

В.Г. Петрук

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

В.Г. Петрук

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як курс лекцій для студентів денної, заочної та дистанційної форм навчання всіх спеціальностей. Протокол № 8 від "2" 03 2006 р.

Вінниця ВНТУ 2006

УДК 574
П 91

Рецензенти:

С.Й. Ткаченко, доктор технічних наук, професор

Г.І. Денисик, доктор географічних наук, професор

В.Г. Кур'ята, доктор біологічних наук, професор

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Петрук В.Г.

П 91 Основи екології. Курс лекцій. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 133с.

В курсі лекцій подані основи екології, в тому числі класичної та неоекології. Робота написана з позицій хімічних основ екології. Розглядаються питання забруднення біосфери, урбоекології, альтернативної енергетики, хіміко-технологічних систем очищення промислових та побутових стоків і газових викидів, екологічні проблеми України і Подільського регіону та інженерні шляхи їх вирішення тощо.

Розраховано на студентів екологічних та інших спеціальностей технічних ВНЗ, а також магістрантів і аспірантів, які займаються дослідженнями у галузі екології.

УДК 574

© В.Г. Петрук, 2006

ЗМІСТ

ЛЕКЦІЯ 1 ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ У СВІТІ.....	6
Вступ.....	6
1.1 Вплив науково-технічного прогресу та науково-технічної революції на навколишнє середовище.....	7
ЛЕКЦІЯ 2 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЗАКОНИ ЕКОЛОГІЇ.....	11
2.1 Екологія – як наука.....	11
2.2 Основні поняття та терміни екології.....	12
2.3 Поняття біосфери.....	15
2.4 Хімічний склад біосфери і схема колообігу.....	15
2.5 Основні закони екології.....	16
ЛЕКЦІЯ 3 ОСНОВНІ ШКІДЛИВІ РЕЧОВИНИ БІОСФЕРИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЛЮДИНУ І ДОВКІЛЛЯ.....	20
3.1 Екотоксикологія шкідливих речовин біосфери.....	20
3.2 Забруднення атмосфери.....	22
3.3 Забруднення гідросфери. Характеристика стоків.....	24
3.4 Забруднення літосфери.....	25
3.5 Хімія забруднюючих токсичних речовин і вплив їх на людину... ..	26
ЛЕКЦІЯ 4 КОЛООБІГ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	30
4.1 Основні типи коло обігу.....	30
4.2 Глобальні колообіги вуглецю і води.....	31
4.3 Фотосинтез.....	33
4.4 Колообіг азоту.....	34
4.5 Колообіг фосфору.....	35
4.6 Колообіг сірки.....	36
4.7 Колообіг другорядних елементів.....	37
ЛЕКЦІЯ 5 РАДІАЦІЯ І РАДІОАКТИВНЕ ЗАБРУДНЕННЯ.....	38
5.1 Радіоактивне забруднення.....	38
5.2 Про історію радіаційних досліджень.....	38
5.3 Одиниці вимірювань радіації.....	40
5.4 Природні джерела радіації.....	41
5.5 Джерела радіації, створені людиною (штучні).....	44
5.6 Ядерні вибухи.....	45
5.7 Атомна енергетика.....	45
5.8 Дія радіації на людину.....	46
5.9 Про кліматичні наслідки ядерної війни.....	49
ЛЕКЦІЯ 6 УРБОЕКОЛОГІЯ. ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ МІСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ.....	50
6.1 Предмет урбоекології.....	50
6.2 Масштаби урбанізації.....	50
6.3 Деградація біосфери у великих містах.....	51
6.4 Фактори урбанізованого середовища.....	53
6.5 Хімічні фактори міського середовища.....	54

6.6 Ґрунтові хімічні забруднення міста.....	55
6.7 Хімія міської води.....	56
6.8 Міська флора.....	57
6.9 Міська фауна.....	57
Контрольні запитання (1 модуль).....	58
ЛЕКЦІЯ 7 ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД, ПРОМИСЛОВИХ СТОКІВ І ГАЗОВИХ ВИКИДІВ.....	60
7.1 Загальна характеристика стічних вод.....	60
7.2 Очищення непромислових (побутових) стоків.....	60
7.3 Методи очищення промислових стоків.....	64
7.4 Реагентні методи.....	65
7.5 Очищення стічних вод електролізом, електрокоагуляцією, флотацією, екстракцією, зворотним осмосом.....	70
7.6 Біохімічні методи очищення стічних вод.....	72
7.7 Методи знезараження газових викидів.....	75
7.8 Методи очищення вихлопних газів ДВЗ.....	77
ЛЕКЦІЯ 8 АЛЬТЕРНАТИВНІ ЕКОЛОГІЧНО ВИПРАВДАНІ (ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ) ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ.....	78
ЛЕКЦІЯ 9 ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПРОЦЕСИ, РОЗКЛАД РЕЧОВИН ТА ЗМІНИ В БІОСФЕРІ.....	86
9.1 Поняття фотосинтезу.....	86
9.2 Потепління клімату.....	90
9.3 Озонові діри.....	91
9.4 Кислотні дощі.....	93
9.5 Хімічні фактори забруднення біосфери.....	95
ЛЕКЦІЯ 10 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛЮДСТВА.....	99
10.1 Основні види джерел водозабезпечення.....	99
10.2 Властивості води – найважливішого екологічного чинника природи.....	100
10.3 Споживачі прісної води.....	105
10.4 Охорона вод Світового океану.....	107
10.5 Антропогенні катастрофи на акваторіях.....	109
ЛЕКЦІЯ 11 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ УКРАЇНИ.....	112
11.1 Основні види екологічних проблем України.....	112
11.2 Стан водних басейнів України.....	117
11.3 Охорона підземних вод України.....	120
11.4 Деградація лісів України – її легенів.....	121
ЛЕКЦІЯ 12 ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ ВІННИЧЧИНИ. ІНЖЕНЕРНІ ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ....	124
12.1 Особливості екологічних проблем Вінниччини.....	124
12.2 Земельні ресурси Вінниччини.....	127

12.3 Радіаційна ситуація Вінниччини.....	128
Контрольні запитання (2 модуль).....	130
ЛІТЕРАТУРА.....	131

*Люди мають право
на здорове і плідне життя в
гармонії з природою!*

Всесвітня програма дій на XXI століття

ЛЕКЦІЯ 1 ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ У СВІТІ

Вступ

Нещодавно у ВНТУ відбулась науково-методична конференція “Гуманізація і гуманітаризація навчання у вузі”, виступи викладачів на якій зводились до однієї тези – якщо вузи планети будуть готувати інженерів тільки з технічного боку – перспектив у людства не буде.

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 сформувані **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, як передбачити послідовну переробку відходів виробництва, щоб зробити технологію 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 тривоги 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 розтавання 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 розвиткові (революції). Як справедливо зауважив Ф.Енгельс

“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 Штрассман 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 приходить 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*.

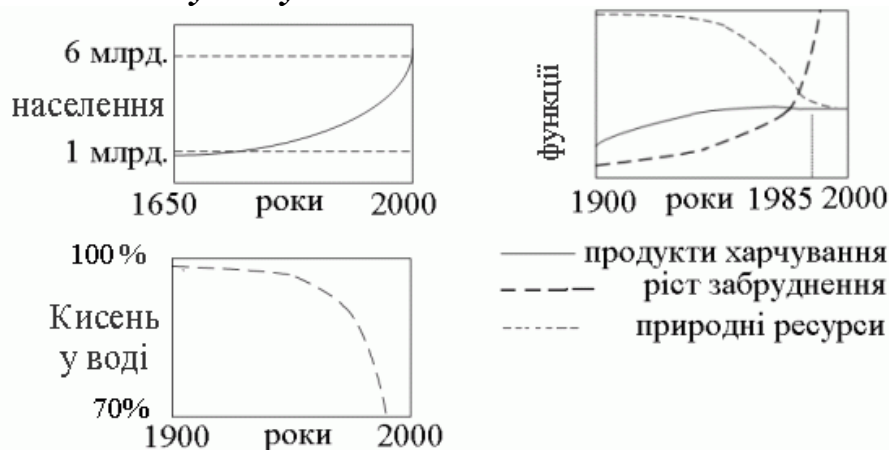


Рисунок 1.1

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 ХХ 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 кедру. 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 територій, 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 в однаковій 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 головної 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 відтворити можливості життєзабезпечення як для теперішніх, так і прийдешніх 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 зрос-

тання, 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 короточасній, 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 й *гармонізацію 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 рослина-

ми 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 фактори забруднення довкілля).

Основними розділами **геоекології** є ландшафтна екологія, екологія атмосфери, 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, агроєкологія, 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 біокатализаторів – 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 ж 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 природокорис-

туванні. 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 з них, 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 експер-

тиз 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 односторонності 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, вирощування 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 природою з метою їх гармонізації.

17) Закон сукупної дії природних факторів: (закон Міттерніха – Тінемана – Баулса): обсяг урожаю залежить не від окремого, нехай навіть лімітованого 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 ґрунтостомлення (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 й 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.

Сучасна екологія є багатогранною комплексною наукою, головною метою якої є розробка наукових основ порятунку людства і середовища його існування – біосфери планети, раціонального природокористування та охорони природи. Змінюючи й надалі природні умови, люди будуть змушені робити це обдуманно, зважено, передбачаючи далеку перспективу і спираючись на знання основних екологічних законів – законів мудрої Природи.

ЛЕКЦІЯ 3 ОСНОВНІ ШКІДЛИВІ РЕЧОВИНИ БІОСФЕРИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЛЮДИНУ І ДОВКІЛЛЯ

3.1 Екотоксикологія шкідливих речовин біосфери

В ході біологічної еволюції людина адаптувалась до біологічного середовища і частково цим можна пояснити її виживання. В зв'язку із зростаючим забрудненням навколишнього середовища організм людини не встигає виробляти захисні механізми проти зростаючої дії токсичних речовин.

Вплив хімічних сполук, які містяться у відходах промисловості, здійснюється на людину як прямими так і непрямими шляхами. Прямий шлях – це потрапляння токсичних речовин в організм людини з повітрям і водою. Непрямий шлях – це коли токсичні речовини потрапляють спочатку в рослини, які поїдають тварини, а потім, разом із їжею – в організм людини.

Найбільш відомими шкідливими для людини речовинами, які накопичуються в атмосфері, є CO, SO₂, оксиди N, формальдегід (мурашиний альдегід) та ін.

При цьому CO – газ без забарвлення і без запаху. Впливає на нервову і серцево-судинну систему людини. При попаданні CO організм людини, вона задихається (CO з'єднується з гемоглобіном крові, в результаті чого він втрачає здатність транспортувати до тканин кисень).

SO₂ – газ без забарвлення з різким запахом. Уражає слизисту оболонку очей і дихальні шляхи.

Оксиди азоту N₂O, NO, N₂O₃, NO₂, N₂O₅ уражають верхні дихальні шляхи. В місцях з автомобільним скупченням утворюється “смог”. При осіданні оксидів азоту на вологій поверхні легень утворюються HNO₃ і HNO₂, що призводить до отікання (набряку) легенів.

Формальдегід уражає слизисту оболонку очей і верхні дихальні шляхи. Його 40%-ий розчин називається формалін.

Токсичні сполуки металів. Найшкідливішими сполуками є солі Hg і Pb, які викликають зміни в клітинах мозку. Приклад – хвороби Мінамата. Хімкомбінат в м. Мінамата довгий час скидав в бухту стоки з солями Hg. Концентрація сполук Hg підвищувалась по ланцюгу: бактерії – водорості – риби – людина. Токсичними є також сполуки Pb, які в великих кількостях

забруднюють атмосферу разом з вихлопними газами автотранспорту. Як антидетонатор в бензин додається тетраетилсвинець, який в процесі згорання в присутності етилброміду перетворюється в легколеткий $PbBr_2$. Бромід свинцю є отрутою нервово-паралітичної дії. Крім того, це ферментна отрута, яка перешкоджає синтезу гемоглобіну в організмі людини. Його дія – загальна слабкість, порушення пам'яті, неадекватні дії тощо.

Синтез і використання радіоактивних речовин призвели до нового виду забруднення біосфери – радіоактивного. Руйнування біологічних систем зумовлено властивістю радіоактивних α -, β -частинок і γ -випромінювань іонізувати молекули. Іонізуюче випромінювання впливає на живі клітини або безпосередньо, або ж непрямим шляхом (через продукти радіолізу води – вміст води в організмі до 90-95%).

γ -випромінювання є найнебезпечнішим видом випромінювання, оскільки активно проникає в тканини живих організмів, більша частина α -випромінювання поглинається шкірою, β -випромінювання проникає на глибину до 1 мм.

Більш небезпечним для здоров'я є те, що радіоактивні речовини разом з повітрям, водою і їжею попадають всередину організму. Деякі радіоактивні речовини попадають в організм людини, розподіляються 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 CO 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, які є відходами пластма-

сових виробництв. Поступове їх накопичування призвело до порушення апарату розмноження тюленів. Або приклад з облісінням 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 всі хімічні елементи використовуються в промисловому виробництві. Основні забруднювачі – теплоенергетичні галузі, автотранспорт, хімічна, металургійна, нафтопереробна промисловості. Як приклад – матеріальний баланс ТЕС 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.

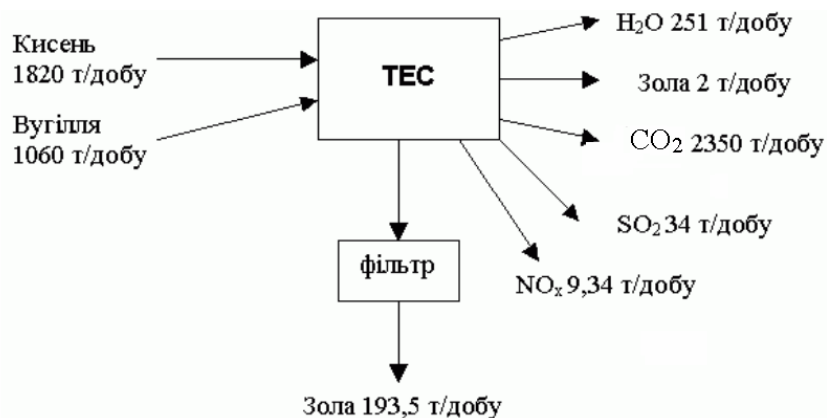


Рисунок 3.1 – Матеріальний баланс ТЕС

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

золотворення, 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 SO_2 , який руйнує хлорофіл зелених рослин. Наявність його в атмосфері призводить до кислотних дощів. Одна тільки Ладижинська ДРЕС викидає в атмосферу до 500 т SO_2 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).

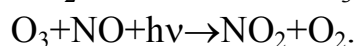
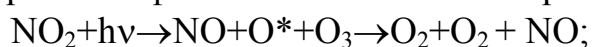
При спалювання палива в ідеальному варіанті утворюється H_2O і CO_2 :
 $\text{C}_9\text{H}_{20} + 14 \text{O}_2 \rightarrow 9 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O}$.

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

$\text{C}_9\text{H}_{20} + 9,5 \text{O}_2 \rightarrow 9 \text{CO} + 10 \text{H}_2\text{O}$ або $\text{C}_8\text{H}_{18} + 2,5 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CH}_3\text{--COH} + \text{H}_2\text{O}$
чи $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4 + 2 \text{CH}_3\text{--CH}_2\text{Br} + 14,5 \text{O}_2 \rightarrow \text{PbBr}_2 + 12 \text{CO}_2 + 15 \text{H}_2\text{O}$.

При згоранні 1 кг бензину витрачається 200 л O_2 , що в 2,5 рази більше, ніж потребує на добу 1 людина. Кожна автомашина 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): $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$.

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: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}$.

3.3 Забруднення гідросфери. Характеристика стоків

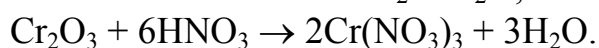
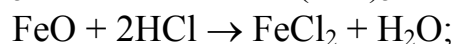
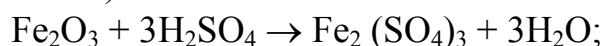
Водоспоживання нашої країни складає близько 8% від світового і перевищує зараз $3000 \text{ км}^3/\text{рік}$. На ріки і озера покладають зараз дві протилежні функції, з якими вони з часом все менше справляються, з одного боку – це джерела водоспоживання для побутових та технічних потреб, з другого – 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 речі, в колись мертвих Великих озерах США вже водиться риба! А як же у нас?

Отже, всі стоки поділяються на:

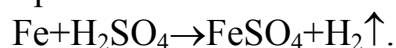
- 1) промислові, що утворюються в результаті технологічних процесів;
- 2) побутові;
- 3) атмосферні або зливові стоки.

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 $80-90^\circ\text{C}$, або 20%-ий розчин HCl при температурі 60°C . Іноді додають HNO_3 і HF кислоти (при травленні корозійно стійких сталей):

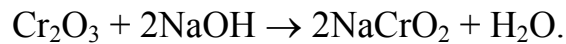
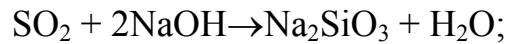
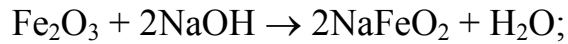


Але при цьому частково розчиняється і сам метал:



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.

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 м³ дистильованої рідини (суспензії CaSO₃, CaSO₄, Ca(OH)₂, пісок). Цю рідину закачують на полігони і таким чином утворюються “білі моря”. Щороку в світі утворюється близько 200 млн. м³ 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 зрошення. Поливається тільки культурна рослина, а бур'ян під палючим сонцем просто не росте.

3.4 Забруднення літосфери

Тверді відходи, які в основному забруднюють літосферу, утворюють-

ся в гірничій і гірничо-збагачувальній промисловості, теплоенергетиці і крупнотонажній хімічній промисловості. В нашій країні закладовано 10-12 млрд. м³ 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.

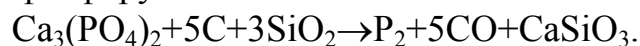
Причому кількості твердих відходів швидко зростають. В 1980 р. шлакові відходи на Земній кулі складали 2 млрд. т, на 1990 р. ця цифра зросла вдвічі.

Додає твердих відходів і крупнотонажна хімія: отримання H₂SO₄ – початкова стадія – відпалювання сірчаного колчедану. В результаті – щороку нагромаджується 4 млн. т огарку (FeS₂+2O₂→Fe+2SO₂).

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

Сіль – хлористий калій, що добувають із силвініту KCl·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. На даному 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. клі-

тин, 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.

H_2S – 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 H_2S у воді спричиняє екземи і дерматити шкіри, уражає очі (світлобоязнь, хронічна сльозотеча). ГДК – $0,01 \text{ г/м}^3$. 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 – $0,03 \text{ г/м}^3$. У найбільшій кількості міститься у вихлопних газах автомашин, отруюючи вулиці великих міст.

NH_3 – аміак. Впливає на органи дихання і центральну нервову систему, спричиняє кон'юнктивіт, катар верхніх дихальних шляхів, знижує імунітет проти інфекцій. NH_3 в промисловості і торгівлі використовують в холодильних установках, у побуті розчин NH_3 у воді відомий під назвою нашатирного спирту. ГДК – $0,02 \text{ г/м}^3$.

Hg – ртуть. За хронічного отруєння парами Hg уражаються система травлення, нирки, нервова система, спостерігається тремтіння рук. ГДК – 10 мг/м^3 . 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 електролітів 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 – $0,3 \text{ мг/л}$.

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.

Метиловий спирт (CH_3OH). Уражає зоровий нерв, що призводить до сліпоти, спричиняє цироз печінки, катар шлунку, атеросклероз, хвороби нирок і психічні хвороби. Міститься в антифризах, розчинниках, технічно-

му 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 КОЛООБІГ 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 вивітрюється 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 перепплавляються 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 O, досить швидко компенсують різні порушення завдяки наявності великих 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.

Осадкові 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 недоскона-

лими 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 CO_2 . Джерелом первинної вуглекислоти біосфери є вулканічна діяльність, яка пов'язана з дегазацією мантії.

Міграція CO_2 в біосфері Землі протікає двома шляхами. Перший – це поглинання CO_2 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 CO_2 переходить в H_2CO_3 , HCO_3^- і CO_3^{2-} . Потім за допомогою розчиненого у воді кальцію відбувається осадження карбонатів у вигляді CaCO_3 . 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, CO_2 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 CO_2 . Крім того, велика кількість CO_2 потрапляє в атмосферу внаслідок процесів **спалювання палива** в результаті технічної діяльності людини.

Певна частина CO_2 поступає в атмосферу і внаслідок сільськогосподарської діяльності людини. Хоча сільськогосподарські культури і фіксують CO_2 , але це не компенсує тієї його кількості, яка вивільняється з ґрунту.

CO_2 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 CO_2 ґрунто-

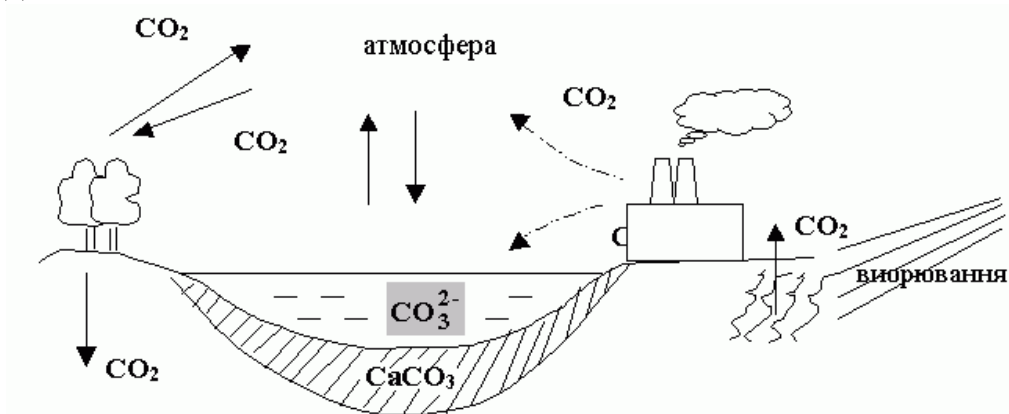


Рисунок 4.1 – Колообіг вуглецю

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 CO_2 в атмосфері наявні в невеликих кількостях ще дві вуглецеві сполуки – CO і CH_4 (нормальний вміст 0,1 і 0,6 частинки на мільйон). Ці речовини знаходяться в швидкому колообігу: 1 рік для CO ; 3,6 року – CH_4 ; 4 роки – CO_2 . І CO , і CH_4 в атмосфері швидко окислюються до CO_2 .

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 CH_4 виконує і корисну функцію – підтримує стабільність озонового шару.

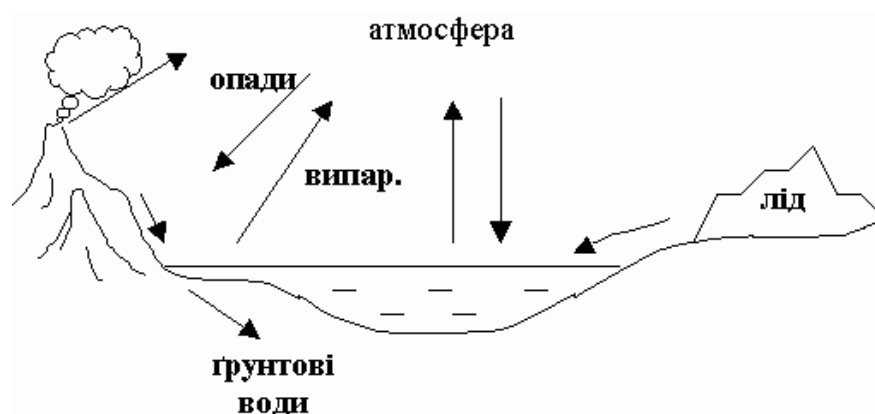


Рисунок 4.2 – Колообіг води

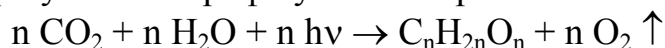
Найглобальнішими процесом в природі є *колообіг води*. В біосфері вода, безперервно переходячи з одного стану в інший, здійснює малий і

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 га ялинового 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*.

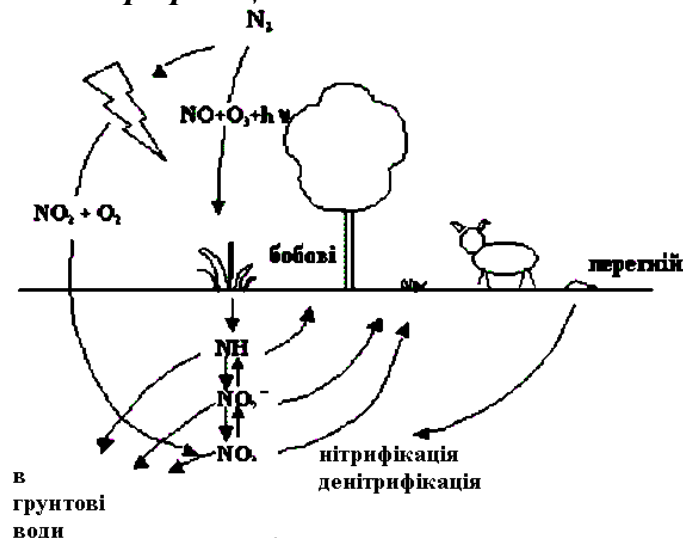


Рисунок 4.3 – Колообіг азоту

Приблизно до 1950 р. вважалось, 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 будь-якої сівозміни.

Фіксація азоту потребує особливо великих затрат енергії на розрив потрійного зв'язку $N \equiv N$, 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 азототукових 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 P не утворює газової фази. Головна маса P пов'язана з мінеральною частиною літосфери, а невелика частина мігрує в складі природних вод і не бере участі в атмосферних процесах.

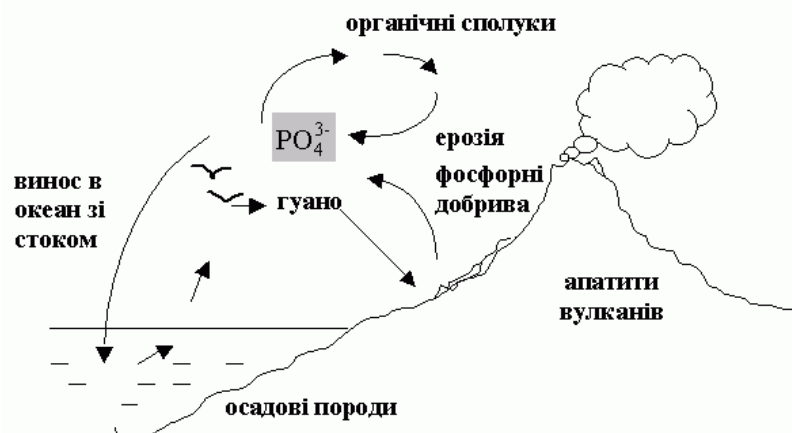


Рисунок 4.4 – Колообіг фосфору

Загальний 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 *гінсу* $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 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^-).

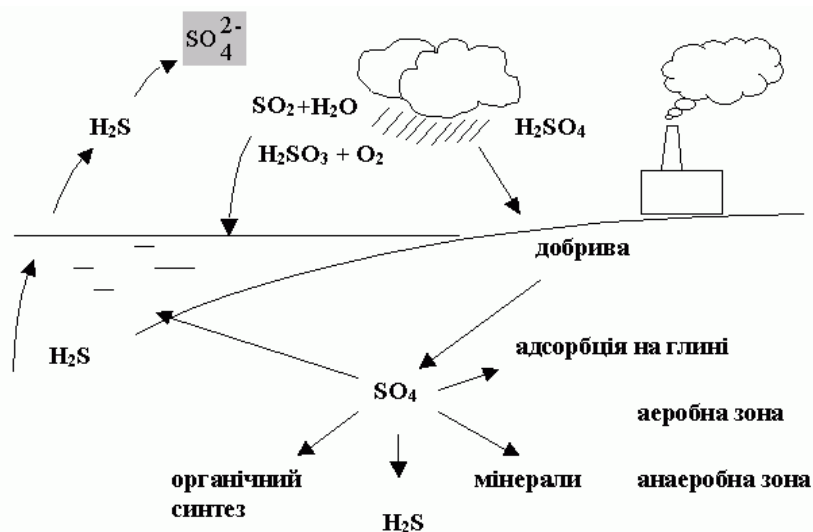


Рисунок 4.5 – Колообіг сірки

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

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 не вигідним 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, $\text{Sr} \rightarrow \text{Ca}$).

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-

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

Радіоактивний Cs¹³⁷ за властивостями подібний до К, тому він швидко циркулює по харчовому тракту людини і т.д.

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 вмирали 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 у ящик столу кілька фотопластинок, надавши їм якийсь 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 часток. 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.

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 1Р відповідає утворенню $2.08 \cdot 10^9$ пар іонів в 0.001293г сухого повітря. Отже, в 1г повітря міститься $2.08 \cdot 10^9 / 0.001293$ пар іонів; $1Р = 2.58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг. Одиницею потужності експозиційної дози є 1А/кг, а несистемною одиницею – Р/с.

Несистемна одиниця еквівалентної дози – бер (біологічний еквівалент рентгена): $13в = 100бер$.

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 -випромінення – 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.

