вулканічна діяльність, яка пов'язана з дегазацією мантиї.

Міграція CO₂ в біосфері Землі протікає двома шляхами. Перший – це поглинання CO₂ в процесі **фотосинтезу** з утворенням органічних речовин і поступовим відкладанням їх у літосфері у вигляді торфу, вугілля, нафти. Другим шляхом міграція вуглецю відбувається внаслідок утворення **карбонатної системи** в водоймах, де CO₂ переходить в H₂CO₃, HCO₃⁻ і CO₃²⁻. Потім за допомогою розчиненого у воді кальцію відбувається осадження карбонатів у вигляді CaCO₃. Виникають потужні пласти вапняків. Співвідношення вуглецю, який фіксується в процесах фотосинтезу, до його запасів в карбонатних породах складає 1 : 4. Поряд з цим великим колообігом вуглецю є ще ряд малих його колообігів на суші і в океані. На суші, вкритій рослинністю, CO₂ атмосфери поглинається в процесі фотосинтезу вдень, а вночі частина його виділяється в навколишнє середовище. В процесі загибелі живих організмів відбувається окислення органічних речовин з утворенням CO₂. Крім того, велика кількість CO₂ потрапляє в атмосферу внаслідок процесів **спалювання палива** в результаті технічної діяльності людини.

Певна частина CO₂ поступає в атмосферу і внаслідок сільськогосподарської діяльності людини. Хоча сільськогосподарські культури і фіксують CO₂, але це не компенсує тієї його кількості, яка вивільняється з ґрунту.

CO₂ впливає також на колообіг інших елементів. У 1967 р. американський еколог Нельсон, який досліджував раковини молюсків, встановив, що через вирубку лісів і розорювання земель зменшилась кількість деяких мікроелементів в ґрунтових водах. При дослідженні раковин молюсків віком 1000 – 2000 років, було встановлено, що вони містять в два рази більше Mn і Be, ніж сучасні. Зумовлено це зменшенням вимивання цих елементів з гірських порід внаслідок зменшення потоків насичених CO₂ ґрунтових вод.

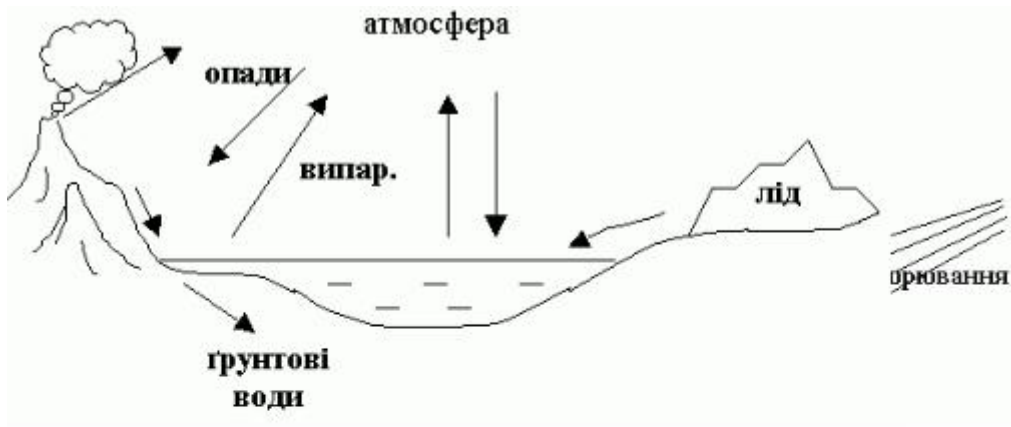


Рисунок 4.1 – Колообіг вуглецю

Динаміка зміни вмісту CO_2 в атмосфері така: 1800 рік – 0,29%, 1958 – 0,315%, 1980 – 0,335%. За розрахунками в середині XXI століття вміст CO_2 досягне 0,6%. А така кількість вже може привести в дію “парниковий ефект”.

Правда, збільшення кількості аерозольних забруднень атмосфери призводить до того, що більша частка космічної енергії відбивається, і це спричиняє зниження температури. Таким чином встановлюється нестійка рівновага.

Крім CO₂ в атмосфері наявні в невеликих кількостях ще дві вуглецеві сполуки – CO і CH₄ (нормальний вміст 0,1 і 0,6 частинки на мільйон). Ці речовини знаходяться в швидкому колообігу: 1 рік для CO; 3,6 року – CH₄; 4 роки – CO₂. І CO, і CH₄ в атмосфері швидко окислюються до CO₂.

Бурхливий промисловий розвиток призвів до того, що в багатьох містах концентрація CO виросла до 100 частинок на мільйон; в організмі людини, що палить – до 400 частинок на мільйон. При цьому CH₄ виконує і корисну функцію – підтримує стабільність озонового шару.

Рисунок 4.2 – Колообіг води

Найглобальнішим процесом в природі є **колообіг води**. В біосфері вода, безперервно переходячи з одного стану в інший, здійснює малий і

32

великий колообіги. **Випаровування** води з поверхні океану, **конденсація** водяної пари в атмосфері, **опад**и на поверхні океану утворюють малий колообіг. Коли водяна пара переноситься повітряними течіями на сушу, колообіг ускладнюється. При цьому частина опадів випаровується і потрапляє знову в атмосферу, інша – поповнює ріки і водойми, але, врешті-решт, знову потрапляє в океан із річними і підземними стоками, закінчуючи тим самим великий колообіг.

Важлива особливість цього колообігу полягає в тому, що він, взаємодіючи з атмосферою, літосферою та живою речовиною, пов'язує в єдину систему гідросферу планети. Крім того, вода бере участь в процесі фотосинтезу. Тому важливою ланкою колообігу води є її поглинання живими рослинами. Наприклад, 1 гаєлинового лісу за рік поглинає до 4000 м³ води.

4.3 Фотосинтез

Фотосинтез – це основний регулятор кисню в атмосфері планети.

В процесі фотосинтезу використовується незначна частина сонячної енергії (0,2 %). Це хімічна реакція, яка протікає за рахунок енергії сонячного випромінювання при участі хлорофілу зелених рослин.



Продуктивність процесу фотосинтезу виражається такими цифрами:

Речовина (10 ⁹ , т/рік)	CO ₂	H ₂ O	C _n H _{2n} O _n	O ₂
Суша	253	103	172	184
Океан	88	36	60	64
Всього	341	139	232	248

Крім того, в процесі фотосинтезу використовується 1 млрд. т N, 260 млн. т P, 200 млн. т S.

Якщо врахувати кількість води, CO₂ і O₂ в атмосфері і землі, то неважко підрахувати, що за 10 млн. років фотосинтез переробляє масу води, яка дорівнює масі всієї гідросфери.

Крім того, в процесі колообігу невелика частина CO₂ ґрунту фіксується мікроорганізмами, які не містять хлорофілу. Цей процес називається **хемосинтезом**. Вперше процес хемосинтезу був відкритий мікробіологом Винародським, який знайшов мікроорганізми, що окислювали NH₃ до MeNO₂ і MeNO₃ з виділенням енергії. Ця енергія використовувалась потім для синтезу органічних сполук з CO₂ і H₂O.

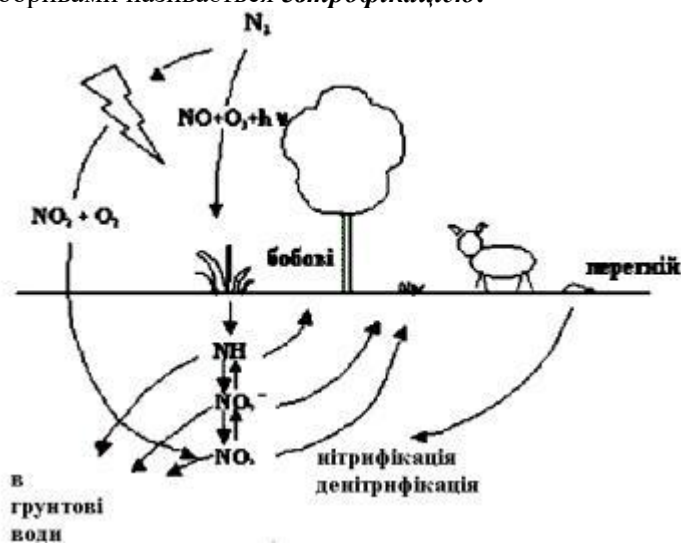
Якщо розглянути колообіг води з енергетичної точки зору, то він складається з двох гілок – випаровування, на яке витрачається сонячна

енергія, і опадів, енергія яких може приводити в дію як гідроелектростанції, так і цілі екосистеми. Причому, більше третини всієї сонячної енергії, яка надходить на земну кулю, витрачається на приведення в рух колообігу води.

4.4 Колообіг азоту

Основним джерелом азоту є земна атмосфера. Атмосферний азот переходить у фіксований стан при розряді блискавок і в результаті життєдіяльності бобових рослин. Азот накопичується в ґрунті у вигляді сполук NH_3 , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- . Всі вони розчинні у воді і можуть вимиватися з ґрунту. Ці сполуки використовуються рослинами в процесі росту і переходять в організми тварин, які поїдають рослини. Екскременти тварин, а також мертві рослини і тварини під впливом бактерій розкладаються з виділенням N_2 в атмосферу, чим і завершується колообіг.

Широке застосування мінеральних азотних добрив призвело до порушення колообігу азоту, внаслідок чого підвищилось забруднення води. Більша частина фіксованого азоту накопичується в ґрунті у вигляді *нітратів*. Оскільки ці сполуки легко розчиняються у воді, вони у великих масштабах вимиваються у водойми, лише незначна їх кількість засвоюється рослинами. Потрапляючи у водойми, нітрати стимулюють ріст водоростей, що призводить до заболочення водойм. Після відмирання водоростей їх розклад призводить до збіднення водойм на O_2 , а це спричиняє відмирання риб та інших аеробних організмів. Цей процес перенасичення водойм добривами називається *евтрофікацією*.



Малюнок 4.3 – Колообіг азоту

Приблизно до 1950 р. вважалося, що до біологічної фіксації азоту здатні тільки 2 види бактерій: *клубенькові бактерії* бобових рослин і *азотобактерії*, а також синьо-зелені водорості (*ціанобактерії*). Але потім було відкрито ще 160 видів бактерій, здатних засвоювати атмосферний азот.

Живуть вони переважно в бульбах деяких видів рослин, а також папоротникових. Причому папоротникові настільки інтенсивно відновлюють фіксований азот в ґрунті, що, наприклад, рисові поля на Філіппінах за один сезон встигають повністю відновитися і родять понад 1000 років без будьякої сівозміни.

