

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УЧБОВО МЕТОДИЧНИЙ ЦЕНТР З ВИЩОЇ ОСВІТИ  
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

Н.М. ГЛИНЯНА, Л.В. ДЕМЕНТІЙ, А.П. АВДЄСНКО

**СКОРОЧЕНИЙ КУРС ЛЕКЦІЙ  
З ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ»**

**для студентів усіх спеціальностей денної  
та заочної форми навчання**

РЕКОМЕНДОВАНО  
МІНІСТЕРСТВОМ ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЯК НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК ДЛЯ СТУДЕНТІВ  
ТЕХНІЧНИХ ВУЗІВ

Краматорськ 2001

УДК 681.322

Скорочений курс лекцій з дисципліни «Основи екології» для студентів усіх спеціальностей денної та заочної форми навчання. Учбовий посібник / Глиняна Н.М., Дементій Л.В., Авдеєнко А.П. – Краматорськ: ДДМА, 2001. – 101 с.

Конспект лекцій з дисципліни «Основи екології» призначений допомогти засвоїти основні положення даного курсу, ознайомитися з екологічними проблемами сучасності. Кожний розділ вміщує реферат, теоретичний матеріал, контрольні питання для самостійної перевірки отриманих знань та задачі для самостійного розв'язання; приведений перелік літературних джерел допоможе самостійно знайти необхідну й цікаву інформацію з екології, яка потрібна кожному спеціалісту машинобудівних та металургійних спеціальностей.

Затверджено  
на засіданні Вченої Ради ДДМА  
26.10.2000 р.  
Протокол № 2

ISBN 5-7763-2048-8

©

Лист № 2 / 429 от 29.03.2000

Н.М. Глиняна, доц,  
Л.В. Дементій, доц.,  
А.П. Авдеєнко, проф.

«Мы не можем ждать милостей от природы,  
взять их у нее - наша задача!»

**(И.В. Мичурин, Соч., т. 1, 2 изд., 1948, стр. 605)**

«Мы не можем ждать милостей от Природы  
после того, что сотворили с ней»

**(погляд сучасника, «Зеркало недели»,**

**№ 22 від 5 червня 1999 р.)**

**5 ЧЕРВНЯ**

**ВСЕСВІТНІЙ ДЕНЬ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

**(затверджено на Стокгольмській конференції ООН з охорони**

**навколишнього**

**середовища в червні 1972 г.)**

# 1 ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ

## Реферат

Екологічна криза, джерела її виникнення. Наслідки екологічної кризи для сучасного людства. Предмет екології, об'єкт дослідження, мета і задачі екології. Структура екології. Основні визначення і терміни: біосфера, екосистема, трофічний ланцюг, продуценти, консументи, редуценти, екологічні фактори. Кругообіг речовин у природі. Гомеостаз біосфери, основи стійкості біосфери. Основні закони екології. Природні ресурси. Природокористування.

## 1.1 Теоретичні відомості

### 1.1.1 Екологічна криза, джерела її виникнення. Наслідки екологічної кризи

Розвиток взаємовідносин людства з навколишнім природним середовищем супроводжувався рядом екологічних криз, обумовлених протистоянням людського суспільства природі. Основними принципами розвитку суспільства в кінці XVIII ст. – першій половині XX ст. були: боротьба з природою, її підкорення, впевненість, що природні ресурси невичерпні, - це призвело в ті часи до локальних і регіональних криз.

Останні 40–50 років характеризуються розвитком глобальної екологічної кризи. Сьогодні людина виступає як могутня геологічна сила, що змінює стан екосистеми всієї планети. Щорічно видобувається понад 10 млрд. т гірських порід з земних надр. Наслідком викидів в повітря та гідросферу великої кількості промислових відходів, хімізації сільського господарства є зникнення на планеті різноманітних видів тварин та рослин (20 років тому на Землі щоденно зникав один вид тварин, а зараз, за даними Всесвітнього фонду охорони живої природи, - один вид на годину).

Особливістю екологічної кризи XX століття є те, що вона має якісно іншу природу порівняно з усіма попередніми кризами. Це криза, яка охопила всю планету і зумовлена не природними, а технолого-виробничими процесами. Особливість сучасної екологічної кризи - в глобальних масштабах деградації природного середовища, коли темпи зміни параметрів біосфери в сотні і тисячі разів перевищують темпи природної еволюції.

Таким чином, визначити сучасну **екологічну кризу** можна як глибоке порушення природної екологічної рівноваги та напружений стан взаємин між людиною та природою, що пов'язане з невідповідністю виробничих сил та виробничих відносин в людському суспільстві ресурсним можливостям біосфери.

До основних **причин екологічної кризи** можна віднести: демографічний вибух, урбанізацію населення, науково-технічний прогрес, хімізацію сільського

господарства, відсутність міри в експлуатації природних ресурсів, використання природних багатств без урахування законів природи.

Демографічний вибух можна проілюструвати динамікою зростання чисельності населення планети (табл. 1.1.1.1).

Зростання чисельності населення планети супроводжувалося ростом урбанізації населення, тобто появою великої кількості міст та зростанням чисельності міського населення.

Таблиця 1.1.1.1 - **Чисельність населення планети Земля**

Роки (до н.е.), н.е.	Кількість населення на Землі, млн. чол.
8000 (до н.е.)	6
1	255
1000	254
1900	1633
1950	2513
1980	4415
1987	5000
2000	6122
2095	10500

Техногенний тип розвитку цивілізації в умовах швидкого росту населення призвів до **наслідків сучасної екологічної кризи**, якими є:

- деградація природи;
- ріст хвороб населення (генетичних, онкологічних, хвороб серцево-судинної системи, алергічних, інфекційних);
- різка зміна санітарно-гігієнічних умов життя людини;
- голод в деяких регіонах планети.
- соціальні лиха;
- глобальні зміни клімату (потепління клімату та викликане цим підняття рівня Світового океану);
- руйнування озонового шару атмосфери;
- знищення природних ресурсів;
- кислотні опади;
- забруднення навколишнього середовища хімічними речовинами;
- ерозія ґрунтів;

- руйнування екологічних ніш багатьох видів, що призвело до зниження стійкості біоценозу планети.