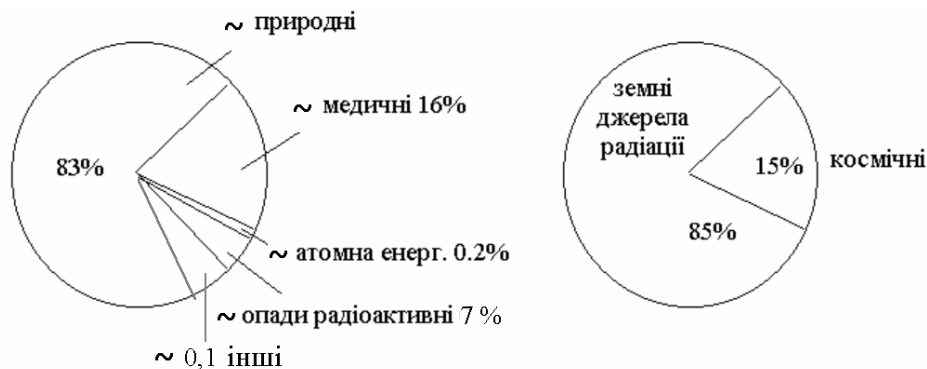


Рисунок 5.1

Зовнішнє опромінення. Рівень радіоактивного фону залежить від залягання **радіоактивних порід** в тому чи іншому місці. Основні радіоактивні ізотопи гірських порід – калій K^{40} , рубідій Rb і члени двох радіоактивних сімейств: U^{238} і Th^{232} . 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-

том Th^{232} . 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 випромінення 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 випромінення. 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).

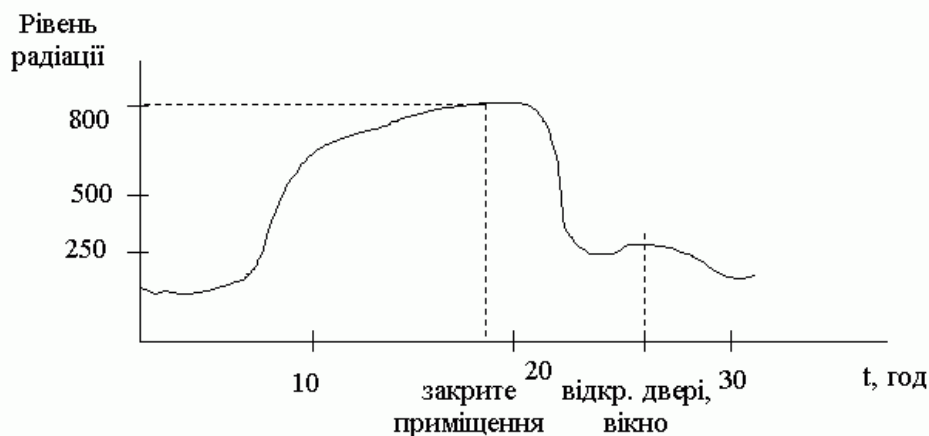


Рисунок 5.2

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 поверххах 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 навчилась 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 радіоізотопів.

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):

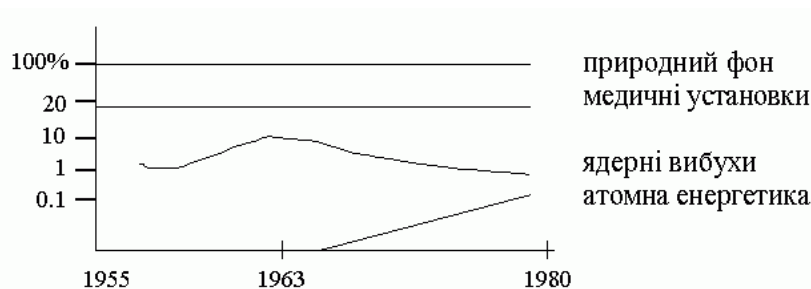


Рисунок 5.3

В принципі, опромінення в медицині направлено на те, щоб вилікувати хворого. Проте нерідко дози є невиправдано 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, вагомійший, – 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).

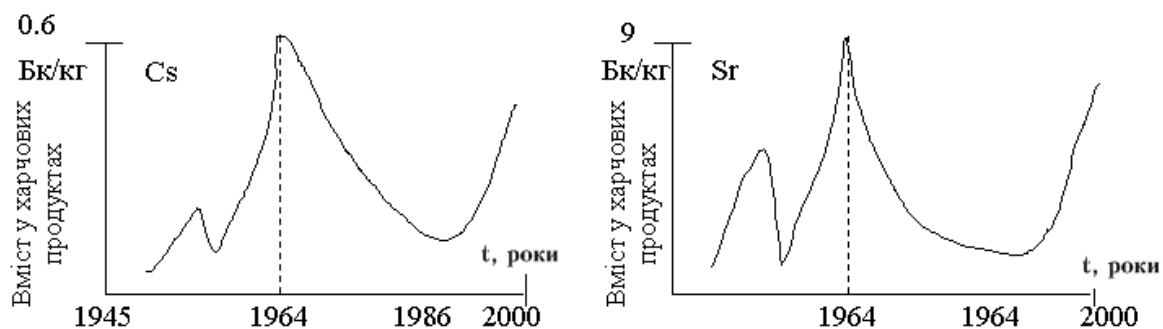


Рисунок 5.4

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-

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 випромінювання, 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 невеликі 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).

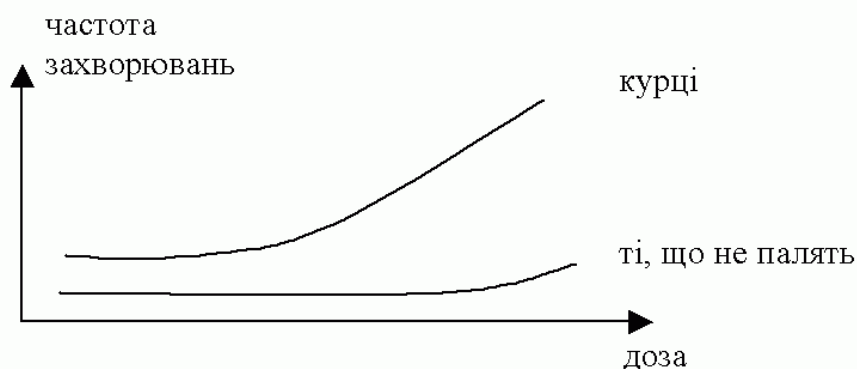


Рисунок 5.5

Фізико-хімічний механізм біологічної дії іонізуючого опромінення

1. Заряджені частинки (α , β) або γ -випромінювання 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 (кулеподібний)**. 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 O_2^-** . Ця форма O_2 , 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 I-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 O_2^- 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 рентгеноскопічному 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 і 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 $0,1 \text{ км}^3$.

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 боєголовок 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 індустріальних об'єктів. У разі виникнення ядерного конфлікту він одразу переросте у світовий, так як буде відбуватися бомбардування не тільки країн-учасниць 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 урбоекології

Місто справедливо називається колискою 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

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-Осакський, 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 вододерт 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 **задиhaється 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 кожну 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 CO₂.

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 невробами 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 *рураризацію – 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 до-

звілля” періодично спорожнює міста.

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

Компромісом мегаполізації 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 місці самотніх умов та хороші, 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 40-800 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 – інфразвук (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-

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 випливає **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 10^3 легких іонів на 1 см^3 , 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 систем.

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 кожен тону перероблених відходів.

Крім того, у 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.

У той 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 води з розрахунку на 1 голову худоби, 1 т сталі – 500 т води і т.д. **Запаси підземних вод в містах катастрофічно вичерпуються.**

У минулому 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 в квартирі – 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 тратити 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, гінґо 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 докільця, 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 екотоксикологія? 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.
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?

ЛЕКЦІЯ 7 ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД, ПРОМИСЛОВИХ СТОКІВ І ГАЗОВИХ ВИКИДІВ

7.1 Загальна характеристика стічних вод

Старе емпіричне правило твердить – *подібне лікується подібним*. Тому, якщо внаслідок технічної діяльності людини забруднюється навколишнє середовище, то зупинити або хоча б сповільнити цей процес можна тільки застосовуючи технічні прийоми і системи, створені людиною. **Відходів в хімії немає, а є тільки невикористана сировина**. Оскільки всі елементи біосфери – і вода, і повітря, і тверді речовини знаходяться в постійному колообігу, то, перш ніж повернутись в цей колообіг, стоки і газіві викиди повинні бути очищеними до певних граничних концентрацій домішок.

Є **промислові і побутові стічні води**. Кількість побутових стоків складає близько 200 л/добу на 1 людину. Можливе майже повне їх очищення в результаті біологічного руйнування домішок, так як всі вони мають органічну природу. Звичайно, непромислові стоки можуть містити й інші матеріали, наприклад, залишки твердих порід, масел, але вони легко відділяються на очисних станціях.

Промислові стоки можуть не очищатись шляхом біологічної обробки. Більшість з цих стоків є отрутами для мікроорганізмів, які розкладають промислові відходи, тому очищення промислових і побутових стоків здійснюється окремо.

Стічні води характеризуються такими ознаками: мутність, вміст твердих речовин у вигляді суспензій, загальний солевміст, кислотність, концентрація розчиненого O_2 , “перманганатна проба”, яка характеризує кількість нестабільних органічних речовин, запах, прозорість, твердість, в’язкість, окислення органічних сполук $KMnO_4$, біохімічна потреба в O_2 (БПК) – характеристика кількості органічних сполук, які здатні розкладатись біологічно, ХПК – характеризує загальну кількість органічних речовин тощо.

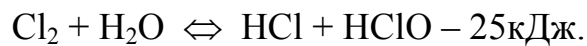
7.2 Очищення непромислових (побутових) стоків

Раніше стічні води скидались в водойми без попереднього очищення. Оскільки кількість стоків і вміст шкідливих речовин у них були невисокі, то для цього було досить природних процесів **седиментації** і **бактеріального окислення**. Тепер цих процесів явно недостатньо.

Взагалі, непромислові стоки обробляють в 3 стадії:

а) **первинна обробка** – зі стоків видаляються крупні частки твердих

речовин. При цьому в рідкій фазі залишаються колоїдні розчинені частки. Спочатку стоки **фільтруються** через решітку, потім їх пропускають через відстійники, де осідає завісь. Процес **седиментації** прискорюють введенням **коагулянтів** $\text{Al}(\text{SO}_4)_3$ і FeSO_4 та **флокулянтів**. Якщо після цього стоки не поступають на вторинну обробку, то перед скиданням в природні водойми їх **хлорують**. Стерилізуюча дія хлору, очевидно, зумовлена не самим Cl_2 , а хлорноватистою кислотою HClO , яка утворюється в результаті взаємодії Cl_2 з водою.



Хоча хлор використовується для стерилізації води, давно встановлено, що він може приносити шкоду людському організмові. В хлорованій воді в незначній кількості було знайдено CHCl_3 і CCl_4 . А накопичення цих токсичних речовин в організмі людини може призвести до різних захворювань.

Правда, для знищення бактерій більш ефективним засобом є **озон**, але його потрібно виробляти тільки там, де застосовують. А хлор можна доставляти в зрідженому вигляді в цистернах і дозувати безпосередньо у водопровідну мережу. Первинна обробка видаляє 60% завислих твердих речовин і зменшує БПК на 35%;

б) **вторинна обробка**. Відбувається за допомогою **біохімічних процесів**. При цьому із стоків видаляється основна маса **органічних речовин**.

Найбільш поширений спосіб вторинної обробки носить назву "**метод очищення з активним мулом**". В цьому методі стоки, які пройшли первинну обробку, пропускаються в **аераційну камеру**, де через воду продувається повітря. Аерація стимулює швидкий ріст аеробних бактерій, які переробляють органічні домішки води. Бактерії утворюють масу, яка називається активним мулом. Він осідає у відстійниках, а очищена після додаткового хлорування вода зливається у водойми.

Більша частина активного мулу повертається в аераційну камеру. Після вторинної обробки з води видаляється близько 90% зависі і її БПК знижується на 90%. Вода, яка пройшла тільки первинну і вторинну обробку, може містити відносно великі кількості фосфору і азоту. Це може призвести до бурхливого росту водоростей у водоймах. Крім того, розчинені хімічні домішки не видаляються при вторинній обробці. Тому невелика частина стоків поступає на третинну обробку. Приблизно 10% всіх побутових стоків взагалі не очищується, біля 30% проходить тільки первинну обробку, а решта стоків проходить вторинну обробку.

Для зменшення об'єму осаду його обробляють в **автоклаві** при підвищеному тискові. При цьому його об'єм зменшується на 60%. Для збільшення продуктивності автоклаву суміш осаду і стоків нагрівають парою або гарячою водою (при цьому збільшується швидкість ферментації). Метан, який утворюється із осаду, використовується при виробництві пару для нагрівання самого осаду, в газових турбінах при виробництві електроенергії. Потім осад поступає в згущувач і перекачується в вакуумний

фільтр, де відділяється основна маса води. Відфільтрований осад містить 30% сухої речовини, що використовується як добриво у сільському господарстві;

в) **третинна обробка стоків**. Вона включає такі процеси – сорбція активним вугіллям, мікрофільтрація, селективна коагуляція, аерація і осадження фосфатів, видалення сполук Нітрогену, очищення від органічних сполук за допомогою бактеріальних фільтрів, електрохімічна обробка і стерилізація тощо.

Коротко про ці процеси. **Активоване вугілля** характеризується великою реакційною поверхнею ($1000 \text{ м}^2/\text{г}$), яка формується в результаті нагрівання вугілля до 950°C в атмосфері водяної пари. Органічні частки за рахунок статичних та молекулярних сил притягуються і утримуються на верхній вугілля.

Мікрофільтрація – один з видів фільтрації, в якому використовується тканина, сплетена з нержавіючою сталевією проволокою малого діаметру. Така сітка при невеликому опорі може затримувати тверді частинки, діаметр яких менший за розмір комірки. Крім того, волокно затримує і живі організми. Вміст твердих і органічних домішок після мікрофільтрації знижується на 80-90%.

Коагуляція. Необхідність застосування коагулянтів в процесах очищення зумовлюється малими швидкостями **осадження домішок**. Кінцева швидкість осадження описується законом Стокса :

$$v = \frac{gd^2(D_{\text{частинок}} - D_{\text{води}})}{18\mu},$$

де μ – в'язкість води;

g – прискорення вільного падіння;

$D_{\text{частинок}}$, $D_{\text{води}}$ – густина частинок і води.

Частинки розміром $d = 100 \text{ мкм}$ осаджуються за 6 хвилин в стовпі 1 м, 1 мкм – за 1029 годин, $0,1 \text{ мкм}$ – за 12 років.

Коагуляція – це процес агломерації дрібних частинок. Вона супроводжується **співосадженням** їх з великими частинками. Таким осаджувачем може бути $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, який при осадженні частинок реагує з $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$:



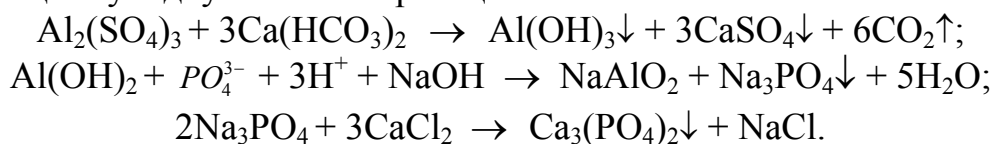
Осад $\text{Al}(\text{OH})_3$ захоплює колоїдні частки і здійснюється процес співосадження.

Крім $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ використовуються також як коагулянти FeSO_4 , NaAlO_2 , CaSO_4 . Для покращення умов осадження до коагулянтів додають органічні полімерні сполуки (**флокулянти**), наприклад, поліакриламід (ПАА). Флокулянти утворюють своєрідні мости між сусідніми частинками і викликають їх співосадження. Це можуть бути полімери, розчинні в воді, наприклад, кремнієва кислота.

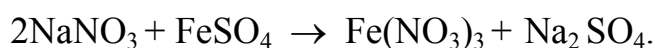
Процес аерації заключається в пропусканні повітря через шар осаду. Він досить ефективний для прискорення хімічних реакцій, тому що при

цьому досягається активне перемішування осаду і стоків, а O_2 створює умови для протікання біохімічних процесів.

Осадження фосфатів. Досягається в основному обробкою коагулянтами. При цьому відбувають такі реакції:



Видалення сполук Нітрогену відбувається або аерацією в баштах із кільцями Рашига (при цьому видаляється до 90% NH_3), або коагуляцією солями Fe і вапном:



Застосовується також **адсорбція на іонообмінних смолах**.

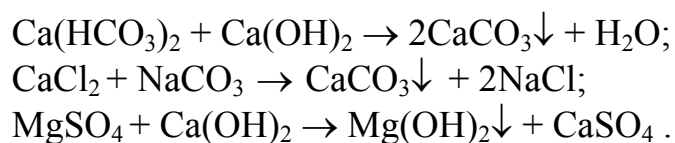
При **електрохімічних способах** очищення води побутові стоки змішуються з морською водою (для збільшення електричної провідності) в **електролізерах**, в які опущено графітовий анод і чавунний катод. В катодному просторі утворюються $NaOH$ і H_2 . Cl_2 окислює $Mg(OH)_2$, який утворюється в катодному просторі і виконує функції коагулянту для фосфатів і нітратів. В стоках, які пройшли всі стадії очищення, можуть лишатися дизентерійні бактерії, палички, віруси. Для їх знищення проводять **стерилізацію води**. Є такі способи стерилізації води – **хлорування, озонування, УФ-опромінення ртутними лампами, електроліз із Ag-анодами**.

Описана вище підготовка води дозволяє видаляти з неї всі речовини, потенційно небезпечні для здоров'я людини. Проте іноді воду додатково обробляють, щоб знизити в ній кількість іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , які зумовлюють **твердість води**. Ці іони реагують з милами, утворюючи нерозчинні сполуки, що знижує ефективність СМЗ (синтетичних миючих засобів). Крім цього, при нагріванні води, яка містить Ca^{2+} і Mg^{2+} , утворюється мінеральний **накип**. При нагріванні води, яка містить Ca^{2+} і HCO_3^- , з неї виділяється частина CO_2 . В результаті цього підвищується рН води і утворюються нерозчинні $CaCO_3$ (карбонати):



Накип з $CaCO_3$, $CaSO_4$ тощо покриває котли і труби, що знижує коефіцієнт теплопередачі.

Для пом'якшення великих об'ємів води застосовують **вапняно-содовий метод**:



7.3 Методи очищення промислових стоків

Промислові стоки очищаються набагато складніше, ніж побутові, так як містять велику кількість самих різних домішок, більшість яких пригнічує бактерії, що реалізують процес біологічного розпаду в природних умовах. При очищенні промислових стоків застосовуються такі самі методи, як і при обробці побутових стоків: седиментація, фільтрування, аерація на активованому вугіллі, реагентне очищення, іонообмін на смолах, коагуляція, різні електрохімічні і мембранні методи. Але при видаленні окремих речовин виникають особливі труднощі. До таких речовин відносять **метали, їх солі і радіоактивні ізотопи**.

Токсичні важкі метали (Cd, Hg, Pb, Zn, Ni, Cu та інші) видаляють із стоків трьома методами: **осадженням, іонним обміном, екстракцією**.

Основним в процесах осадження є хлор-реагент, який при взаємодії з металами утворює нерозчинні сполуки. Найчастіше застосовується **вапнякове молоко $\text{Ca}(\text{OH})_2$** , оскільки гідроксиди важких металів – це малодисоційовані сполуки. Суть методів осадження полягає в тому, що добуток розчинності іонів для малодисоційованих сполук – величина стала і досить мала. Тобто, наприклад, для $\text{Ni}(\text{OH})_2$: $[\text{Ni}]^{2+} \times [\text{OH}]^- \rightarrow \text{const}$.

Якщо ввести в розчин додаткову кількість одного іону (в нашому випадку це – це OH^- , то концентрація іншого іону (тобто металу) в розчині зменшується.

В процесі **іонного обміну** стоки пропускаються через іонообмінні смоли (полімерні матеріали з функціональними групами, здатними до обміну з іонами металів, які знаходяться в воді – функціональні групи дисоціюють з утворенням іонів H^+ або Na^+ . Таким чином іони металів сорбуються на поверхні смоли, а іони H^+ переходять у очищену воду. Через деякий час іонообмінні смоли насичуються іонами металів і відбувається “проскок” забруднень в очищену воду. Тоді смолу виводять на **регенерацію**. Під час регенерації відбуваються зворотні процеси – через відпрацьовану смолу пропускають різні кислоти і іони водню витісняють із смоли іони металів. Після регенерації утворюються так звані **елюати** – висококонцентровані розчини солей металів.

Метод іонного обміну доцільно застосовувати для малоконцентрованих стоків, бо іонообмінна смола дуже швидко отруюється. Якщо концентрація металів досить висока, то часто застосовують видалення металів **екстракцією**, тобто до стоків додають розчинник, в якому солі металів розчиняються краще, ніж у воді. В результаті іони металів переходять в **екстрагент**, який потім відділяється від очищеної води. Наприклад, для Cd – ефективний екстрагент етилгепсилфосфорна кислота, для Cu – аміни, наприклад, етилендіамін.

Для видалення із стоків солей, крім іонного обміну, застосовують також **електродіаліз**. Це електрохімічний метод із застосуванням напівпро-

никних іоннообмінних мембран.

Для видалення суспензій, солей, масел або барвників також використовують інші **електрохімічні методи**. При пропусканні через водну суспензію електричного струму відбувається електрохімічне розкладання води – утворюється H_2 , який і транспортує масла або барвники на поверхню, де їх легко збирати. Цей процес називається **електрохімічною флотацією**.

Основним методом очищення від радіоактивних ізотопів є різні види **сорбції**, в тому числі, на **іоннообмінних смолах**. Після регенерації сорбенту концентровані радіоактивні відходи захороняють на полігонах або на дні моря.

Радіоактивні речовини поділяють на: **короткоживучі** (період напіврозпаду <14 днів), **середньоживучі** (<100 років), **довгоживучі** (>100 років).

Короткоживучі – радіоактивні речовини, що досить швидко розпадаються. Їх зберігають в шахтах або під водою, доки радіоактивність не знижується до 0. Середньоживучі консервують в бочки і скидають в море на глибину більше 10 метрів. При цьому допускають, що при корозії бочок радіоактивні речовини можуть з'явитись на поверхні моря через 1000 років, тобто, коли радіоактивний рівень впаде до 0. Довгоживучі ізотопи внаслідок низької радіоактивності процесів радіоактивного розпаду особливої небезпеки не становлять.

7.4 Реагентні методи

Основні токсичні елементи, які забруднюють гальваностоки – це Cr^{6+} , CN^- , F^- , іони важких металів.

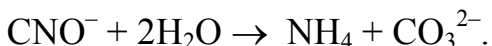
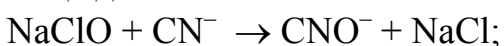
Технологія переробки стоків реагентними способами включає процеси **окиснення, відновлення, нейтралізації, коагуляції і осадження**. В результаті цих процесів відбувається перетворення токсичних сполук в малотоксичні осадки. Очищення має багатоступеневий характер. Основні стадії очищення такі.

Розділення стоків на CN^- , Cr^{6+} , F^- тощо, вирівнювання концентрацій в окремих ємностях, знешкодження в реакторах періодичної або безперервної дії, нейтралізація, відстоювання, **зневожування** і утилізація осаду, скидання очищеної води в каналізацію або на повторне використання.

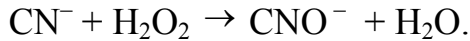
Способи очищення стоків від **ціанідів** базуються на здатності останніх легко окислюватись до **ціанатів**, з подальшим гідролізом на іони NH_4^+ та CO_3^{2-} . При цьому іони металів випадають в осад у вигляді гідроксидів, оскільки окиснення проходить в лужному середовищі.

Найбільш розповсюджений метод очищення – окислення активним хлором, джерелом якого є $CaOCl_2$, $NaClO$, Cl_2 .

Є ще декілька способів окиснення (H_2O_2 , O_3 , $KMnO_4$):



Прості комплексні ціаніди можуть бути окиснені до CNO^- і H_2O_2 . Переваги цього способу полягають в тому, що в процесі реакції не утворюються проміжні токсичні продукти, не збільшується солеміст стоків, а надлишок реагенту розкладається з утворенням H_2O . Метод економічно рентабельніший, особливо при високій концентрації CN^- :



Більш ефективним є окислення O_3 , але синтез O_3 досить дорогий, що пов'язано з експлуатацією високовольтного обладнання.

При невисокій концентрації CN^- очищення ціаністих стоків можна проводити в барботажних апаратах або скруберах продувкою повітря, чи суміші повітря з SO_2 . При цьому відбувається процес аерації, що інтенсифікує окислення ціанідів, і SO_2 переходить в SO_4^{2-} .

Спосіб знешкодження *хромових стоків* (Cr^{6+}) базується на відновленні Cr^{6+} до Cr^{3+} в кислому середовищі з наступним осадженням $\text{Cr}(\text{OH})_3$ вапняним молоком. Із всього асортименту відновників (Na_2SO_3 , NaHSO_3 , FeSO_4 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) найбільш широко використовують NaHSO_3 .

Для відновлення 1 частини Cr^{6+} витрачається 3 частини HSO_3^- . На практиці надлишок реагенту складає в 5-7 разів більше.

Для очищення від *іонів F^-* проводять двоетапну обробку. На першому етапі стоки обробляють *вапняковим молоком*. При цьому виділяється $\text{CaF}_2 \downarrow$ у вигляді осаду. Залишкова концентрація F^- 20-30 мг/л. На другому етапі стоки обробляють розчином $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ при підкисленні. В осад випадає AlF_3 з залишковою концентрацією F^- 5 мг/л.

Знешкодження стоків, які містять важкі метали, теж відбувається в результаті обробки $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

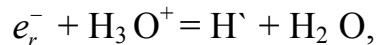
Нейтралізація $\text{Ca}(\text{OH})_2$ не завжди забезпечує потрібний ступінь очищення. Крім того, пульпа після відстоювання потребує значних затрат на видалення твердої фази. Гідроксиди металів часто неможливо направити на утилізацію і токсичний осад відправляють на захоронення. Тому іноді використовують вапняно-сірчаний реагент, що готується з негашеного вапна і елементарної сірки. Цей реагент легко відновлює Cr^{6+} до Cr^{3+} , що відбувається в слабкокислих середовищах.

Пульпа після осадження згущується в 2 рази швидше, ніж в технології з вапняковим молоком. При застосуванні вапняно-сірчаного реагенту замість гідроксидів металів, утворюються MeS , а це значить, що шлами, які залишаються після очищення стоків, можна направляти на підприємства кольорової металургії.

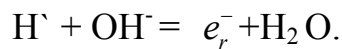
Хімічні реакції є найбільш ефективним способом перетворення забруднювачів у речовини, що не заподіюють шкоди навколишньому середовищу, чи видалення їх з стічних вод і газових викидів. Реагентні методи дозволяють із загальної маси нешкідливих речовин, що скидаються, або виділити, зруйнувати сполуки, найбільш небезпечні для біосфери.

Одним з перспективних методів очищення промислових стічних вод є

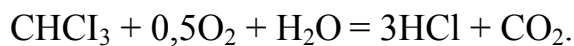
радіаційно-хімічний, який заснований на взаємодії продуктів радіолізу води (H^\cdot , OH^\cdot , H_2O^\cdot , O^\cdot і ін.) з токсичними домішками органічних і неорганічних сполук. У результаті утворюються нешкідливі продукти. Продукти **радіолізу води** характеризуються дуже високою реакційною здатністю і мають як сильні відновні властивості (атомарний водень, гідратований електрон), так і окисні (гідроксильний і гідропероксидний радикали, іон-радикал кисню). Гідратований електрон (e_r^-) більш сильний відновник, ніж атомарний водень (H^\cdot). У кислому середовищі гідратований електрон ефективно перетворюється в атом водню:



а у лужному середовищі йде зворотне перетворення:



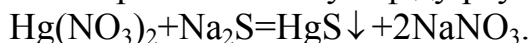
Продукти радіолізу води за своїми окисними і відбудовними властивостями перевершують хімічні агенти, які, звичайно, застосовуються для знешкодження промислових стічних вод. Взаємодія продуктів радіолізу води з розчиненими органічними і неорганічними домішками у воді відбувається з великою швидкістю. У більшості випадків ця взаємодія відбувається за схемою “ланцюгового механізму”. Наприклад, галогеновмісні органічні речовини у водяному розчині під дією іонізуючого випромінювання розкладаються за схемою “ланцюгового механізму” з високими виходами та утворенням нетоксичних HCl і CO_2 :



Радіаційно-хімічний метод також використовується для знищення хвороботворних мікробів. Як джерело радіаційного випромінювання використовуються такі радіонукліди, як ^{60}Co , ^{137}Cs і ін. У даний час практично вирішені всі проблеми радіаційної безпеки і створення захисних пристроїв для обслуговування таких джерел випромінювання. У нашій країні діє установка РХУНД-20000 для проведення рідкофазних процесів, у тому числі для знешкодження стічних вод. Необхідно також відзначити, що радіаційно-хімічний метод знешкодження стічних вод має велику перевагу перед традиційними методами, тому що іонізуюче випромінювання комплексно впливає на оброблювану воду: одночасно з розкладанням органічних і неорганічних забруднень прискорюються коагуляція і седиментація, усувається кольоровість і запах, відбувається **дезінфекція води**. Бактерицидна дія випромінювання запобігає біообростанню в технологічних системах, що особливо важливо для створення замкнутого оборотного водопостачання з безстічними виробничими циклами. Усе це досягається без додаткового введення в стічну воду хімічних чи бактеріальних реагентів, що самі є забруднювачами.