Фіксація азоту потребує особливо великих затрат енергії на розрив потрійного зв'язку $\text{N} \equiv \text{N}$, щоб з додаванням водню перетворити молекулу N_2 на 2 моля NH_3 . Бактерії в бульбочках бобових витрачають на біофіксацію 1г N_2 10 г глюкози (40 ккал), тобто ефективність процесу $\approx 10\%$.

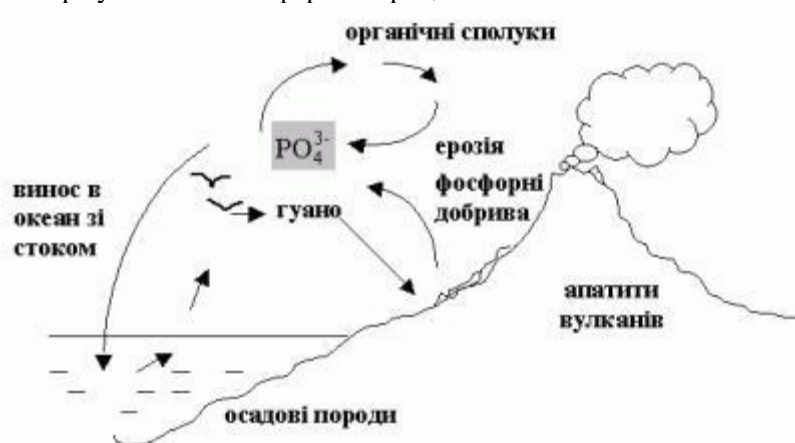
При промисловій фіксації на азотнотукових комбінатах теж витрачається багато енергії, тому азотні добрива дорожчі, ніж всі інші види добрив.

Біологічна фіксація N_2 – це приклад взаємовигідного “співробітництва” між рослинами і бактеріями. Рослини надають бактеріям середовище для проживання (бульбочки), захищають їх від надлишку кисню, який заважає фіксації і постачає їм необхідну енергію. За це рослина отримує фіксований з повітря азот, який є будівельним матеріалом для амінокислот, що є основою білків.

4.5 Колообіг фосфору

Сполуки фосфору мають важливе значення в житті організмів. Хоча P і не входить до складу білків, але без нього неможливий білковий синтез. Рослини і тварини містять від 0,01% до декількох % P. В організмах P входить до складу ортофосфорних кислот, нуклеїнових кислот і т.д.

На відміну від інших біогенних елементів Р не утворює газової фази. Головна маса Р пов'язана з мінеральною частиною літосфери, а невелика частина мігрує в складі природних вод і не бере участі в атмосферних процесах.



Малюнок 4.4 – Колообіг фосфору

Колообіг фосфору складається з 2 частин: морської і назем

ної. В гірських породах Р зосереджений, головним чином, в *апатитах* ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ – 190 видів). В процесі вивітрювання і ерозії він переноситься в океан. В солоних морських водах він переходить до складу фітопланктону, який є поживою для морських організмів. Потім фосфор концентрується в організмі риб. Частково сполуки Р осідають на дно, а частково повертаються на сушу в зв'язку з вулканічною діяльністю і підняттям поверхні вище рівня моря. Частина фосфору переноситься на сушу морськими птахами у вигляді гуано.

Оскільки колообіг Р дуже чутливий до порушень і частина його втрачається, доводиться виробляти фосфорні добрива.

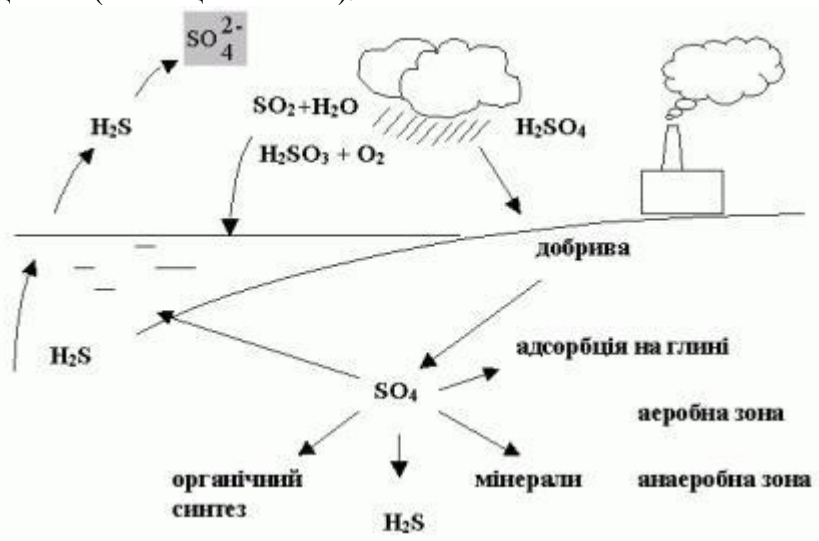
Але добування і переробка фосфоритів йде настільки необережно, що в районах добування виникла загроза екологічного забруднення, підвищився радіоактивний фон і т.д. Правда, є надія, що природні підняття земної кори відновлять баланс Р. Проте зараз ведуться дослідження щодо штучного підняття, яке полягає в обприскуванні земної поверхні фосфорними стоками.

4.6 Колообіг сірки

Багато сірки знаходиться в органічних сполуках. В природі цей елемент утворює близько 420 мінералів. Вміст S в земній корі 0,047%.

В основному це *пирити* FeS_2 і *халькопирити* FeCuS_2 . В осадових породах S міститься у вигляді *гипсу* $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, а також у вигляді SO_4^{2-} . Великі кількості H_2S знаходяться в нафтових родовищах.

Оскільки S – активний елемент, то сульфіди окислюються і переносяться в океан зі стоками у вигляді SO_4^{2-} (2-е місце після Cl^-).



Деякі живі організми містять багато сірки. Так, залози деяких молюсків в північних морях виділяють рідину, що містить до 4% H_2SO_4 . В морсь-

36

ких водоймах, крім того, існують сульфат-бактерії, які відновлюють SO_4^{2-} до H_2S , внаслідок чого на великих глибинах накопичується H_2S , наприклад, у Чорному морі.

На суші сірка повертається в ґрунт та відновлюється і окислюється мікроорганізмами до SO_4^{2-} і H_2S .

Сульфати розчиняються в ґрунтових водах і поглинаються кореневою системою рослин. Таким чином відбувається колообіг сірки.

Сульфат – це основна форма існування S в природі, відновлюється мікроорганізмами і включається до складу амінокислот. Причому, колообіг сірки певним чином руйнує і колообіг фосфору. Коли утворюється FeS , фосфор із нерозчинної форми перетворюється в розчинну форму і стає доступним для живих організмів.

Досить важливий висновок для практики, який можна зробити, аналізуючи результати багатьох досліджень **колообігу біогенних елементів**, це те, що надлишок добрив може бути таким же невіддільним для людини, як і їх дефіцит. Якщо в систему вноситься більше речовини, ніж її можуть використати організми, то надлишок швидко засвоюється ґрунтом або зникає в результаті вимивання і стає недоступним в той момент, коли він потрібний для життєдіяльності організмів.

Великі труднощі виникають при кількісному вивченні процесів колообігу біогенних елементів. В основному їх проводять з використанням радіоактивних ізотопів, що дозволяє вивчати динаміку процесів, фіксувати радіоактивні ізотопи у будь-який момент при наявності радіоактивного випромінювання.

Експериментально було встановлено, що ступінь засвоєння ґрунтами біогенних елементів залежить від біомаси, яка розташована на цих ґрунтах.

На одній з експериментальних ділянок (водозбірний басейн) була знищена вся рослинність, а відновлення наступні 3 сезони подавляли розпилюванням гербіцидів. Хоча при цьому ґрунт майже не порушився і органічні речовини не видалялись, втрати біогенних елементів разом із водним стоком зросли в 3-15 разів, порівняно з контрольними ділянками. Це пояснюється тим, що знищена рослинність мала здатність поглинати вологу, а разом з нею і споживати біогенні елементи.

4.7 Колообіг другорядних елементів

Хоча колообіг багатьох другорядних елементів не має цінності для людини, проте деякі з них мають властивість накопичуватися в організмі людини через подібність до біогенних елементів (наприклад, $Sr \rightarrow Ca$).

За хімічними властивостями Sr подібний до Ca і, потрапляючи в організм, накопичується в кістках. Радіоактивний Sr^{90} , потрапляючи в організм, стає вторинним джерелом внутрішнього опромінення людини, що може призвести до променевої хвороби. Приблизно 7% всього осадового матері-

37

алу, який рухається в річках, складає Ca. При цьому на 1000 атомів Ca припадає 2,4 атома Sr.

Радіоактивний Cs_{137} за властивостями подібний до K, тому він швидко циркулює по харчовому тракту людини і т.д.

Модуль 2

ЛЕКЦІЯ 5 РАДІАЦІЯ І РАДІОАКТИВНЕ ЗАБРУДНЕННЯ.....	38
5.1Радіоактивне забруднення.....	38
5.2Про історію радіаційних досліджень.....	38
5.3Одиниці вимірювань радіації.....	40
5.4Природні джерела радіації.....	41
Джерела радіації, створені людиною	
5.5(штучні).....	44
5.6Ядерні вибухи.....	45
5.7Атомна енергетика.....	45
5.8Дія радіації на людину.....	46
5.9Про кліматичні наслідки ядерної війни.....	49
ЛЕКЦІЯ 6 УРБООКОЛОГІЯ. ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ МІСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ.....	50
6.1Предмет урбоекотології	50
6.2Масштаби урбанізації.....	50
6.3Деградація біосфери у великих містах.....	51
6.4Фактори урбанізованого середовища.....	53
6.5Хімічні фактори міського середовища.....	54
6.6Ґрунтові хімічні забруднення міста.....	55
6.7 Хімія міської води.....	56
6.8 Міська флора.....	57
6.9 Міська фауна.....	57

ЛЕКЦІЯ 5 РАДІАЦІЯ І РАДІОАКТИВНЕ ЗАБРУДНЕННЯ

5.1 Радіоактивне забруднення

Радіоактивне забруднення є найгострішим і залишиться таким екологічним питанням для людства надовго. І це пов'язано навіть не стільки з атомною енергетикою (хоча із зрозумілих причин в даний час з нею насамперед), а з тим, що завдяки НТР радіоактивні речовини дуже широко використовуються в промисловій практиці, а також в побуті.