### **Екологічна ситуація в Україні**

Екологічний стан України характеризується як критичний. Велика кількість підприємств металургійної, машинобудівної, хімічної, енергетичної промисловостей, велика кількість промислових міст надзвичайно ускладнили екологічний стан довкілля. Дуже гостро стоять проблеми забруднення повітряного басейну більшості регіонів України, найважливіших рік - Дніпра, Дністра, Південного Бугу, Азовського та Чорного морів.

Лише в басейн Дніпра щорічно скидається близько 10 млрд. м<sup>3</sup> неочищених стічних вод, які містять надмірні кількості амонійного та нітритного азоту, нафтопродуктів, фенолів, солей важких металів та хлорорганічних пестицидів, при цьому слід враховувати, що дніпровською водою користується більше половини населення України. В останні десятиріччя екосистема Дніпра повністю деградована через порушення всіх зв'язків між біотичними й абіотичними елементами. Основними причинами кризової ситуації на Дніпрі є спорудження водосховищ, меліорація земель, будівництво цілого ряду промислових комплексів у басейні ріки, величезні об'єми водозабору для промисловості й зрошення, дуже великі обсяги забруднень. Штучно річковий режим Дніпра трансформовано на озерний, це призвело до різкого уповільнення водообміну, з'явилися зони застою, розповсюдилось таке явище як евтрофікація водойм. В останні часи негативним і дуже небезпечним явищем стало постійне зростання радіоактивності донних відкладень, особливо у Київському водосховищі.

На Україні проблема водосховищ, якими було затоплено майже 700 тис га родючих земель, дуже складна. Водосховища значно погіршили стан довкілля – піднявся рівень ґрунтових вод далеко від берегів, посилюється засолення ґрунтів, в десятки разів збільшився об'єм підземного стоку, а це, в свою чергу, обумовило зростання забруднення підземних вод, знизився вміст гумусу в ґрунті, посилюється ерозія берегової зони.

Подібні негативні наслідки характерні і для басейну Дністра. Крім того, політика природокористування призвела до загибелі в Україні за останні 30 років близько 20 тис. малих річок.

Азовське море перетворилося на зону екологічної катастрофи. Вміст отрутохімікатів, важких металів в донних відкладеннях моря набагато перевищує допустимі концентрації. Зменшився видовий склад мешканців моря, в декілька разів зменшилися вилови промислової риби. Головними причинами катастрофічного стану Азова є хижацький вилов риби, який розпочався з 50-х років; будівництво гребель і водосховищ на живлячих ріках – Дон, Кубань, перетворення цих водосховищ у гігантські промислові відстійники; інтенсивний розвиток у сусідніх регіонах зрошувального землеробства; забруднення довкілля викидами хімічної та металургійної промисловості у містах Маріуполь, Ростов, Таганрог та інших; будівництво на узбережжі моря

будинків відпочинку, що призвело до катастрофічного збільшення побутових відходів; неконтрольоване збільшення кількості пестицидів, які потрапляють у море з прилеглих сільськогосподарських масивів.

Тяжка екологічна ситуація характерна і для басейна Чорного моря. З водами Дніпра, Південного Бугу, Дністра, Дунаю у басейн Чорного моря щорічно потрапляють мільйони кубічних метрів забруднених стоків, дуже великим є забруднення шельфової зони побутовими, каналізаційними стоками. У північно-західній частині Чорного моря у зв'язку з розробкою підводних нафтогазових родовищ має місце забруднення води нафтопродуктами. Дуже серйозною катастрофою загрожує поступове підняття верхньої межі насичених сірководнем глибинних вод моря. Зміна гідрохімічного, теплового балансу водних мас призвела до зникнення дуже цінних видів риб та інших гідробіонтів. Зоною підвищеного ризику є припортові потужні заводи й Південний порт поблизу Одеси, де виробляються великі об'єми рідкого аміаку, функціонує потужний аміакопровід Одеса-Тольятті.

Забруднення атмосферного повітря в таких містах, як Запоріжжя, Макіївка, Лисичанськ, Дніпродзержинськ досягло небезпечного для життя людини рівня: концентрація деяких шкідливих речовин перевищує ГДК в 25-100 разів.

Наслідки планетарного характеру має аварія на ЧАЕС. З 1987 року лише в Києві збільшилася кількість захворювань: онкологічних – в 3 рази; захворювань ендокринної системи – в 6,5 разів; органів дихання – в 31 раз. Майже 1,5 млн. чоловік проживає на території, де радіоактивний фон у десятки разів перевищує допустимі норми (Київська, Житомирська, Чернігівська, Рівненська, Черкаська, Вінницька, Чернівецька, Кіровоградська, Івано-Франківська області).

Порушення природних процесів, забруднення навколишнього середовища мешкання людини з одночасним розвитком стресових ситуацій від соціальних стресів призвели до катастрофічного погіршення стану здоров'я населення України. Під серйозною загрозою - генофонд нації, з 1992 року рівень смертності населення України перевищує рівень народжуваності.

Складна екологічна ситуація у будь якому регіоні планети примусила людство вирішувати проблеми довкілля. Тому сучасний період розвитку суспільства має ще ту особливість, що змінилося ставлення людей планети до природи, розширюється громадський рух за охорону довкілля, розвиваються альтернативні традиційним джерела енергії, дехімізація та ресурсозберігаючі технології, приймаються нові національні і міжнародні закони про охорону природи, почалася демілітаризація в найбільш розвинених країнах.

**Головними шляхами виходу з сучасної екологічної кризи можна назвати такі як:**

- організація загальної екологічної освіти;
- формування екологічної свідомості у кожної людини й суспільства в цілому;

- зміна економічної моделі суспільства - включення у вартість продукції виробництв вартості витрат, які потребує відновлення природи;
- зміна стратегії і тактики користування навколишньою природою - при формуванні взаємовідносин людини з природним середовищем врахування законів природи, відтворення умов для самовідновлення природних екосистем.