Багато металів (Hg , Cd , Pb і ін.) дуже токсичні, тому необхідно вида-

ляти навіть залишки їх сполук. Для добування їх зі стічних вод застосовують **реакції осадження**. Головна задача цього методу полягає в підборі реагенту, здатного утворити нерозчинну сполуку. Визначальним фактором при такому підборі є значення добутку розчинності. Так, наприклад, одним з методів добування ртуті зі стічних вод є сульфідний, заснований на осадженні її іонів у вигляді важкорозчинного сульфїду ртуті:



Розчинність HgS дуже низька ($\text{PP}_{\text{HgS}} = 1,6 \cdot 10^{-52}$), тому вдається досягти концентрації ртуті в очищеній воді 0,07 мг/л і нижче.

Промислові стічні води, що містять мінеральні кислоти чи луги, не можуть бути відведені в природні водойми. Тому вони перед скиданням знешкоджуються з використанням **реакції нейтралізації**. Практично нейтральними вважаються води, що мають $\text{p} = 6,5 \dots 8,0$. Як реагент для нейтралізації кислих стічних вод використовують будь-які луги і їхні солі (NaOH, KOH, CaCO₃, MgCO₃, Ca(OH)₂ та ін.). **Найбільш дешевий і доступний реагент - Ca(OH)₂**. Іноді для нейтралізації використовують різні лужновмісні відходи, що особливо містять NaOH, KOH, Na₂CO₃ і ін. Для нейтралізації стічних вод, що містять луги і їхні солі, застосовують різні мінеральні кислоти, у більшості випадків технічну сірчану кислоту. Останнім часом починають застосовувати для нейтралізації лужних стічних вод газу, що відходять, такі як CO₂, SO₂, NO₂ та ін. Для здійснення реакції нейтралізації стічних вод будують спеціальні очисні споруди (**станції нейтралізації**).

Слід також зазначити, що реакція нейтралізації, яка використовується для очищення стічних вод, є "паразитичною", тому що при цьому знищуються дві цінні речовини: кислота і луг.

Лужовмісні відходи можуть бути ефективно використані для одержання шлаколужного цементу і бетонів на його основі, що має велике не тільки економічне, але й екологічне значення.

Кислотовмісні відходи дуже незначно використовуються і регенеруються.

Так, у ФРН регенерують тільки 13 % від загальної кількості сірчаної кислоти, що використовується в органічному синтезі, і близько 13 % – у виробництві оксиду титана (IV). Великі кількості кислотовмісних відходів, як уже відзначалося, знаходяться в природних водоймах (моря, океани, ріки) чи накопичуються в шламонакопичувачах після їхньої нейтралізації. У більшості випадків це обумовлюється труднощами регенерації відпрацьованої сірчаної кислоти.

Основні методи регенерації відпрацьованої сірчаної кислоти, що утворюється в органічному синтезі, охарактеризовані нижче.

Термічний, заснований на розкладанні відпрацьованих розчинів при температурі 1100-1200 °C до SO₂, що потім переробляють у кислоту відомими методами. При цьому органічні домішки добре згоряють. Основними недоліками цього методу є велика витрата палива і багатостадійність про-

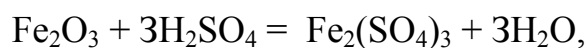
цесу: спочатку одержують сірчистий ангідрид, а потім його відомими способами переробляють у сірчану кислоту.

Окислювання органічних домішок різними окислювачами (H_2O_2 , O_3 , HNO_3 , NaClO , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ та ін.) без і з застосуванням каталізаторів. Цей метод вимагає великої витрати дефіцитних і дорогих окислювачів, каталізаторів, тому не знайшов широкого застосування.

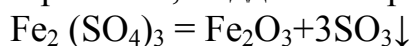
Екстракція домішок органічними речовинами (третинними амінами та ін.).

Електроліз розчинів з використанням платинових анодів. Цей метод пов'язаний з великою витратою електроенергії і поки що не знайшов практичного застосування.

В останні роки запропонований залізооксидний метод регенерації відпрацьованої сірчаної кислоти, яка містить органічні домішки. Сутність цього методу полягає в тому, що кислоту спочатку нейтралізують оксидом заліза (III):



а сульфат заліза (III), що утворюється, піддають термічному розкладанню:



при температурі 500-550 °С. Отриманий при цьому сірчаний ангідрид уловлюють і одержують сірчану кислоту, а Fe_2O_3 використовують для повторних циклів регенерації.

Наявні органічні домішки в кислоті, особливо при наявності каталізаторів (MnO_2 , V_2O_5 , Cr_2O_3 і ін.), при температурах 350-400 °С цілком згорають з утворенням вуглекислого газу і води.

Одним з можливих методів використання і регенерації розчинів відпрацьованої сірчаної кислоти, що утворюються при травленні металів і виробництві оксиду титану (IV), є метод, заснований на використанні цих розчинів, що містять солі заліза як коагулянт при очищенні природних і стічних вод. При цьому необхідно відзначити, що для нейтралізації кислоти використовуються дефіцитні лужні речовини (NaOH , KOH , Na_2CO_3 і ін.). Для окиснення солей Fe^{2+} у солі Fe^{3+} необхідно пропускати повітря. У ряді випадків використовуються **методи кристалізації, вакуум-кристалізації** з метою відділення солей заліза чи нейтралізацією їх за допомогою CaO , CaCO_3 з подальшим скиданням шламів, що утворюються, чи за допомогою NH_3 з метою одержання сульфату амонію.

Слід також зазначити, що в даний час ступінь використання розчинів сірчаної кислоти, що утворюються при травленні металів і виробництві оксиду титана (IV), незначний. Однак жорсткість норм щодо їхнього скидання у відкриті водойми, необхідність вирішення питань охорони навколишнього середовища і різке підвищення цін на сировинні матеріали спонукають до впровадження в промисловість різних методів регенерації цих стічних вод.

Необхідно відзначити, що **реагентні методи** очищення вимагають

великої витрати хімічних речовин, апаратури і споруд, при цьому завжди утворюються відходи іншого вигляду (шлами, опади), що також повинні бути знищені чи знешкоджені. Тому реагентні методи застосовують для локального очищення невеликих кількостей відходів, і особливо тих, що містять токсичні речовини.

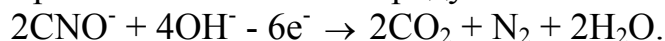
7.5 Очищення стічних вод електролізом, електрокоагуляцією, флотацією, екстракцією, зворотним осмосом

Багато недоліків реагентних методів очищення усуваються застосуванням інших *фізико-хімічних методів*.

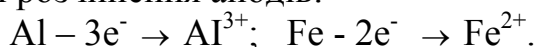
Одним з найчастіше застосовуваних методів є електрохімічний, заснований на *електролізі*. При цьому електроліз проводять як з нерозчинними анодами (графіт, магнетит, оксиди свинцю (IV) і марганцю (IV), які нанесені на титанову основу), так і з розчинними (залізо, алюміній). Електрохімічний метод використовують для виділення чи знешкодження токсичних неорганічних і органічних речовин. Так, наприклад, очищення мідних чи латунних труб від окалини проводять у розчинах сірчаної кислоти. Утворені при цьому промислові стічні води дуже ефективно очищаються з використанням електролізу з нерозчинними анодами. Виділена при цьому на катоді мідь ($\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$) використовується на даному підприємстві. При очищенні лужних стічних вод, що містять ціаністі сполуки, доцільно застосовувати електрохімічний метод. При цьому на аноді йде окислювання CN^- - іонів:



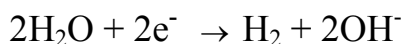
В міру нагромадження ціанат-іонів відбувається їхнє подальше окиснення на аноді з утворенням нетоксичних продуктів:



Для інтенсифікації процесу окислювання ціанідів, зниження витрати електроенергії, підвищення електропровідності до стічних вод додають хлорид натрію. При електролізі використовуються графітовий анод і сталевий катод. Ціаніди руйнуються як у результаті електрохімічного окиснення, так і хлором, що виділяється на аноді в об'ємі води. Ступінь очищення в цьому випадку наближається до 100 %. Електрохімічне очищення можна поєднувати з коагуляцією. При цьому в стічну воду, що очищається, не треба додавати солі заліза чи алюмінію, а потрібно проводити електроліз з розчинними анодами з алюмінію чи заліза. У цьому випадку на аноді йде не тільки руйнування забруднювачів за рахунок електрохімічної реакції окиснення, але і розчинення анодів:

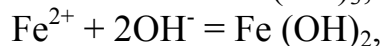
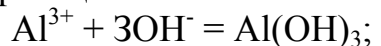


На катоді йдуть реакції руйнування чи виділення забруднювачів і розкладання води:

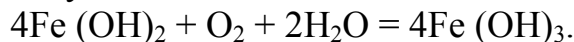


з утворенням лужного середовища.

В об'ємі стічної води йдуть реакції:



а за рахунок розчиненого у воді кисню:



Отже, утворені при електролізі стічної води активні дисперсні $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ і $\text{Fe}(\text{OH})_3$ коагулюють колоїдно-дисперсні частки забруднювачів. Такий метод очищення стічних вод називається **електрокоагуляцією**. Застосування його забезпечує активну очистку від жирів, олій, нафтопродуктів, радіоактивних речовин, барвників і інших речовин.

Одним з методів видалення зі стічних вод нерозчинних домішок є **флотація**. Сутність цього методу полягає в злипанні часток домішок з бульбашками тонкодиспергованого у воді повітря за рахунок міжмолекулярної взаємодії. Утворення агрегатів “частка – бульбашка повітря” залежить від частоти їх зіткнення один з одним, від хімічної взаємодії речовин, що знаходяться у воді, від наявності **флокулянтів**, що сприяють утворенню великих агрегатів.

Агрегати, що утворюються в стічній воді, яка очищується, з часток домішок і бульбашок повітря, мають меншу густину, ніж початкова маса флотаційних часток, тому вони спливають і накопичуються у верхньому шарі води, звідки їх безупинно видаляють за допомогою спеціальних пристроїв.

У деяких випадках більш ефективно використовувати **електрофлотацію**. Сутність її полягає в тому, що замість тонкодиспергованого повітря використовують бульбашки кисню і водню, що утворюються при електролізі води. Основну роль при електрофлотації відіграють бульбашки водню, що утворюються на катоді.

При використанні розчинних залізних чи алюмінієвих анодів можна одночасно здійснювати як електрокоагуляцію, так і електрофлотацію. Цей комбінований метод широко використовується, наприклад, для очищення стічних вод виробництва полістиролу, добування з оборотних і стічних вод сполук важких металів – молібдену і вольфраму.

Екстракційний метод очищення промислових стічних вод заснований на розподіленні забрудненої речовини між двома взаємно нерозчинними рідинами. Як **екстрагенти** звичайно застосовують органічні розчинники, що не змішуються з водою (бензол, толуол, чотирихлористий вуглець та ін.). Екстрагент повинен відповідати таким вимогам: значно краще розчиняти речовину, що вилучається, ніж вода; значно відрізнятися за густиною від стічної води; не взаємодіяти з речовиною, що вилучається; регенеруватися простим і дешевим способом; мати температуру кипіння, що значно відрізняється від температури кипіння речовини, яка екстрагується, для забезпечення легкості поділу (регенерації) та ін.

Екстракційний метод застосовується для очищення стічних вод, що містять феноли, олії, органічні кислоти, деякі іони металів і ін. Екстракція може бути економічно вигідним процесом, якщо вартість речовин, що вилучаються, компенсує усі витрати. Для кожної речовини, що екстрагується, є концентраційна межа рентабельності її добування зі стічної води. Для більшості речовин можна вважати, що при концентрації понад 3-4 г/л, їх раціональніше добувати екстракцією, ніж адсорбцією. Найдоцільніше добувати зі стічних вод за допомогою екстракції найцінніші чи сильно токсичні речовини.

Зворотний осмос є процесом поділу розчинів з використанням мембран, пори яких пропускають молекули води, але непроникні для гідрованих іонів солей, основ, кислот чи молекул сполук, що не дисоціюються, під тиском, що перевищує осмотичний.

Ультрафільтрація – процес поділу розчинів, що містять макромолекули полімерів, з використанням мембран, пори яких пропускають тільки молекули води під тиском, що перевищує осмотичний. Для проведення процесу зворотного осмосу необхідний тиск 6-10 МПа, а ультрафільтрації – 0,1-0,5 МПа. Це можна пояснити тим, що розчини високомолекулярних речовин мають значно менший осмотичний тиск, ніж істинні розчини.

При використанні зворотного осмосу й ультрафільтрації для очищення стічних вод як мембрани використовують ацетатцелюлозні, поліамідні й інші полімерні матеріали.

Ефективність очищення промислових стічних вод цими методами залежить від властивостей застосовуваних мембран, що повинні задовольняти таким вимогам:

- мати велику питому продуктивність (проникність);
- стійкість до дії середовища;
- достатня механічна міцність;
- низька вартість та ін.

Зворотний осмос широко використовують для знесолення води в системах водопідготовки ТЕЦ і підприємств різних галузей промисловості.

7.6 Біохімічні методи очищення стічних вод

Біохімічне очищення засноване на здатності деяких **мікроорганізмів** використовувати для живлення органічні (спирти, білки, вуглеводи та ін.) і неорганічні (аміак, нітрати, фосфати, солі калію, сірководень і ін.) речовини, що знаходяться в стічних водах. Контактуючи з цими речовинами, мікроорганізми частково руйнують їх, перетворюючи у воду, оксид вуглецю (IV), сульфат-іони, іони натрію. Інша частина речовини йде на утворення біомаси. Руйнування органічних речовин називають **біохімічним окисненням**. Одні речовини здатні легко окиснюватись, інші окиснюються дуже повільно. Отже, різні організми і рослини розщеплюють хімічні речовини

до форм, придатних для засвоєння і введення в біологічний цикл.

Розрізняють **аеробні** й **анаеробні** способи біохімічного очищення стічних вод. Аеробний спосіб заснований на використанні груп мікроорганізмів, для життєдіяльності яких необхідні постійний приплив кисню і температура 20-40 °С. При зміні кисневого і температурного режимів якість і число мікроорганізмів змінюється. При аеробному очищенні мікроорганізми культивуються в **активному мулі**, що складається з різних живих організмів (бактерій, хробаків, грибів, водоростей, личинок комах, рачків і ін.). Співтовариство всіх живих організмів, що населяють мул, є біоценозом. Активний мул – це амфотерний колоїд, що має при рН = 4...9 негативний заряд. Суха речовина активного мулу містить 70-90 % органічних і 30-10 % неорганічних речовин.

Анаеробні процеси біохімічного очищення відбуваються без доступу кисню; їх використовують, головним чином, для знешкодження опадів.

Аеробні процеси біохімічного очищення можуть відбуватися в природних умовах і в штучних спорудах. У природних умовах очистка здійснюється на полях зрошення, полях фільтрації і біологічних ставків.

Очищення стічних вод на полях зрошення проводиться під дією ґрунтових мікроорганізмів, сонця, повітря і життєдіяльності рослин. **Біологічні ставки** – це 3-5-ступінчастий каскад ставків, через який з невеликою швидкістю протікає попередньо очищена від грубих суспензій стічна вода. Для підвищення швидкості розчинення кисню, а, отже, і швидкості біохімічного очищення, споруджують аераційні ставки. При аерації на 1 м³ очищених стічних вод подається кілька десятків кубічних метрів повітря чи технічного кисню. При цьому повинна бути забезпечена велика поверхня контакту між повітрям, мулом стічної водойми, що є необхідною умовою ефективного очищення. Застосування аерації дозволяє збільшити швидкість біохімічного очищення в 2-3,5 рази. У більшості випадків очищення ведуть в **аеротенках**, які є аераційними залізобетонними резервуарами. Процес очищення в аеротенках йде з протіканням через нього аераційної суміші стічної води й активного мулу. Одними з давно застосовуваних споруд для очищення стічних вод у штучних умовах є **біофільтри**. Як фільтруючий матеріал для завантаження біофільтрів застосовуються водостійкі матеріали (шлак, щебінь, гравій і ін.), покриті біоплівкою з мікроорганізмів.

Біоплівка виконує такі самі функції, як і активний мул. Вона адсорбує і переробляє речовини, що знаходяться в стічних водах. Необхідно відзначити, що не всі стічні води можуть бути піддані біохімічній очистці. Можливість очищення виробничих стічних вод оцінюють за багатьма показниками їх якісної і кількісної характеристики. Основними з них є:

- здатність органічних і неорганічних речовин до біохімічного окислення (УПК);
- відсутність у водах олій, що очищаються, нафти, жирів, смол;
- концентрація забруднюючих речовин;

- наявність у стічних водах необхідних для мікроорганізмів живильних речовин (сполук азоту, фосфору, калію);
- наявність і концентрація речовин, здатних здійснювати токсичний вплив на мікроорганізми (солі важких металів, ціаніди);
- активна реакція середовища стічних вод (рН = 5...9);
- температурний режим (при зниженні температури від 20 до 6 °С швидкість процесу очищення сповільнюється приблизно в два рази, а при збільшенні від 20 до 37 °С – збільшується в 2-2,3 рази).

Багато видів промислових стічних вод лише якоюсь мірою задовольняють усім вищевказаним вимогам очищення і мають необхідність в попередній підготовці до неї. Наприклад, лужні чи кислі промислові стічні води необхідно попередньо нейтралізувати до оптимального значення рН = 6,5...8,5.

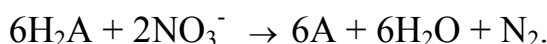
Стічні води, наприклад коксохімічних заводів, хоча і містять легко окиснювані речовини, але майже не містять сполук азоту, фосфору і калію. У цьому випадку необхідно штучно вводити ці елементи чи додавати до промислових стічних вод побутові. Часто попередня підготовка промислових стічних вод до біохімічного очищення зводиться до зниження початкової концентрації забруднюючих речовин приблизно до 1 г/л.

При біохімічному, а також і при інших видах очищення стічних вод утворюються осади, що містять як органічні, так і неорганічні речовини, що можуть руйнуватися анаеробними бактеріями в процесі шумування. Залежно від кінцевого вигляду продукту розрізняють різні шумування: спиртове, метанове й ін. Для знешкодження осадів і деяких стічних вод використовують *метанове шумування*. Механізм його остаточно ще не встановлений. Однак основна реакція метанового шумування може бути записана рівнянням:



(H₂A – органічна речовина, що містить водень).

При *денітрифікації* в анаеробних умовах утворюється молекулярний азот:



Процес шумування проводять у метантенках – герметично закритих резервуарах. Основними параметрами анаеробного бродіння є температура, кількість завантажувальних осадів і ступінь їх перемішування. Повного бродіння органічних речовин у метантенках досягти не можна. Усі речовини мають свою межу бродіння, що залежить від їхньої хімічної природи. Звичайно ступінь розкладання органічних речовин досягає 40 %.

Біохімічне очищення є найбільш дешевим і універсальним деструктивним методом видалення зі стічних вод багатьох органічних і деяких неорганічних забруднювачів і тому широко застосовується для знешкодження побутових і виробничих вод. Методи біохімічного очищення дозволяють знизити вміст органічних забруднювачів у стічних водах до 95%. Основні

труднощі в розвитку біохімічного очищення становить наявність у стічних водах сполук, що погано піддаються розкладанню за допомогою мікроорганізмів, наприклад багатоатомні циклічні сполуки з дуже стійкими хімічними зв'язками, багато неорганічних сполук, особливо солі важких металів. Тому цей метод не може забезпечити необхідного ступеня очищення стічних вод. З описаних методів знешкодження промислових стічних вод випливає, що жоден з них не дає стовідсоткового їх очищення. Підвищення глибини очищення стічних вод потребує значного збільшення витрат як на спорудження відповідних установок, так і на їхню експлуатацію. Більш перспективний другий шлях – створення оборотних систем з багаторазовим використанням води. При цьому глибокого очищення промислових стічних вод уже не потрібно, досить довести їхню якість до рівня, прийняттого для здійснення відповідних технологічних процесів. Такий шлях дає істотне скорочення водоспоживання, тобто різко зменшується кількість води, що підприємство забирає з джерела. При цьому локальне очищення дозволяє утилізувати цінні компоненти, диференціювати промислові стічні води тощо.

7.7 Методи знезараження газових викидів

Оточуюча нас повітряна атмосфера є одним з основних компонентів забезпечення життя на Землі.

З усіх складових компонентів біосфери для нормальної життєдіяльності людини, насамперед, потрібне повітря. Без їжі людина може прожити 5 тижнів, без води – 5 діб, без повітря – не більше 5 хв. Однак для підтримки процесів життєдіяльності живих організмів необхідне повітря, що не містить шкідливих домішок і однорідне за складом. З розвитком промисловості, теплових електростанцій і підвищенням інтенсивності руху авіа- і автотранспорту чистота атмосфери стала піддаватися постійній загрози, що викликало необхідність очищення газових викидів. Охорона повітряного басейну здійснюється за трьома основними напрямками:

- створення нових технологічних процесів, що не дають газових викидів;
- удосконалення технологічних процесів, що дозволяють ліквідувати чи зменшити кількість викидів токсичних речовин в атмосферу;
- розроблення методів обробки газових викидів з метою добування домішок і подальшого їх використання чи нейтралізація їх шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Найбільш прийнятним, перспективним, але і трудомістким напрямком є створення нових технологічних процесів, що не дають шкідливих викидів. Однак, у даний час найчастіше застосовуваними методами є: удосконалення технологічних процесів, розробка і впровадження методів очищення і вторинного використання газових викидів. Вибір того чи іншого методу очищення і знешкодження викидів, що знаходяться в газоподібно-

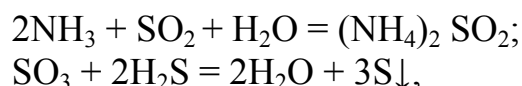
му стані чи у вигляді аерозолі, визначається якісним і кількісним хімічним складом шкідливих домішок, їхньою дисперсністю, вимогами, пропонуваними до ступеня очищення. Для знешкодження газових викидів застосовують сорбційні, хімічні і конденсаційні методи. У ряді випадків вони досить ефективні кожний окремо, чи в поєднанні один з одним.

Основними забруднювачами атмосфери є: пил з різними хімічним складом, дисперсністю і формою часток, різні газоподібні органічні (вуглеводні, альдегіди, ефіри й ін.) і неорганічні (SO_2 , CO_2 , NO_2 , H_2S , NH_3 , Cl_2 і ін.) речовини. Для відводу газових викидів від місця їхнього утворення (з території заводів) у більшості випадків використовуються *димарі*, що забезпечують їхнє розсіювання в атмосфері.

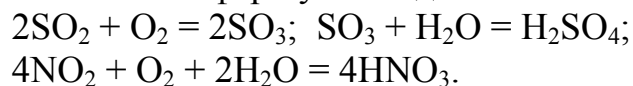
Основна вимога, що висувається до димарів, щоб викид з них не створював на певній відстані навколо них у приземному шарі концентрацій речовин, токсичних для рослинного і тваринного світу, тобто не перевищував значень гранично допустимих концентрацій (ГДК). Для забезпечення ГДК використовують розсіювання забруднюючих газоподібних речовин в атмосфері шляхом збільшення висоти димарів. Труба висотою 100 м розсіює гази в околиці радіусом 20 км, труба висотою 250 – радіусом до 75 км. Однак створення висотних димарів не вирішує проблеми охорони атмосферного повітря.

Із збільшенням абсолютних кількостей забруднюючих речовин можливості методу розсіювання за допомогою висотних димарів для більшості районів практично вичерпані і тому чітко регламентуються значеннями абсолютних викидів, тобто гранично допустимими викидами (ГДВ). Необхідно відзначити, що атмосфера має здатність до *самоочищення*. Так, розрахунки показують, що якби не процеси самоочищення атмосферного повітря, то концентрація токсичних речовин і запиленість досягли б у багато разів більших значень, ніж це є в дійсності.

Самоочищення атмосфери відбувається за рахунок протікання фізико-хімічних процесів між компонентами забруднювачів і компонентами самої атмосфери. Знепилення атмосфери відбувається за рахунок осідання твердих часток. Так, частки розміром більше 10 мкм досить швидко опускаються на землю. Частки розміром 4-10 мкм піднімаються з димом на висоту більше 1 км, переміщуються уздовж поверхні на тисячі кілометрів і погано осаджуються з краплями дощу. Самоочищення атмосфери від деяких токсичних газів йде за рахунок протікання хімічних реакцій з утворенням нетоксичних речовин:



чи продуктів, що видаляються з атмосфери у вигляді “кислотних” дощів:



Встановлено, що тривалість існування в атмосферному повітрі SO_2 і

NO₂ складає 5 діб, H₂S – 40 діб, CO – 0,3 роки, CH₄ – 100 років. Тривалість “життя” різних радіоактивних нуклідів, що містяться у викидах АЕС, характеризується періодом напіврозпаду і складає, наприклад, для ¹³¹I і ⁴¹Ar відповідно 8,8 доби і 1,82 год. Бензопірен під дією сонячного світла протягом 2 діб руйнується на 12 %, а під дією ультрафіолетових променів – на 24 %. Процес його руйнування прискорюється при наявності кисню. Однак можливості самоочищення атмосфери обмежені, особливо зі збільшенням масштабів її забруднення. Тому в даний час перед викидом в атмосферу газоподібні відходи піддаються *знешкодженню й утилізації*. Залежно від якісного і кількісного хімічного складу газового викиду застосовуються різні фізичні і хімічні методи очищення й утилізації. Найбільш перспективними є методи утилізації тих чи інших компонентів газових викидів, наприклад SO₂, що є газоподібним побічним продуктом багатьох підприємств кольорової металургії, ТЕЦ і інших, уловлюється абсорбентом, потім після десорбції використовується для одержання сірчаної кислоти.

У більшості випадків першою стадією очищення газових викидів є *знепилення*. Пил є дисперговою речовиною з розмірами часток від 1 до 500 мкм. Знепилення здійснюється у відповідних апаратах, які можна розділити на чотири групи:

- *механічні*, у яких пил відокремлюється під дією сил гравітації чи інерції відцентрової сили;
- *гідравлічні*, у яких тверді частки уловлюються рідиною;
- *пористі фільтри*, на яких осідають дрібні частки пилу;
- *електрофільтри*, у яких частки осаджуються за рахунок іонізації газу.

7.8 Методи очищення вихлопних газів ДВЗ

Вважається, що добре відрегульований двигун викидає в повітря в 10 разів менше CO₂, CO, ніж несправний. Для цього використовують нейтралізатори вихлопних газів, переводять автомобілі на зріджений газ, замінюють тетраетилсвинець менш токсичними антидетонаторами (наприклад, марганцем).

Є два типи нейтралізаторів вихлопних газів:

- термічний (полум'яне допалювання CO до CO₂ при T=500-600°, кількість CO знижується в 2-3 рази).
- каталітичний (використовується явище гетерогенного каталізу), при якому CO окисляється і розкладаються оксиди азоту. Каталізатори – це Pt, Pd, CuO, NiO, MnO₂, Cr₂O₃ та інші.

Іноді додають в двигуни 5-30% метанолу і частка CO знижується на 14-72%. Кращим паливом є водень, тільки він дорожчий за бензин.

Перспективними є розробки різних моделей електромобілів (з кислотноружними акумуляторами з 70-80 км міжзарядного пробігу), але у них

велика маса.

Таким чином, очистка стічних вод і газових викидів на підприємствах до 90% йде легко і економічно виправдана. Але для очищення відходів на 100% на кожен наступний, після 90%, відсоток витрати зростають у геометричній прогресії. Звідси висновок, поки що стовідсоткове очищення скидів неможливе. Але добиватись цього потрібно, і, в першу чергу: а) за рахунок замкнених безвідходних виробництв; б) прогресивних технологій.

ЛЕКЦІЯ 8 АЛЬТЕРНАТИВНІ ЕКОЛОГІЧНО ВИПРАВДАНІ (ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ) ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

До альтернативних джерел енергії належать відновлювані – вітер, сонячне випромінювання тощо (рис.8.1).

Енергія вітру. За підрахунками вчених, загальний вітроенергетичний потенціал Землі в 30 разів перевищує річне споживання електроенергії в усьому світі. Однак використовується лише мізерна частка цієї енергії. Але так було не завжди. За даними статистики, в дореволюційній Росії налічувалось близько 30 тис. *вітряків*. Ця нехитра установка була також атрибутом майже кожного другого села в Україні. Проте парова машина, а потім двигун внутрішнього згорання витіснили цих скромних трудівників.