Проте бездумне їх використання призводить до фатальних наслідків. Недавно в деяких областях України санітарні служби проводили комплексну перевірку шкіл, ПТУ, медичних установ на предмет дотримання правил безпеки при роботі з радіоактивними речовинами. Це рентген-апарати, різні прилади для аналізів, наочне приладдя в фізичних кабінетах і т. ін. Результати були просто вражаючі – знаходили чимало розгерметизованих капсул з радіоактивними речовинами, рівень радіації в таких місцях часто перевищував норму. Свого часу пресу обійшов страшний факт – бетонна панель житлового будинку в Краматорську випромінювала потужний направлений пучок радіоактивного проміння, і в цій квартирі вмирили діти. Виявилось, що хтось викинув відпрацьовані радіоактивні капсули в кар'єр, з якого брали щебінь для домобудівельного комбінату. І таких випадків недбалого відношення до радіоактивних речовин багато. Якщо ж врахувати, що фактично більшість території України знаходиться під радіоактивним впливом після Чорнобильської аварії, і захисні імунні функції багатьох людей внаслідок цього послаблені, то такі випадки можуть призвести до жахливих наслідків.

5.2 Про історію радіаційних досліджень

Радіоактивність була завжди. Новизна цієї проблеми полягає тільки в тому, що люди намагались використати радіоактивність природних і синтезованих елементів.

Є гіпотеза, що існування землі почалось близько 15-20 млрд. років тому з великого термоядерного вибуху, і радіоактивні матеріали увійшли до складу нашої планети ще з моменту її зародження, тому фактично будь-яка жива істота, а також вся нежива природа на Землі містить невеликі кількості радіоактивних речовин.

Відкриття такого поняття як “радіоактивність”, як ми знаємо, відбулось в 1896 р., коли французький вчений Анрі Беккерель випадково поклав уящик столу кілька фотопластинок, придавивши їх якимось мінералом, який містив уран. Коли він проявив ці пластинки, то знайшов на них сліди якогось випромінювання, яке приписав уранові. Цим явищем зацікавилась Марія Кюрі, яка і ввела в науковий побут поняття “радіоактивності”. Через 2 роки Марія і П’єр Кюрі дослідили, що уран після випромінювання перетворюється в інші хімічні елементи. Так з’явилися нові елементи – *радій* (що латиною означає “той, що вивільняє проміння”) і *полоній* (латиною – Польща). Подія, як на той час, неймовірна – експериментально підтверджувалась ідея середньовічних алхіміків про “філософський камінь”. До речі, Анрі Беккерель першим і зіткнувся з неприємною стороною радіоактивного випромінювання – він поклав пробірку з радієм в кишеню, внаслідок чого отримав опік шкіри.

Марія Кюрі померла від злоякісної хвороби крові, оскільки працювала з радіоактивними речовинами без захисту. Щонайменше понад 300 вчених, які працювали в той час з радіоактивними речовинами, померли від *променевої хвороби*. Але це не зупинило роботи в цьому напрямку, в результаті чого людство отримало страшний подарунок – *атомну бомбу*.

Основним об’єктом ядерних досліджень є структура атома. Ми знаємо, що атом – це майже Сонячна система в мініатюрі. Навколо маленького, але масивного ядра по орбітах рухаються планети – електрони. Ядро складається з більш дрібних частин, які міцно з’єднані одна з одною. Позитивно заряджені – протони. Число протонів визначає, до якого хімічного елемента відноситься атом. Кожен електрон несе негативний заряд, що дорівнює заряду протона, але в ядрі присутні також нейтральні частки – нейтрони. Їх кількість може бути різною у атомів одного елемента. Це *ізотопи* даного елемента. А ядра всіх ізотопів утворюють групу *нуклідів*. Деякі нукліди стабільні, але більшість їх нестабільна і постійно перетворюється в інші нукліди – це “радіонукліди”.

Так, уран-238 в процесі випромінювання поступово і послідовно перетворюється в 14 ізотопів різних хімічних елементів, доки не стабілізується у вигляді Pb_{206} . При кожному акті розпаду вивільняється енергія, яка і виділяється у вигляді радіоактивного випромінювання чи радіоактивних час-ток. Як ми вже знаємо, є α -, β -частинки і γ -випромінювання. Досить спрощено можна уявити, що α -випромінювання – це процес вивільнення ядром атома двох протонів і двох нейтронів. Оскільки це досить важкі частки, вони легко затримуються навіть листком паперу, β -випромінювання – це процес вивільнення електрона, а γ -випромінювання – це викид кванта енергії. Оскільки енергія поширюється як електромагнітна хвиля, то вона легко пронизує організм людини.

5.3 Одиниці вимірювань радіації

За одиницю радіоактивного випромінювання в *системі СІ* прийнято *Беккерель* (1Бк – один розпад за секунду). Кількість енергії випромінювання, яка поглинається одиницею маси тіла називається *дозою поглинання* і вимірюється в *греях* (Гр). Грей відповідає дозі випромінювання, при якій опроміненій речовині масою 1кг передається енергія іонізуючого випромінювання 1Дж. Потужність дози випромінювання виражається в греях за секунду (Гр/с).

Оскільки різні види опромінення по-різному діють на людський організм, то вводиться таке поняття, як *еквівалентна доза поглинання* – доза поглинання домножується на відповідний коефіцієнт (вимірюється в *зівертах* Зв). Але різні органи тіла теж по-різному уражуються

радіацією, тому вводиться повний коефіцієнт – тепер це *ефективна еквівалентна доза поглинання*.

Але на практиці частіше використовують інші *несистемні* одиниці:

Кюрі – 3.710⁶ Бк, рад – 0.01 Гр, бер – 0.01 Зв.

Несистемна одиниця дози випромінювання рад (Radiation Absorbed Dose) – 1 рад = 10⁻²Бк, Гр. = 10 ерг/с, її потужність – рад/с: 1Гр = 100Рад.

Експозиційна доза (для γ - і рентгенівського випромінювання) – міра іонізації повітря випромінюванням. Системна одиниця експозиційної дози

– кулон на кілограм (Кл/кг). На практиці використовують одиницю, яку називають рентгеном (R) – **експозиційна доза** рентгенівського або γ - випромінювання, при якій в результаті повної іонізації в 1 см³ сухого пові

тря (при 0°C і 760 мм. рт. ст.) утворюються іони, що несуть заряд, рівний 1 одиниці СГСЄ (Q) кожного знаку. Не важко підрахувати, що експозиційна доза 1R відповідає утворенню 2.0810⁹ пар іонів в 0.001293г сухого повітря. Отже, в 1г повітря міститься 2.0810⁹/ 0.001293 пар іонів; 1R = 2.5810⁻⁴ Кл/кг. Одиницею потужності експозиційної дози є ІА/кг, а несистемною одиницею – Р/с.

Несистемна одиниця еквівалентної дози – бер (біологічний еквівалент рентгена): 1Зв = 100бер.

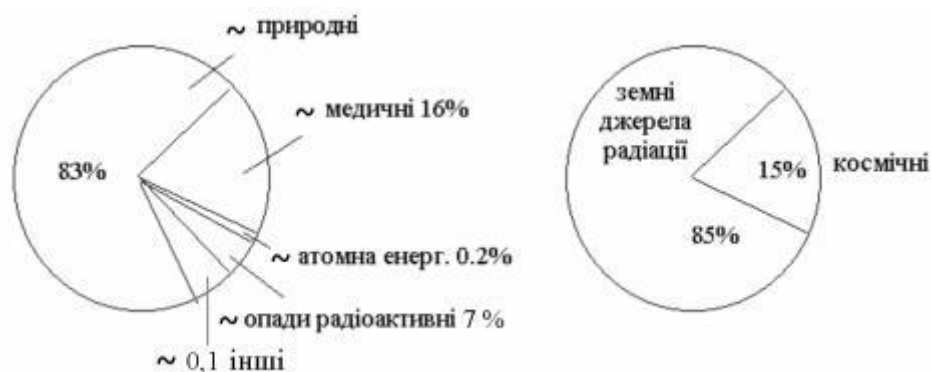
Природні радіоактивні джерела (космічні промені, радіоактивність надр, води, ядер в складі тіла і т. ін.) створюють фон, що відповідає еквівалентній дозі 125 мбер \approx 125мР. Гранично допустимою еквівалентною дозою при професійному опроміненні вважається 5 бер протягом року, мінімальна летальна доза від γ -випромінювання – близько 500-600 бер. Ці дані відповідають опроміненню всього організму.

Так, якщо ураження організму в цілому оцінити як 1.0, то різні органи уражаються таким чином: кістковий мозок – 12%, кісткова тканина – 3%, щитовидна залоза – 3%, молочні залози – 15%, статеві органи – 25%, легені

– 12%, на всі інші органи доводиться 30% ураження.

5.4 Природні джерела радіації

Основну частину опромінення людство отримує від природних джерел радіації.



Малюнок 5.1

Зовнішнє опромінення. Рівень радіоактивного фону залежить від залягання *радіоактивних порід* в тому чи іншому місці. Основні радіоактивні ізотопи гірських порід – калій K₄₀, рубідій Rb і члени двох радіоактивних сімейств: U₂₃₈ і Th₂₃₂. Близько 95% населення світу живе в містах з рівнем опромінення 0.3-0.6 мЗв/рік. Але є в світі місця, де рівні радіації набагато вищі. Біля м. Паус-ді-Калдас в Бразилії є невелике узвишся, де рівень радіації у 800 р. перевищує середній. В курортному містечку Гуарапарі, яке знаходиться на відстані 600 км від цього горба, рівень радіації в 400 разів вищий за середній. Це місто стоїть на пісках з підвищеним вміс-

41

том Th₂₃₂. В іншій частині світу – в Індії, штаті Тамілнад, 70 тис. чол. живуть на прибережній смузі завдовжки 55 км, вздовж якої теж тягнуться піски з Th. В Ірані, в містечку Рамор, є водні джерела, збагачені радієм, що створює радіоактивний фон у 800 р. вищий за середній.

До 15% від радіоактивного випромінювання вносять *космічні промені*. Вони приходять з глибин Всесвіту, проте частина їх утворюється в результаті спалахів Сонця (первинне випромінювання). Космічні промені проникають в атмосферу і породжують вторинне випромінювання. Північний і південний полюси отримують більше радіації, ніж екваторіальні області, що спричиняється магнітним полем Землі, оскільки космічні промені – це, в основному, заряджені частинки (електрони і α -частинки). Рівень радіаційного опромінення зростає з висотою. Люди, які живуть в горах, отримують в декілька разів більшу еквівалентну дозу, ніж ті, що живуть на рівні моря. А рівень опромінення пасажирів в літаках зростає в 25 разів.

Внутрішнє опромінення. В середньому 2/3 ефективної еквівалентної дози опромінення, яку людина отримує від природних джерел, попадає в організм людини з їжею, водою і повітрям. Наприклад, нукліди Pb_{210} і Po_{210} концентруються в рибі і молюсках, тому люди, які харчуються, в основному, рибою, можуть отримати високі дози опромінення. На Крайній Півночі люди харчуються, в основному, м'ясом північного оленя (карібу), де обидва цих радіонукліди присутні у високих концентраціях. Ці ізотопи попадають в організм оленів взимку, коли ті харчуються ягелем, де і накопичуються ці речовини.