### **1.1.2 Екологія: предмет, об'єкт дослідження, мета і задачі. Структура екології**

Термін «екологія» вперше вжив в 1866 році німецький вчений Ернст Геккель для позначення науки, що вивчає взаємовідносини організмів з навколишнім середовищем. Саме слово «екологія» складається з двох грецьких слів: «ойкос» – будинок і «логос» – наука, що означає в перекладі «наука про місцезнаходження».

Як самостійна біологічна дисципліна екологія сформувалася в кінці 80-х років XIX сторіччя.

Однім з сучасних визначень екології є таке:

**Екологія** – це наука про взаємовідносини і взаємозв'язки живих істот між собою і з навколишньою неорганічною природою, про структуру і функціонування надорганізмених систем.

**Об'єкт досліджень екології.** Екологія займається вивченням 3-х рівнів організації життя:

- окремими організмами (особинами);
- популяціями (сукупністю особин одного виду на певній території);
- біоценозами (сукупністю особин різних видів).

Таким чином, об'єктами екології в залежності від рівня досліджень є екологічні системи або елементи екосистем.

**Мета загальної екології:** розробка тактики і стратегії збереження і стабільного розвитку життя на Землі.

**Особливістю сучасного етапу розвитку екологічних знань** є те, що екологія зобов'язана не тільки вивчати функціонування різнорівневих систем, але й обґрунтовувати раціональні форми взаємовідносин природи і людського суспільства.

#### **Найважливіші задачі загальної екології**

- Вивчення закономірностей існування і функціонування біологічних систем всіх рівнів.
- Розробка шляхів гармонізації взаємовідносин людського суспільства з природою. Забезпечення можливості самовідновлення і саморегулювання біосфери.
- Прогноз динаміки стану біосфери в часі та просторі.



## **Задачі екології для сучасного інженера**

- Створення технологічних і інженерних рішень, виходячи з мінімальних втрат навколишньому середовищу.
- Прогнозування і оцінка можливих негативних наслідків діючих і проєктованих підприємств для навколишнього середовища.
- Вчасне виявлення і коректування конкретних технологічних процесів, що завдають шкоди навколишньому середовищу, здоров'ю людини.

### **Структура екології**

Екологія базується на досягненнях дуже великої кількості наук, серед них такі як ботаніка, зоологія, фізіологія, етіологія (наука про поведінку тваринних), біохімія, генетика, еволюційне вчення, кліматологія, палеонтологія, геологія, математичне моделювання та інші.

Екологія не належить до числа наукових дисциплін з простою лінійною структурою, в ній все зв'язане зі всім.

Деякі автори пропонують структуру екології, яку зображено на рисунку 1.1.2.1. З представленої схеми видно, що загальній екології підпорядковані два великих розділи екологічних досліджень: теоретична екологія та прикладна екологія. Ці розділи, в свою чергу поділяються на цілий ряд підрозділів, які мають галузеве спрямування або структурну підпорядкованість. У теоретичну екологію входять підрозділи: екологія мікроорганізмів, екологія рослин, екологія тварин, екологія людини. Практичній екології підпорядковуються геоекологія, соціоекологія та техноекоекологія.

В цілому **загальну екологію** можна визначити як науку про тактику і стратегію збереження й стабільного розвитку життя на Землі.

**Геоекологія** – наука про охорону і раціональне використання природних ресурсів. Підрозділами геоекології є ландшафтна екологія, природокористування, охорона навколишнього середовища, екологія атмосфери, екологія гідросфери, екологія літосфери.

**Соціоекологія** – наука про соціально-економічні чинники впливу на навколишнє середовище. Соціоекологія має такі підрозділи як: екологічна освіта, екологічне право, урбоекологія, екологія народонаселення, національна і міжнародна екологія

**Техноекоекологія** – наука про техногенні чинники забруднення навколишнього середовища. Техноекоекологія включає розділи: екологія енергетики, агроекоекологія, екологія транспорту, екологія військової справи, екологічна експертиза.

### 1.1.3 Основні терміни і визначення

**Біосфера.** Сприятливі умови для життя на нашій планеті надто обмежені. В масштабі всієї Земної кулі життя можливе лише в тонкому шарі повітря, води і ґрунту, що називається **біосферою**.

В 20-і роки нашого сторіччя В. І. Вернадський створив **вчення про біосферу як глобальну єдину систему Землі**, де весь основний хід геохімічних та енергетичних перетворень визначається життям.