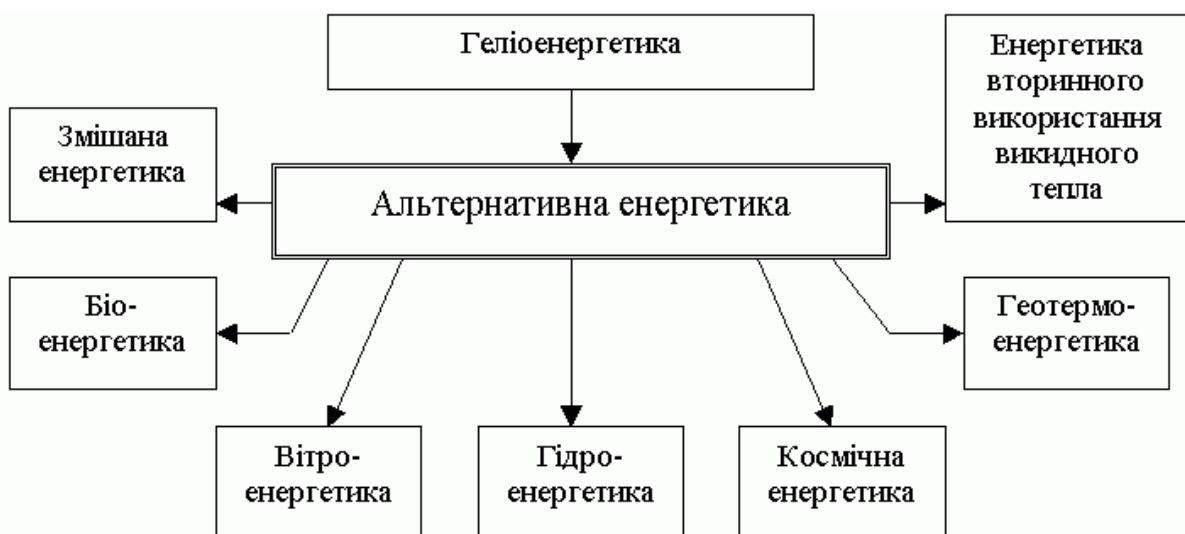


Рисунок 8.1 – Альтернативні джерела енергії

Можливості використання цього виду енергії в різних місцях Землі неоднакові. Для нормальної роботи *вітрових двигунів* швидкість вітру не повинна в середньому за рік падати нижче 4-5 м/с, а краще, коли вона становить 6-8 м/с. Для цих установок шкідливі і надто великі швидкості вітру (урагани), які можуть їх поламати. Найбільш сприятливі зони для використання вітрової енергії – узбережжя морів і океанів, степи, тундри, гори. В межах України такими ділянками є узбережжя Чорного моря, особливо

Крим, а також Карпати, південні степові райони.

Піонером будівництва вітрових електростанцій (ВЕС) у нашій країні до війни був видатний український вчений та інженер, один з основоположників космонавтики **Ю. Кондратюк**. Побудована ним у 1931 р. поблизу Севастополя ВЕС потужністю 100 кВт, забезпечувала струмом міську мережу понад десять років. Ю.Кондратюк проектував більш потужні ВЕС на 5 і 10 тис. кВт та розпочалася війна. Він пішов добровольцем на фронт і загинув у 1941 р., а проекти його ВЕС було покладено “під сукно”.

Нині на Заході, особливо в Данії та США, серійно випускаються невеликі ВЕС потужністю від 1,5 до 100 кВт. Побудовано кілька експериментальних ВЕС потужністю до 30 тис. кВт. Втілюється інша технічна ідея Ю. Кондратюка, який запропонував свого часу будувати **ВЕС разом з установками з виробництва водню шляхом електролізу води**. Тоді, коли потреба електроенергії нижча, “зайва” потужність ВЕС спрямовується на виробництво надзвичайно цінного енергетичного продукту – водню. Водень може використовуватись як паливо для автомобілів, а також замість природного газу в багатьох інших установках, причому внаслідок його згорання не утворюються шкідливі речовини, а лише водяна пара.

Особливо актуальним використання енергії вітру є для Криму. Нині, за даними Крименерго, півострів споживає 1 млн. 340 тис. кВт, причому майже вся ця енергія надходить з-за меж Криму. Деяку частину її дають дизельні станції, що забруднюють повітря курортної зони. А тим часом на одній Арабатській стрічці, що на Сиваші, можна встановити 30 тис. ВЕС і одержати 3 млн. кВт екологічно чистої енергії. А якщо побудувати ВЕС на кримських яйлах від Керчі до Севастополя, то Крим може стати навіть експортером електроенергії. Ці ділянки – зони сталих і досить сильних вітрів. Під час роботи ВЕС навколишнє середовище не зазнає жодних забруднень. Єдині негативні впливи – це низькочастотний шум (гудіння) працюючих вітряків та ще спорадична загибель птахів, що потрапляють на лопаті вітродвигунів.

Енергія морів і океанів. Світовий океан – велетенський енергетичний потенціал. Це, по-перше, енергія Сонця, поглинута океанською водою, що виявляється в енергії морських течій, хвиль, прибою, різниці температур різних шарів морської води і, по-друге, енергія тяжіння Місяця й Сонця, яка спричиняє морські припливи й відпливи. Використовується цей великий і екологічно чистий потенціал ще вкрай мало.

Одну з перших електростанцій, що використовує енергію **морських хвиль**, було побудовано ще в 1970 р. поблизу норвезького міста Бергена. Вона має потужність 350 кВт і забезпечує енергією селище з 100 будинків. Можливості створення більш потужних хвильових станцій досліджується вченими Великобританії, США та Японії. А румунські вчені провели вдалі дослідження з установками для перетворення енергії морських хвиль на електроенергію на Чорному морі, яке поблизу узбережжя Румунії нічим не від-

різняється (з енергетичної точки зору) від того, що омиває береги України.

Усі типи *морських хвильових електростанцій*, що будуються і діють нині, побудовані за єдиним принципом: у спеціальному буї-поплавку під дією хвилі коливається рівень води. Це призводить до стискання в ньому повітря, яке рухає турбіну. В експериментальних електростанціях навіть невеликі хвилі висотою 35 см примушують турбіну розвивати швидкість понад 2 тис. обертів за хвилину. Метрової висоти хвилі забезпечують від 25 до 30 кВт енергії, а в деяких частинах Світового океану, наприклад у Тихому океані, можна одержати до 90 кВт.

Іншим різновидом морських електростанцій є установки, що перетворюють енергію *морського прибою*. Крім згаданого поплавкового принципу, такі станції використовують також принцип закачки сильним прибоєм морської води в резервуар, розташований вище рівня моря. Звідти вода спускається вниз, обертаючи турбіни енергоустановок.

У океані подекуди досить близько розташовані шари води *з різною температурою*. Найбільш значною (до 22°C) різниця температури є в тропічній зоні Світового океану. На цьому явищі базується принцип одержання електроенергії. В спеціальний теплообмінник закачується насосами холодна глибинна вода й нагріта Сонцем – поверхнева. Робочий агент (фреон), як у домашньому холодильнику, почергово випаровується та переходить у рідкий стан у різних частинах теплообмінника. Пара фреону рухає турбіну генератора. Нині така установка потужністю 100 кВт працює на тихоокеанському острові Науру, забезпечуючи енергопотреби населення цього острова.

Нарешті розроблені й уже діють електростанції, що використовують енергію *морських припливів*. Вигідним вони є в тих ділянках узбережжя Світового океану, де припливи бувають найвищими. До таких ділянок належить канадська затока Фанді (висота припливу становить 17 м), протока Ла-Манш (15 м), Пенжинська затока Охотського моря (13 м) тощо. На узбережжі Чорного моря висота припливу дуже незначна. Нині споруджено і працює кілька припливних станцій: у гирлі р. Ранс на узбережжі Ла-Маншу (Франція) потужністю 240 тис. кВт і Кислогубська в Кольській затоці (Росія) потужністю 400 кВт.

Широке впровадження морських електростанцій різних типів стримується відносно високою їх вартістю. Проте вчені дійшли висновку, що їх енергетичний баланс може бути більш високим, ніж у деяких АЕС і ТЕС, що працюють на вугіллі та нафті. Розрахунки та проекти інженерів свідчать, що в найближчому майбутньому можливе спорудження великих електростанцій такого типу. Привертають увагу проекти електростанцій, розташованих на плавучих установках подалі від берега. В деяких проектах пропонується одержувати енергію на таких станціях комплексним способом (наприклад, за рахунок хвиль, різниці температур, а також вітру та Сонця). Ця енергія може використовуватися для виробництва водню або

передаватися на берег по підводному кабелю.

Робота згаданих електростанцій не спричиняє забруднення навколишнього середовища, зокрема й теплового, бо вони лише перетворюють акумульовану в хвилях, припливах тощо енергію Сонця й Місяця на інші види енергії, зокрема електричну.

Енергія підземного тепла. Як відомо, з заглибленням під землю зростає температура (в середньому на 30°C на 1 км, а в вулканічних районах значно швидше). За оцінками фахівців, у земній корі до глибини 7-10 км акумульоване тепло, загальна кількість якого в 5 тис. разів перевищує теплоємність усіх видів викопного палива, що є на Землі. Теоретично всього лише 1% тепла, що міститься в земній корі до глибини 5 км, вистачило б для того, щоб вирішити енергетичні проблеми людства на найближчі 4 тис. років.

Та на практиці це джерело енергії використовується ще дуже мало. Найкращі результати досягнутого в районах активної **вулканічної діяльності**, таких як Ісландія, Камчатка тощо, де близько до поверхні залягають **термальні води**. Через свердловини гаряча водяна пара надходить у турбіни й виробляє електроенергію. Відпрацьована гаряча (75-80°C) вода використовується для опалення будинків, теплиць, тваринницьких ферм тощо. В холодній Ісландії в оранжереях, які обігріваються термальними водами, навіть вирощують банани, а столиця країни – Рейк'явік протягом останніх 40 років повністю опалюється підземним теплом.

Особливо ефективними термальні води є в сільському господарстві. Так, на Північному Кавказі собівартість тепличних овочів, вирощених на геотермальних водах, 1.5 рази нижча, ніж там, де парники обігріваються за рахунок котелень, що працюють на мазуті. Нафтовики часто знаходять тут термальні води, які надходять із свердловини замість нафти.

В Україні немає жодної установки такого типу, проте перспективними зонами для використання **геотермальної енергії** є Карпати, Закарпаття та Крим.

Під час перетворення геотермальної енергії виникає проблема відпрацьованих підземних вод. Як правило, вони сильно мінералізовані і їх не можна спускати в ріки. З деяких таких розсолів добувають йод, бром, літій, цезій, стронцій, рубідій і ще деякі елементи. Відпрацьовані води знову закачують у підземні горизонти для повторного використання тепла Землі.

Енергія Сонця. Сонце є найпотужнішим джерелом екологічно чистої енергії. На кожний квадратний метр поверхні земної атмосфери падає 1300 Вт сонячної енергії. Проте до земної поверхні вона доходить не вся – частина відбивається в Космос, частина розсіюється атмосферою, витрачається на утворення озонового шару тощо. Інтенсивність сонячного випромінювання, що досягає Землі, залежить від кількох факторів, передусім від географічної широти місцевості, а отже, кута нахилу променів до площини поверхні. Найбільша вона на екваторі (до 2300 кВт/м² на рік), а на широті

України становить близько 1900 кВт/м^2 на рік. Така розсіяність сонячної енергії є головною перешкодою для її використання. Проте це не зупиняє вчених й інженерів, які працюють над проблемою перетворення сонячної енергії. Адже лише 3,5% сонячної енергії, що падає на Землю, може забезпечити всі енергетичні потреби людства на необмежений час.

Нині є такі напрямки використання сонячної енергії: одержання електроенергії; побутового тепла; високотемпературного тепла в промисловості; на транспорті. Найбільших успіхів досягнуто в установках так званої “малої енергетики”.

Для одержання електроенергії використовується кілька методів. З них найперспективнішим вважається метод безпосереднього перетворення сонячного випромінювання на електричну енергію за допомогою *напівпровідникових фотоелектричних генераторів (сонячні батареї)*. Найбільш поширені кремнієві батареї мають ККД 18-20 %, більший ККД (до 23%) у генераторів з арсеніду галію. Американські вчені розробляють двокаскадні фотоелектричні генератори, ККД яких становитиме 40%, а може й 50%. На сьогодні такі батареї застосовуються ще обмежено: на космічних станціях (де їх сумарна потужність перевищує 10 кВт, а площа 100 м^2), ретрансляторах, навігаційних маяках, телефонних станціях у пустельних місцевостях, для живлення невеликих радіостанцій геологів, чабанів тощо. Широко використовуються сонячні батарейки, вмонтовані в мікрокалькулятори, електронні іграшки тощо.

Електроенергію можна одержувати також за допомогою генераторів, що використовують теплову дію сонячних променів (*паротурбінні й термоелектричні генератори*). Однією з таких станцій є *сонячна електростанція (СЕС)*, споруджена в Криму поблизу Керчі. Це станція баштового типу. В центрі кола діаметром 500 м встановлено 70-метрову башту з парогенератором на верхівці. Башту оточують 1600 геліостатів – рухомих дзеркал площею $5 \times 5 \text{ м}$. Стежачи за рухом Сонця (за допомогою ЕОМ), вони спрямовують його промені на парогенератор, нагріваючи в ньому воду й перетворюючи її на пару з температурою 300°C . Пара рухає турбіну з генератором. Потужність станції становить 1200 кВт. Ця станція є експериментальною. Розрахунки свідчать, що СЕС, побудовані за таким принципом, можуть мати потужність до 100 тис. кВт. Висота башти такої станції повинна сягати 200-300м.

Сонячні електростанції не забруднюють навколишнього середовища. Щоправда, вони займають великі площі земель. Проте на Землі є близько 20 млн. км^2 пустель. У цих зонах землі непридатні для сільського господарства, потік сонячної енергії найвищий і кількість хмарних днів протягом року мінімальна. На думку вчених, для задоволення енергетичних потреб цивілізації достатньо зайняти батареями від 1 до 3 млн. км^2 площі пустель, тобто всього 5-15% цих земель, що не так уже й багато, враховуючи можливості людства в майбутньому.

Сонячна енергія може використовуватися для одержання побутового тепла – опалювання будинків, як вже реалізовано в різних країнах (США, Туркменістан, Узбекистан). Використовується сонячне проміння, що падає на дах і стіни будинку вкриті спеціальними *колекторами тепла*. В них нагрівається вода (до 95°C). Для зберігання тепла, зокрема на зимовий період, ніч і хмарні дні, частина тепла відводиться в спеціальні резервуари, розміщені в підвальному приміщенні й заповнені щебенем. Тепло, акумульоване щебенем, використовується тоді, коли виникне потреба. Влітку сонячна система такого будинку може застосовуватися й для охолодження приміщень (кондиціонування повітря). З цією метою колектори вдень відключаються, а вночі працюють, охолоджуючи щебінь у резервуарах нічним прохолодним повітрям. Потім, протягом жаркого дня, охолоджений щебінь забирає тепло з приміщень.

На думку американських учених, в подальшому опалення й кондиціонування за рахунок Сонця в цій країні буде впроваджено в 10% будинків, а до 2020 року їх кількість становитиме щонайменше 35%. Для України ця проблема також дуже актуальна, особливо для південних областей, де влітку жарко, а взимку не вистачає палива.

Слід додати, що в *експериментальних сонячних будинків*, споруджених у США, крім колекторів-збирачів тепла, дахи вкриваються ще й *сонячними батареями*, що забезпечують будинки електроенергією протягом дня. Це дає велику економію електроенергії, що споживається таким будинком з мережі. Сонячна енергія в південних районах може бути використана також для готування їжі, сушіння зерна та фруктів, опріснення води, підйому води з глибоких колодязів тощо. Розроблені досить зручні пристрої для таких потреб, наприклад *параболічні дзеркала* діаметром близько 1,5 м. У фокусі такого дзеркала трилітровий чайник з водою закипає за 10 хв.

Для промислових цілей з сонячної енергії можна одержати високотемпературне тепло (до 3800°C) у *печах*. Такі печі працюють у Франції та Узбекистані. Діють вони за тим самим принципом, що й СЕС з парогенераторами: система геліостатів спрямовує сонячні промені на велике параболічне дзеркало, в фокусі якого розміщують проби металів, сплавів чи мінералів для плавки. Порівняно зі звичайними печами сонячні мають ряд переваг: розплавлена речовина не стикається з паливом чи плавильним тиглем, плавку можна здійснювати в будь-якій атмосфері, така піч не забруднює навколишнє середовище.

Сонячна енергія може використовуватися й на транспорті – для енергоживлення автомобілів, невеликих суден і навіть літаків. З площі в кілька квадратних метрів (дах мікроавтобуса) можна зібрати енергію для живлення акумуляторів, які рухають автомобіль.

У 1982 р. автомобіль з сонячними батареями на даху без жодної краплі бензину перетнув Австралію з заходу на схід, подолавши за два місяці відстань близько 4 тис. км із середньою швидкістю близько 30 км/год. На *со-*

нячному літаку (верхня поверхня його крил вкрита сонячними батареями, що рухають електромотор гвинта) було здійснено переліт через Ла-Манш.

Таким чином, *сонячна енергетика має велике майбутнє*. Її розвиток сьогодні, особливо в Україні, стримується недостатнім фінансуванням.

Біоенергетичні технології. Життя та діяльність людей супроводжується утворенням великої кількості різноманітних *твердих і рідких відходів*. Це побутові відходи, каналізаційні стоки міст, стоки та відходи виробництва та переробки сільськогосподарської продукції, величезна кількість органічних залишків після лісозаготівельних робіт і переробки деревини тощо.

Навколо великих і малих міст вже ніде розташовувати *звалища*, які займають тисячі гектарів земель і отруюють воду і повітря. А разом з тим є технології, що дозволяють одержувати з усієї цієї колосальної маси *органічних решток* енергію.

Найпростіше рішення – це спалювання *органічних відходів* на спеціальних заводах, що забезпечує одержання побутового тепла. Щоправда, воно обходиться в десять разів дорожче, ніж ТЕЦ, проте головне тут – не одержання тепла, а охорона навколишнього середовища. Є шляхи здешевлення цього процесу: виробництво на таких заводах не лише тепла, а й електроенергії. Такий досвід є, наприклад, в Японії. Недоліком таких технологій є те, що спалювання сміття супроводжується новими відходами – твердими й газоподібними. Потрібні спеціальні фільтри, а це ще більше здорожчує процес.

Але є зовсім інша можливість переробки органічних відходів, що має багато переваг перед згаданим способом – *біотехнологічний метод* з використанням *метанобактерій*. Ці мікроорганізми активно розвиваються в будь-яких органічних рештках, а в результаті процесу їх життєдіяльності утворюється *біогаз* – суміш метану (70%) і чадного газу (30%). Теплоємність біогазу досить велика: 1 м³ утворює стільки ж тепла, як 600-800 г антрациту. Тонна органічних решток (гній, сміття тощо) дає до 500 м³ біогазу. Щоправда, цей процес відбувається досить повільно, але безсумнівною його перевагою є те, що понад 80% енергії, яка міститься в стічних водах або відходах, вилучається у виходах гарячого газу.

Технологія одержання біогазу дуже проста. Гноєм, сміттям, соломкою, листям заповнюють бетонні ємкості або колодязі будь-якого об'єму. Ємкість має бути щільно закрита, щоб не було доступу кисню, газ, що утворюється в процесі *бродиння*, відводять у приймальні пристрої або безпосередньо в газову плиту. В Китаї нині діє понад 8 млн. таких установок, головним чином у сільській місцевості, багато їх також є в Індії. Тут колодязі заповнюють гноєм, щільно закривають, а газ, що утворюється, надходить у газові плити господарства. Після процесу бродиння залишається добриво – знезаражене, без запаху, більш цінне, ніж звичайний гній.

Найширшого визнання така технологія набула в Китаї, де вже функці-

онує близько 8 млн. *біогазових установок*, якими користується 4% населення країни і які виробляють 720 млн. м³ газу на рік, що еквівалентне 3 млн. т кам'яного вугілля. Досвід свідчить, що 1 м³ біогазу вистачає, щоб освітлювати невелике приміщення протягом 6-8 год. Китайські біогазові установки дуже дешеві.

Найперші біогазові установки створили в Індії в 1990 р., пізніше – в Німеччині, Англії, США. В Індії планується збудувати 18 млн. сімейних *біореакторів* і 6 млн. – великих.

У колишньому СРСР перші біореактори розробили в Латвії в 1949 р., а потім – у Грузії. В 1959 р. в Україні (в Запоріжжі) був створений біореактор, розрахований на 150 корів і 20 свиноматок з поросятами.

У Латвії та Естонії нині планується збудувати по кілька сотень біогазових установок середньої та підвищеної потужності.

Створено й промислові установки для переробки відходів і одержання з них *горючого газу*. В Румунії навіть проведено успішні дослідження з використання біогазу як палива для тракторів. Для України, яка забезпечена власними запасами природного газу лише на 30%, така технологія є дуже перспективною, особливо для сільської місцевості.

Іншим прикладом застосування біоенергетичних технологій є дослідження з використанням як енергосировини *ріпакової олії*. Ріпак, ця досить невибаглива рослина, давно вирощується, зокрема й в Україні, заради олії, що виробляється з її насіння та є сировиною для виготовлення маргарину, лаків і фарб. Крім того, зелена маса ріпаку – цінний корм для худоби.

Останнім часом ріпак зацікавив спеціалістів різних країн, особливо тих, що змушені купувати нафту, не маючи власних родовищ. Ріпакова олія може успішно замінювати *дизельне пальне* для тракторів, автомобілів, морських суден тощо. Щоправда, для цього потрібно досить ґрунтовно переобладнати двигуни.

Інший шлях використання ріпакової олії – одержання з неї шляхом спеціальної обробки пального, що повністю заміняє солярку в звичайних дизельних двигунах. Енергетичні фірми Заходу останнім часом постачають на ринок пальне для дизельних двигунів під назвою “Блакитний ангел”. Цінність такого пального безсумнівна: по-перше, воно належить до відновних енергоресурсів; по-друге, за енергетичними показниками є аналогом солярки, але має вдвічі меншу собівартість; по-третє, це пальне має велику перевагу перед нафтовим паливом тому, що не містить такого забруднювача повітря, як сполуки сірки, концентрація яких у нафтовому пальному становить не менше 0,4 %.

Крім того, ріпакову олію можна використовувати як домішку до нафтової солярки. Результати досліджень українських вчених свідчать, що додання до солярки 20% ріпакової олії не змінює силові та екологічні показники двигунів. Таким чином, Україна могла б зекономити близько 20% дизельного пального, причому це не вимагає великих фінансових затрат і

технологічних зусиль.

З ріпаку, зібраного з 1 га, одержують 1-2 т олії. Отже, для задоволення енергетичних потреб у ріпаковій олії (у разі використання дизельних сумішей з 20%-ю домішкою олії) Україна мала б засівати ріпаком 2-3 млн. га.

Ймовірно, що внаслідок селекційної роботи врожайність ріпаку можна підвищити, а відповідно зменшити площі його посіву. Ріпак можна з успіхом вирощувати на полях зрошення, які займають тисячі гектарів навколо великих міст і є складовою систем каналізації та переробки побутових стоків. За санітарно-гігієнічними правилами їх не можна використовувати для вирощування овочів, зерна чи фуражу для худоби. Проте це не стосується ріпаку, що вирощується для одержання енергетичної сировини. Ріпак на полях зрошення росте добре, бо тут досить вологи та добрив, особливо фосфатних.

Крім того, для задоволення енергетичних потреб цю культуру можна вирощувати на землях, заражених *радіонуклідами*, зокрема в 30-кілометровій зоні. Результати досліджень українських біологів свідчать, що радіонукліди, які засвоюються стеблом, листям і корінням ріпаку, до складу олії практично не потрапляють. Таким чином, ріпак можна використовувати з подвійною метою – для дезактивації заражених радіонуклідами земель і одержання енергетичної сировини – з олії. Звичайно, для вирішення цієї проблеми необхідно створити умови для роботи людей, які мають працювати в зоні підвищеної радіоактивності. Слід згадати напрям розвитку біоенергетичних технологій – використання *мікроскопічних одноклітинних водоростей*. Деякі країни, наприклад Австралія, вже розробили промислові методи одержання з водоростей пального для двигунів внутрішнього згорання та дизелів – “зеленої нафти”. Водорості вирощуються в спеціальних *штучних лагунах*, заповнених морською водою. Пальне, добуте з “зеленої нафти”, дешевше, ніж аналогічні продукти перегонки природної нафти. Нині тривають дослідження, спрямовані на одержання продуктивніших штамів водоростей та пошук їхніх прісноводних видів, які можна було б вирощувати для задоволення енергетичних потреб. “Зелена нафта” має ту ж перевагу над природною, як і ріпакова олія – вона не містить шкідливих домішок сірки, тому є екологічно чистішою.

ЛЕКЦІЯ 9 ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПРОЦЕСИ, РОЗКЛАД РЕЧОВИН ТА ЗМІНИ В БІОСФЕРІ

9.1 Поняття фотосинтезу

Життя на Землі залежить від потоку енергії, яка утворюється в результаті термоядерних реакцій, що проходять в надрах Сонця. Близько 1% сонячної енергії, що сягає Землі, перетворюється клітинами рослин (і деяких бактерій) в хімічну енергію синтезованих вуглеводів.

Утворення органічних речовин на світлі називається **фотосинтезом** (гр. *photo* – світло, *synthesis* – з'єднання).

Фотосинтез – це накопичення частини сонячної енергії шляхом перетворення її в потенціальну енергію хімічного зв'язку органічних речовин.

Фотосинтез – необхідна проміжна ланка між живою та неживою природою. Нобелівський лауреат Сент-Д'єрді писав: “Життям керує слабкий неперервний потік сонячної енергії”. Без притоку енергії від Сонця життя на нашій планеті, підкоряючись другому закону термодинаміки, обірвалось би назавжди.

Значення фотосинтезу не усвідомлювалось до порівняно недавнього часу. Аристотель і інші вчені стародавньої Греції вважали, що рослини добувають свою “їжу” з ґрунту. Близько 350 років тому назад голландський природознавець Ван Гельмінт (1579 – 1644) довів, що не один ґрунт “годує” рослини. Він вирощував дерево верби в глиняному горщику, поливаючи його тільки водою. Через 5 років маса дерева збільшилась на 74,4 кг, а маса ґрунту зменшилась тільки на 57 г. Гельмінт вирішив, що всі речовини рослини утворюються з води.

В кінці XVIII століття англійський вчений Прістлі (1733-1804) відкрив, що рослини “виправляють” повітря. В закритій посудині свічка гасла, а після того як туди помістили гілочку м'яти, свічка незабаром знову могла горіти. Досліди Прістлі вперше дозволили логічно пояснити, чому повітря на Землі залишається “чистим”, не дивлячись на горіння незліченних вогнів і дихання багатьох тварин, що виділяють CO₂. Коли вченого нагороджували за відкриття, він сказав: “Рослини ростуть недаремно, а очищують і облагороджують нашу атмосферу”. А в 1796 р. голландський лікар Інгенхауз (1730-1799) виявив, що повітря “виправляється” тільки на сонячному світлі і тільки зеленими частинами рослин.

Потім було з'ясовано, що в утворених при фотосинтезі органічних речовинах співвідношення вуглецю, водню і кисню такі, що на 1 атом вуглецю припадає 1 молекула води (CH₂O)_n, звідки і назва цукрів – “вуглеводи”. Вважалось, що вуглеводи утворюються з вуглецю і води, а кисень виділяється з CO₂. Пізніше англійський медик Ван Ніль, вивчаючи фотосинтезуючі бактерії, показав, що в результаті фотосинтезу сірчані бактерії виділяють сірку, а не кисень:



Він припустив, що не CO₂, а вода розчиняється при фотосинтезі, і запропонував таке сумарне рівняння фотосинтезу:



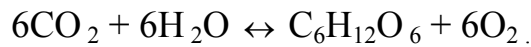
Для водоростей і зелених рослин H₂A – це вода (H₂O), для пурпурних сірчанних бактерій H₂A – сірководень (H₂S), а для інших бактерій це може бути вільний водень чи інша речовина, що окислюється.

Ця ідея в 30-х роках нашого століття була підтверджена експеримен-

тально з використанням важкого ізотопу кисню (^{18}O):



Для водоростей і зелених рослин сумарне рівняння фотосинтезу стали записувати таким чином:



Синтезування рослинами вуглеводів (глюкози, сахарози, крохмалю та ін.) є головним джерелом енергії для більшості гетеротрофних організмів, що населяють нашу планету.

Розклад органічних речовин відбувається в процесі метаболізму (гр. *metabol* - зміни) в живих клітинах.

Метаболізм – це сукупність біохімічних реакцій і перетворень енергії в живих клітинах, що супроводжуються обміном речовин між організмами і середовищем.

Сума реакцій, що ведуть до розпаду чи деградації молекул і виділення енергії, називається **катаболізмом**, а ті, що приводять до утворення нових молекул, – **анаболізмом**.

Перетворення енергії в живих клітинах здійснюється шляхом переносу електронів з одного рівня на інший чи з одного атома або молекули – до інших.

Енергія вуглеводів виділяється в метаболічних процесах при диханні організмів.

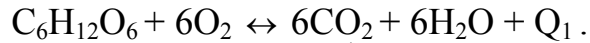
Дихання – це процес, в результаті якого енергія, виділена при розпаді вуглеводів, передається на універсальну енергонесучу молекулу аденозинтрифосфорної кислоти (АТФ), де вона зберігається у вигляді високо енергетичних фосфатних зв'язків.

Так, наприклад, при розкладанні 1 моля глюкози виділяється 686 ккал вільної енергії. Якщо б ця енергія виділялась швидко, то більша частина її розсіялась би у вигляді теплоти. Це не принесло б користі клітині, а привело б до згубного для неї збільшення температури. Але в живих системах є складні механізми, які регулюють багаточисельні хімічні реакції таким чином, що енергія зберігається в хімічних зв'язках і потім може виділятися поступово, за необхідності.