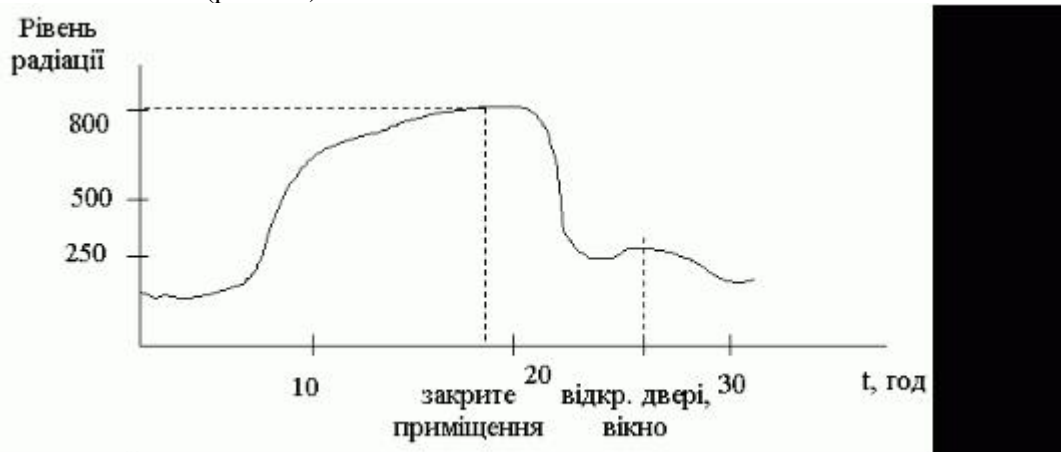
Тільки недавно прийшло розуміння того, що найвагомими з усіх природних джерел радіації є важкий (в 7.5 раза важчий за повітря) газ **радон**. Його вклад – 3/4 річної еквівалентної дози з усіх земних джерел радіації.

Більшу частину цієї дози людина отримує від радіонуклідів, які попадають в організм разом з повітрям, особливо в непровітрюваних приміщеннях. Більша частина опромінення зумовлюється не так радоном, як продуктам його радіоактивного розпаду.

Радон вивільняється із земної кори скрізь, проте концентрація його в різних точках земної кулі різна (Бк/м): Цинцинатті – 9,6; Париж – 9,3; Нью-Йорк – 4,8; Токіо – 2,1; Полінезія – 0,02.

Хоча це звучить парадоксально, але концентрація радону в закритих приміщеннях, які не провітрюються, набагато вища, ніж на вулиці. Радон просочується, в основному, через фундамент і підлогу з ґрунту, особливо якщо будинок стоїть на ґрунтах з підвищеним вмістом радіоактивних речовин. В кінці 60-х років будинки, в яких концентрація радону в 5000 разів перевищувала середню, були знайдені в Швеції і Фінляндії, а в 1982 році

– в США і Англії (рис. 5.2).



Малюнок 5.2

Самі розповсюджені будівельні матеріали – ліс, цегла, бетон виділяють відносно небагато радону. Граніт і пемза є більш радіоактивними. Але були знайдені будівельні матеріали із ще більшими рівнями радіоактивності. Протягом десятків років в Швеції при виробництві бетону використовували глинозем. Але в середині 70-х років виявилось, що глинозем досить радіоактивний.

Відходи фосфорного виробництва – кальцій-силікатний шлак і фосфогіпс в США і Японії часто використовували як наповнювач при виготовленні бетону.

Вміст радіоактивних речовин в будівельних матеріалах такий (Бк/кг): дерево – 1,1; пісок – 34; цегла – 126; граніт – 170; глинозем – 1367; фосфогіпс – 574; кальцій-силікатний шлак – 2190; уранові відходи – 4625.

Але головне джерело емісії радону – з ґрунту. Концентрація радону на верхніх поверхах будинків менша, ніж на нижніх і швидкість проникання радону визначається кількістю тріщин в міжповерхових перекриттях і фундаментах. Тому одним із методів боротьби з накопиченням радону є шпаклювання тріщин і встановлення систем вентиляції в підвалах. Крім того, емісія радону із стін зменшується в 10 разів при облицюванні їх полімерними матеріалами.

Іншими джерелами радону в житло людини є вода і природний газ. Особливо багато радону у воді з артезіанських колодязів. Найбільшу небезпеку спричиняє попадання парів води з високим вмістом радону в легені людини разом з повітрям, що часто відбувається в ванних кімнатах. Дослідження будинків в Фінляндії показало, що вміст радону у ванні в 3 рази вищий, ніж на кухні, і в 40 разів вищий, ніж в інших кімнатах. Радон проникає також в природний газ під землею. Тому, якщо на кухні погано працює витяжка, то концентрація радону різко збільшується.

В останні роки, особливо в північних країнах, проводились різні заходи з економії енергії. Герметизувались приміщення, зменшувались швидкості вентиляції приміщень. Це призвело до того, що концентрація радону в будинках у Швеції – підвищилась у 3 рази.

Рівень радіоактивного забруднення зростає також в результаті спалювання твердого палива. Хоча вміст радіоактивних речовин у вугіллі невисокий, більша їх частина концентрується в шлакові і золі, які попадають в атмосферу у вигляді пилу. Ще одне джерело радону – геотермальні станції.

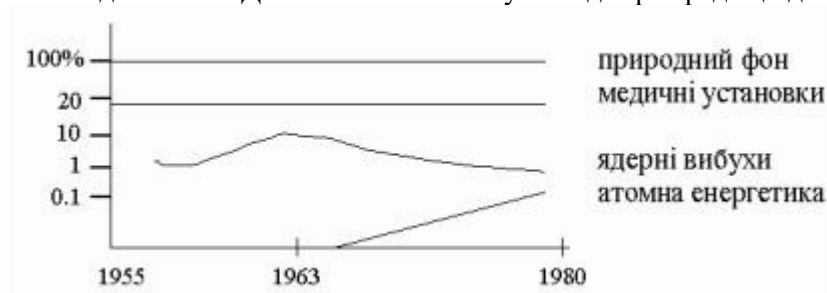
5.5 Джерела радіації, створені людиною (штучні)

За останні декілька десятиліть людина створила декілька сотень штучних радіонуклідів і навчилася використовувати енергію атома з самою різною метою – в медицині, для створення атомної зброї, для виробництва енергії і попередження пожеж, для виготовлення підсвічувальних циферблатів і пошуку корисних копалин тощо.

До недавнього часу основний внесок в дозу, яку отримувала людина від техногенних джерел радіації, вносили **медичні процедури** і методи лікування, пов'язані з радіоактивністю. Одним із найпоширеніших видів медичних апаратів є **рентгенівський апарат**. Зараз поширюються і складні діагностичні методи, які пов'язані з використанням радіоіотопів.

Як це не парадоксально, але одним із основних методів боротьби з раком є променева терапія. Звичайно, дози опромінення, які отримують хворі онкологічними захворюваннями, досить великі, проте більшість хворих – люди старшого віку, тому генетичні наслідки цього незначні. Зараз у світі понад 4000 установок радіотерапії.

За даними НКДАР ООН внесок штучних джерел радіації до 1980р. був таким (рис. 5.3):



Малюнок 5.3

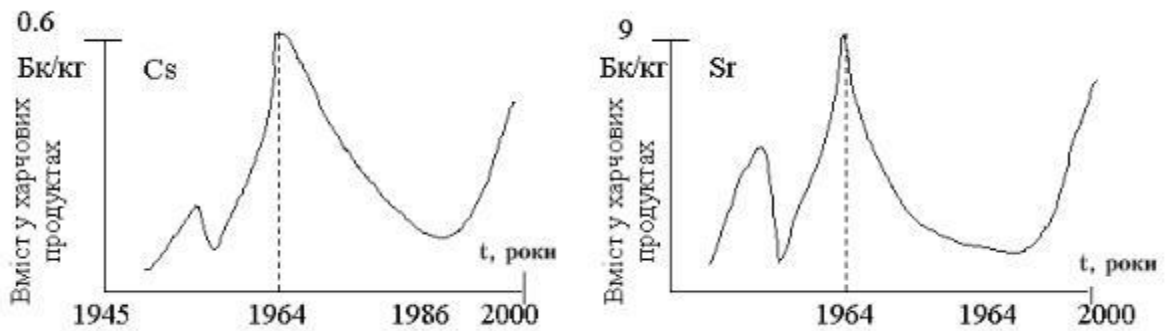
В принципі, опромінення в медицині направлено на те, щобвилікувати хворого. Проте нерідко дози є невинувато високими – їх можна було б суттєво зменшити без зниження ефективності діагностики. В розвинутих країнах на кожну 1000 жителів припадає від 300 до 900 обстежень на рентгенівських установках, причому більшість з них – це **рентгенографія грудної клітки**.

Але по мірі того, як частота захворювань туберкульозом в світі знижується, то масові обстеження потрібно здійснювати альтернативними методами. Крім того, при несправних медичних установках, що теж буває, рівень радіоактивного опромінення різко збільшується. Слід відзначити,

що впровадження в середині 70-х років в медичну практику **комп'ютерної томографії** дозволило зменшити рівень опромінення при діагностиці від 5 до 50 разів в порівнянні із звичайними рентгенівськими методами.

5.6 Ядерні вибухи

Максимум ядерних вибухів приходить на 2 періоди: перший – 1951-1958рр. (США, СРСР) і другий, вагомий, – 1961-1962 рр. (США, СРСР) аж до 1963 р., коли був укладений договір про заборону ядерних випробувань в трьох сферах. З тих пір лише Франція і Китай провели серію ядерних вибухів в атмосфері (останній було проведено в 1980р.). Ядерні вибухи в атмосфері є причиною радіоактивних опадів, які розсіюються в атмосфері всієї Землі. Радіоактивні речовини знаходяться в повітрі близько місяця після вибуху, поступово випадаючи з атмосферними опадами. Але більша частина викидається в атмосферу, звідки повільно опускається і розсіюється по всій поверхні Земної кулі. Радіоактивні опади містять декілька сотень радіонуклідів, проте більшість з них швидко розпадається. Основний внесок в опромінення людини дає невелика кількість радіонуклідів – C_{14} , Cs_{137} , Zn_{95} , Sr_{90} . Період напіврозпаду Zr – 6.4 доби, а періоди напіврозпаду Cs і Sr – приблизно 30 років, тому найбільша небезпека опромінення для людини, особливо після Чорнобильської аварії, саме від цих елементів. Сумарна ефективна доза від усіх ядерних вибухів в атмосфері, які провели до цього року, перевищує 30 млн. Зв. До 1980р. людство отримало 12% цієї дози, а решту люди будуть отримувати ще мільйони років (рис. 5.4).