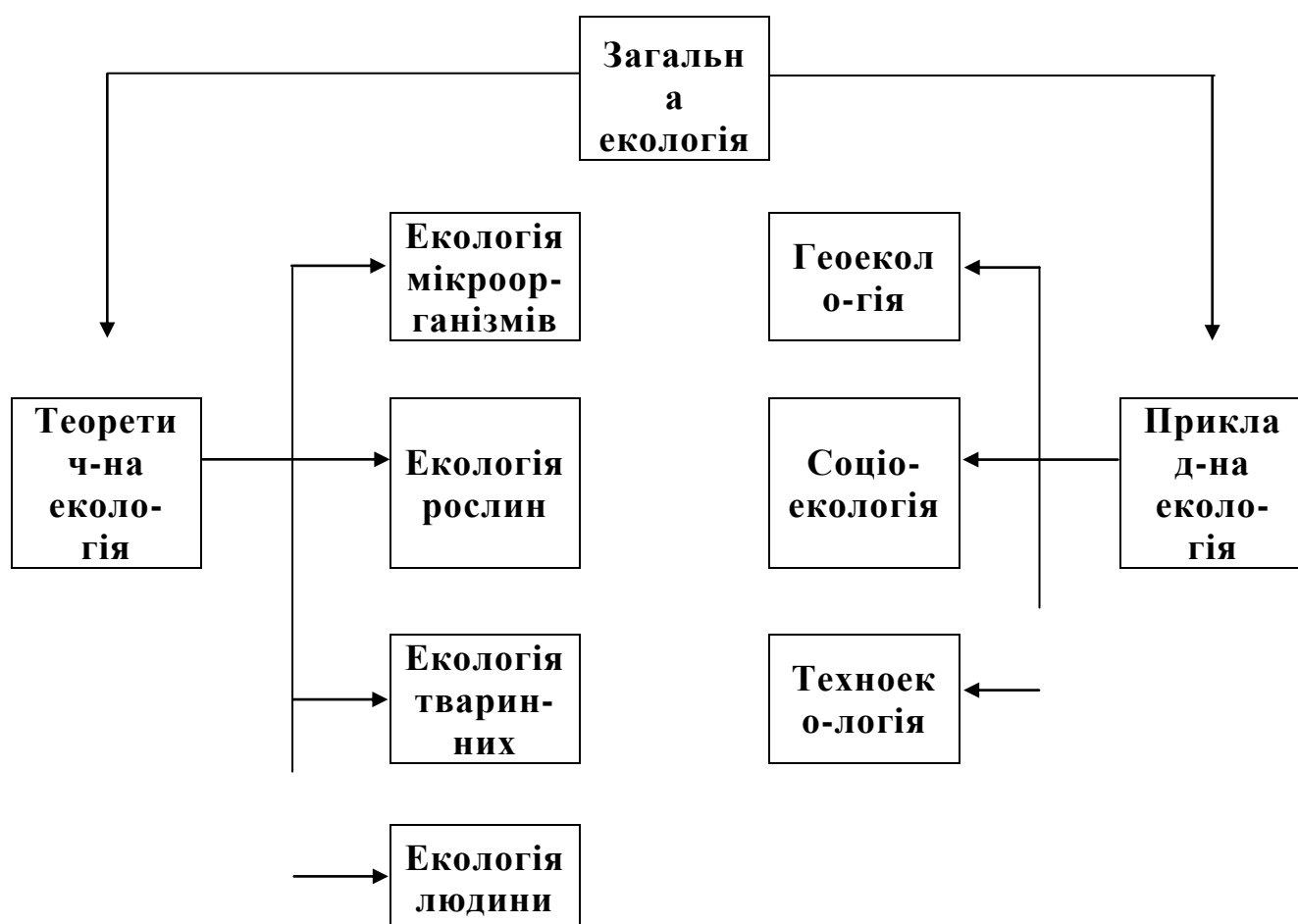


Рисунок 1.1.2.1 – Схема структури екології

**Біосферою** В. І. Вернадський назвав ту частину нашої планети, в якій існує або будь-коли існувало життя, яка постійно зазнає або зазнавала вплив живих організмів.

Згідно вченню В. І. Вернадського значення організмів обумовлено:

- їх великою різноманітністю;
- розповсюдженням;
- тривалістю існування в історії Землі;
- виборчим характером біохімічної діяльності;
- винятково високою хімічною активністю у порівнянні з іншими компонентами природи.

**Середовище мешкання, екологічна ніша.** Кожний конкретний вид живих організмів має своє конкретне середовище мешкання - простір, де він мешкає. Термін «середовище мешкання» дуже подібний до терміна «екологічна ніша».

Особливість використання терміна «екологічна ніша» в тому, що він характеризує ту роль і функцію, яку виконує даний вид в середовищі мешкання. Наприклад, у водному середовищі є організми, які ведуть придонний спосіб життя (молюски, ракоподібні, риби); організми, що плавають в товщі води (риби, медузи), або форми, що жорстко прикріплені до одного місця (корали, актинії).

Які б не були два види близькі за своєю систематикою, в природі вони завжди займають різні екологічні ніші.

**Екосистема.** Середовище мешкання певної групи організмів разом із сукупністю даних організмів, які зв'язані обміном речовин та енергії, утворюють екосистему.

Якщо екосистема належить суто планеті Земля, можливе використання терміну «**біогеоценоз**».

Прикладом екосистеми можуть бути і крапля води, з її мікробним населенням, і ліс, що займає сотні гектарів.

Виділяють **мікроекосистеми** (наприклад, стовбур гниючого дерева), **мезоекосистеми** (ліс, ставок) і **макроекосистеми** (океан, континент).

В цьому розумінні біосфера Земної кулі в цілому є екосистемою вищого порядку.

Екосистема включає дві головні компоненти:

- **екотоп** сукупність на певній території абіотичних факторів середовища;
- **біоценоз** – сукупність живих організмів, що знаходяться в різних відношеннях між собою: симбіоз, паразитизм та інші.

Для прикладу можна взяти ставок. В цьому випадку екотоп складається з води, донного ґрунту та їх фізико-хімічних характеристик.

Біоценоз ставка включає в себе фітопланктон, зоопланктон, риб і тому подібне, іншими словами, всю сукупність живих організмів у воді.

**Однією з найважливіших властивостей будь - якої екосистеми є взаємозв'язок і взаємозалежність всіх його компонентів.** Структуру екосистеми наведено у схемі (рис. 1.1.3.1).

**Трофічний ланцюг.** Живі організми, що входять до складу біоценозу, не однакові з точки зору асиміляції ними речовини і енергії.

На відзнаку від рослин тварини не здатні до реакції фотосинтезу, а примушені використовувати сонячну енергію опосередковано – через органічну речовину, яку створюють фотосинтетики.

Таким чином, в екосистемах утворюється ланцюг послідовної передачі речовини і еквівалентної йому енергії від одних організмів до інших, який називається **трофічним ланцюгом** (від грецьк. «трофе» - живлення).

В складі трофічного ланцюга обов'язкова наявність трьох типів живих організмів: **продуцентів, консументів, редуцентів** (рис. 1.1.3.2).

**Продуцентами** називають рослини. Вони створюють первинну органічну речовину без посередників, продуциують її з неорганічної речовини за допомогою енергії сонця. Інакше їх називають **автотрофами**.