У ссавців, птахів і деяких інших хребетних теплота, що виділяється при диханні, тим або іншим шляхом зберігається, і тому температура їхнього тіла, як правило, вища температури навколишнього середовища. У рослин швидкість дихання невелика, тому теплота, що виділяється, зазвичай, не впливає на температуру рослин.

Дихання може відбуватись як в аеробних, тобто з наявністю кисню, так і в анаеробних – безкисневих умовах.

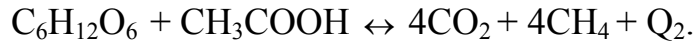
Аеробне дихання – процес, протилежний нормальному фотосинтезу, тобто синтезування органічних речовин ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) знов розкладається з перетворенням CO_2 і H_2O та звільненням потенціальної енергії $Q_{\text{пот}}$, що акумулюється в цій речовині:



При цьому $Q_1 = Q_{\text{пот}} = 686 \text{ ккал} \cdot \text{моль}^{-1}$.

Однак при відсутності кисню процес може відбуватися не до кінця. В результаті такого незавершеного дихання утворюються органічні речовини, що містять ще деяку кількість енергії, яка в подальшому може бути використана іншими організмами при інших типах дихання.

Анаеробне дихання протікає без участі газоподібного кисню. Акцептором електронів служить не кисень, а інша речовина, наприклад оцтова кислота:



При цьому $Q_2 < Q_{\text{пот}}$, а метан, що виділяється, має ще деякий запас енергії q_1 і може використовуватись як паливо або самовільно окислюватись і спалюватись в природі:

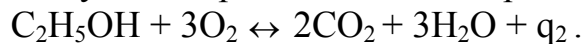


Безкисневе дихання служить основою життєдіяльності багатьох сапротрофів (бактерій, дріжджів, пліснявих грибків, простіших), але може зустрічатись і в тканинах інших тварин.

Бродіння – це анаеробне дихання, при якому органічна речовина сама служить акцептором електронів:



При цьому $Q_3 < Q_{\text{пот}}$, а спирт, що утворюється, також містить деяку кількість енергії, яка може бути використана іншими організмами:



Розкладання може бути результатом не тільки біотичних, але і абіотичних процесів. Так, наприклад, степові і лісові пожежі повертають велику кількість CO_2 та інших газів в атмосферу і мінеральних речовин в ґрунт. Вони – важливий й іноді навіть необхідний процес в екосистемах, де фізичні умови такі, що мікроорганізми не встигають розкласти органічні залишки, що утворюються.

Але заключне розкладання відмерлих рослин і тварин здійснюється, в основному, гетеротрофними мікроорганізмами – редуцентами, прикладом яких є широко поширені в стічних і природних водах сапрофітні бактерії.

Розкладання органічних речовин є результатом добування необхідних хімічних елементів і енергії організмами при перетворенні їжі всередині клітин їхнього тіла. Якщо б раптом ці процеси припинились, то всі біогенні елементи виявились би зв'язаними в мертвих залишках, а продовження життя стало б неможливим. Комплекс руйнівників в біосфері складається з великої кількості видів, які, діючи послідовно, здійснюють розпад органічних речовин до мінеральних. Процеси утворення органічних речовин і їх розпад називають також процесами **продукції** (лат. *production* – створення, виробництво) і **деструкції** (лат. *destructio* - руйнування).

9.2 Потепління клімату

Потепління клімату пов'язують з *парниковим* або *тепличним ефектом* (по-англійськи “*ефект грінхауз*”). Багато хто вважає, що парниковий ефект вже діє. Чим це викликано?

Мільярди тонн вуглекислого газу щородини потрапляють в атмосферу при спалюванні дров, вугілля, нафти, газу. Крім того, в атмосфері збільшується вміст водяної пари. Разом з тим, ці гази і створюють парниковий ефект.

Так само як скляний дах в парнику, пропускаючи сонячну радіацію, не дає виходити теплу, що накопичилось в атмосфері, так і “парникові гази”, затримуючи *довгохвильове теплове випромінювання Землі*, не дають виходити теплоті в космос. Сонячне світло, проходячи через стратосферу і тропосферу, досягає поверхні Землі. Поглинута Землею теплота випромінюється в навколишнє середовище. Але тільки частина теплових променів, що досягають стратосфери, розсіюється в космічному просторі.

За розрахунками американських учених, в 1998 р. в атмосферу вийшло 5,5 млрд. т вуглецю від спалювання викопного палива і 2,5 млрд. т – від спалювання лісів в Амазонці. Більше 40% викидів припадає на США і СНД, до них наближаються інші розвинені країни.

Енергетичний бум століття збільшив вміст CO₂ в атмосфері на 25%, а метану – на 100%. Якщо ріст добування і використання палива буде йти такими самими темпами, то до 2010 р. буде викидатись біля 10 млрд. т вуглецю в рік, і концентрація CO₂ в атмосфері значно зросте.

За останні 100 років потепління на Землі складало 0,5-0,7 °С: 1890 р. середня температура була приблизно 14,5 °С, а в 1990 р. – 15,0-15,2 °С. Більшість вчених вважають це наслідком парникового ефекту.

Наслідки парникового ефекту, які викликають найбільше занепокоєння – це *підвищення рівня Світового океану*. Міжнародна конвенція кліматологів в Австрії (1988) прогнозувала до 2030-2050 рр. підвищення температури на 1,5-4,5 °С, яке може викликати підвищення рівня океану на 50-100 см, а до кінця ХХІ тисячоліття – на 2 м. Важко попередити всі жахливі наслідки підвищення рівня моря. Людей чекає не тільки “всесвітній потоп”, можуть посилитись і *засухи*. Наземні екосистеми не зможуть достатньо швидко пристосуватись до зміни клімату. Величезні лісні масиви в результаті розкладання і згорання будуть додатковим джерелом вуглецю, що збільшить потепління.

Чи спрацює прогнозований сценарій? В природі діє і зворотний зв'язок. Фотосинтез і світовий океан є буферною системою, споживаючою CO₂, що може компенсувати збиткове надходження в атмосферу CO₂. З іншого боку, запиленість атмосфери внаслідок *промислових викидів* твердих частинок може перешкоджати надходженню теплового випромінювання на Землю, як, наприклад, після виверження вулкану.

І, все-таки, через невизначеність ситуації з потеплінням клімату не можна відмовитись від стратегічного планування, змиритись із знищенням лісів, викидом в атмосферу парникових газів.

На засіданні ООН з питань охорони навколишнього середовища в Гаазі (1989) Бразилія запропонувала створити спеціальний фонд для надання екологічної допомоги країнам, що розвиваються. Якщо б кожна країна платила в цей фонд по 1000 доларів за тону викинутого в атмосферу CO₂, то за рік накопичилась би сума, достатня для погашення внутрішнього боргу країн “третього світу” і фінансування програм щодо захисту клімату. В Торонто (1989 р.) прозвучав інший заклик до всіх країн: **скоротити викиди вуглецю до 2005 р. на 20%**. На Конференції з охорони навколишнього середовища в Ріо-де-Жанейро (1992 р.) була прийнята Конвенція ООН про **зміни клімату**, в якій записано, що країни-учасники “готові захистити кліматичну систему в інтересах теперішнього і майбутнього покоління”. Кінцева мета Конвенції – досягти стабілізації концентрації парникових газів в атмосфері на рівні, що не допускає небезпечного антропогенного впливу на кліматичну систему. При цьому 25 розвинених країн, а також країни, що здійснюють перехід до ринкової економіки, включаючи Україну, повинні взяти на себе більш конкретні зобов’язання: повернутись до рівня викидів парникових газів 1990 р., подати фінансові ресурси, передати безпечні технології іншим зацікавленим сторонам та ін.

9.3 Озонові діри

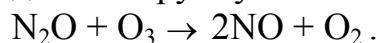
Життя зберігається тому, що навколо планети утворився **озоновий екран**, який захищає біосферу від смертоносних **ультрафіолетових променів**. Але в останні десятиліття відмічено зниження вмісту озону в захисному шарі.

Руйнування озонового екрану спостерігалось кожної весни над Антарктидою з 1975 р. Пізніше над Північним полюсом було також помічено скорочення **озонового стовпа** на 10%, над Антарктидою – на 40 % (озоновий стовп – це кількість озону, через який ультрафіолетові промені повинні пройти з верхніх шарів атмосфери до поверхні Землі в даному пункті). В захисному озоновому шарі з’явилися **“діри”**.

Середня концентрація озону в стратосфері складає приблизно 0,0003%, хоча і коливається на різних географічних широтах. Коливання концентрації озону навіть до 30% в одному і тому самому місці вважаються нормальними. Коливання середнього рівня можуть сягати 10% і зумовлені, ймовірно, природними флуктуаціями вмісту озону. Зменшення кількості озону в результаті діяльності людини може впливати на здоров’я людей і клімат Землі. Так, американські вчені вважають, що кожне зменшення озонового стовпа на 1% призводить до двовідсоткового підсилення ультрафіолетової реакції на 2,5-відсоткового частішання випадків **захворю-**

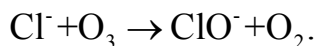
вань раком шкіри.

Причини появи “озонових дір” пояснюються по-різному. Можливо, це пов’язано з природними циклами в природі, на які раніше не звертали уваги? Першочерговою основною причиною вважали руйнівну дію на озоновий шар надзвукових транспортних літаків, які забруднюють стратосферу водою і оксидами азоту, здатними руйнувати озон:

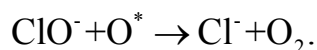


Але висока вартість таких польотів настільки сповільнила розвиток надзвукових перевезень, що зараз вони не становлять суттєвої загрози для озонового екрану.

Однак в одному вчені сходяться: **фреони** (хлорфторвуглеводні) сприяють руйнуванню **озонового шару**. Ці хімічні речовини, створені людиною, широко використовуються як аерозолі, холодоагенти і розчинники. Попадаючи в стратосферу, хлорфторвуглеводні руйнуються, а → атоми хлору і фтору, що виділяються при цьому, взаємодіють з озоном, наприклад:



Монооксид хлору (ClO), що утворюється, взаємодіє з атомами кисню і відновлює хлор:



Потім виникає ланцюгова реакція руйнування озону.

Виробництво хлорфторвуглеводів у світі дуже високе: тільки США дають половину всієї кількості: 800-900 тис. т. Хлор- і фторзаміщені вуглеводи не тільки взаємодіють з озоном, але й поглинають інфрачервоне випромінювання, що може збільшувати парниковий ефект.

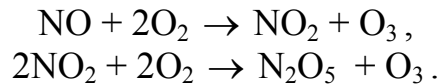
Крім того, вчені усвідомили, що хлор - і фторзаміщені вуглеводні і надзвукова авіація зовсім не єдині фактори, що наносять шкоду озоновому шару. Ядерні вибухи також вивільняють оксиди азоту, які руйнують озон. Тому, у разі ядерної війни ультрафіолетова радіація може стати такою самою проблемою, як і радіоактивні осадки.

Вихлопні гази автомобілів і добрива в ґрунті – також джерела оксидів азоту. Відомо, що бром у вигляді метилброміду CH_3Br , який широко використовується в сільському господарстві, також може руйнувати озон. Скільки його випаровується в атмосферу поки що невідомо. Припускають, що великі кількості таких промислових хімікатів, як чотирихлористий вуглевод CCl_4 і метилхлороформ CH_3Cl_3 , можуть виділяти помітні кількості хлору.

Але є явища і процеси, які гальмують руйнування озону або сприяють його утворенню. Так, вважається, що парниковий ефект призводить до нагрівання атмосфери тільки поблизу поверхні Землі, а в стратосфері – можливе охолодження, яке сповільнює руйнування озону. Метан і оксиди азоту (NO , NO_2) в тропосфері сприяють утворенню озону. Таким чином, діє

комплекс протилежно направлених факторів.

Отже, руйнують озон хлор- і фторзаміщені вуглеводи і оксиди азоту N_2O від надзвукових літаків, що літають в стратосфері, а також чотирихлористий вуглевод і метилхлороформ. Утворення озону прискорюється NO і NO_2 , що виділяються при спалюванні палива і польотах реактивних літаків нижче стратосфери:



Таким чином, утворення озону проходить, в основному, в тропосфері, а руйнування – в стратосфері. Але навіть, якщо припустити, що ці протилежні процеси компенсують один одного, то внаслідок переміщення озону з одного шару атмосфери в інший можуть відбуватись порушення природної рівноваги. Однак, дуже ймовірно, що цим руйнується захисний екран Землі.

В США, на долю яких приходилось половина всього світового викиду хлор- і фторвуглеводнів, в 1979 р. використання їх в аерозолях було заборонено законом. Однак застосування цих сполук в холодильниках і кондиціонерах після деякого зниження в 70-х рр. знов зросло.

Міжнародна конференція з цієї проблеми (Монреаль, 1987 р.) прийняла резолюцію скоротити випуск хлорфторвуглеводнів до кінця тисячоліття на 50%. В матеріалах Конференції ООН в Ріо-де-Жанейро (1992 р.) відмічено, що є підстави для хвилювання з приводу руйнування стратосферного озонового шару Землі. Не дивлячись на Монреальський протокол, загальний вміст речовин, що руйнують озоновий шар в атмосфері продовжує збільшуватись. Це свідчить про те, що прийняті угоди, якщо і виконуються, то не всіма країнами. У зв'язку з цим урядам всіх країн пропонується ратифікувати або прийняти Монреальський протокол і поправки до нього 1990 р. Це значить, що розвинуті країни повинні в короткі строки зробити внески в Віденський і Монреальський цільові фонди щодо озонового шару і сприяти передачі технологій заміни хлорфторвуглеводнів країнам, що розвиваються.

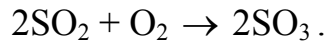
9.4 Кислотні дощі

Іншим видом забруднення атмосфери, що не визнає державних кордонів, є **оксиди сірки і азоту**. В багатьох країнах (спочатку в Скандинавії, а потім в США, Канаді, Північній Європі, Японії і ін.) вчені виявили, що дощова вода, здавалося б сама чиста вода в природі, містить велику кількість кислот.

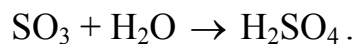
Оксиди сірки і азоту в атмосфері – основна причина кислотних дощів. Оксиди сірки попадають в повітря при спалюванні викопних видів палива, що містять сірку, перше місце серед яких займає кам'яне вугілля (до 90%), на другому місці – нафта, значно поступається їм газ. Оксиди

азоту також утворюються при спалюванні палива, а додатковим крупним їх джерелом є автомобільний транспорт.

В 1983 р. теплові електростанції при спалюванні вугілля і нафти викидали в атмосферу 16,8 млн. т сірки, або 87 % всіх оксидів сірки, викинутих в тому самому році. При спалюванні вугілля і нафти утворюються дві кисневих сполуки сірки: двоокис і триокис сірки. В атмосфері двоокис окислюється до SO_3 :

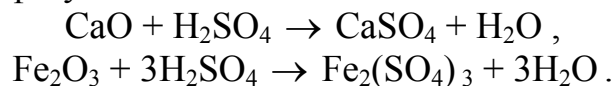


Триокис, що утворюється, реагує з водяною парою, утворюючи сульфатну кислоту:

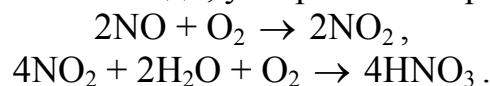


Сульфатна кислота присутня в повітрі у вигляді легкого туману, що складається з маленьких крапель.

При спалюванні палива в атмосферу також викидаються оксиди кальцію і заліза, котрі вступають в реакцію з сірчаною кислотою, утворюючи тверді частинки сульфату кальцію і заліза:

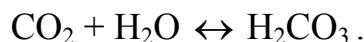


Кількість твердих частинок сульфатів і крапель сірчаної кислоти, що містяться в міському повітрі, може сягати 20%. Вітер розносить ці забруднення за сотні кілометрів від місця їх викиду, і в результаті утворюються *тумани і смоги*. Оксиди азоту окислюються в повітрі до діоксидів, які також розчиняються в крапельках води, утворюючи нітратну кислоту:



Ці дві кислоти (H_2SO_4 і HNO_3), а також їх солі і зумовлюють випадання кислотних дощів. На рослини, ґрунт і воду випадають також сухі частинки у вигляді солей.

Природна дощова вода має слабкокислу реакцію ($\text{pH} \approx 6$), так як контактує з CO_2 (природний компонент атмосфери) і розчиняє його, утворюючи слабку вугільну кислоту:



Однак дощі, що випадають в Новій Англії, наприклад, інколи мають $\text{pH} = 4$ – досить незвичайне явище для дощової води. В інших регіонах світу часто спостерігаються дощі з pH менше 4. Європа також страждає від кислотних дощів. Широко поширене спалювання вугілля як основного палива, особливо у Великобританії і Центральній Європі, здійснює руйнівну дію на природні екосистеми.

Спектр впливу кислотних дощів дуже широкий. Перш за все, вони позначаються на популяціях риб в озерах, особливо високогірних, де вода стала кислою. По даним 1975 р., в США 51% озер мали pH води менше 5, в 90% цих озер риба повністю була відсутня. Правда, важко припустити, що низький pH перешкоджає розмноженню риб, вбиваючи ікру.

Ймовірно також зниження розвитку фітопланктону, а отже, і кормової бази для риби. Зниження чисельності риби несе за собою зникнення тварин, які ними харчуються: білоголового орлана, гагар, чайок, норки, видри і ін. Чисельність земноводних (жаб, тритонів) можливо також скорочується.

Крім того, підкислені води краще розчиняють різні мінерали. Ртуть, що міститься в природних водоймищах, в кислому середовищі може перетворитись в отруйну монометилу ртуть. Підкислення води в джерелах водопостачання може призводити до розчинення в трубах токсичних металів, які можуть потрапити в питну воду. Так, в одному з районів Нью-Йорка підкислена питна вода, що простояла в трубах цілу ніч, розчинила свинець, і його вміст у воді перевищив допустимі норми.

Кислотні дощі руйнують будівельні матеріали (розчини, гіпс, камінь і ін.), реагуючи з кальцієм і магнієм, що входять до їх складу, **підсилюють корозію** будівельних конструкцій з заліза і інших металів. Шведські спеціалісти виявили високу кореляцію між кислотними дощами і корозією сталі.

Звичайно, кислотні дощі негативно впливають і на наземні екосистеми. Безперечно, що вони – одна з причин **деградації лісів**. За наявними даними, наприклад, в Чехії та Словаччині серйозно пошкоджені дерева на 200 тис. га лісів саме в тих місцях, де інтенсивно спалюють буре вугілля з високим вмістом сірки. В Польщі дерева, що загинули в районах, де використовується буре вугілля, виявлені уже на 500 тис. га. Те ж саме відмічено в Австрії, Швейцарії, Швеції, Германії, Голландії, Румунії, США і інших країнах. Кислотні дощі можуть вивільняти з ґрунту токсичний для рослин алюміній.

Тверді частинки і оксиди сірки, діючи разом, шкідливо впливають і на здоров'я людей. Сірчана кислота, розчиняючись в краплях води, утворює їдкий туман, що викликає **алергію** і інші захворювання. Частинки сульфатів заліза можуть створювати додатковий **канцерогенний потенціал** у міському повітрі.

9.5 Хімічні фактори забруднення біосфери

Наслідки хімічного забруднення біосфери для людини можуть бути різними, залежно від природи, концентрацій і часу дії. Реакція організму на забруднення залежить від віку, статі, стану здоров'я. Найбільш вразливі діти, похилі і хворі люди. При систематичному надходженні в організм навіть невеликих кількостей токсичних речовин можуть наступати хронічні отруєння, ознаками яких є: нейропсихічні відхилення, втома, сонливість або безсоння, апатія, ослаблення уваги, забування, коливання настрою і ін. Схожі ознаки спостерігались і при радіоактивному забрудненні середовища, що перевищує норми. Високотоксичні сполуки часто призводять до хронічних захворювань різних органів і нервової системи, діють на внут-

рішньоутробний розвиток плоду, викликаючи різні відхилення у новонароджених. Медики встановили пряму залежність між ростом кількості хворих алергією, бронхіальною астмою, раком і погіршенням екологічної обстановки в регіоні.

Канцерогени викликають особливе занепокоєння людей. Встановлено, що багато речовин (хром, нікель, берилій, бензопірен, азбест, тютюн і ін.) є канцерогенами. Ще в минулому тисячолітті рак був майже невідомий у дітей. Зараз він зустрічається серед них досить часто. В США основну кількість захворювань раком легень приписують курінню, а менше – роботі в деяких галузях промисловості. Їжа, повітря і вода також містять токсичні і канцерогенні речовини, що створюють небезпеку для людини. Приблизна частка захворювань раком з різних причин наведена в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1.

Причина захворювання	Частка від кількості людей, які захворіли, %
Паління	30
Їжа	35
Умови роботи	5
Спиртні напої	3
Ультрафіолетові, природні рентгенівські і космічні промені	3
Забруднення повітря і води	2
Ліки, рентген	1
Харчові добавки	1
Пенопласт, азбест, трихлоетилен (аерозолі), деякі барвники для волосся і інші споживчі товари	1
Причини, що не пов'язані з навколишнім середовищем (травми, інфекції, вагітність, роди тощо)	17

Цікаво, що відсоток захворювання тією або іншою формою раку різний в різних регіонах і різних групах населення. Наприклад, на північному сході США висока доля ракових захворювань ротової порожнини, горла, стравоходу, гортані і сечового міхура, але переважно у чоловіків. Очевидно, це пов'язано з високою концентрацією хімічних виробництв, на яких працюють в основному чоловіки. В районі Ліньсянь в Китаї зустрічається рак стравоходу, в Японії, зазвичай, рак шлунку, рак печінки – проблема в Африці і південно-східній Азії (але рідко зустрічається в інших частинах світу). Тому можна припустити, що рак викликається поєднанням якихось умов навколишнього середовища в різних районах.

Багато канцерогенів можуть викликати незворотні зміни в генах, що

називаються *мутацією* (лат. *mutatio* – зміна, переміна).

Фактично, сьогодні відсутні надійні способи для випробування 9000 синтетичних речовин, що виробляються в теперішній час (до того ж число їх щорічно збільшується на 500 - 1000). В США, наприклад, за даними Національного інституту професійної безпеки і здоров'я, кожний четвертий робітник, тобто майже 22 млн. чоловік, може підлягати дії токсичних речовин: ртуті, свинцю, пестицидів, азбесту, хрому, миш'яку, хлороформу і ін. Не складають винятку і службовці, які потрапляють під дію шкідливих речовин в повітрі, також як і сім'ї робітників, що контактують з цими речовинами через робочу одягу.

Діоксини – група органічних речовин, яку в останні роки вважають найбільш екологічно небезпечною. В групу діоксиноподібних сполук входять *суперекотоксиканти* – універсальні клітинні отрути, що вражають все живе. Пік викидів діоксинів прийшовся на 60-70-ті рр. Діоксини не виробляються промислово, вони утворюються при виробництві інших хімічних речовин: при синтезі гексахлорфенолів, гербіцидів і ін. Джерелами діоксинів є також стічні води підприємств целюлозно-паперової, металообробної, електронної, радіопромисловості і ін., що використовуються для знежирення хлорорганічних розчинників. Крім того, діоксини потрапляють в атмосферу з вихлопними газами автомобілів, при хлоруванні питної води, горіння “технічної” деревини, спалюванні галогенвмістних і побутових відходів і т.д. Забруднення середовища виникає і при промислових аваріях. Найбільш відома аварія в місті Севезово (Італія) в 1979 р. з великим викидом діоксинів в результаті порушення правил захоронення відходів. Дослідники Міланського університету спостерігали за 37000 жителями цього міста – серед них були зареєстровані 891 випадки раку.

В 1968 р. в Японії, а в 1979 р. на Тайвані були відмічені масові харчові отруєння рисовим маслом, забрудненим діоксинами. Постраждало близько 4000 чоловік; в печінці було виявлено високий вміст діоксинів (хвороба Юшо-Ю-Ченг).

Діоксини мають здатність впливати на репродуктивну систему. У робітників, зайнятих в виробництві хлорфенолоксигербіцидів, відмічається зниження потенції, а у їх жінок – підвищена частота викиднів.

Продукти харчування і лікарські препарати можуть містити речовини, що здійснюють шкідливий вплив на здоров'я людей. До 40% смертей від раку можна пов'язати з харчуванням або приготуванням їжі. Навіть обжарювання м'яса може призводити до утворення *канцерогенних речовин*. Зайвий *жир* інколи стимулює виробіток гормонів, що сприяють виникненню раку молочної залози. Збиткове *вживання солі* може призводити до появи гіпертонії, надлишок *цукру* – до псування зубів і т. д. Добавки і забруднення, що наявні в продуктах, медикаментах і косметичних товарах, здатні також викликати різні захворювання. Американці, наприклад, вживають близько 68 кг харчових добавок в рік на душу населення, більшу ча-

стину з яких складає сіль, цукор і його замітники. Приблизно 4 кг припадає на гірчицю, перець, пекарський порошок, дріжджі, казеїн, карамель і 0,5 кг – на 2000 інших добавок, що використовуються для забарвлення, консервації і покращення смаку продуктів.

В медикаменти також вводять домішки для маскуванню гіркоти або іншого неприємного запаху. **Барвники і ароматизатори** використовуються для заміни дорогих натуральних компонентів. Наприклад, замість соку в ароматизовані безалкогольні напої часто додають замітник. Фактично цілі групи продуктів, в тому числі і дієтичних, певно, не могли б існувати без добавок, які надають їм приємного смаку, кольору і здатності довго зберігатись. Але як би аргументовано не обґрунтовували застосування добавок, необхідна впевненість у тому, що вони нешкідливі. В США було випробувано біля 450 хімічних добавок, 80% з яких були оголошені нешкідливими, 14% – можливо нешкідливими і біля 5% – сумнівними. В 1978 р. центр “Наука в інтересах суспільства” (США) опублікував перелік харчових добавок з оцінкою їх безпеки.

Суперечки викликають і **синтетичні замітники** солодких речовин. В США в 1976 р. було продано 2,27 млн. кг сахарину. Але сахарин, як і інші замітники цукру, може викликати рак сечового міхура у щурів. Підозри на канцерогенність сахарину привели, з одного боку, до заборони його використання в деяких продуктах, а з іншого – до чисельних протестів проти його заборони. Люди вважали, що якщо і є якийсь ризик, то вони хотіли б про це знати, а потім самим вирішувати, як діяти. В США поступились тиску і дозволили продавати сахарин, але з попередженням про його “помірну” канцерогенність, а в Канаді з 1977 р. він заборонений в харчових продуктах.

Використання **харчових барвників** також можливе тільки відповідно до затверджених списків. Як **консерванти** м’яса і риби, зазвичай, застосовують нітрати і нітроти. Вони зменшують ріст бактерій, що викликають **харчові отруєння** (наприклад, ботулізм); надають м’ясу характерного рожевого забарвлення і особливого смаку, до якого люди звикли. Багато нітратів надходить в організм з овочами. Нітрати і нітроти не безпечні сполуки. Нітроти, наприклад, взаємодіючи з гемоглобіном, перетворюють його в метгемоглобін, не здатний сприймати кисень. При інактивації 70% гемоглобіну в крові настає смерть. Тому встановлюється граничний вміст нітритів в харчових продуктах.

Але навіть деякі вітаміни (особливо А і Д) при передозуваннях можуть накопичуватись в організмі до токсичних рівнів. Їстівні природні продукти (гриби, деякі рослини, плісняві грибки, що з’являються в крупах, горіхах, кукурудзі, пшениці і ін.) можуть синтезувати для свого захисту токсичні речовини, багато з яких мають **канцерогенну, тератогенну** (гр. *teras* – видорожок, *genos* – походження) і **мутагенну дію**.

В 1982 р. Комітет з харчування і раку США надав такі рекомендації

щодо харчування: 1) зменшення кількості жирів в середньому раціоні на 30%; 2) включення в раціон овочів, фруктів, круп'яних продуктів, особливо багатих вітаміном С (цитрусові) і β -каротином (жовто-оранжевих листяних овочів і капусти); 3) вживання консервованих продуктів, соління звести до мінімуму; 4) спиртне вживання тільки в “міру” (особливо курцям) через загрозу раку, цирозу печінки, гіпертонії і важких наслідків для новонароджених дітей.

ЛЕКЦІЯ 10 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛЮДСТВА

10.1 Основні види джерел водозабезпечення

Запаси води на Землі величезні – $1,39 \cdot 10^9$ км³, що становить 0,0023% усієї маси Землі. Проте абсолютна більшість цієї маси – це гіркувато-солоня **морська вода**, непридатна для пиття та технічного використання. Маса **прісної води** на планеті – $35 \cdot 10^6$ км³ (усього трохи більше 2% її загальної кількості). Основна кількість (75%) прісної води зосереджена в **льодових щитах** Антарктиди й Гренландії, гірських льодовиках, айсбергах, у зоні вічної мерзлоти. Із всієї кількості прісної води лише 0,6-1% перебуває в рідкому стані (річки, прісноводні озера, частина підземних вод). Саме ця вода використовується людством для своїх численних потреб. Слід зазначити, що 20% усієї прісної води Землі зосереджено в такому унікальному водному басейні, яким є Сибірське озеро **Байкал**.