Малюнок 5.4

5.7 Атомна енергетика

На даний час у 26 країнах працює понад 400 **атомних реакторів**, які виробляють електричну енергію. Їх потужність складає близько 13% сумарної потужності всіх електричних станцій. До недавнього часу кожні 5 років ця потужність подвоювалась. Але за оцінками експертів зараз відбувається спад в атомній енергетиці. Це значною мірою завдяки і чорнобиль-

45

ським подіям. Проте значну роль тут відіграє і загальний економічний спад, і заходи з економічного використання електричної енергії.

Атомні електричні станції – це лише частина ядерного паливного циклу, який починається з добування і збагачення уранової руди. Наступний етап – виробництво ядерного палива. Відпрацьоване в АЕС ядерне паливо іноді відправляється на повторну переробку, щоб добути з нього U і Pu. Закінчується цикл захороненням **радіоактивних відходів**.

Приблизно половина всієї **уранової руди** добувається відкритим способом, а половина – шахтним. Наступний етап – збагачувальна фабрика, яка створює проблему довготривалого забруднення. В процесі переробки руди утворюється багато радіоактивних відходів. Наприклад, в США вже налічується близько 500 млн. т таких відходів. Урановий концентрат очищається на спеціальних заводах і перетворюється в ядерне паливо. В результаті переробки утворюються газоподібні і рідкі відходи. Тільки після цього паливо поступає в реактор. В світі зараз є п'ять основних типів атомних реакторів: водо-водяні під тиском, водо-водяні з киплячою рідиною, реактори з газовим охолодженням, реактори з важкою водою і водографітні реактори (Україна).

Зараз в світовому масштабі близько 10% ядерного палива направляється на повторну переробку, решта – йде у відходи. У світі є три заводи з такої переробки – два у Франції і один у Великобританії. Планується будівництво і на Україні подібного заводу у Чорнобильській зоні.

5.8 Дія радіації на людину

Радіація за своєю природою шкідлива для життя у будь-яких дозах.

Малі дози опромінення можуть спричинити **рак** або **генетичні порушення**. При великих дозах радіації **руйнуються клітини органів**, що викликає швидку смерть людини. Шкідливий вплив великих доз опромінення виявляється протягом кількох годин або діб. Ракові захворювання виявляються через багато років після опромінення. А спадкові хвороби, викликані ураженням **генетичного апарата**, виявляються тільки в наступному або більш віддалених поколіннях. Навіть якщо ефекти і виявляються, то важко довести, що вони є наслідком опромінення, а не викликані іншими причинами.

Щоб викликати гостре ураження організму, дози опромінення повинні перевищити **“пороговий рівень”**, проте це не стосується ракових захворювань і генетичних наслідків. Для цього досить і мінімальної дози. Проте мова йде не про стовідсоткову ймовірність виникнення хвороб. Будь-яка людина, на яку подіяло радіоактивне випромінення, не обов'язково повинна захворіти раком чи стати носієм генетичних хвороб, але ймовірність або **ризик** таких наслідків зростає.

Величина дози, яка визначає серйозність ураження організму, зале-

жить від того, одразу отримує її організм чи в кілька прийомів. Більшість органів встигає в тій чи іншій мірі залікувати радіаційні ураження, тому краще сприймає серію дрібних доз, ніж сумарну дозу, отриману за один прийом.

Якщо людина отримує дозу приблизно 100 Гр, то це викликає такі серйозні ураження центральної нервової системи, що смерть настає через декілька годин або днів. При дозах опромінення від 10 до 50 Гр людина помирає через 1-2 тижні від крововиливу в шлунково-кишковому тракті. При дозі 3-5 Гр через руйнування клітин червоного кісткового мозку (головного компонента і кровотворної системи людини) половина опромінених вмирає через 1-2 місяці.

На щастя, у червоного кісткового мозку велика регенераційна здатність, і якщо доза опромінення не перевищує 0.5 Гр або опромінювалось не все тіло, клітини мозку відновлюються.

Репродуктивні органи і очі найбільш чутливі до радіації. Однократне опромінення статевих органів чоловіків дозою всього 0.1 Гр призводить до тимчасової стерильності. Для жінок це становить 3 Гр.

Найбільш уразливою для радіації частиною є очний кришталік. Клітини, які загинули, стають непрозорими, а розростання помутнілих ділянок призводить до катаракти, а потім і повної сліпоти.

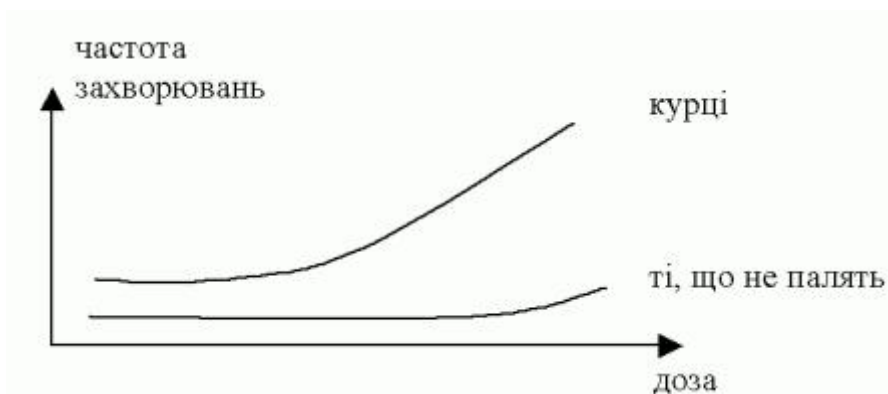
Особливо чутливі до радіаційного ураження діти. Відносно невели-

кі дози при опроміненні хрящової тканини можуть сповільнити або і зупинити ріст кісток, що призводить до аномалій розвитку скелета. Чим менший вік дитини, тим у більшій мірі подавляється ріст кісток.

Чутливим до дії радіації є мозок плоду, особливо після 8-го тижня вагітності. В цей період формується кора головного мозку і є великий ризик того, що при опроміненні матері народиться розумово неповноцінна дитина.

Найрозповсюдженішими видами раку, який викликаний дією радіації,

є рак щитовидної залози і рак молочної залози. Але ці форми піддаються лікуванню. Смертність складає 5/1000 і 1/1000, відповідно. Найнебезпечнішим є рак легенів. Проте він виникає частіше всього у шахтарів внаслідок силікозу і у тих, хто палить (рис. 5.5).



Малюнок 5.5

Фізико-хімічний механізм біологічної дії іонізуючого опромінення

1. Заряджені частинки (α , β) або γ -випромінення попадають в тканини організму, втрачають свою енергію і передають її електронам тих атомів, біля яких проходять.

2. **Електрична взаємодія.** За час, що дорівнює приблизно десяти трильйонним долям секунди, від атому відривається електрон. Він може іонізувати інші атоми. Вільні електрони та іонізовані атоми протягом десяти мільярдних долей секунди беруть участь в складному ланцюзі реакцій, в результаті яких утворюються нові молекули і "вільні радикали".

3. **Хімічні зміни.** "Вільні радикали" реагують один з одним і з іншими молекулами, що призводить до **хімічних модифікацій** важливих в біологічному відношенні молекул, які необхідні для нормального функціонування клітин.

4. **Біологічні ефекти.** Через кілька секунд або хвилин поступово проходять **біохімічні зміни**, які є причиною масової загибелі клітин або виникнення ракових захворювань.

Є два типи пошкоджень живого організму іонізуючим випромінюванням. Перший – **фізичний (куленеподібний)**. В цьому випадку молекулярні зв'язки руйнуються безпосередньо в структурі, яка служить мішенню для вибитих електронів. Така **пряма дія**, яка відбувається досить швидко, є головною причиною пошкоджень ДНК в ядрах клітин, що призводить до генетичних порушень, які передаються майбутнім поколінням клітин.

Другий – **опосередкований**. При цьому остаточну шкоду біологічній структурі завдають реакційно здатні хімічні групи (радикали), які дифундують від місця утворення до мішені. Цей тип опосередкованого або хімічного впливу відбувається при розчиненні кисню в рідині клітини. Кисень

захоплює вільний електрон і перетворюється в *токсичний перекисний радикал O₂*. Ця форма O₂, в свою чергу, здатна ініціювати хімічні реакції, які можуть привести до *окиснення мембрани клітини*.

Довгий час була розповсюджена концепція, згідно з якою був пороговий рівень радіоактивної дози, нижче якого радіація ніяк не впливає на живий організм. З цим зв'язана і так звана "35-берова концепція" Ільїна. Насправді навіть малі дози опромінення можуть призвести до трагічних наслідків. При цьому α-випромінювання – найнебезпечніший тип внутрішнього опромінення людини (воно створює велику густину іонізації живого організму). β- і γ-випромінювання (легкі частинки і хвилі) створюють малу густину іонізації. При ураженні 1-го типу (прямого розриві молекулярних зв'язків) α-випромінювання в 10-30 разів токсичніше, ніж γ і β, оскільки

розрив зв'язків проходить найбільш повно. При ураженні II-го типу все відбувається навпаки. Через велику густину іонізації радикали O₂ часто зіштовхуються між собою і вступають в реакцію рекомбінації, внаслідок чого радикали знову перетворюються на кисень і біологічні пошкодження від α-випромінювання значно менші.

За рахунок процесів рекомбінації навіть мікроскопічні постійні дози опромінення можуть бути шкідливішими, ніж великі, але короточасні. Лише в 70-х роках було встановлено цей факт. Для цього було проведено такий дослід. Живі організми опромінювали короточасними пучками рентгенівського випромінювання і діяли радіоактивною сіллю NaCl із слабким випромінюванням. В результаті виявилось, що для розриву мембран живих клітин в першому випадку потрібна була доза 3500 рад (що в 3500 разів більше, ніж доза, яку ми отримуємо при рентгенокопічному аналізі). В другому випадку ця доза складала всього 0.7 рад, що можна порівняти з річною дозою, яку отримує людина від природного радіаційного фону.

Є гіпотеза, що всі хвороби, які пов'язуються із старінням організму (хвороби легенів, серця і системи кровообігу) прогресують із утворенням *вільних радикалів*, що призводить до численних пошкоджень мембран клітин. Таким чином, останні дослідження показують, що вплив фонові радіації малих доз недооцінювався в 100-1000 разів. Тому немає ніяких підстав говорити про нешкідливість малих доз радіоактивного випромінювання. Таким чином, тривалий вплив малих доз опромінення в більшій мірі руйнує мембрани клітин, ніж генетичний апарат. При цьому більшість поширених хвороб (грип, рак, параліч, серцево-судинні захворювання і т. п.) можуть бути також зумовлені малими, але тривалими дозами опромінення.