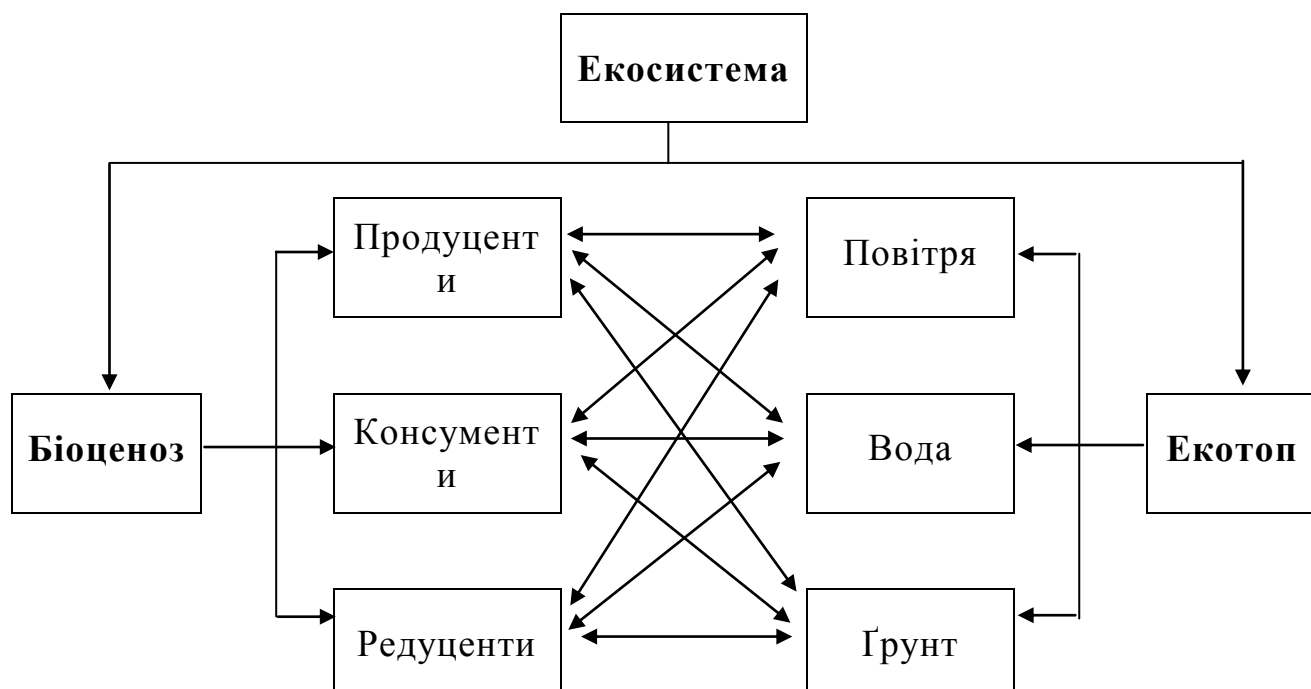
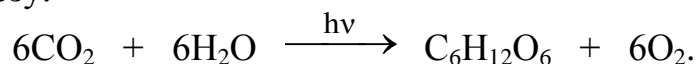


Рисунок 1.1.3.1 – Схема структури екосистеми

Утворення органічної речовини зеленими рослинами здійснюється у процесі фотосинтезу:



У зелених рослин вода  $\text{H}_2\text{O}$  окислюється з утворенням газоподібного кисню  $\text{O}_2$ , вуглекислий газ  $\text{CO}_2$  відновлюється до органічних сполук (в приведеному рівнянні реакції – до глюкози). Дихання – процес протилежний фотосинтезу: органічні сполуки окислюються за допомогою атмосферного кисню.

**Консументи** (від лат. «консумо» – споживаю) – організми, що не можуть будувати власну речовину з мінеральних компонентів, використовуючи енергію сонця, і примушені використовувати те, що створили автотрофи при вживанні їх в їжу. Інакше ці організми називають **гетеротрофами** (тими, що живляться іншими).

Продуценти і консументи утворюють дві перших ланки трофічного ланцюга.

**Рослиноїдні тварини** будують білки свого тіла безпосередньо з білків рослин – це **консументи першого порядку**.

**М'ясоїдні тварини** використовують тваринні білки і є **консументами другого порядку**.

В процесі живлення на всіх трофічних рівнях з'являються «відходи». Зелені рослини щорічно частково або повністю скидають листя. Значна частина організмів за тими або іншими причинами постійно відмирає. В результаті створюється органічна речовина, що підлягає переробці.

Це відбувається завдяки **редуцентам** (від лат. «редуціо» – повернення). Ці організми – здебільшого бактерії, найпростіші, гриби, дрібні безхребетні – в процесі життєдіяльності розкладають органічні залишки організмів всіх трофічних рівнів до мінеральних біогенних речовин (С, О<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, P, S та інші). Мінеральні речовини, а також вуглекислий газ, що виділяється при диханні організмів всіх трофічних рівнів, знов повертаються до продуцентів.

В дійсності трофічна структура екосистеми представлена рядом паралельних та переплітаючихся трофічних ланцюгів, які утворюють **трофічну сіть**.

Потік енергії, що переходить на наступний трофічний рівень, складає в середньому 10%. 90% енергії іде на власні потреби організмів: зростання біомаси, розмноження, розвиток, рух, дихання та інші функції, частина енергії розповсюджується у вигляді тепла.

Закон енергетичної провідності в трофічному ланцюзі Р. Ліндемана назвав «**Законом піраміди енергії**», або «**правилом 10%**». Пропорційно енергії, що передається на наступний рівень, знижується і біомаса хижаків у порівнянні з біомасою продуцентів. Це правило діє в більшості наземних екосистем і отримало назву «**Піраміди біомас**» (рис. 1.1.3.3).

**Екологічні фактори.** При взаємодії між собою живі організми взаємодіють і з навколишнім середовищем. Будь-яка умова середовища, яка здійснює прямий або побічний вплив на живі організми, називається **екологічним фактором**.

Організм реагує на екологічний фактор специфічними пристосувальними реакціями. Екологічні чинники поділяються на дві категорії: **абіотичні** - чинники неживої природи і **біотичні** - чинники живої природи.