Та найбільші запаси води на Землі зосереджені в її надрах у зв'язаному вигляді (в складі **мінералів**). В земній корі в зв'язаному стані міститься щонайменше 1,3 млрд. км³ води, тобто приблизно стільки ж, як у Світовому океані.

Основним джерелом водопостачання для людства є **річковий стік**. Серед країн світу за цим показником перше місце посідає Бразилія з її гігантською річкою Амазонкою (99000 млрд. м³). Річковий стік України становить у середньому 85,1 млрд. м³ (без Дунаю), а в маловодні роки зменшується до 48,8 млрд. м³. По території України цей стік розподілений вкрай нерівномірно: 70 % припадає на Південно-Західний економічний район (45% території), де мешкає лише 40 % населення. На Донецько-Придніпровський і Південний економічні райони, в яких живе 60 % населення і де розташовані галузі народного господарства з найбільшим використанням води, припадає всього 30 % стоку.

У цілому по Україні **водні ресурси** (річковий стік і підземні води) використовуються повністю, в багатьох районах півдня республіки відчувається гострий **дефіцит води**. Для ліквідації цього дефіциту доводиться вдаватися до трудомістких і дорогих заходів – перекидання води **каналами** та будівництва **водосховищ**. Для водопостачання маловодних районів вве-

дено в дію ряд каналів – Північно-Кримський, Дніпро – Кривий Ріг, Сіверський Донець – Донбас, Дніпро – Донбас, Інгулецький. В Україні є 748 водосховищ об'ємом понад 1 млн. м³ кожне, сумарний об'єм води в них досягає 48,9 млрд. м³.

Головним джерелом води в Україні є *Дніпро*. Дніпровська вода використовується для пиття й технологічних потреб. Іншими річками, що забезпечують потреби населення України у воді, є *Дністер, Південний Буг, Західний Буг, Тиса, Прут* та ін. Стан води й повноводдя великих річок України залежить від стану їх приток і *малих річок*, яких в Україні налічується понад 63 тис. Ці річки мають величезне значення – досить зазначити, що 90 % усіх населених пунктів республіки розташовані саме поблизу малих річок. У басейнах цих річок формується понад 60 % водних ресурсів України.

Саме стан малих річок України викликає нині велику тривогу. Більше як 20 тис. їх вже зникло, тобто висохло. Деградація, висихання малих річок невідворотно призведе до деградації великих річок, тому проблема їх збереження й оздоровлення є однією з найгостріших для нашої молоді держави.

10.2 Властивості води – найважливішого екологічного чинника природи

Термін “гідрон” походить від грецького слова “*вода*”. На відміну від атмосфери гідросфера є не суцільною, а складається з окремих частин: Світового океану, водних басейнів на суходолі (річки й озера, підземні води, льодовики). ***Вода – найбільш поширена речовина на Землі.*** Загальна маса гідросфери понад трильйон тон (10¹⁸ т), що становить 0,034% маси Землі, а її поверхня займає близько 4/5 земної кулі. Усі види води гідросфери становлять єдину систему, пов'язану в планетарний колообіг просторово і за фазовими перетвореннями (твердий – рідкий – пара).

Останнє є унікальною властивістю води. З усіх речовин біосфери в діапазоні температур існування живих організмів тільки вода може бути в трьох агрегатних станах – вода-лід, вода-рідина і вода-газ. Вода є повсюди. Сучасні дослідження виявили воду на Місяці та інших планетах Сонячної системи і навіть за її межами – у таких космічних тілах, як комети.

Невипадково стародавні філософи вважали, що вода є одним з чотирьох первинних елементів Природи поряд із Землею, Повітрям і Вогнем. Таке уявлення існувало ще за середньовіччя. Тільки 1781 р. американський хімік Кавендіш показав, що вода утворюється під час згоряння водню. І лише 1860 р. італієць Канніццаро встановив хімічну формулу води – H₂O. Агрегатний стан води залежить від температури й тиску і описується фазовою діаграмою.

Дві точки на цій діаграмі особливо цікаві. Точка (273,16 К і 6,03·10⁻³

атм) називається **потрійною точкою**, де в рівновазі перебувають одночасно три фази: пара, вода і лід. Інша точка (647 К і 220 атм) називається **критичною**. За температури, більшої за 647 К, водяну пару не можна перетворити на рідину за будь-якого підвищення тиску. Інакше кажучи, за температури і тиску, вищих, ніж у критичній точці, водяна пара й рідка вода не розрізняються. Між ними немає фазової межі. Діаграма стану води відіграє виключно важливу роль у вивченні природних процесів біосфери, при проектуванні й експлуатації парових котлів, енергетичних турбін, енергосистем, автоклавів тощо.

Аномальною характеристикою води є те, що максимального значення густини вона набуває за охолодження її у рідкому стані до + 4°C ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$) (табл. 10.1). За дальшого охолодження аж до замерзання густина зменшується. Отже, за такої самої маси об'єм льоду більший, ніж води, завдяки чому крига не тоне у воді. Ця специфічна властивість забезпечує існування водної флори і фауни, оскільки річки, озера, моря і океани ніколи не промерзають до самого дна. Пояснення цієї унікальної аномалії слід шукати у змінах структурно-хімічної будови води за змін агрегатного стану. Молекули води, маючи значний дипольний момент, можуть взаємодіяти одна з одною, утворюючи так звані **водневі зв'язки**. Однак у фазі пари вода в основному одномолекулярна: атоми водню і кисню зв'язані ковалентно. У рідкому і твердому станах кожна молекула утворює чотири водневі зв'язки, з яких два – як донор протонів (H^+) і два – як акцептор протонів. Усі чотири водневі зв'язки молекули води спрямовано приблизно до вершин правильного тетраедра (або перехресних кутів протилежних граней куба).

Отже, структура льоду – це тривимірна сітка, подібна до структури алмазу. Збільшення густини при плавленні льоду і нагріванні води до + 4°C пояснюють зменшенням стабільності структури водневих зв'язків і їхнім викривленням. При цьому зі зменшенням міжатомної відстані Н–О–Н густина збільшується, але подальший нагрів послаблює міжатомні зв'язки, що знижує густина.

Однак такого популярного уявлення про міжатомні й міжмолекулярні зв'язки у воді замало для наукового пояснення унікального комплексу її властивостей (табл. 10.1).

Таблиця 10.1 – Параметри хімічно чистої води

Назва	Позначення і одиниці	Розмір
1	2	3
Температура кипіння	$T_{\text{кип.}}$, К (°C)	373 (100)
Температура плавлення	$T_{\text{пл.}}$, К (°C)	273 (0)
Температура критична	$T_{\text{крит.}}$, К (°C)	647 (374)
Тиск критичний	$P_{\text{крит.}}$, Мпа (атм)	22,06(220)
Густина критична	$d_{\text{крит.}}$, кг/м ³	322

Продовження таблиці 10.1

1	2	3
Ентальпія плавлення	$\Delta H_{\text{пл.}}$, КДж/моль ³	6
Ентальпія сублимації льоду за 273 К	$\Delta H_{\text{субл.}}$, КДж/моль	51
Ентальпія випаровування за 273...293 К за 373К	$\Delta H_{\text{вип.}}$, КДж/моль	44,63 40,66
Густина льоду (тверда фаза)	$\rho_{\text{тв.}}$, кг/м ³	917
Густина води (рідина) за 293 К (20°C)	$\rho_{\text{рід.}}$, кг/м ³	998
Густина max 281 К (4°C)	–"–	1000
Густина пари за 393 К (20°C)	$\rho_{\text{пар.}}$, кг/м ³	1,12
Теплоємність води за 293 К (20°C)	C_p° , Дж/(моль·К)	75,34
Вода (пара) за 373 К (100°C)	–"–	36,64
Теплопровідність льоду за 273 К (°C)	МВт / (моль·К)	2,346
Рідини за 293 К (°C)	–"–	598
Електроопір: за 293 К (20°C)	ρ , Ом	$18,9 \cdot 10^{-6}$

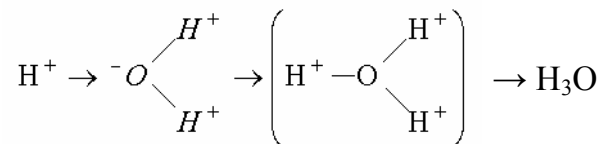
Відомо, що вода в процесі електролізу розкладається на водень і кисень. Це пояснюється дисоціацією частини іонів води з утворенням протилежно заряджених іонів: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$. Звернімо увагу, що іон H^+ є протоном.

То до якого класу хімічних речовин належить вода? Відповідно до наявності іону H^+ – вода є кислотою, водночас іон OH^- зумовлює її належність до лугів. Згідно з теорією Брестеда – Лоура вода є і кислотою, і лугом, проявляючи в більшій мірі ту чи іншу властивість залежно від умов.

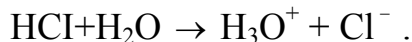
Така властивість речовин має назву **амфотерність**. Отже, вода є амфотерною речовиною. Вона може виступати як донор протонів, тобто як кислота, або як акцептор протонів – основа. Наприклад, якщо у воді розчинити хлорид водню, то його молекули повністю дисоціюють, утворюючи сильну кислоту (соляна кислота) $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$.

Оскільки молекули H_2O , як показано було вище, є диполями, то іони H^+ (протони), утворені за дисоціації HCl взаємодіятимуть із негативно зарядженим полюсом молекули води з боку кисню, утворюючи позитивно заряджені іони гідроксонію:

Отже, у водних розчинах іон водню існує в гідратованій формі – іону гідроксонію H_3O^+ .



Загальне рівняння розчинення хлориду водню у воді записують так:



У цьому прикладі вода виступає як акцептор протонів, тобто як основа.

Другий приклад відображає умови, які утворюються за розчинення у воді слабкої кислоти, наприклад етанової (оцтової води), яка лише частково дисоціює до певного стану рівноваги:

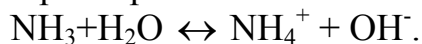


І в цьому разі вода зв'язує протони кислоти, виступаючи як акцептор.

За розчинення в воді сильних основ, наприклад гідроксиду натрію – NaOH, він повністю дисоціює на іони Na^+ і OH^- . Тут вода виступає вже як донор протонів, віддаючи іони H^+ гідроксид-іонам, які утворилися за дисоціації гідроксиду натрію:



У разі розчинення у воді слабкої основи, наприклад аміаку, відбувається такий самий процес – вода виступає як донор протонів, але на відміну від першого, акцептором протонів стає сам аміак:



Остання реакція має важливе значення в біологічних процесах, колообігу азоту, в технології виробництва азотних добрив та їх раціонального використання в сільському господарстві.

Відносно наведених вище реакцій самоіонізації води слід зауважити, що за нормальної температури (25°C) частка молекул H_2O , яка перебуває в іонізованому стані, надзвичайно мала: приблизно одна на 5 млрд. Однак ця здатність води утворювати іони саме в такій кількості відіграє надзвичайно важливу роль у різноманітних біологічних процесах. **Дисоціація води** зумовлює гідроліз слабких органічних кислот, лугів і солей. Концентрація іонів водню H^+ і також концентрація OH^- є важливою характеристикою водних розчинів. Звернімо увагу на унікальність іона H^+ – це єдиний природний іон, який не має електронів, отже це “вільний” протон (нуклід ядра з позитивним зарядом). Жодний інший атом з періодичної системи елементів у хімічних реакціях не утворює протона.

А в чому особливість іона водню – протона? Передусім, протон порівняно з атомом водню, а, тим більше, з будь-яким іншим атомом має малий об'єм, оскільки радіус протона (10^{-15} м) у 10 тисяч разів менший за радіус найменшого атома періодичної системи – атома водню. Зрозуміло, що він може безперешкодно “мандрувати” серед інших атомів. Лише його позитивний заряд заважає йому пройти поблизу негативно заряджених іонів. Як видно з табл. 10.1 властивостей води, вона погано проводить електрич-

ний струм, що підтверджує низьку концентрацію дисоційованих молекул води. Як їх визначають? На практиці показником концентрації H^+ і OH^- іонів є так званий **водневий показник рН**.

Водневий показник є кількісною характеристикою кислотності водневих розчинів і обчислюється, виходячи з константи дисоціації води. Як відомо, константа дисоціації – це відношення добутку концентрацій іонів до концентрації недисоційованих молекул. У нашому випадку:

$$K_{\text{дис}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]},$$

де $[\text{H}^+]$, $[\text{OH}^-]$ і $[\text{H}_2\text{O}]$ – відповідно концентрації іона водню, гідроксид-іона і молекул води.

Як ми вже підкресливали, кількість дисоційованих молекул води (1 до 10^9) така мала, що концентрація недисоційованих молекул практично дорівнює загальній концентрації води. Узявши об'єм води 1 літр (1000 г), визначимо в ньому кількість молей води: $1000 : 18 = 55,5$ моль/л. Звідси, перетворивши попереднє рівняння у $K_{[\text{H}_2\text{O}]} = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = \text{const}$, отримаємо ліворуч сталу величину, яка дорівнює саме добутку концентрацій іонів водню і гідроксид-іонів. Позначають її $k_{\text{H}_2\text{O}}$ і називають **іонним добутком води**.

Концентрацію H^+ визначають за термодинамічною активністю іонів H^+ у розчині (у моль/л) або обчислюють за величиною електропровідності води. При 25°C концентрація H^+ дорівнює 10^{-7} моль/л. Отже, іонний добуток води $k_{\text{H}_2\text{O}} = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}$.

Очевидно, що у чистій воді концентрація іонів H^+ і OH^- однакова і кислотність буде нейтральною. У розчинах, які містять кислоти, концентрація іонів H^+ підвищиться, наприклад, до 10^{-5} моль/л, а оскільки $k_{\text{H}_2\text{O}} = \text{const}$, то концентрація гідроксид-іона понизиться до 10^{-9} моль/л. За додавання до чистої води луку матимемо протилежний результат: збільшиться концентрація іонів OH^- і зменшиться концентрація H^+ . Отже, для характеристики концентрації іонів H^+ і OH^- досить визначити концентрацію тільки одного з них.

На практиці цей показник виражають через десятковий логарифм концентрації іонів водню, узятий з оберненим знаком і позначають символом рН.

Для нейтрального розчину будь-якої речовини, як і для чистої води, $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 10^{-7} = 7$, а якщо $[\text{H}^+] = 10^{-10}$, то $\text{pH} = 10$; при 10^{-3} – $\text{pH} = 3$ і т. д. Отже, рН може змінюватись від 1 до 14.

Процеси дисоціації води і розчинених у ній сполук є важливими, оскільки вони визначають характер перебігу процесів у живому організмі, хімічний склад якого більш ніж на 65% складається з води. Щоб переконатися в цьому, достатньо розглянути відому схему синтезу в організмі універсального джерела енергії функціональної діяльності клітини – молекул

аденозинтрифосфорної кислоти (АТФ).

Розроблена англійським ученим Мітчеллом схема базується на понятті протонного градієнта в полі протона H^+ і гідроксид-іона OH^- водного розчину поживних речовин. У мембранах особливих клітин – мітохондрій – через ферментну систему вилучаються протони з клітинної маси або матриксу, склад якого близький до цитоплазми, і переносять їх до зовнішньої межі мембрани клітини, формуючи позитивний заряд мітохондріальної цитоплазми. Так виникає різниця концентрації іонів H^+ з різних боків мембрани. Одночасно друга ферментативна система – аденозинтрифосфаза – переносить іони водню в зворотному напрямку, зменшуючи градієнт електрохімічного потенціалу. Енергія, яка при цьому вивільняється, акумулюється в енергію міжатомного зв'язку в процесі синтезу нових молекул АТФ.

10.3 Споживачі прісної води

Проблема забезпечення людства **чистою водою** нині надзвичайно загострилася, оскільки наявні ресурси прісної води в багатьох районах є недостатніми для задоволення всіх споживачів не лише на перспективу, але й на сьогодні.

Усі галузі господарства за відношенням до водних ресурсів поділяють на дві групи: **споживачі** й **користувачі** води.

Споживачі забирають воду з джерела, використовують її для виробництва промислової й сільськогосподарської продукції, а потім повертають, але вже в іншому місці, в меншій кількості й іншої якості.

Користувачі воду з джерела не забирають, а використовують її як середовище (водний транспорт, рибальство, спорт тощо) або як джерело енергії (ГЕС). Проте і вони можуть змінювати якість води (наприклад, водний транспорт забруднює воду).

Промисловість використовує близько 20 % загальної кількості прісної води. Кількість води, що споживається тим чи іншим промисловим підприємством, залежить від типу продукції, що випускається, технології виробничого процесу, системи водопостачання (прямоточної чи оборотної), кліматичних умов тощо.

У разі застосування проточної системи вода з водного джерела подається на промисловий об'єкт, використовується в процесі виробництва продукції, потім надходить на очисні споруди й після відповідного очищення скидається у водостік чи водойму. При такій системі використовується велика кількість води, але частка необоротного споживання невелика.

При оборотній системі водопостачання відпрацьована вода після відповідного очищення не скидається у водойму, а багаторазово використовується в процесі виробництва. Витрати води у цьому разі набагато нижчі. Наприклад, якщо ТЕС потужністю 1 млн. кВт при прямоточному водопо-

стачанні щорічно споживає 1,5 км³ води (головним чином для охолодження агрегатів), то при оборотній схемі – лише 0,12 км³, тобто в 13 разів менше.

Для оцінки обсягів промислового водоспоживання використовується термін *водоємність виробництва*. Під нею розуміють кількість води (м³), необхідну для виробництва 1 т готової продукції. Водоємність різних видів продукції дуже різниться:

Добування й зберігання руди	– 2-4	Міді	– 500
Виробництво сталі	– 120-150	Синтетичного каучуку	– 3600
Паперу	– понад 200	Капронового волокна	– 5600

Найбільшим споживачем води в промисловості є *атомна енергетика* – АЕС використовують у середньому вдвічі більше води на 1 кВт виробленої електроенергії, ніж ТЕС.

Сільське господарство є основним споживачем прісної води (70 % усього її використання). Це зумовлено, в першу чергу, збільшенням площ зрошуваного землеробства. *Зрошувані землі* дають набагато більше продукції, ніж незрошувані (богарні). Так, у світі нині зрошується близько 15% площ усіх сільськогосподарських угідь, проте вони дають понад 50 % усієї продукції (за вартістю).

Площа зрошуваних земель у світі швидко зростає: на початку ХХ ст. вона становила 40 млн. га, в 1970 р. – 235, а в 2000 р. досягнула 420 млн. га. *Питоме водоспоживання* під час зрошення залежить від виду сільськогосподарських культур, фізико-географічних умов району, технічного стану зрошувальних систем і способів поливу. Наведемо норми зрошення різних культур, м³/га:

Зернові	– 1500-3500	Цукровий буряк	– 2500-6000
Багаторічні трави	– 2000-8000	Рис	– 8000-15000

Втрати води під час зрошення (за рахунок випаровування) досягають великих значень (від 20 до 60 % водозабору). Деяка кількість води після зрошення повертається у водойми у вигляді зворотних вод, які, як правило, за своїм хімічним складом значно відрізняються від води, що використовувалася для зрошення, вони мають великий вміст солей.

Водопостачання населення задовольняє потреби в питній воді й комунально-побутові потреби (робота підприємств побутового обслуговування, поливання вулиць і зелених насаджень, протипожежні заходи тощо). Є поняття *питоме водоспоживання*, тобто добовий об'єм води в літрах, що необхідний для задоволення всіх потреб одного жителя міста чи села. Питоме водоспоживання в містах більше, ніж у селах і значною мірою залежить від ступеня благоустрою (наявності водопроводу, каналізації, цен-

трального водяного опалення тощо). У великих містах земної кулі питоме водоспоживання нині становить, л/добу на одну людину: Нью-Йорк і Москва – 600, Київ – 515, Париж і Луганськ – 500, Вінниця і Ужгород – 305, Лондон – 263, Івано-Франківськ – 230 і т. п.

10.4 Охорона вод Світового океану

Стан вод Світового океану нині викликає велику тривогу. Води морів і океанів забруднюються переважно водами річок, з якими щорічно до них надходить понад 320 млн. т заліза, 6,5 млн. т фосфору й інших речовин. Дуже багато забруднювачів потрапляє в Світовий океан із атмосфери: 200 тис. т свинцю, 1 млн. т вуглеводнів, 5 тис. т ртуті тощо. Близько однієї третини мінеральних добрив, що потрапляють у ґрунт, вимивається з нього й ріками виноситься в моря та океани; лише азоту й фосфору таким шляхом потрапляє в Світовий океан близько 62 млн. т на рік. Ці речовини викликають бурхливий розвиток деяких рослин (синьо-зелених і зелених одноклітинних водоростей), що вже не раз спричиняло “червоні припливи” в Північному, Середземному морях й інших акваторіях.

До найбільш шкідливих забруднювачів Світового океану належать **нафта** й **нафтопродукти**. Щорічно в Світовий океан надходить 5-10 млн. т цих забруднювачів, джерелами яких є морський транспорт і приморські міста, береговий стік, втрати під час морського добування нафти на шельфах тощо. Особливу тривогу викликають **аварії великих танкерів**, що перевозять нафту (табл. 10.2).

Збільшення нафтового забруднення в деяких районах Світового океану, таких, наприклад, як Середземне й, особливо, Північне море, вже стає катастрофічним для флори й фауни, порушує тепло- і вологообмін між океаном і атмосферою. Жертвами цього виду забруднення стають сотні тисяч морських птахів, тюленів, велика кількість риби, придонних тварин тощо.

Таблиця 10.2 – Забруднення внаслідок деяких аварій нафтових танкерів

Рік	Назва танкера	Місце аварії	Кількість нафти, що вилася в море, тис. т.
1967	“Торі Каньйон”	Мис Корнуелл, Англія	123
1976	“Уркіоло”	Узбережжя Іспанії	100
1978	“Амоко Кадіб”	/-/ Франції	220
1990	“Екс сон Валіз”	/-/ Аляски	40

Моря й океани забруднюються також твердими відходами – побутовими та промисловими. Цих відходів у Світовому океані накопичилося вже понад 20 млн. т. Більшість з них дуже шкідлива, бо містить сполуки важ-

ких металів й інші речовини, що згубно діють на морську фауну.

У морську воду потрапила велика кількість *радіоактивних ізотопів* внаслідок випробувань атомної зброї, роботи ядерних реакторів на військових підводних човнах і криголамах, скидання контейнерів з відходами атомних електростанцій тощо. Загальна радіоактивність, привнесена в Світовий океан людиною, оцінюється в $5,5 \cdot 10^{19}$ Бк або $5,5 \cdot 10^9$ Кі. Під час чорнобильської аварії в атмосферу було викинуто близько $5 \cdot 10^7$ Кі радіоактивності, тобто в Світовому океані накопичилася радіоактивність, спричинена тридцятьма Чорнобилями.

Найзначніше забруднення Світового океану відбувається в мілководній прибережній зоні. Але ж континентальний шельф – це райони, де більшість представників морської фауни проводить значну частину свого життя. До того ж, саме тут мільйони рибалок заробляють собі на життя, а ще більша кількість людей намагається провести свою відпустку.

Прогресуюче забруднення Світового океану інколи має найнесподіваніші наслідки, коли безвинні, практично нікому раніше не відомі, організми набувають загрозливих властивостей. Саме так сталося з мікроскопічними одноклітинними водоростями. Зазначене забруднення морів нітратами й фосфатами, якими живляться водорості, вже кілька разів викликала в одному чи іншому місці Світового океану вибухоподібне їх розмноження, відоме під назвою “*червоний приплив*”, хоча його колір залежно від різновиду мікроорганізмів може бути й жовтим, й синьо-зеленим. Ці мікроорганізми надзвичайно швидко розмножуються – загальна кількість їх подвоюється за 20 год. Вони утворюють на поверхні моря «ковдру», товщиною до 2 м, яка може вкривати великі площі поблизу узбережжя. Наприклад, біля берегів Скандинавії в 1988 р. подекуди утворилися величезні плями таких водоростей – до 45 км завдовжки й 10 км завширшки.

Бурхливий розвиток водоростей супроводжується різким зниженням вмісту в морській воді кисню. Водоростева “ковдра” діє як прес, що душить у морі все живе. Гинучи через два-три дні, *клітини водоростей* опускаються на дно, де стають поживою для *бактерій*, які в процесі інтенсивного харчування починають споживати надмірну кількість кисню. Це призводить до загибелі від задухи *придонних організмів*. Самі клітини водоростей містять *отруйні речовини*, що згубно діють на рибу й інші морські організми.

У результаті подібного “червоного припливу” в 1988 р. у Північному морі поблизу узбережжя Данії й Норвегії на великих ділянках загинула практично вся морська фауна й флора, було завдано великої шкоди риболовецьким господарствам, забруднено пляжі, сморід над деякими затоками стояв більше місяця. Загрозливим є те, що “червоні припливи” трапляються дедалі частіше й уражують дедалі більші ділянки морських узбереж.

Проблема захисту Світового океану нині стала однією з найактуальніших. Вона стосується всіх країн, навіть тих, що не мають безпосередньо-

го виходу до океану. З огляду на це, ООН розроблено й прийнято кілька важливих угод, що регулюють судноплавство, рибальство, добування корисних копалин з морських родовищ тощо.

10.5 Антропогенні катастрофи на акваторіях

Непродумане господарювання, гонитва за наживою, ігнорування законів природи призвели до важких наслідків на деяких акваторіях.

Драма Байкалу. Байкал (у перекладі “багате озеро”) є перлиною світових озер. Це найглибше озеро планети, найбільший резервуар прісної води найвищої якості, оспіване в народних легендах і піснях, туристичний об’єкт. Воно є унікальною геологічною структурою – рифтом, водоймою, де мешкають тварини, які не зустрічаються більше ніде в світі (наприклад, рибка голом’янка, що на 80 % складається з жиру, тому зовсім прозора). Неповторної краси краєвиди кедрової тайги, бургузинський соболь, гарячі мінеральні джерела... Це диво, яке мати-природа дбайливо плекала 25 млн. років, нині знаходиться під загрозою знищення, виродження.

У 1958 р. Байкал привернув увагу Міністерства паперової промисловості. Під лозунгом “Країні потрібен папір, країні потрібна целюлоза!” почалася підготовка до будівництва на Байкалі чергового “гіганта соціалістичної індустрії” – целюлозно-паперового комбінату (ЦПК). Сибірські вчені й письменники одразу ж розпочали боротьбу проти цього проекту, що загрожував перетворити Байкал на відстійник ЦПК. Адже целюлозно-паперова промисловість – чи не найбрудніше з виробництв, створених людиною, – потребує дуже багато чистої води, яку перетворює на настільки брудну суміш, що її практично неможливо очистити відомими способами.

Мінпапірпромом були задіяні різноманітні методи: залежні від нього експерти доводили, що очисні споруди повернуть назад у Байкал воду, мало не чистішу за ту, яку комбінат буде забирати; деякі вчені висували тезу: “Байкал такий великий, що забруднити його неможливо”. Та найбільшим козирем Мінпапірпрому було твердження, що лише Байкальський ЦПК зможе виробляти кордну целюлозу класу “супер-супер”, необхідну для виготовлення шасі швидкісних військових літаків. Єдине, чого вдалося домогтися громадськості – на спорудженому ЦПК було введено в дію систему очисних споруд, яка коштувала вп’ятеро дорожче від самого комбінату.

Комбінат пропрацював два десятки років, і всі найгірші прогнози вчених справдилися. ***Очисні споруди*** працювали весь цей час неритмічно, мали місце численні ***“залпові” скиди в Байкал неочищених вод.*** І навіть тоді, коли очисні споруди працювали за графіком, вода, що виходила з них в Байкал, була забруднена фенолами й сотнями інших шкідливих сполук. У результаті, на значній частині акваторії озера вода вже не має нічого спільного із знаменитою колись байкальською водою, світовим еталоном прісної води. Гинуть унікальні мешканці озера, зокрема ***мікроскопічні рачки,***

що відіграють величезну роль у очищенні води, фільтруючи її крізь свої зябра. Від димових викидів ЦПК гинуть кедрові ліси, які мають водоохоронне значення. Вчені підраховали, що екологічні збитки від ЦПК становлять 50 млн. крб. за добу, тоді як уся продукція його за рік оцінюється в 120 млн. крб. І найбільш дивний факт – за всі десятиліття своєї роботи ЦПК так і не освоїв виробництва целюлози “супер-супер”. Врешті-решт, уже в епоху “гласності і перебудови” громадськість домоглася постанови уряду Росії про перепрофілювання ЦПК на виробництво деревостружкових плит для меблів.

Невідомо лише, чи зуміє Байкал відновитися, тим більше, що ЦПК був не єдиним його губителем. У районі озера нині діють близько 150 об'єктів, чії стічні води, викиди в атмосферу та інші шкідливі впливи викликають тривогу. Береги озера стихійно забудовуються дачами, тут виросло місто Северобайкальськ, де мешкає 120 тис. жителів, а стан каналізації, за словами одного з сибірських вчених, “наводить жах” (у більшості будинків її просто немає).

Загибель Аралу. Серед катастроф, викликаних діяльністю людей, загибель Аральського моря посідає особливе місце. Тут не було жахливого вибуху, смерть прийшла в ці краї мовчки й повільно.