5.9 Про кліматичні наслідки ядерної війни

Сонячне світло – це єдине джерело енергії, яке живить механізм біосфери, приводить в рух процеси фотосинтезу і колообігу біогенних елементів.

Світловий потік досить легко регулювати. Достатньо на його шляху розмістити дзеркало або абсорбер і доступ енергії на опромінену поверхню припиняється. Причому цей шар може бути досить тонким – на глибину проникнення сонячного світла в матеріал (≈ 2 нм). Це значить, якщо куб з довжиною ребра 100 м розкачати в фольгу товщиною 2 мм, то ця фольга здатна покрити всю земну кулю.

Є небезпека локального "виключення" сонячного світла внаслідок вулканічної діяльності (викиди великої кількості дрібнодиспергованого пилу). Внаслідок цього екологічна обстановка на Землі може різко змінитись. Прикладом такої різкої зміни може бути шокове закінчення крейдового періоду, коли атмосфера Землі, очевидно, була сильно забруднена внаслідок зіткнення з великим метеоритом.

До створення такого глобального щита, який блокує поверхню Землі від сонячного опромінення, може призвести ядерна війна. Так, підраховано, що при ядерному конфлікті в 5000 Мт буде викинуто 2000 млн. т сажі об'ємом 0,1 км³.

Починаючи з середини 70-х років почали з'являтися публікації, в яких

розглядалися різні варіанти ядерної війни. В світі накопичено нині ядерний потенціал розміром в 17000 боеголовок загальною потужністю 12000 Мт. Найбільш ймовірною вважається війна в 5000 Мт. Причому, від 15 до 30% ядерного потенціалу буде спрямовано на руйнування великих міст та індустриальних об'єктів. У разі виникнення ядерного конфлікту він одразу переросте у світовий, так як буде відбуватися бомбардування не тільки країночасниць конфлікту, а й третіх країн, щоб не дати їм змогу домінувати в світі після війни. Одним з найбільш важких наслідків ядерної війни є викид великої кількості пилу, що буде складатися з часточок ґрунту розмірами від 1 мм і менше, в атмосферу. Вони й утворять блокуючий щит. Крім того, ядерні вибухи будуть супроводжуватися великою кількістю пожеж (пожежі лісів, техногенних об'єктів і т.п.). При цьому загальна кількість лісів, які згорять, буде складати 4% земної площі в середніх і північних широтах.

ЛЕКЦІЯ 6 УРБООКОЛОГІЯ. ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ МІСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ

6.1 Предмет урбоекотології

Місто справедливо називається коліскою цивілізації. У міст, як і у людей, своя доля, своя біографія. В одні історичні часи вони досягали найвищого розквіту, в інші – занепадали. Проте, незважаючи на складні екологічні умови, їх притягуюча сила збереглася і на сьогодні. У 2000 році в містах за оцінками експертів проживало не менше 50% населення, а у розвинутих країнах – близько 80%.

Перші міста виникли в період розкладання первісного суспільства і становлення рабовласницького ладу.

Урбанізація походить від латинського слова “urbanus” – міський і означає збільшення міського населення. При цьому старі і нові, малі і великі міста повинні бути зручними для праці і відпочинку громадян. Тому сьогодні, як ніколи раніше, стоїть питання оптимізації міського середовища.

Отже, предметом урбоекології є вивчення відносин Людини і Природи в процесі містобудівної діяльності, а головною метою усієї дисципліни є пошук шляхів, розробка рішень в межах містобудування і організація процесів у місті, які направлені на забезпечення нормальних умов життя його громадян.

6.2 Масштаби урбанізації

Ще в 1850 році на нашій планеті переважало **сільське населення**. Кількість людей, що проживала в містах, становила 81 млн. чол., тобто приблизно 7% всього людства світу. В 1900 році вже 224 млн. чол. (14,6%); у

50

1959 – 724 млн. чол. (29%), а в 1989 – 2,9 млрд. чол. (55%).

Зараз найбільш заселені міста – суперміста це: Нью-Йорк (21,5 млн. чол.), Токіо (20,5), Мехіко (20,4), Сан-Паулу (15,9), Лос-Анжелес (12,4), Каїр (12) та ін. Число суперміст сягає понад 25.

На території України міське населення становило в 1940р. – 14млн. чоловік. В 1950р. – 12,8млн чоловік (пов’язано з ВВВ), в 1970р. – 25,7; в 1990р. – 35,1 млн. чол. В обласних центрах у порівнянні з довоєнним періодом **міське населення** збільшилося: у Львові в 2,3 рази; в Луцьку, Житомирі, Рівному – в 4,5-6 разів; в Дніпропетровську, Кривому Розі, Києві – в 7-10 разів. В цілому по країні міське населення зросло з 33,9% у 1940 р. до 67,6% у 1990р.

В Україні – 5 міст мільйонерів: Київ, Дніпропетровськ, Одеса, Донецьк, Харків і 2 міста з населенням близько 1 млн.: Запоріжжя та Львів. У Києві сьогодні близько 3 млн. чоловік. Найбільш високий рівень урбанізації властивий для Донецької області, де міське населення становить 91% загальної його кількості. Крім того, значний рівень міського населення переважає у Харківській, Луганській, Дніпропетровській, Запорізькій, Львівській та Київській областях.

Зростання кількості **міського населення** супроводжується зростанням його густоти. Наприклад, щільність населення в Парижі досягає 320 чол./га, в Гонконзі – 250, а в Москві – 160.

У світі нині понад 160 міст з мільйонним населенням, які дуже негативно впливають на навколишнє середовище в радіусі багатьох десятків кілометрів, отруюють атмосферу, виводять з користування тисячі гектарів навколишніх земель, лісів тощо.

Найбільш урбанізовані регіони світу (Філадельфійсько-Бостонсько- Нью-Йоркський, Токійсько-Йокогамсько-Осацький, Кьольнсько-Дюссельдорфський, Манчестер-Бірмінгемський та інші, що сконцентрували навколо себе по 20-60 млн. чоловік.)

Міське населення має тенденцію до подальшого зростання, що становить 2,5% в рік, а в африкансько-азіатських країнах цей показник складає 5% на рік. Це свідчить і про швидке загострення **екологічних проблем**.

6.3 Деградація біосфери у великих містах

У будь-якому великому місті природне середовище буквально задавлене людською масою і продуктами її життєдіяльності. І цей людський вододжерт є справжнім лихом, бо зумовлює інтенсивне спустошення природи.

В Парижі (найбільш щільно заселена столиця світу) на одного городянина доводиться 1,3 м² громадських парків, 9 – у Лондоні, 13 – в Берліні, 25 – у Відні, 40 – у Києві, а у нашій Вінниці – понад 100 м². Ансамбль **сіро-темних кварталів багатьох міст задихається в бетоні, асфальті та камені, знемагає від шуму і гарі**. Мотоцикліст, який проїжджає Париж вранці, примушує прокинутись 100000 людей. Шум понад 80 децибел викликає різноманітні пошкодження і відхилення від норми організму. Шум на площі опери і Сент-Огістен – 95 децибел, що є більш шумливим, ніж Ніагарський водограй. Багато городян є жертвами шуму літаків. Це ті мешканці, що живуть поблизу аеропортів. Літак здійснює шум приблизно понад 100 децибел, а небезпечний поріг (постійний шум) лежить в межах 1-го децибела.

Ріки багатьох міст перетворилися на “бульйони”, в яких кишать небезпечні *хвороботворні бактерії*, в тому числі віруси-збудники поліомієліту та гепатиту. Купатися в таких ріках просто небезпечно (насамперед, Сена, у яку без будь-якого очищення скидаються 12 млн.м³ стічних вод).

Для Японії “економічне диво” обертається біологічною катастрофою. В Токіо, де проживає близько 12 млн. чол. (без пригородів), менше третини міста має сучасну каналізацію, а води Токійської затоки настільки забруднені, що риба в них гине за чверть години. Повітря настільки забруднене, що в деяких кварталах Токіо мешканці вимушені користуватися *кисневими масками*.

В Лос-Анджелесі – найзабрудненішому місті США – *автомобілі* займають половину життєвого простору, а в Нью-Йорку на кожен квадратну милю щомісячно випадає 80 т *сажі*, а в центрах цих міст автомобілі щоденно викидають по 3500 т різних забруднювачів, у тому числі 1800 т вуглеводів, 500 т оксидів азоту, 1100 т чадного газу і СО₂.

Все більш і більш нездорове середовище травмує населення великих міст і тому доводиться сьогодні визнавати *патологію великого міста*. Її жертвами стають, перш за все, слабкі і немічні, хворі і діти.

Ще раз повернемося до шуму, оскільки він викликає особливо великі страждання. Наприклад, у Великій Британії кожен четвертий чоловік і кожна третя жінка страждають неврозами через шум. В психіатричних лікарнях Франції кожен п'ятий хворий втратив розум із-за шуму, а в шумних кварталах Нью-Йорка відмічено тривожне відставання дітей у рості та розумовому розвитку. Шум скорочує життя на 8-12 років.

Велика біда для великого міста – *смог*. Наприклад, у 1952 р, коли вміст диму та сірчистого ангідриду в Лондоні був в 5-6 разів більший звичайного, померло на 4000 людей більше звичайного і т.д.

Тому серйозність міської кризи зумовлює зростання руху за *руралізацію – повернення та відродження села*.

Але це повернення до сільського життя не слід плутати з поверненням до сільськогосподарського способу життя. Землеробів, як не дивно, у світі стає все менше. Сучасне повернення до села міських жителів набирає різні форми – туризм, дачі, спортивні табори, відпочинок та лікування в полі, в лісі, біля водоймищ. Масові виїзди громадян у вихідні, святкові дні та в сезон відпусток – найбільш показова форма втечі з міст. Отже, якщо “цивілізація праці” збільшує населення міст на шкоду селу, то “цивілізація дозвілля” періодично спорожнює міста.

Мегаліси – міста пауперів. Це ті великі агломерації, де доведена до крайності деградація природного середовища породила вже нову форму зубожіння – *міську психофізичну убогість*. *Мешканці мегалісів – найбагатші за рівнем життя, але найбільш вразливі за рівнем життєвого середовища. Пауперизація тіла робить безглуздом матеріальне збагачення*.

Компромісом мегалізації є малі міста. Задача заключається не в прискоренні росту малих міст, а їх модернізації у встановленні оптимальних саме для них розмірів. Малі міста дійсно мають свої переваги, які вони повинні зберігати. Ці переваги – унікальність у кожному конкретному місті самобутніх умов та хороших, що збережені, екологічні умови. Майбутнє малих міст повинно бути пов'язано також з розвитком туризму та відпочинку, що мало б не тільки екологічні, естетичні надбання, але й чималу економічну вигоду. В Україні це такі міста, як Кам'янець-Подільський, Меджибож, Острог, Коломия та багато інших діамантів туризму.