До абіотичних факторів середовища відносять:

- **кліматичні** (світло, вологість, температура, тиск, рух повітря);
- **едафічні** (механічний склад ґрунтів, вологоємність, повітропроникність, щільність ґрунтів);
- **орографічні** (рельєф місцевості, висота над рівнем моря);
- **хімічні** (газовий склад атмосфери, сольовий склад вод, концентрація, кислотність, склад розчинів).

Під біотичними факторами розуміють сукупність впливу життєдіяльності одних організмів на інші.

Біотичні фактори поділяються на **прямі** і **побічні** (опосередковані). Перші зв'язані з безпосереднім впливом одних організмів на інші. Другі виявляються, наприклад, в тому, що одні організми своєю присутністю змінюють режим абіотичного середовища мешкання інших організмів (цвітіння водосховища).

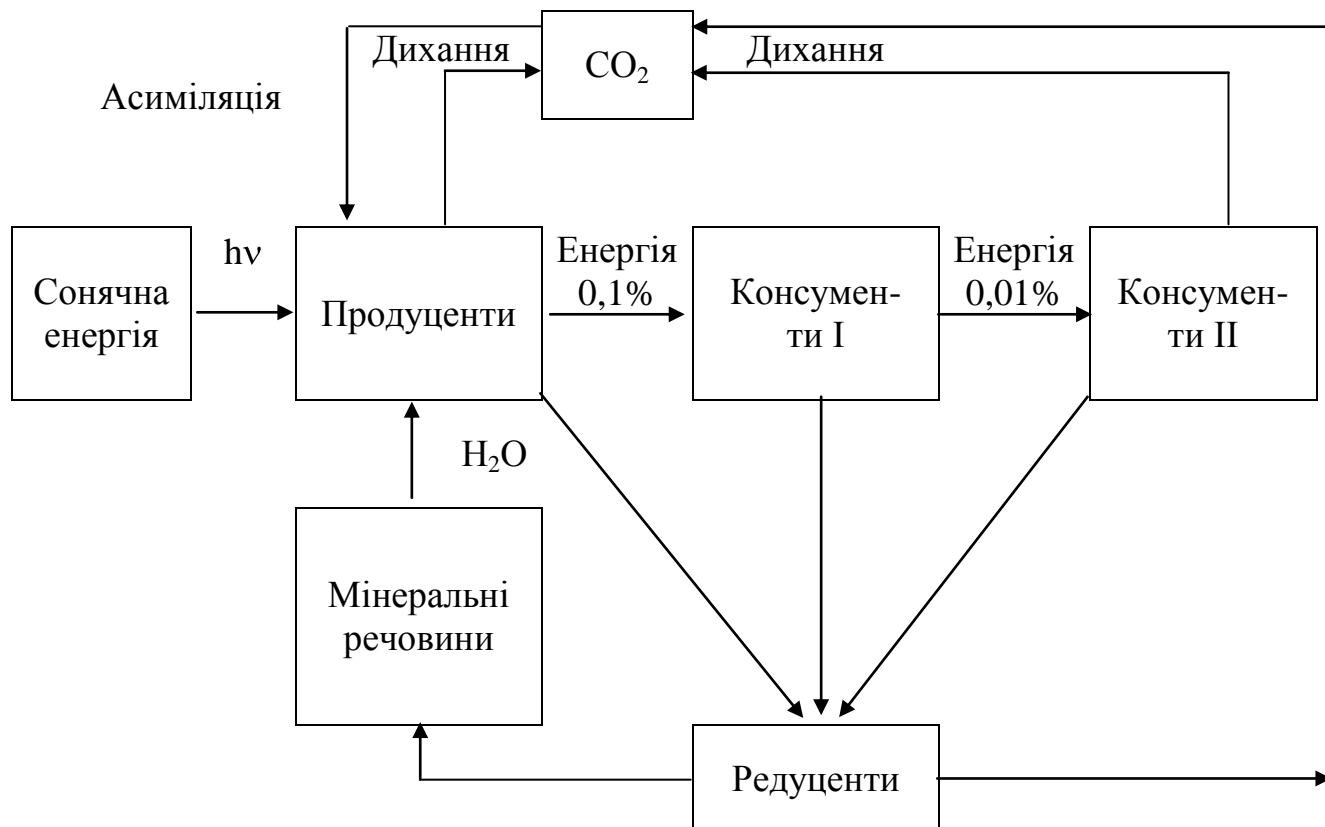


Рисунок 1.1.3.2 – Схема структури трофічного ланцюга

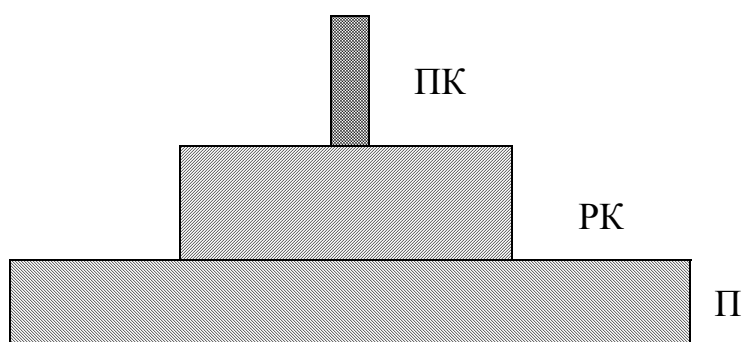


Рисунок 1.1.3.3 – Схема піраміди біомас

Багато тварин і рослин надто чутливі до змін параметрів екологічних чинників. Чинники, присутні, як в надлишку, так і в недоліку, за відношенням до оптимальних вимог організму, є чинниками, що лімітують процвітання виду. Згідно із «**Законом мінімуму**» Ю. Лібіха (1840 р.), розвиток організму лімітується не тими елементами живлення, котрі присутні у надлишку, а тими, котрих недостатньо (вітаміни, мікроелементи). Не менш важливішим є діапазон між мінімумом та максимумом екологічного чинника, який визначає межі стійкості, тобто толерантності даного організму чи виду до даного чинника. Відповідне правило отримало назву «**Закон толерантності**» В. Шелфорда (1910 р.). Якщо організм має вузький діапазон толерантності до будь-якого фактора, що змінюється, то цей фактор повинен бути врахований у першу чергу тому, що може бути лімітуючим.