Аральське море – четверте за розмірами на Землі відокремлене від океану море (на першому місці – Каспійське). Колись воно мало площу 60 тис. км², глибину – до 70 м, живилося водами середньоазійських рік **Амудар'ї** та **Сирдар'ї**. В колишньому СРСР Арал був другим після Азовського моря постачальником риби. Тут водилося безліч лящів, коропів, судаків й інших цінних видів риби. Арал був годувальником сотень тисяч людей, мав дуже важливе значення як регулятор клімату в жаркому районі Середньої Азії, на стику пустель Каракум і Кизилкум. Усе це – в минулому. Вже близько 30 років Арал висихає. Нині площа моря скоротилася на 40 %, а об'єм – на 60%, рівень моря знизився на 13 метрів, а солоність води збільшилася з 11 до 23 %. Риба в Аралі вимерла, море відійшло від портів на 50–70 км. З висохлого дна моря, що займає вже 2,6 млн. га, жаркі каракумські вітри здіймають у повітря 70 млн. т солей у рік, які уражують поля всієї Середньої Азії й доходять навіть до Кубані. Що ж трапилося?

Якщо до 60-х років сумарний стік річок, які живлять Арал, Амудар'ю й Сирдар'ю, становив приблизно 50 км³ на рік, то за 1961-1980 рр. він зменшився до 20 км³, а з початку 80-х років на Сирдар'ї припинився зовсім, а на Амудар'ї оцінюється жалюгідними цифрами. Причиною цього є не якась природна катастрофа, а діяльність Міністерства водного господарства колишнього СРСР. Озброївшись “керівною” фразою середньоазійського партійного вождя Рашидова “Країні – бавовняну незалежність!”, витративши сотні мільярдів народних грошей, це міністерство два десятки років регулярно рапортувало про чергові сотні кілометрів каналів, додаткові греблі й тисячі нових зрошених гектарів бавовняних плантацій. Стік Аму-

дар'ї та Сирдар'ї був вичерпаний на бавовняні поля, причому норми поливу регулярно перевищувалися вдвічі, а то й втричі порівняно з науково обґрунтованими; через необлицьовані стінки каналів втрачалось до 40 % води, ґрунти засолювалися, в них вносилися надмірні кількості гербіцидів, пестицидів, дефоліантів тощо. На сьогодні понад 3 млн. га загублених, отруєних, засолених земель списано офіційно (насправді, втрачено ще більше).

Арал нині агонізує. Вчені вважають, що врятувати його, тобто відновити в колишньому вигляді, неможливо, перш за все, через відсутність 50 км³ води, вкраденої в нього. Можна говорити лише про заходи щодо деякого зменшення екологічної шкоди. Рівень моря продовжує знижуватися, і воно розпадається на низку гіркуватих-солоних озер.

Втім, деякі вчені дотримуються іншої думки. Вони вважають, що стан Аральського моря не є безнадійним і пропонують вжити такі заходи з метою його врятування.

1. Необхідно **заборонити полив по борознах** і запровадити автоматизовані способи поливу крапельними або підґрунтовими методами. Через недосконалі зрошення під час поливу води витрачається втричі більше, ніж потрібно рослинам.

2. **Забетонувати або облицьовувати стінки каналів**, подавати воду по **закритих системах** (труби тощо), як це робиться в усьому світі вже багато десятиріч. Підраховано, що ліквідація втрат води в меліоративних системах зберігатиме для Аралу 30-40 км³ води щорічно.

3. **Науково обґрунтувати норми поливу** бавовника для регіону. Розрахунки свідчать, що за рахунок обмеження поливу до 10 000 м³ на 1 га площі можна зберегти 30-40 км³ води на рік.

4. **Зменшити посівні площі бавовника**, розпочавши культивуацію менш водоемних сільськогосподарських культур. Слід зменшити використання бавовни на технічні потреби, замінивши її виробами хімічної промисловості, а також скоротити експорт бавовни. За рахунок скорочення посівних площ можна зберегти щорічно близько 10 км³ води. Експорт бавовни в минулі роки становив близько 30% валового збору. Отже, щорічно експортувалося 15 км³ води.

Крім того, значна частина сільськогосподарської продукції просто втрачається. Недостатня кількість переробних виробництв, сховищ тощо є причиною того, що значна частина водних та земельних ресурсів працює без віддачі. Деякі вчені вважають, що це еквівалентно щорічним втратам 15-20 км³ води.

Багато бавовни втрачається через те, що немає устаткування для фасування та переробки вати. За рахунок його застосування потреба в бавовні зменшилася б на 60%.

5. **Звести до мінімуму скидання води після поливу.** Ще в 70-ті роки було підраховано, що за десять років втрати води, спричинені холостими скидами, фільтрацією через стінки Каракумського каналу, випаровуванням

та заболочуванням, перевищили 100 км³, тоді як на зрошення було використано лише 84 км³ води.

6. Розглянути питання про **збільшення стоку Амудар'ї та Сирдар'ї** за рахунок атмосферної вологи в горах. Технічна можливість для цього є. Реальне збільшення може становити близько 20 %.

7. Здійснити багаторічне **регулювання стоку Амудар'ї**. З метою зменшення забруднення води суворо нормувати внесення гербіцидів, пестицидів, дефоліантів тощо або застосувати інші (перш за все, біологічні) методи боротьби з шкідниками.

Настав час також серйозно замислитися над **демографічною ситуацією** в басейні Аральського моря. Проте досі ні Узбекистан, ні інші середньоазіатські країни не беруться за вирішення проблеми Аралу, й нині лунають заклики звернутися за допомогою до міжнародного співтовариства. Масштаби **аральської біди** з особливою силою відчувають жителі прилеглої до колишнього моря Каракалпакії. Втрата роботи змусила виїхати з цих місць десятки тисяч людей. Ті, що залишилися на батьківщині предків, ледь живуть. **Джерела води пересихають**, а в тих, які ще існують, вода надміру забруднена солями, хімікатами. **Солоні вітри** знищують плантації. Кожна десята дитина з тих, що народжуються, помирає, не проживши року. **Лютують епідемії** гепатиту, черевного тифу, різко зріс рівень захворювань, зокрема на рак. Немовлята відмовляються пити материнське молоко – воно насичене аральською сіллю.

Як пише географ Ситниченко, керівник декількох екологічних експедицій у район лиха, “трагізм аральської катастрофи в тому, що не стихії, не мор, не чума чи холера, не сарана, а цілий мозковий трест серйозних партійних мужів з благих намірів вчинив увесь цей жах”.

Ледь не сталося повномасштабної подібної екологічної біди й на півдні України, де вже почали здійснювати багатомільярдний проект будівництва каналу Дунай – Дніпро.

ЛЕКЦІЯ 11 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ УКРАЇНИ

11.1 Основні види екологічних проблем України

На долю України доводилось 25% загальносоюзного об'єму **забруднення**. Кожен рік **приріст відходів** досягає 1,5 млн. т. На сьогодні територія, зайнята полігонами для захоронення **твердих відходів**, складає близько 200-250 тис. га. плодородної землі. Накопичено 12 млрд. т відходів.

В ріки і моря скидається щорічно 19,6 км³ **забруднених і токсичних стоків**, 20 млн. т **атмосферних викидів** в рік. В результаті цього в Україні склалось досить важке екологічне становище. 80% коштів виділено на подолання наслідків екологічних катастроф, які вже відбулись. В такій ситуації не можна добитись покращення екологічного становища.

Спровокована *екологічна катастрофа* в Україні дала поштовх іншій катастрофі – *виродження народу*. Невпинно *скорочується народжуваність*. Разом з реальним *зростанням смертності* це призвело до скорочення приросту населення. Торік уперше знизився *коефіцієнт відтворення* (за кількістю народжених дівчаток, які досягли 15 років).

У 2000 р. тенденція зниження приросту населення зросла, збільшився розрив між кількістю чоловіків і жінок. Чоловіки на Україні живуть на 10 років менше, ніж жінки. За перші 7 місяців минулого року смертність у Києві зросла на 8.1%. Це означає, що за 1 рік тривалість життя спадає на 5.1%.

За останні 10 років на Україні народжуваність нежиттєздатних дітей і дітей з малою вагою зросла у 5 разів. Лише 20% дітей шкільного віку можуть бути визнані здоровими, а 30% мають ті чи інші захворювання. Дитяча смертність в Україні у 2 рази вища, ніж в Японії та Швеції, в 1.5 – ніж у США. Україна стабільно займає 28 місце в Європі за всіма показниками, які характеризують здоров'я населення. Ще один вражаючий факт: на фоні зниження народжуваності на Україні кількість дітей з *пошкодженою психікою* зросла на 3,6%, тобто кожна 30-а дитина. Коли ці діти виростуть населення України становитиме по прогнозах 60-70 млн. чол. Поділіть цю цифру на 30!

У виробничій сфері, особливо на хімічних заводах, захворювання у вагітних жінок і матерів, які годують дітей, зростає. Близько сорока тисяч жінок щороку не доношують дітей. Частота захворювання на ішемічну хворобу серця зросла удвоє, у вагітних жінок – до 6 раз.

Набуті хвороби успадковуються. Це призводить до того, що у другому-третьому поколінні значна частина населення України складатиметься з психічно і фізично хворих людей. Україна стрімко перетворюється на територію, яка може стати об'єктом заселення іншими народами. За даними демографів *механічний приріст населення* в республіці за останні роки склав 1,5 млн. чол.

Катастрофічно зростають онкозахворювання. Нова біда – СНІД. Сьогодні на Україні налічується понад 500000 хворих. Це число в перспективі, на жаль, може зростати.

При цьому одна тільки Чорнобильська аварія призвела в Україні до страшних наслідків. Якщо взяти тільки один фінансовий бік цієї справи, то на роботи з ліквідації наслідків аварії витрачається до 10% національного доходу і кінця цим витратам не видно.

За останній рік в Україні лише за перший квартал викинуто в повітря 4,9 млн. т шкідливих речовин проти 10 млн. т за весь 1989 р. А це призводить до вкрай негативних наслідків. За минулий рік померло від ракових захворювань 85,7 тис. чол. (192 – на 100 тис. громадян). З них 952 – діти віком до 14 років. Найбільші цифри по таких областях – Запорізька (219 – на 100 тис.), Полтавська (218), Дніпропетровська і Донецька (217), Закар-

паття (119), Львівська (131), Вінницька (до 100).

Торік у ріки і моря викинуто 10 тис. т N, 29 тис. т NH_4NO_3 , 1-3 тис. т інших нітратів, 92 т Сг (сильний канцероген – викликає рак шкіри, шлунку, печінки, легенів ГДК = 0.1 мг/м³), 68 т Na, 119 кг Hg, Tl та інші). Йде забруднення підземних вод, цього унікального багатства. Безповоротно втрачено 7 водозаборів з **запасами 210 тис. м³/добу**. Під загрозою втрати водозабори із продуктивністю 300 тис. м³/добу. Загальне **засолення** води зросло на 30% порівнянно з 1967 р. Найбільш небезпечні в екологічному відношенні міста: Донецьк, Запоріжжя, Луганськ, Маріуполь, Київ, Краматорськ, Макіївка, Дніпродзержинськ, Черкаси. Хоча Вінниця відноситься до благополучних міст, але й тут об'єм викидів в атмосферу і річки зріс на 47%.

Вже сьогодні господарська діяльність людини призвела до зменшення абсолютної чисельності більшості видів рослин та тварин, їх генетичної різноманітності. На межі цілковитої загибелі десятки і десятки видів, у тому числі і унікальних, яких ніде на планеті немає.

До **Червоної книги України** занесено 215 видів рослин та 131 вид тварин.

За прикладами далеко ходити не треба. Із поширених рослин найбільше постраждала вишня, яка на сьогоднішній день вимирає і перестає іноді нормально плодоносити. Стає проблематичним отримати урожай огірків. Вік життя каштанів скоротився до 80 років.

В Україні дуже великий **рівень розорюваності земель** (80%), а в таких областях як Вінницькій, Тернопільській, Кіровоградській він перевищує 90% (в середньому по колишньому СРСР – 37,5%; Англія – 29,6%, Франція – 32%, Німеччина – 32,3%).

На території України **лісистість** складає близько 15% і розподіл лісів нерівномірний. Територія України, як Ви знаєте складає 603,7 тис. км² (63 млн. га.). **Орні землі** займають 32.17 млн. га. Із них всіма видами **ерозії** пошкоджено 10 млн. га. **Українські чорноземи** ціняться найбільше в світі. Вони займають 72.7% всієї ріллі. Щорічні втрати землі складають 600 млн. т., в тому числі 20 млн. т. гумусу. При цьому з гектара втрачається 500-700 кг цінних речовин (гумусу), а це в 2-3 рази більше, ніж вноситься з добривами. Це самий високий рівень ерозійних та незворотних процесів в світі. За останні 10 років площі **кислих ґрунтів** збільшились на 1,8 млн. га. Найбільший процент еродованих, демпфлірованих і ерозійно-небезпечних угідь в Запорізькій, Херсонській та Донецькій областях.

Лісові захисні смуги посаджені на площі 625 тис. га. **Зрошувані землі** складають 2,4 млн. га. (6,6% ріллі). **Осушені площі** – 3,2 млн. га. Так, повністю осушені заплави деяких малих рік (Ірпінь та інші). Зайняті водосховищами майже всі заплавні луги Дніпра. До 30% площі заплавних луків розорано на Дністрі і Південному Бузі.

На території України малочисельними стали: лебеді, багато різновидів

хижих птахів, журавлі, кулики, летючі миші, лісні коти, рисі, осетрові, лососі (чорноморські), судаки. Зникають: широколапий рак, краб та інші безхребетні.

Населення України “підбирається” до цифри приблизно 50 млн. чол. На одного громадянина України припадає 0,9-1,8 тис. м³ води в рік (в Молдавії та Туркменії 0,2-0,5 тис. м³).

Запаси води в Україні катастрофічно малі. На території України є 6904 озера розміром 0.1 км² і більші. В республіці 3039 річок довжиною більше як 10 км. І більше 22000 малих річок. Більшість річок України належать до басейнів Чорного та Азовського морів.

Тільки 4% рік республіки впадають у Балтійське море. Майже зовсім не має прісної води Крим. Для господарських потреб побудований Північно-Кримський канал, що постачає воду на весь північний сільськогосподарський Крим. Нині в Україні до 90% потреб хімічної, нафтопереробної, чорної металургії задовольняються за рахунок оборотних вод (подвійне і т. д. використання). В результаті запровадження замкнених систем оборотного водопостачання на підприємствах чорної і кольорової металургії кількість стічних вод за останні 10-15 років скоротилася на 0,3 млрд. м³/рік (Криворіжсталь, Єнакієвського, Донецького, Комунарського металургійних заводів). Крім того, із стічних вод щорічно добувають близько 20 тис. т. нафти (Одеський нафтопереробний завод). Виділяються кошти на покращення й охорону малих річок. До даного часу розчищено 18,4 тис. км русел, закріплено 800 км берегів, побудовано 2470 км захисних дамб. Запаси води в деяких областях України успішно добуваються з підземних кладових (Інкерман, Івано-Франківськ, Чернівці).

За останні десятиріччя в Україні розвідано більше 7 тис. родовищ самих різних речовин, руд і мінералів, 4,5 тис. із яких вже розроблюються. Є великі ресурси нафти і газу, камінного і бурого вугілля, торфу, горючих сланців. В колишньому Союзі була українською кожна друга тонна залізної руди, третя – вугілля, до 90% – марганцевої руди, значна кількість (¾) запасів первинних каолінів (Вінницька область). За оцінками експертів запаси залізорудної сировини в 2,5-4 рази перевищують розвідані запаси.

До екологічних бід водних екосистем України 26 квітня 1986 р. додалася ще одна – зростання забруднень радіонуклідами вод Дніпровського басейну й морів. Як нині стало відомо, жодна катастрофа ХХ ст. не мала таких важких екологічних наслідків, як чорнобильська. Це трагедія не регіонального чи національного, а глобального масштабу. В результаті катастрофи вже загинуло багато тисяч людей (10 тис з 100 тис., які брали участь у ліквідації аварії). Колективну дозу опромінення нині визначено в 20 млн. людино-бер лише в момент ліквідації аварії.

Сильним радіоактивним брудом вкрито 5 млн. га території України (32 райони шести областей), більша частина яких – сільськогосподарські угіддя. Забруднені 1,5 млн. га лісів. Понад 15 тис. людей мешкають в умо-

вах радіоактивного забруднення понад 45 Кі/км² (за Цезієм), 46 тис. – від 15 до 45, а ще 150 тис. – від 5 до 15 Кі/км². Майже 1,5 млн. чоловік мешкає на території, де радіоактивний фон у десятки разів перевищує допустимі норми (Київська, Житомирська, Чернігівська, Рівненська, Черкаська, Вінницька, Чернівецька, Кіровоградська, Івано-Франківська області).

Дезактивізаційні роботи, на які в 1986-1989 рр. було витрачено мільйони карбованців, бажаних результатів не дали.

У водах Дніпра, Прип'яті, Київського водосховища концентрації радіонуклідів і через шість років після аварії були в 10–100 разів вищими, ніж до аварії, а в донних відкладах, особливо мулових, збагачених органікою, накопичилася величезна кількість радіоактивного бруду. Вважають, що в ґрунті заплави і дна водойм 30-кілометрової зони накопичилося близько 14 400 Кі цезію-137; 73 Кі стронцію-90, 250 Кі плутонію, а в Київському водосховищі назбиралося вже понад 60 млн. т радіоактивного мулу (в ньому – понад 2000 Кі цезію-137).

Велику небезпеку для довкілля становлять 80 тимчасових могильників навколо АЕС і “Саркофаг” над четвертим блоком. Там ще знаходиться велика кількість бруду радіоактивністю багато сотень тисяч кюрі, непоширення якого зовсім не гарантоване. Могильники вже нині протікають. “Саркофаг” з роками стає дедалі радіоактивнішим, конструкції його осідають, деформуються.

Вплив чорнобильської аварії на здоров'я людей є дуже значним і становить проблему не лише для нас, з й для кількох прийдешніх поколінь. Уже в 1991-1992 у Житомирській і Київській областях, як і в Білорусі, за даними МОЗ України, в жителях забруднених радіонуклідами районів значно збільшилася кількість недоношених дітей і калік, тяжких ускладнень вагітності (у 2,5-3 рази), є серйозні генетичні зміни.

У 1990 р. експертна комісія при Держплані СРСР попередньо оцінила збитки від катастрофи на ЧАЕС в 250 млрд. крб. Реальні ж витрати поки що підрахувати важко, наслідки цього лиха – вічні, глобальні, й тепер можна лише говорити про пристосування біосфери, людства до необоротного постчорнобильського стану.

Одне з основних завдань подолання наслідків – це збереження й оздоровлення етносоціальних спільностей, сімей, окремих осіб, що постраждали, як носіїв культури (фольклору, ремесел, звичаїв, обрядів тощо). Необхідно зберегти унікальну культуру Полісся, північного й середнього Придніпров'я.

Інші завдання – локалізація забруднених районів, обмеження міграції радіонуклідів, ліквідація опромінених об'єктів, моральна, медична й економічна допомога людям, які постраждали, виконання комплексу наукових досліджень усіх аспектів катастрофи з метою визначення змін, що сталися й відбудуться в природному середовищі, та вироблення заходів щодо мінімізації подальших негативних наслідків чорнобильської катастрофи й дія-

льності атомної енергетики взагалі.

11.2 Стан водних басейнів України

Розглянемо екологічні проблеми *Дніпра, Дністра, Чорного й Азовського морів. Дніпро і Дністер* – головні водні артерії нашої держави, в басейнах яких проживає майже 80 % населення. Колись *Дніпро*, одна з найбільших річок Європи, мав чисту воду та стабільну екосистему, що еволюціонувала й нормально функціонувала протягом тисячоліть, характеризувалася великою біологічною продуктивністю, годувала й напувала мільйони людей, що жили в його басейні.

Нині ж через нехтування протягом останніх десятиліть усіх правил і принципів раціонального природокористування екосистема Дніпра повністю деградована, порушені всі вертикальні та горизонтальні зв'язки між біотичними й абіотичними елементами. Основні причини кризової ситуації, що склалася, такі: *спорудження водосховищ на Дніпрі*; великомасштабні *меліорації*; *будівництво* цілого ряду великих *промислових комплексів* у басейні; *величезні об'єми водозабору* для промисловості й зрошення; *колосальні обсяги забруднень*. З таких самих причин деградувала й екосистема Дністра, де також вимерли цінні види риби, на дні акумулюється дедалі більша кількість теригенних відкладів, важких металів, радіонуклідів, гумусових речовин, еродуються береги.

З Дніпра для потреб промисловості й сільського господарства щорічно відбирають близько 15 млрд. м³ води, а в атмосферу басейну щорічно викидається понад 10 млн. т газопилових забруднень. Щорічно з різними стоками (дощовими й талими водами) в Дніпро та водосховища потрапляє близько 500 тис. т азотних сполук, 40 тис. т фосфорних, 20 тис. т калійних, близько 1 тис. т заліза, 40 т нікелю, 2 т цинку, 1 т міді, 0,5 т хрому. В басейні Дніпра діють сім АЕС!

Штучно річковий режим Дніпра трансформовано в озерний, водообмін різко уповільнився, утворилися зони *застою (замору)*, почастишали *явища евтрофікації*. Крім того, водосховища значно погіршили стан доквілля – піднявся *рівень ґрунтових вод* далеко від берегів, посилилося *засолення* ґрунтів, майже в десять разів збільшився об'єм підземного стоку, а разом з цим значно зросло забруднення підземних вод, особливо в нижній частині басейну, змінився водно-сольовий режим ґрунтів у зонах іригації, знизився вміст гумусу; посилилася *ерозія берегової зони*.

Такі ж негативні наслідки характерні й для басейну Дністра. Великої шкоди водам цього басейну завдають дуже брудні стоки з полів, викиди таких концернів як “Хлорвініл” (м. Калуш), “Укрцемент” (м. Кам'янець-Подільський), “Укрнафтохім” (м. Надвірне), Бурштинська ДРЕС та ін.

Дуже небезпечним явищем є постійне підвищення *радіаційної забрудненості* донних відкладів Дніпра, особливо Київського водосховища, а

також швидке накопичення в намулах Дніпродзержинського й Дніпровського водосховищ великих кількостей заліза, ціанідів, хлоридів, хрому, міді, кобальту, свинцю, цинку, кадмію, фенолів, нафтопродуктів.

Втрати від затоплення чорноземів дніпровських заплав, як підраховали, становлять до 10 млрд. грн. щорічно, тоді як усі шість ГЕС на Дніпрі дають прибуток 25–28 млн. грн. на рік. Загинули не лише *заплавні зообіоценози*, Дніпро втратив здатність до самоочищення.

Наша красуня – *Десна* – теж потребує термінової й серйозної допомоги, бо її чисті та цілющі колись води нині вже не відповідають навіть третій категорії класифікації джерел питної води й забруднюються все більше. Найголовнішу роль у цьому відіграють Шосткинський хімкомбінат, промпідприємства Чернігова та Сум, Смоленська й Курська АЕС.

У дуже важкому екологічному стані перебуває *Азовське море*, без перебільшення, це – зона екологічної катастрофи. Якихось 40–50 років тому в ньому виловлювали риби в 35 разів більше, ніж у Чорному морі, в 12 разів більше, ніж у Балтійському. Тут раніше водилося 114 видів риби, і загальний вилов іноді перевищував 300 тис. т на рік (з них більша частина – цінні породи). Нині ж вилови знизилися в шість разів, а та риба, що виловлюється, забруднена отрутохімікатами настільки, що споживати її небезпечно. Як і деснянські води, води Азову колись відзначалися цілющими властивостями, але в результаті антропогенних забруднень у 1987 р. концентрація в них лише *пестицидів* зроста в 20 разів. Вміст отрутохімікатів, важких металів в донних відкладеннях моря набагато перевищує норми.

Головні причини катастрофи Азовського моря такі:

– *хижацький вилов риби* Мінрибгоспом, який розпочався з 50-х років (методом потужного океанічного лову за допомогою величезних тралів, кошелів, механічних драг замість віковично традиційних невеликих сіток, особливих снастей, невеликих баркасів, розрахованих на глибини моря 5-8 м);

– *будівництво гребель і водосховищ* на основних, живлячих море ріках (Дон, Кубань), перетворення цих водосховищ на гігантські промислові відстійники, наприклад: Цимлянське водосховище перетворилося на азотно-марганцево-нікелево-кобальтовий відстійник, у водах якого концентрація міді у 12 разів більша ГДК, кадмію – в 60, нафтопродуктів – у чотири, повно ДДТ у всіх ланках екосистеми, активно розвиваються аміачні замори, синьо-зелені водорості;

– інтенсивне впровадження в сусідніх регіонах *зрошувального землеробства* й рисосіяння замість традиційних культур, що призвело до інтенсивної хімізації, забруднення ґрунтів і вод, засолення, з'явилося 1700 водозаборів у басейні Дону, який почав недодавати щорічно в Азов 6-8 км³ прісної води (Кубань недодає 5-6 км³ щорічно);

– якби не води Чорного моря, що підтікають у Азов через Керченську протоку, він висох би раніше Аралу;

– зростання забруднення довкілля *викидами хімічної й металургій-*

ної промисловості (Маріуполь, Кривий Ріг, Запоріжжя та ін.) – лише Маріуполь викидає близько 800 тис. т токсикантів на рік;

- інтенсивне будівництво на узбережжі й косах моря численних пансіонатів і баз відпочинку, що негайно призвело до активного зростання побутових відходів, каналізаційних стоків у море;

- неконтрольоване **лавиноподібне зростання зливу пестицидів** у море з прилеглих сільськогосподарських масивів та внесення їх у море річками Доном і Кубанню.

Врятувати Азов з величезними труднощами й витратами ще можливо, якщо вжити таких заходів:

- повністю припинити на певний час промислове виловлення риби, покінчити з браконьєрством;

- довести до оптимальних об'ємів річковий стік;

- звести до мінімуму обсяг забруднень морських вод промисловими й сільськогосподарськими відходами (перейти на нові технології виробництва та господарювання);

- зменшити, згідно з екологічною ємністю узбережжя, кількість рекреаційних баз, відремонтувати каналізаційну мережу.

Екологічна ситуація в басейні **Чорного моря** не набагато краща. Поки що рятують його розміри й глибина. Як уже згадувалося, й у цей басейн водами Дніпра, Південного Бугу, Дністра, Дунаю щорічно вносяться мільйони кубометрів забруднених десятками **токсикантів** стоків. Мають місце величезні обсяги забруднень шельфових зон побутовими, каналізаційними стоками, пов'язаними з індустрією туризму й рекреації. Через це в останні роки десятки разів закривалися пляжі Ялти, Феодосії, Євпаторії, Алушти, Одеси. Саме внаслідок великих обсягів брудного теригенного зносу в прибережних районах північно-західної частини Чорного моря дедалі частіше виникають зони замору. У цьому ж регіоні в зв'язку з розробкою підводних нафтогазових родовищ почалося активне забруднення води нафтопродуктами.

Протягом останніх років значно підвищився у водах моря й донних відкладах вміст радіонуклідів. Через порушення регіонального гідродинамічного, гідрохімічного й теплового балансу водних мас моря поступово піднімається верхня межа насичених **сірководнем** глибинних вод моря. Нині вона знаходиться вже на глибинах 80-110 м (раніше – на глибинах 150-200 м).

Різно погіршилася ситуація в Дніпровському й Дністровському лиманах, Каламітській і Каркінітській затоках, кризовою вона стала в Сасикському водосховищі. Велику небезпеку становлять припортові потужні заводи й Південний порт поблизу Одеси, де виробляються та концентруються великі об'єми рідкого аміаку, функціонує потужний аміакопровід Одеса – Тольятті. Ця дуже отруйна речовина перевозиться танкерами ємністю до 50–12 тис. т. Аварія на заводі, в порту чи на такому танкері може призвес-

ти до дуже важких екологічних і економічних наслідків.

Останнім часом захисту екосистем Чорного моря приділяється особлива увага. У квітні 1993р. на Нараді міністрів охорони довкілля країн, що оточують Чорне море (м. Одеса), було прийнято *Декларацію із захисту Чорного моря*, яку підтримали присутні на нараді представники ООН, Міжнародної Морської організації, Всесвітнього Банку та ін. Ця Декларація – проміжний етап дій, спрямованих на збереження Чорного моря відповідно до резолюції 3-ї дипломатичної Конференції (1992, Бухарест) і проекту Всесвітнього екологічного фонду “Раціональне природокористування та захист Чорного моря”.

У *Декларації 1993 р.* визначено основні завдання щодо покращення екологічної ситуації в Чорному морі та заходи, яких слід для цього вжити:

- розробити та впровадити до 1996 р. національні плани реалізації вимог міжнародних угод і конвенцій щодо господарювання в Чорному морі;
- заборонити скидання радіоактивних речовин у море;
- зменшити скидання шкідливих хімічних матеріалів і побутових стоків;
- терміново спорудити каналізаційні системи та станції очищення стічних вод;
- довести до мінімального рівня туристичне навантаження та риболовство;
- заборонити транспортування через Чорне море токсичних відходів;
- вжити заходи з відтворення, збереження та регулювання живих природних ресурсів Чорного моря та розробити плани ліквідації аварійних ситуацій;
- завершити до 1996 р. оцінку джерел і рівнів забруднень моря, створити до 1997 року систему відповідного *екологічного моніторингу*, а також *національні програми в галузі управління прибережною зоною*.