6.4 Фактори урбанізованого середовища

Денатуралізація природи, яка пов'язана з урбанізацією, проявляється не тільки в хімічному забрудненні, а й у зміні фізичних властивостей і стану оточуючого середовища.

Фізичні фактори класифікуються за характером їх дії на організм на 7 видів: механічні, теплові, оптичні, електричні, магнітні, електромагнітні, іонізуючі та інші.

Механічні фактори. Головним із них є *шум*. За останні роки він зростає на 0,5-1 дБ в рік. Основна причина – зростання потужностей і швидкостей пересування транспортних засобів. На магістралях загальноміського значення рівень шуму становить 85-87 дБ. Частота коливань 40800 Гц (низька і середня). Інтенсивним джерелом шуму є авіаційний транспорт. Так, ТУ-134 створює шум до 120 дБ на відстані 600 м, АН-24 – 107-110 дБ на відстані 1 км. На відстані 50 м від залізничного вокзалу шум становить в середньому – 71 дБ.

Великою шумністю відзначаються такі машини як КраЗ (110 дБ), трактори “Білорусь” – 100 дБ і т.д. Тому при плануванні і містобудуванні необхідно додержуватись принципів акустичного зонування, що забезпечувало б відмежування промислових, складських і транспортних зон від селітебних територій і зон відпочинку.

Слід відзначити, що звуки, які сприймає людське вухо, знаходяться в діапазоні 16-20000 Гц, тобто від 16 до 20000 коливань за секунду. Нижче 16 – інфрашум (ІЗ) і вище 20000 – ультразвук (УЗ). Звичайно, що на організм людини особливо шкідливо діють УЗ-частоти. Для порівняння: 10-

20 дБ – шепіт, шелест листя; 30-35 дБ – рівень шуму, що викликає дискомфорт вночі; 75 дБ – голосна розмова; 90 дБ – робота відбійного молот-

53

ка; 110 дБ – *пори́г шумового стресу* (звукового сп'яніння); 120-150 дБ – гуркіт грому, старт космічної ракети і, нарешті, 160-170 дБ – постріли з гвинтівки або автомата Калашникова.

Не слід вважати, що нешкідливими є інфразвуки. Частота ІЗ 2-15 Гц особливо несприятливо впливає на організм внаслідок резонансних явищ (радарні установки, турбіни, дизельні двигуни, електровози, вентиляція тощо).

При цьому фізіологічна адаптація до шуму не можлива. З наведених вище даних впливає *шумове забруднення* середовища міст. Тому при розробці проектів нових мікрорайонів і реконструкції існуючих важливою задачею є створення акустичної комфортності для населення, а саме:

- створення тунелів, метро, вулиць-дублерів;
- винесення промислових об'єктів і транспортних магістралей за межі міста;
- формування шумозахисної зони з будівель нежитлового призначення;
- збільшення площі зелених насаджень.

Електричні фактори пов'язані з електростатичним полем та електричним струмом, а вони, в свою чергу, зумовлюють аероіонізацію повітря. Норма – до 10³ легких іонів на 1 см³, а більш високі концентрації іонів у повітрі є несприятливими для людини. Тут особливо небезпечними є лінії електропередач (ЛЕП), засоби телерадіомовлення. Треба пам'ятати, що хронічний вплив електромагнітного поля (ЕМП) навіть промислової (низької) частоти 50 Гц викликає несприятливі зміни у діяльності серцево-судинної системи.

Напруга змінного електричного поля під лініями електропередач (ЛЕП) коливається у широких межах і досягає іноді 14 кВ/м. Дія такої величини поля викликає некротичні та невротичні струси, що проявляється у зменшенні оперативної пам'яті, працездатності тощо. Тому важливим заходом попередження цього є впровадження санітарно-захисної зони уздовж ліній ЛЕП.

Радіоактивне випромінювання зумовлене наявністю радіоактивних речовин, кількість яких у біосфері помітно збільшується в результаті ядерних вибухів, розвитку атомної промисловості і т.д. Вплив радіоактивного випромінювання на живі організми може бути причиною *променевої хвороби* тварин і людей, зумовлювати *мутації*.

6.5 Хімічні фактори міського середовища

У хімічному плані місто забруднене через повітря, воду і ґрунт. Головний забруднювач повітря – *пил, дим*. Завдяки ним майже усі міста є джерелами перегрітого повітря зі зменшеним горизонтальним рухом повітряних мас. Пряма сонячна радіація у великих містах літом зменшується на

20%, а взимку – до 50%, що характеризується типовою міською млою. Видимість при цьому може зменшуватись до 90%. Забрудненість повітря не тільки згубно впливає на людей, але цього не витримують цегла, метал і навіть камінь. Збитки від корозії щорічно складають ~ 11 млрд. доларів. Кількість автомобілів збільшується щорічно у світі на 36 млн. і складає сьогодні понад 500 млн. штук. Тільки вони викидають близько 200 млн. т шкідливих речовин. Для 250 млн. автомобілів треба стільки кисню, скільки його необхідно всьому населенню землі. Атмосфера у містах сьогодні така, що не можна побачити багатьох видів птахів, бджіл. Наприклад, біля автострад вміст свинцю у рослинах досягає 300 мг на 1 кг сухої маси.

Тому одним із головних методів захисту повітряного басейну є застосування таких технологічних процесів, коли надходження в атмосферу викидів зводиться до мінімуму.

Важливу роль у зменшенні забруднення повітря може відігравати економія енергії, використання високих димарів. Суттєвим внеском у зменшення забрудненості повітря автотранспортом є орієнтація випуску автомобілів на зменшення використання пального (3,5-5 л/100км), використання автомобілів на зрідженому газі, електромобілів, сонцемобілів на сонячних батареях з кремнієвими елементами, автомобілів на метанолі і етанолі. Проводяться дослідження зі створення водневого і водяного двигунів.

6.6 Ґрунтові хімічні забруднення міста

Кожні 5 років площа земель, які відводяться під міську забудову, збільшується у середньому на 20%. В Україні – це 65-40 тис. га земель, з яких половина орних. Ґрунт урбанізованих територій підлягає тим самим негативним впливам, що і повітря, і гідросфера. *Тому ґрунти повинні освоюватись у місті, перш за все, під зелені насадження, адже вони – легені міста. Ґрунти міст мають або підвищену кислотність, або дають лужну реакцію. Особливо негативний вплив на довкілля мають насипні ґрунти, оскільки вони містять чимало будівельного сміття. Деколи*

будівельники заривають будівельні залишки під час планування та благоустрою території. Ці ґрунти, змішані з будівельним сміттям, як правило, відзначаються високою дренажністю, що порушує нормальне живлення рослин. З вироблених у США 54,3 млн. т паперу 49,1 млн. т щорічно попадає у відходи, а також 48 млрд. металевих пляшкових кришок, 6-10 млн. відпрацьованих автомобілів.

На жаль, сміття більшості міст сьогодні спалюють відкритим способом. А от у Дюссельдорфі створено установку, яка, переробляючи сміття 700-тисячного міста, приносить прибуток 3,4 \$ на кожну тунну перероблених відходів.

ґрунт попадають сполуки ртуті, миш'яку, міді, свинцю, сажі, продуктів осмолення нафтопродуктів тощо, які і

безпосередньо, і опосередковано впливають на рослинний покрив, знижуючи їх ріст, і на людину, зменшуючи її здоров'я і працездатність.

6.7 Хімія міської води

Якість міської води постійно зменшується. На одного жителя Землі доводиться 12,9 тис. м³ води на рік, в тому числі:

–Європа – 4,9 тис.м³;

–Азія – 6,7 тис.м³;

–Австралія – 27,4 тис.м³.

Утой самий час, за даними ООН, сьогодні близько 1,3 млрд. чоловік на Землі не забезпечені якісною питною водою. При цьому на одержання 1 т текстильної тканини необхідно 270 тис. л води, для отримання 1 кг паперу – 100 л, для отримання 1 т капрону - 10 т води; 1 кг цементу – 5 л; на бойнях– 500 л чистої водиз розрахунку на1 голову худоби, 1 т сталі – 500 т **води і т.д. Запаси підземних вод в містах катастрофічно вичерпуються.**

Уминулому столітті один житель міста витрачав 30-40 л води на добу, житель сучасного міста – 300-600 л.

Для задоволення своїх фізіологічних потреб мешканець міста використовує 5% загальної кількості води, з них: на купання доводиться 37%, для змиву унітазу – 41%, для приготування їжі – 6%; для підтримання чистоти квартири – 3%; для прання білизни – 4%, для миття машини – 1-2%. Решта 5% використовується для пиття.

Запасів **прісної води**, за підрахунками американських вчених, вистачить до 2050 року. Потім будуть добуватись підземні кладові води, вода льодовиків, а потім і опріснюватись морська вода, на що треба буде трати-ти 2 кВт енергії на кожного жителя планети.

Сьогодні у водоймища скидається у світі близько 600 млрд. м³ промислових, побутових та сільськогосподарських вод. Наприклад, у водах Середземного моря викиди свинцю підприємствами настільки великі, що в результаті кумулятивної дії в організмі риб його концентрація перевищує ГДК у 20 разів.

Попадання у воду нафтопродуктів призводить до екологічних катастроф, до загибелі велетенської кількості рибних запасів.

Великою бідою для водних екосистем стала і їх **евтрофікація**, тобто надмірне збагачення вод нітратами, сульфатами, фосфатами і т.п., що призводить до їх “старіння”, заболочення, заростання, порушення біологічного балансу і, нарешті, зникнення таких річок, озер, ставків. Яскравим прикладом тут може бути наша основна у місті водна артерія – Південний Буг, що катастрофічно заростає, замулюється, забруднюється тощо.

6.8 Міська флора

При заснуванні міста **місцева (автохтонна) рослинність** витісняється, знищується за рахунок вирубування лісів, розчистки територій, штучного покриття асфальтом, бруківкою тощо. В містах, особливо в портах, **з'являються “чужаки” – адвентивні рослини (інтродуценти). Завезені рослини використовуються для створення садів, парків, озеленення вулиць і т.д.**

Почали з'являтися цілі колекції та ботанічні сади, де переважає екзотика. Наприклад, в Ужгороді на вулицях у значній кількості ростуть японські вишні (сакура), туя, гінкго та інші екзотичні рослини. “Іноземцями” у наших українських містах є: туя, кінський каштан, клен, горіх манжурський, біла акація, бузок, шипшина, жасмин, дикий виноград, багато різних квітів (нарциси, левкої, флокси, настурції, гладіолуси і, навіть, чорнобривці, що були у свій час завезені з тропічної Америки). Наприклад, у відносно молодому місті Воркуті, заснованому у 30-х роках ХХ ст., майже всі рослини південного походження країн СНД, у тому числі, України. Найменше видів рослин у центрах міст, бо вони погано переносять промислові забруднення.