Негативні наслідки людської діяльності: різка зміна екологічних чинників, наприклад, застосування нітратів в сільському господарстві, використання поверхнево активних речовин, які містять фосфор - все це призводить до бурхливого розвитку біомаси водоростей, що, в свою чергу, викликає евтрофікацію водосховища.

#### 1.1.4 **Кругообіг речовин в природі**

Найважливішою умовою стійкості існування екосистем всіх рівнів є кругообіг речовини на планеті.

Виділяють два основних кругообіги речовини та енергії на Землі: **великий** (геологічний) і **малий** (біотичний)

**Великий кругообіг** триває сотні тисяч або мільйони років. Гірські породи підлягають руйнуванню, вивітрюванню, розчинні у воді живильні речовини зносяться потоками води у Світовий океан. Тут вони утворюють морські напластування. Великі повільні геотектонічні зміни, процеси опускання материків і підняття морського дна, переміщення морів і океанів протягом тривалого часу, призводить до того, що ці напластування вертаються на сушу, і процес починається знову.

**Малий кругообіг**, що є частиною великого кругообігу, відбувається на рівні біогеоценозу (екосистеми). Полягає в тому, що живильні речовини довкілля - вода, вуглець, кисень, нітроген, фосфор, сірка - акумулюються в речовині рослин, витрачаються на побудову їх тіла і життєві процеси, а далі передаються іншим ланкам трофічного ланцюга (організмам – консументам і організмам – редуцентам. Редуценти розкладають органічні речовини до мінеральних компонентів, які доступні рослинам і знову втягуються ними в потік речовини).

Іншими словами, малий (біотичний) кругообіг характеризується багаторазовим включенням атомів речовин в тіла живих організмів і виходом їх в безпосередньо навколишнє середовище, звідки вони знов можуть бути використані організмами.

Кругообіг хімічних речовин з неорганічного середовища через рослинні і тваринні організми назад в неорганічне середовище, з використанням сонячної енергії для біохімічних реакцій, носить назву **біогеохімічного циклу**.

**Кругообіг води.** Розглянемо кругообіг одного з найважливіших для живих організмів сполучень – води. На кругообіг поверхневої води витрачається коло треті всієї сонячної енергії, що потрапляє на Землю. З появою життя на Землі кругообіг води став відносно складним. До простого явища фізичного випаровування додався більш складний процес біологічного випаровування – транспірація, зв'язаний із життєдіяльністю рослин і тварин (рис. 1.1.4.1). Біосфера щорічно використовує на створення біомаси приблизно 1% води опадів.



Рисунок 1.1.4.1 – Схема кругообігу води

Спроможність атмосфери утримувати водяну пару обмежена. Збільшення швидкості випаровування веде до відповідного збільшення кількості опадів. Водяні пари атмосферного фонду здійснюють кругообіг приблизно 25 разів на рік (раз на два тижні).

**Кругообіг вуглецю.** В історичний період до індустріальної ери переміщення вуглецю між атмосферою, материками та океанами були збалансовані. Наступний час характеризується неухильним збільшенням утримання вуглекислого газу в атмосфері Землі. У біологічному кругообізі вуглецю приймають участь органічні сполуки та вуглекислий газ (рис. 1.1.4.2). Весь вуглець у процесі фотосинтезу зв'язується у вуглеводи. В процесі дихання весь вуглець, який утримувався у вуглеводах, перетворюється на  $\text{CO}_2$ . Рослини щорічно зв'язують 100 млрд. т вуглецю, 30 млрд. т повертається до атмосфери в результаті процесів дихання рослин, 70 млрд. т приймають участь у процесах дихання та створення біопродукції тварин, бактерій та грибів. Весь кругообіг вуглецю здійснюється на протязі приблизно 300-400 років.



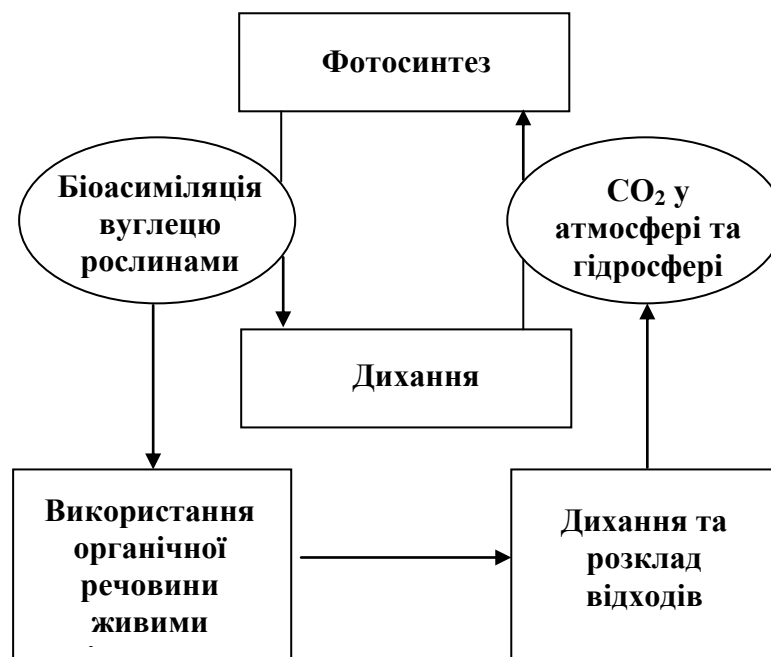


Рисунок 1.1.4.2 – Схема кругообігу вуглецю

**Кругообіг нітрогену.** Нітроген дуже важлива біогенна речовиною, тому що приймає участь у будові всіх білків та нуклеїнових кислот. Однак більшість істот не може використовувати нітроген безпосередньо з повітря, таку можливість мають лише деякі нітрогенфіксуючі бактерії, котрі існують у симбіозі з бобовими рослинами. Першим етапом фіксації атмосферного нітрогену є утворення аміаку (амоніфікація) (рис. 1.1.4.3). Аміак використовується рослинами для синтезу амінокислот, з яких складаються білки.