11.3 Охорона підземних вод України

Підземні води України мають не менше значення для забезпечення водою населення, ніж води поверхневого стоку. Досить зазначити, що близько 70% населення міст і селищ міського типу користується водою з *підземних водоносних горизонтів*, а сільське населення майже на 100 % задовольняє свої потреби за рахунок *грунтових вод (колодязі)* чи глибших водоносних горизонтів (*свердловини*).

Підземні води поширені по всій території України. Тут виділено сім основних гідрогеологічних районів: Львівсько-Волинський, Дніпровсько-Донецький і Причорноморський артезіанські басейни, Карпати, Донбас, Крим і Український кристалічний щит (центральні райони республіки). Проте запаси підземних вод по Україні розподілені вкрай нерівномірно.

У деяких промислових регіонах України, таких як Донбас, Кривбас,

робота гірничорудної промисловості (шахт, кар'єрів) негативно позначилася на запасах підземних вод. Інтенсивні багаторічні відкачки води з цих об'єктів призвели до значного *зниження рівня підземних вод*. Так, поблизу деяких великих криворізьких кар'єрів утворилися депресійні воронки, в межах яких рівень підземних вод впав на 300 м нижче земної поверхні, а з деяких водоносних горизонтів вода зникла повністю.

Якісний стан підземних вод України в цілому кращий, ніж поверхневого стоку, хоча місцями теж спостерігається забруднення підземних вод деяких горизонтів стоками промислових підприємств, великих тваринницьких комплексів тощо. Це переважно хімічне забруднення. У Дніпровсько-Донецькій западині мало місце також забруднення прісних підземних вод мінералізованими (за рахунок якісного цементування нафтових свердловин), коли води одних підземних горизонтів змішувалася з водами інших (перетоки).

Підземні води не лише вичерпуються й забруднюються, але й нераціонально використовуються. Діючим законодавством заборонено вживання прісних підземних вод не для пиття, однак у 30 містах України більше половини загальної кількості підземних вод все ще використовується для технічних потреб.

11.4 Деградація лісів України – її легенів

Лісовий покрив Землі для людини є, нарівні із земельними угіддями, найважливішим ресурсом природи. Він, як основний компонент біосфери, має для людського суспільства неоцінене ґрунтозахисне, водоохоронне, водорегулююче, екологічне, санітарно-гігієнічне, рекреаційне та культурно-естетичне значення. Його недарма з давніх часів називають *зеленими легенями Землі*, оскільки ліс, вбираючи двоокис вуглецю, виділяє, і в значних кількостях, необхідний для життєдіяльності людини і всього тваринного світу кисень.

Відомо, що 1 га зелених насаджень дає 3 т. кисню на рік. Водночас ліс – важливий *фактор регулювання клімату і балансу води у природі*: 1 га зрілого букового лісу за весняно-літній період випаровує не менше 2000 т води, 1 га діброви – 1200 т. Ліси можуть підвищити вологість повітря на 11%, випаровуючи воду значно інтенсивніше, ніж чиста водна поверхня, що займає таку саму площу. Ліс до певної міри регулює температуру, знижуючи її влітку на 4 °С, а взимку підвищуючи на 3,5 °С. На заліснених територіях випадає на 5-15% більше атмосферних опадів, ніж в степу, річковий стік води тут більший на 10-15%. Частка лісів Землі у глобальному фотосинтезі оцінюється в 65 млрд. т сухої органічної речовини за рік, а це при нинішньому рівні заліснення території Землі становить 65% річної біологічної продукції всієї суші та 42% біосфери загалом. Ліс – активний нагромаджувач сонячної енергії. Він відбиває назад в атмосферу лише 10-

18% сонячної радіації. Завдяки *фітонцидам*, що їх виділяють рослини, повітря в лісі практично стерильне. Тільки 1 га листяного лісу виділяє влітку в середньому за добу 2 кг фітонцидів, а хвойного – до 5 кг. За даними вчених Інституту загальної і комунальної гігієни ім. А. Сисіна, у повітрі лісу міститься близько 200 біологічно активних речовин, які цілюще впливають на людський організм. Всього 1 га лісу очищає за рік 18 млн. куб. м повітря від двоокису вуглецю та відфільтровує 32-88 т пилю і газів. Отже, як бачимо, ліс не дарма називають легенями Землі, її відновлюючою силою та аккумулятором вологи.

Величезне значення лісу і в сільському господарстві сприяє дощам, а це – волога, а волога – це урожай. Знижуючи швидкість вітру ліси захищають прилеглі до них поля від надмірного випаровування вологи. Корені дерев захищають землю від ерозії і регулюють надходження і стік води. Ліси не вимагають органічних добрив, а, навпаки, є їх накопичувальниками. З опалого листя, стовбурів відмерлих дерев утворюється *гумус*, який є головним концентратом азоту в ґрунті. Важлива екологічна функція лісу як регулятора води, газового складу атмосфери та температури.

Велика і економічна роль лісу – він дає сировину для деревообробної, меблевої, будівельної, паперової, целюлозної, хімічної індустрії. З деревини виготовляють будматеріали, меблі, мостові споруди тощо та добувають спирт, глюкозу, каучук, штучний шовк і т. п. Навіть з відходів лісу виготовляють патоку, дьоготь, вугілля. З 1 м³ деревини можна одержати 1500 м воскової тканини або 300 кг картону чи 200 кг паперу, 225 кг целюлози та 160 кг штучного шовку, 170 кг штучної шерсті, 20 кг сухих кормових дріжджів, 90 л спирту тощо. Зазначимо, що деревина не єдиний продукт, що його дарує людям ліс. Він наповнений травами, кущами, грибами, ягідниками, а це цінна сировина для дубильного, фарбового, ефірного виробництва. У лісах чимало рослин, плоди яких містять цінні вітаміни, цукор, олію, кислоти. Це одночасно і продукти, які мають високі смакові і поживні якості (суниця, чорниця, журавлина, брусниця, малина, ожина, ліщина, гриби та ін.).

За даними ООН, загальна площа лісів планети становить 4,1 млрд. га, або 28-30% суходолу і 8-10% усієї поверхні Землі.

Така *лісистість* вже виходить за мінімально допустиму межу: при ній не забезпечується нормальний колообіг кисню, двоокису вуглецю та азоту. Якщо врахувати, що в результаті діяльності людини за останні 3 тис. років площа лісів зменшилась майже у 1,5 рази, а до 2000 р. використання деревини зросло у 1,5-2 рази, стає очевидним, що подальше зменшення площ лісів може мати для всього людства серйозні наслідки.

Українська земля щедро обдарована рослинністю. Тут налічується близько п'яти тисяч видів вищих рослин. Проте *лісові ресурси України обмежені*. Площа лісового фонду складає близько 10 млн. га. Заліснені території в Україні становлять всього 14,3% проти 29% – у світі. На одного

мешканця припадає всього 0,2 га лісів. *Ліси України високопродуктивні*. Середні запаси деревини на 1 га складають 125 кв. м, річний приріст – 4,2 куб. м. Щорічно споживається близько 40 млн. куб. м деревини у вигляді кругляка.

Ліси України, як і всі ліси світу, виконують здебільшого водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні та оздоровчі функції і мають обмежене експлуатаційне значення.

Хижацькі промислові вирубки мільйонів гектарів лісів у минулому призвели до різкої зміни їх географії на території України. Після другої світової війни лісистість України становила лише 11,4%. З 1946 року шляхом *лісовідновлення* та *лісорозведення* на площі понад 4,5 млн. га створено нові ліси, в тому числі на 1,4 млн. га – *протиерозійні насадження*. Як лісодефіцитна держава, Україна змушена завозити близько 70% необхідної для споживання деревини. Проте, незважаючи на це, лісовим законодавством України встановлено обмеження на промислове використання власних лісів – з експлуатації повністю виключено 30% лісових насаджень із загальними запасами понад 300 млн. куб. м деревини.

Лісові насадження не тільки в Україні, а й в усіх країнах світу, зазнають інтенсивного антропогенного впливу. Негативний техногенний і антропогенний вплив на ліси найвиразніше проявляється в зоні великих промислових центрів, хоча спостерігається і в межах усього лісового фонду. За цих умов *проблема стійкості лісонасадження* в Україні набула особливої ваги.

В Україні чимало лісу використовується на виробництво дров. Великої шкоди лісу завдають нічні крадіжки, *браконьєрство*. Потрібно якнайшвидше організувати використання біогазу в сільських місцевостях, що дасть змогу значно зменшити використання лісу на дрова. Вирубка лісу не повинна перевищувати зростаючої за рік кількості деревини. При цьому площа лісів, яка входить в господарство, ділиться на число дільниць, рівне цифрі рубочного обігу так, що спилування припадає на останню з них, лише коли перша знову дозріла для вирубування. Ці строки мають бути скорочені за рахунок належного догляду за лісом. Кладучи поліно в сільську піч, грубу або в каміни сучасних палаців, побудованих на садових ділянках, потрібно пам'ятати, що спалюються унікальні природні матеріали, перелік яких навряд чи коли-небудь хімія вичерпає до кінця. Тут не доводиться вести мову про невагомні скарби, подібних зеленій тіні чи солов'їній пісні, яка вмирає при цьому без диму та попелу.

Сьогодні в Україні створено майже 2 тис. об'єктів *природно-заповідного фонду*, зокрема 15 заповідників і 4 національні парки, 3 регіональні ландшафтні парки, 851 заказник, 755 пам'яток природи, 6 дендрологічних парків, 41 парк - пам'ятки садово-паркового мистецтва та 324 заповідні урочища. Все це так, але ж зникає природний ліс, якого стає все менше. За долю українського лісу необхідно боротись не тільки фахівцям-

лісоводам, а й усьому населенню України!

До першочергових проблем *охорони лісових багатств* в кожній зоні України, які вимагають негайного вирішення, необхідно віднести:

- збільшення лісистості за рахунок відновлення місць вирубок та заліснення земель, непридатних для сільськогосподарського використання, створення лісосмуг, лісопарків у степових і лісостепових районах, заліснення ярів, крутосхилів, берегів річок;
- підвищення продуктивності лісів за рахунок зміни їх видового складу, удобрення, селекції, догляду, посилення їх водоохоронно-захисної та гідрологічної ролі;
- освоєння та заліснення еродованих і кам'янистих площ, діляниць відпрацьованих кар'єрів;
- розширення в лісах сировинної бази дикоростучих плодових та ягідних дерев, лікувальних та медоносних трав, технічної сировини, деревно-чагарникових рослин, грибів тощо;
- збільшення робіт з озеленення населених пунктів, шляхів та промислових підприємств;
- розробка наукових основ охорони природи та впровадження біологічних, хімічних та інших методів боротьби з шкідниками і хворобами лісу;
- визначення мінімально допустимих обсягів лісів земної кулі та окремих країн, які були б достатніми для збереження колообігу кисню та двоокису вуглецю в природі.

Отже, невідкладні комплексні заходи, спрямовані на збереження та примноження лісових багатств України, сприятимуть створенню оптимальних умов для життєдіяльності всього живого, насамперед, збереження та зміцнення здоров'я людини.

ЛЕКЦІЯ 12 ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ ВІННИЧЧИНИ. ІНЖЕНЕРНІ ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ.

12.1 Особливості екологічних проблем Вінниччини

Населення Вінницької області становить близько 1800 тис. чол. Територія 26,5 тис. км² (4,4% території України). Густота населення – 73,7 чол. на 1 км², ≈ 95% населення – українці.

Надра Вінницької області надзвичайно багаті корисними копалинами. Тут розвідані родовища каолінів, вапняків для цукрової промисловості, кристалічних порід для виробництва буту і щебеню, декоративно-облицювальних гранітів, пильних (розрізних) вапняків, карбонатної цегляно-черепичної сировини, будівельних пісків, а також гранітів для абразивних матеріалів, урану, марганцю, газу, золота, вугілля, торфу, фосфоритів. Крім цих корисних копалин в області переробляються привізні міне

ральні матеріали, зокрема донецьке (ст. Ясиновата) вугілля, нещодавно кольські та африканські апатити і ін. В результаті цього добування, а також переробки в області утворюються **значні об'єми гірничопромислових і зошлакових хімічних відходів**, які забруднюють навколишні природні ландшафти, шкідливо діють на здоров'я наших людей, стан тваринного та рослинного світу.

Добування корисних копалин, речовин, мінералів в нашій області йде, в основному, **відкритим способом**, але розрізний вапняк добувають із надер, як підземним, так і відкритим способом.

Каолін (слово походить від китайської "Као-лін" – біла глина: Al_2O_3 – 40%, H_2O – 13%) добувають в північно-східній частині території області: Козятинський район – одне з найкрупніших в Європі **Глухівецьке родовище первинних каолінів**, в Липовецькому районі – **Турбівський комбінат первинних каолінів**. Первинні каоліни складаються з 48-55% чистого каоліну і 51-45% кварцу та інших матеріалів.

Вінницька область розташована на **гранітному щиті** (фундаменті). Хімічні перетворення, вивітрювання гранітів приводять до утворення мономінералізованих кварцових пісків і каолінових глин. Звичайно, все це відбувається за декілька мільйонів років під дією різних температурних, атмосферних та інших факторів.

Первинну **каолінову руду** збагачують, розділяють на каолін і пісок. Для цього масу обробляють реактивною водою. Утворюється **пульпа** (суспензія), яка відмивається з осадженням піску в дезінтеграторах та інших апаратах. В результаті каолінова суспензія висушується і одержується чистий **каолін**, а піски йдуть споживачам для будівництва.

Каолін є важливим технічним продуктом, який широко застосовується в парфумерній, паперовій, резинотехнічній, фарфоровій, харчовій і у багатьох інших галузях промисловості і сільського господарства. Продукція Глухівецького і Турбівського каолінових комбінатів транспортувалась практично у всі райони колишнього Союзу, а також в Європу, а ПО "Глухівці-каолін" забезпечував паперову промисловість Союзу на 80%. Це теж великий резерв і своєрідна монополія (крім цукру, олії, масла, зерна, м'яса і т.д.).

Апатитово-нефелінові руди привозилися з Кольського півострова та з Африки. Використовувались на Вінницькому хімкомбінаті і містили 13% апатитів, 30-40% нефеліну, оксидів Ti , Al і т.д. Апатит – $Ca_5(PO_4)_3$. Нефелін – алюмосилікат $Na, K: SiO_2$ – 44%, Al_2O_3 – декілька відсотків. При цьому на одну тону P_2O_5 утворюється 4 тони твердого відходу **фосфогіпсу**, для якого ще не знайдено способів стовідсоткової переробки. Але його частково переробляють на гіпс, цемент, H_2SO_4 , CaO , $CaCO_3$, $(NH_4)_2SO_4$ і ін. та частково утилізують в бурти. Знайдені способи його переробки у бетон і різні в'язучі для **гіпсування засоленних ґрунтів**. Нефеліновий концентрат переробляється на глинозем, соду – Na_2CO_3 , поташ – K_2CO_3 , портландце-

мент і інше. Фосфогіпс в самій Вінницькій області не використовується – його вивозили в інші райони, де треба гіпсувати засолені ґрунти, зокрема Крим, Херсонську обл. тощо.

У Вінницькій області нараховується 60 кар'єрів **будівельного каміння і цільних гранітів** (облицювальний камінь – Жежелівський, Тиврівський). Це каміння характеризується високим ступенем декоративності, виразністю малюнку, великою довговічністю, тому його раніше віддавали у великих кількостях на облицювання і будівництво будинків, споруд, пам'ятників у Москву, Ленінград, Київ і т.д. На жаль, тільки у Вінниці його майже не застосували.

Розрізний вапняк (CaCO_3 – 92–95%) у вигляді блоків – цінний будівельний стіновий матеріал, який використовується для будівництва житла. Добування його ведеться в Шаргородському, Крижопільському (с.Джурин) і Піщанському, а також Чечельницькому районах. Славиться Джуринське шахтоуправління. Розріз вапняку на блоки відбувається за допомогою каменерізних машин. При цьому утворюється **вапнякова мука**, яка застосовується, в особливості, для вапнування кислих ґрунтів у сільському господарстві. Виробництво у рік складає приблизно 90 тис. т, в тому числі 30 тис. т. у Джурині, 40 тис. т. на Крижопільському підприємстві стінових матеріалів і 20 тис. т. в селі Джурин. Мурафське кар'єроуправління виробляє вапняки для потреб цукрової промисловості. Склад його вапняків: CaCO_3 – 93-95%, міцність не нижче 100 кг/см². **Технологічний камінь-вапняк** застосовується на цукрових заводах Вінницької області.

Процес очищення цукрових буряків побудований так, що цукрова маса “протікає” через вапнякові “фільтри”. Вапняк при цьому сорбує домішки (земля, добрива і ін.) і утворюється сіра маса, яка називається **дефікат**. Цю масу висушують і застосовують як прекрасне добриво для кислих ґрунтів у сільськогосподарському виробництві. Дефікат у області використовується повністю (в рік – 340-545 тис. т дефікату).

Область має велику кількість **котельних і станцій**, де спалюється привізне вугілля. В першу чергу, це Ладизинська ТЕС. В результаті згорання утворюються 55 тис. тон SO_2 та інших газів, **золашлакові відходи**. Вони займають нові місця при зберіганні, шкідливо впливають на ландшафти, навколишнє середовище і людей. Тому питання подальшого їх використання і утилізації, переробки і очищення має важливе значення і стоїть досить гостро.

Забруднюють довколишнє середовище у нашій області також і численні **машинобудівні та металопереробні заводи**, які вивозять у відвали стружку, формовочні матеріали тощо.

Проблема переробки і утилізації відходів гостро стоїть і в Глухівцях, де з початку ХХ ст. накопичено понад 5,5 млн. тон відходів у вигляді кварцу, смоли і ін. Тепер після досліджень встановлена їх підвищена радіактивність, через торієві сполуки (циркон, монацит, апатит та ін.). Вони називаються

ваються *піщано-галечні відходи*.

Облицювальне каміння тільки: Жежелів, Сабарів, Тиврів, Четвертинівка (Тростянецький район), Пороги (Ямпільський район) і Ворони (Бершадський район), Іванівський спецкар'єр (Калинівський район) – у ньому добувають абразивне каміння тощо.

12.2 Земельні ресурси Вінниччини

Основне багатство Вінниччини – земельні ресурси. Застосування високоврожайних сортів веде до посиленого виносу з урожаєм поживних речовин з ґрунту. Багаторазова механічна обробка, перенасичення просапними культурами і зменшення площ бобово-злакових травосумішей, недостатня кількість органічних добрив і рослинної біомаси в ґрунті посилюють мінералізацію органічних речовин та втрату гумусу. Ці втрати і порушення структури ґрунту ведуть до активної водної ерозії, в результаті чого щорічні втрати урожаю (в переводі на зерно) 150-200 тис. тонн. Тому найважливішою природоохоронною задачею в умовах нашої області є **захист ґрунтів від ерозії**.

Кормові угіддя на Вінниччині складають 122 тис. гектарів. Зрошувальні землі на Вінниччині – 206 тис. гектарів.

На цукрових заводах втілюються заходи, які скорочують забір свіжої технічної води на технологічні потреби. Економія води на 39 цукрових заводах становить близько 10 млн. м³ за сезон. Комунальні водопроводи з забором води в Південному Бузі для водоспоживання міст Вінниці, Калинівки, Хмільника мають комплекси очисних споруд, що забезпечують очистку до вимог ГОСТу 287-73 “Вода питна”.

За останні 15 років площа грибних територій Поділля скоротилася на третину і складає сьогодні 1/5 площі лісів. Крім того, врожайність грибів зменшилась вдвічі.

Загальна площа **лісового фонду** Вінницької області становить 213,9 тис. га; покрита лісом площа – 195,3 тис. га, лісистість області – 11,7%. З цієї цифри 86% лісних угідь відносяться до найбільш молодих дібров, 14% – сухі і зволожені діброви. В області превалює дубове високоствольне господарство. “Молодняки” займають 50% площі. Перестійні (старі) ліси – 8,2% площі, Вінницькі ліси відносяться до типу грабових дібров. Вони змішані за складом: дуб з ясенем, клен, явір і черешня – перший ярус. Другий – граб, липа, клен, рідше берези і ін. Середній вік насаджень – 39 років.

Багатоплановий і тваринний світ області. Приблизно нараховується 60 тис. зайців, 8700 козуль, 2000 дикого кабана, 2500 куниць, є декілька десятків оленів плямистих та лосів і навіть зубри неподалік Калинівки.

Інтенсивні промислові розробки в області почалися з другої половини XIX ст. В долинах лівих приток Дністра розроблялись фосфорити, між

Дністром і Бугом – вапняки, в долині Південного Бугу – граніт, на північному сході (Придніпровська височина) – каоліни. Це все були кустарні способи добування, Крім того, велось добування глини, піску, торфу, піщаника та ін. Всього близько 120 родовищ. До теперішнього часу площа земель, що порушені гірничо-добувною промисловістю становить 7 тис. га. Як було зазначено вище, в області нараховується тепер декілька кар'єрів. Серед них крупні – Гніванський гранітний та Рудницький вапняковий (площа до 400 га, глибина до 100 м). Звичайно, в районах добування повністю порушуються ландшафти, посилюються ерозійні, золотоутворюючі процеси, замулювання і заростання русел рік. В результаті цього долина Південного Бугу стає більш диференційованою, контрастною і т. д.

Розробляється і вводиться в дію Великогадолинецьке родовище каолінів. Довжина *річки Південний Буг* – 806 км, площа – 63,7 тис. км². За ступенем мінералізації вода річки Південний Буг відноситься до середньомінералізованих вод з рівнем мінералізації 1000 мг/л. Води нашої ріки забруднені помірно. Самий неблагополучний період для неї – осінне-зимовий, тобто коли збільшується скид стоків цукрових виробництв.

Всього в водойми області скидається стічних вод 1,6 млн. м³/рік, з них 95,8% не потребують очищення. Тільки 30% цукрових заводів очищають стоки на 70-90%, а на останніх 70% заводів очищаються стоки тільки на 10-70%. Господарсько-фекальні і змішані стоки населених пунктів очищаються на 20%. На Вінницькому хімкомбінаті стоки очищались на 95%.

Стічні води хімкомбінату, спирткомбінату, м'ясокомбінату, масложиркомбінату скидаються в Південний Буг без достатнього ступеня очищення, в результаті чого спостерігається періодичне погіршення його санітарного режиму.

В області функціонує понад 500 підземних свердловин.

12.3 Радіаційна ситуація Вінниччини

Території, забруднені радіацією, поділяють на п'ять категорій:

- Перша категорія – зона відчуження.
- Друга – зона обов'язкового відселення.
- Третя – зона гарантованого добровільного відселення (5-15 Кі/км²).
- Четверта – 1-5 Кі/км².
- П'ята категорія до 1 Кі/км².

Рівень вище 1 Кюрі було виявлено в ряді населених пунктів: Муровані-Куриловці, Чечельник, Тульчин, Шаргород та ін. Це крім тих, що вже відомі (сумарна доза в міліберах за рік за Cs або в Кі/км²):

Гайсинський район:

- Косанове – 3,34; Кунка – 10,5; Сокільці – 1,87; Степашки – 2,5 та ін.

Немирівський район:

- Воробіївка – 4,18; Грабовець – 3,19; Луга – 4,05 та ін.

Тиврівський район:

- Сліди – 3,43; Уяринці – 6,05 та ін.

Томашпільський район:

- Горишківка – 5,84; Жолоби – 3,1 та ін.

Тулчинський район:

- Клебань – 4,07; Заозерне – 3,04; Кирнасівка – 4,67; Михайлівка – 5,59 та ін.

Чечельницький район:

- Бондурівка – 4,73; Вербка – 3,6 та ін.

Шаргородський район:

- Вербівка – 3,6; Джурин – 4,07; Зведенівка – 3,52; Рахни-Лісові – 7,4 та ін.

При цьому 1 Кі/км^2 – це еквівалент активності 1 г радію на 1 км^2 .

Згідно з рішенням колишнього Міністерства України у справах захисту населення від наслідків аварії на Чорнобильській АЕС і Кабінету Міністрів України всі населені пункти, що потерпіли у нашій області, віднесені до IV зони і в них населенню проводиться доплата: в с. Кунці – 40-60 %; в Михайлівці, Уяринцях, Рахнах – 30-40 %. В інших населених пунктах – до 30 %, залежно від умов роботи. Які заходи треба вживати, щоб зменшити дози опромінення:

- дезактивація;
- санітарна очистка території;
- асфальтування місць загального користування;
- каналізація, водогони;
- засоби індивідуального захисту при роботі на забруднених територіях.

В селі Кунці на початку 90-их років закінчено дезактивацію. Постраждали в результаті радіоактивної дії з Житомирської області переселяються в інші регіони України, в тому числі, село Самчинці Немирівського району.

Гамма-фон у Вінниці складає 9-37 мкР/год., а у районах області 9-67 мкР/год.

Крім того, у місті щорічно накопичується 13 тис. тонн промислових відходів, тому так гостро стоїть проблема їх утилізації. Серед них – 300 тонн першого і другого класу токсичності.

Непридатні пестициди, яких накопичено на території області близько 900 тонн та 1100 тонн на Джуринському отрутомогоильнику. Це проблема для всієї області, яка чекає на своє вирішення. Накопичені непридатні пестицидні препарати потрібно знешкодити екологічно виваженими методами, місця їх зберігання реконструювати і модернізувати, а прилеглі території рекультивувати. **Альтернативи цьому немає, інакше діоксини, що утворюються в результаті розкладання пестицидів, будуть незворотно призводити до деградації живих систем і, в першу чергу, найбільшої цінності на Землі – Людини!**

Контрольні запитання

2 Модуль

1. Охарактеризуйте сучасний стан водних ресурсів планети.
2. Хто такі споживачі і користувачі прісної води?
3. Що таке водоемність виробництва та питоме водоспоживання?
4. Які фактори забруднення води Ви знаєте? Коротко їх охарактеризуйте.
5. В чому суть хімічного забруднення води?
6. Які властивості має фізичне забруднення води?
7. Що таке теплове забруднення водою?
8. У чому полягає зміст біологічного забруднення водного середовища?
9. Опишіть заходи охорони вод світового океану.
10. Коротко охарактеризуйте основні антропогенні катастрофи на акваторіях Земної кулі і на території республік колишнього СРСР.
11. Стан водних басейнів України. Заходи з їх збереження.
12. Якими ознаками характеризуються стічні води?
13. Якими методами очищаються непромислові (побутові) стоки?
14. В чому суть первинної обробки побутових стоків?
15. Вторинна обробка побутових стоків. У чому суть методу активного мулу?
16. У чому зміст стерилізації води?
17. Як здійснюється третинна обробка стоків?
18. Що таке коагуляція? Яким законом описується кінцева швидкість осадження домішок?
19. Що таке твердість води? Чим вона зумовлена?
20. Які методи пом'якшення води Ви знаєте?
21. Якими шляхами очищуються промислові стоки?
22. У чому суть реагентних методів очищення промислових стоків?
23. Як очистити промислові стоки від ціанідів?
24. У чому суть методу вапняного молока під час очищення промислових стоків?
25. Як здійснюються електрохімічні способи очищення стоків від токсичних сполук?
26. За рахунок яких методів відбувається очистка газових викидів?
27. Які два типи нейтралізаторів відпрацьованих газів автотранспорту Ви знаєте?
28. Енергетика і екологія. Які дві групи джерел енергії Ви знаєте?
29. Які альтернативні джерела енергії Ви знаєте?
30. У чому суть вітроенергетики? Який вітропотенціал Землі?
31. Опишіть потенціал енергії морів і океанів.
32. Як відбирається і використовується енергія підземного тепла?
33. Опишіть можливості найпотужнішого джерела екологічно чистої енергії Сонця.
34. У чому суть біоенергетичних технологій?

35. Дайте оцінку енергозберігаючим технологіям головного шляху розвитку сучасного виробництва і життя розвинених країн.
36. Екологічні проблеми України – зростання об'ємів забруднень, виродження народу.
37. Який рівень розораності українських земель? Які екологічні наслідки інтенсивного переорювання земель?
38. Поливні та осушувальні технології одержання врожаю, їх екологічні наслідки.
39. Проаналізуйте екологічні проблеми великих міст України – великих центрів вітчизняної промисловості.
40. Розкрийте екологічні проблеми Азовського, Чорного морів та Дніпра – головної водної артерії України.
41. Екологічна ситуація на Вінниччині. Дайте оцінку і аналіз шляхів її покращення.
42. Які екологічні проблеми пов'язані з добуванням і виробництвом каоліну у нашій області?
43. Як перероблялись привізні апатитово-нефелінові руди на вінницькому “Хімпромі”?
44. Які екологічні проблеми супроводжують добування будівельного каміння у кар'єрах Вінницької області?
45. Як і де добувається вапняк в нашій області? Де застосовується камінь-вапняк, вапнякова мука та дефікат?
46. Назвіть екологічні проблеми, пов'язані з цукровими заводами Вінниччини.
47. Які екологічні наслідки радіаційного забруднення окремих районів Вінницької області.
48. Обґрунтуйте інженерні шляхи покращення екологічного балансу у Подільському регіоні.

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., Лущик А.В. Основы экологической безопасности.– Сімферополь: 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.

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. – 488с.
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.

Навчальне видання

**Василь Григорович Петрук,
доктор технічних наук, професор**

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ

Курс лекцій

Оригінал-макет підготовлено автором

Редактор Т.О. Старічек

Науково-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку
Формат 29,7x42 $\frac{1}{4}$
Друк різнографічний
Тираж прим.
Зам. №

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