Специфіка міської флори суттєво залежить від клімату, від уподобань та традицій місцевого населення, від вологості, температури, освітленості тощо. **Міські дерева слабші**, у них більш

розріджена крона, дрібніші листки і т.д. по відношенню до їх братів і сестер по виду у лісі (порушення хлоропластів, скручування та засихання листя і т.д.)

Отже, умови великих міст важкі не тільки для людини, але й для рослин. У лісах липа доживає до 400 років, ясен – до 300, а у парках міст – до 125 та 60 років, відповідно.

6.9 Міська фауна

Природа – це не тільки рослини, вода та повітря, але ще й *тварини*, без яких немає природних екосистем і ландшафтів. Міська фауна – це суттєвий компонент санітарного і емоційного середовища людини. В індійських містах, наприклад, мешкає вражаюча кількість птахів, мавп, рептилій і т.д., яких оберігають релігійні звичаї і традиції.

Для багатьох міст характерне існування кажанів, голубів, різних комах, гризунів, залежно від того, це горище чи підвал, пекарня чи м'ясокомбінат, млин чи винний погріб, двір чи вулиця. Громадяни утримують багато кімнатних чи приручених тварин: кішки, собаки, папуги тощо. Всі вони так чи інакше впливають на довкілля, співіснують з міськими мешканцями. В одних випадках створюють позитивний емоційний стан, заряд людини, а в інших випадках – людині доводиться вести боротьбу з деякими надокучливими, а іноді і небезпечними видами живих істот.

Отже, місто живе, місто розвивається. Воно повинне бути зручним для праці і відпочинку. Тому сьогодні, як ніколи раніше, стоїть завдання *оптимізації міського середовища*, для вирішення якого необхідні абсолютно нові прогресивні технології, підходи і прийоми майбутнього містобудування.

Контрольні запитання

1 Модуль

1. Які магістральні шляхи визначили вчені-екологи щодо виходу людства з екологічної кризи?
2. Наведіть факти ресурсів життєдіяльності, що характеризують загальну екологічну ситуацію у світі (продукти харчування, вода, повітря).
3. Що таке “парниковий ефект” і чим він загрожує?
4. Назвіть основні етапи розвитку науково-технічного прогресу, починаючи з XVIII століття.
5. Наведіть графічні залежності прогнозів еколога Медоуза щодо перспектив людства.
6. Дайте принаймні два рівноцінні означення категорії екологія.
7. Визначте сфери діяльності “загальної” та “предметної” екології.
8. Назвіть і охарактеризуйте основні поняття і категорії, що входять в склад науки “екологія”.
9. Що таке “біосфера” і “ноосфера”? Відповідь обґрунтуйте.
10. Які основні біохімічні функції біосфери за В.І. Вернадським Ви знаєте?
11. В чому суть колообігу матерії? Наведіть схему цього колообігу.
12. Що є джерелом колообігу енергії? Відповідь обґрунтуйте.
13. Які основні закони екології ви знаєте? В чому суть закону біогенної міграції атомів за В.І. Вернадським?
14. Охарактеризуйте чотири закони екології американського вченого еколога Б. Коммонера. Які Ваші особисті оцінки з приводу цих законів?
15. Які основні шкідливі речовини біосфери Ви знаєте? Охарактеризуйте їх вплив на живі системи.
16. Яка дія $PbBr_2$ на нервову систему і метаболізм людини? Як ця сполука виникає в атмосфері?
17. Які проблеми вивчає екоотоксикологія? Наведіть приклади впливу токсичних речовин на людину.
 18. Назвіть фактори забруднення атмосфери.
 19. Напишіть реакцію повного і неповного згоряння нонану і октану – складових бензину.
 20. Охарактеризуйте реакції взаємодії оксидів і фреону з озоном.
 21. Назвіть фактори забруднення гідросфери. Що означає явище еутрофікації?
 22. Які властивості промислових стоків?
 23. Назвіть фактори забруднення літосфери.
 24. Яка дія пестицидів (гербіцидів та інсектицидів) на навколишнє середовище?
 25. Напишіть процес перетворення фосфорних добрив при внесенні їх у ґрунт. Що таке кальцій-силікатний шлак, який утворюється при цьому?
 26. Що таке резервний та обмінний (рухливий) фонди в колообігу біогенних елементів?
 27. Охарактеризуйте глобальний колообіг вуглецю в біосфері.
 28. Охарактеризуйте глобальний колообіг води з біосфері.
 29. Напишіть реакцію фотосинтезу та обґрунтуйте її.
 30. Опишіть процеси колообігу азоту, фосфору та сірки.

2 Модуль

31. Наведіть факти з історії відкриття радіоактивності.
32. Дайте визначення основним системним і несистемним одиницям радіоактивності.
 33. Охарактеризуйте природні джерела радіації.
34. Опишіть джерела радіації, створені людиною: а) медичні апарати і процедури; б) ядерні вибухи; в) атомна енергетика.
35. Яка дія радіації на людину? Чи обґрунтованою є концепція про пороговий рівень радіоактивної дози?
36. Наведіть механізм біологічної дії іонізуючого опромінення. Які два типи пошкодження організму при цьому можливі?
 37. Що таке урбоекологія? Які її завдання і яка її мета?
 38. Охарактеризуйте масштаби урбанізації у світі і в Україні.
 39. У чому суть деградації біосфери у великих містах?
40. Що означає рураризація? Обґрунтуйте доцільність цього руху міського населення.
 41. Які фактори денатуралізації урбанізованого середовища Ви знаєте?
42. Наведіть класифікацію фізичних факторів впливу на організм міської людини.
43. Охарактеризуйте механічні, електричні та радіоіонізаційні фактори урбанізованого середовища.
 44. Які хімічні фактори впливу на мешканців міст Ви знаєте?
45. У чому суть хімічного забруднення ґрунту, повітря та води в сучасному місті?
 46. Яку особливість має флора великого міста?
 47. Яка специфіка характерна для міської фауни?

ЛІТЕРАТУРА

1. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
 2. Злобін Ю. А. Основи екології. – К.: Лібра, ТОВ, 1998. – 248 с.
 3. Кучерявий В.П. Екологія. – Львів: Світ, 2000. – 500 с.
 4. Боков В.А., Луцик А.В. Основы экологической безопасности. – Симферополь: СОНАТ, 1998. – 224 с.
 5. Джигирей В.С. та ін. Основи екології та охорони навколишнього середовища. – Львів: Афіша, 2000. – 272 с.
 6. Одум Ю. Экология: В 2-х т. – М.: Мир, 1986. – Т. 1. – 326 с.; Т. 2. – 376 с.
 7. Антропогенные проблемы экологии: Методическое пособие. – К.: Вища школа, 1997. – 179 с.
- 131
8. Говорун А.Г., Скорченко В.Ф., Худолій М.М. Транспорт і навколишнє середовище. – К.: Урожай, 1992. – 144 с.
 9. Лук'янова Л.Б. Основи екології. – К.: Вища школа, 2000. – 327 с.
 10. Основы промышленной экологии: Учебное пособие / Челноков А.А., Ющенко Л.Ф. – Минск: Вышэйшая школа, 2001. – 343 с.
 11. Реймерс Н.Ф. Охрана природы и окружающей человека среды: Словарь-справочник. – М.: Просвещение, 1992. – 320 с.
 12. Черныш В. Введение в экологическую кибернетику. – М.: Мир, 1990. – 568 с.
 13. Чайка В.С. Основи екології. – Вінниця: Книга Вега, 2002. – 408 с.
 14. Чайка В.С. Урбоекологія. – Вінниця: ВДСУ, 1999. – 368 с.
 15. Мазур И. И., Молдованов О. И. Курс инженерной экологии: Учебник для вузов/ Под ред. И. И. Мазура. – М.: Высшая школа, 1999. – 447 с.
 16. Экология: учебник для техн. вузов/ Л. И. Цветкова и др. – М.: АСВ; СПб: Химиздат, 1999. – 488 с.
 17. Коробкин В. И., Передельский Л. В. Экология: Для студентов вузов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 576 с.
 18. Чернобаев И. П. Химия окружающей среды: Учебное пособие. – К.: Вища школа, 1990. – 191 с.
 19. Колотило Д. М. Екологія і економіка: Навч. Посібник. – К.: КНЕУ, 1999. – 368 с.
 20. Білявський Г. О., Бутченко Л. І., Навроцький В. М. Основи екології: Теорія і практикум. – К.: Лібра, 2002. – 352 с.
 21. Тайлер Миллер. Жизнь в окружающей среде./ в 3 т., под ред. Г. А. Ягодина. – М.: Пангея, 1993. – 512 с.
 22. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костінов І.Ю. Основи екологічних знань. Пробний масовий підручник для учнів 10–11 класів СЗШ. – К.: Либідь, 2000. – 334 с.
 23. Основи екології. Навчальний посібник для студентів всіх спеціальностей/ Євсєєва М. В. – Вінниця: ВДТУ, 2000. – 96 с.
 24. Петрук В. Г., Копецький В. П., Гаркушевський В. С. Радіація і радіоактивне забруднення. – Вінниця: ВДТУ, 1996. – 25 с.
 25. Вернадский В. И. Биосфера. – М.: Мысль, 1967. – 367 с.

ЗАВДАННЯ

МОДУЛЬ 1

Виконане завдання (у вигляді тексту, який написаний від руки або надрукований, презентації і т.ін.) необхідно надіслати до 28.10.2023 р. на електронну адресу reos.de@gmail.com.

Обов'язково у темі листа зазначити прізвище та групу.

- 1. Які магістральні шляхи визначили вчені-екологи щодо виходу людства з екологічної кризи?*
- 2. Що таке “біосфера” і “ноосфера”? Відповідь обґрунтуйте.*
- 3. Назвіть фактори забруднення гідросфери. Що означає явище еутрофікації?*
- 4. Опишіть процеси колообігу азоту, фосфору та сірки.*

ЗАВДАННЯ

МОДУЛЬ 2

Виконане завдання (у вигляді тексту, який написаний від руки або надрукований, презентації і т.ін.) необхідно надіслати до 28.11.2023 р. на електронну адресу reos.de@gmail.com.

Обов'язково у темі листа зазначити прізвище та групу.

- 1. Охарактеризуйте природні джерела радіації.*
- 2. Яка дія радіації на людину? Чи обґрунтованою є концепція про пороговий рівень радіоактивної дози?*
- 3. У чому суть деградації біосфери у великих містах?*
- 4. Охарактеризуйте механічні, електричні та радіоіонізаційні фактори урбанізованого середовища.*

Гарних успіхів у навчанні!