Другий етап фіксації нітрогену мікроорганізмами – нітрифікація: аміак перетворюється на солі азототної кислоти – нітрати. Нітрати через кореневу систему рослин транспортується у листя, де здійснюється синтез білків. Розкладення білків – денітрифікація – виконується деякими видами бактерій. Розклад починається з утворення нітратів, потім аміаку і закінчується – молекулярним нітрогеном. Кругообіг нітрогену здійснюється приблизно на протязі 100 років.

**Кругообіг фосфору.** Фосфор також дуже важлива біогенна речовина. Він входить до складу нуклеїнових кислот, ліпідів мембран клітин, систем акумуляції й переносу енергії, кісткової тканини. Джерелом фосфору є не атмосфера, а гірські породи, які утворилися у давні геологічні епохи.

Всі вище перераховані процеси кругообігу речовини та енергії на Землі взаємозв'язані і утворюють загальний, **глобальний кругообіг речовини і енергії**, що перерозподіляє енергію, яка надходить від Сонця.

Наслідки діяльності людини: зменшення площі лісів, забруднення морів і океанів нафтопродуктами, пестицидами, поверхнево активними речовинами, солями важких металів – все це різко погіршує процеси фізичного та біохімічного випаровування, що призводить до зміни клімату планети.

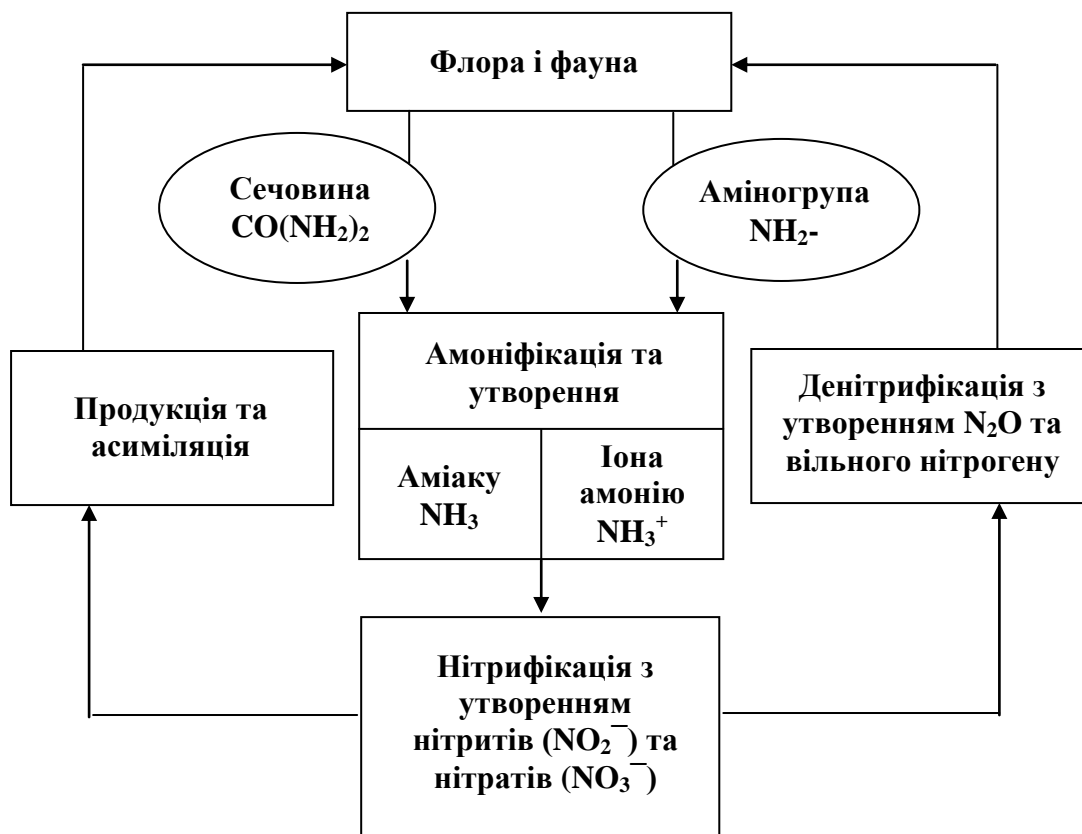


Рисунок 1.1.4.3 – Схема кругообігу нітрогену

### 1.1.5 Основи стійкості біосфери

Природні екологічні системи мають певну стабільність у часі та просторі (ліс, степ, водосховища існують сотні років).

**Стан рухомо-стабільної рівноваги екосистеми носить назву гомеостазу** (від «гомео» – той же, «стазис» – стан).

Гомеостатичність – найважливіша умова існування будь-якої екологічної системи.

На рисунку 1.1.5.1 наведено важливіші чинники, які є основою стійкості біосфери:

- **Піраміда енергій.** Потoki енергії, що надходять в біосферу і виходять з неї, збалансовані. Еволюційно склався енергетичний баланс в біосфері.

- **Кругообіг речовин.** Біогеохімічні цикли елементів відпрацьовані еволюційно і не призводять до накопичування шкідливих речовин. В природі немає відходів, які не можуть бути утилізовані.

- **Видова різноманітність.** Різноманітність видів величезна і складає приблизно 1,5-5 млрд. Види зв'язані між собою різноманітними відношеннями. Конкурентні і хижацькі відношення між видами сприяють встановленню між ними рівноваги.

- **Пристосованість видів.** Біосистеми примушені пристосовуватися до навколишніх умов, що постійно змінюються. Кожний вид адаптований до строго певної специфічної для нього сукупності умов існування – екологічної ніши.

- **Стабільність чисельності популяцій.** В природі є механізми, що забезпечують стабільність чисельності популяцій. Чисельність популяцій обмежена виснаженням харчових ресурсів і умов розмноження. З іншого боку, мінімальна чисельність строго специфічна для кожної популяції. Вихід за межі мінімуму веде популяцію до загибелі: вона вже не буде спроможна самовідновитися.

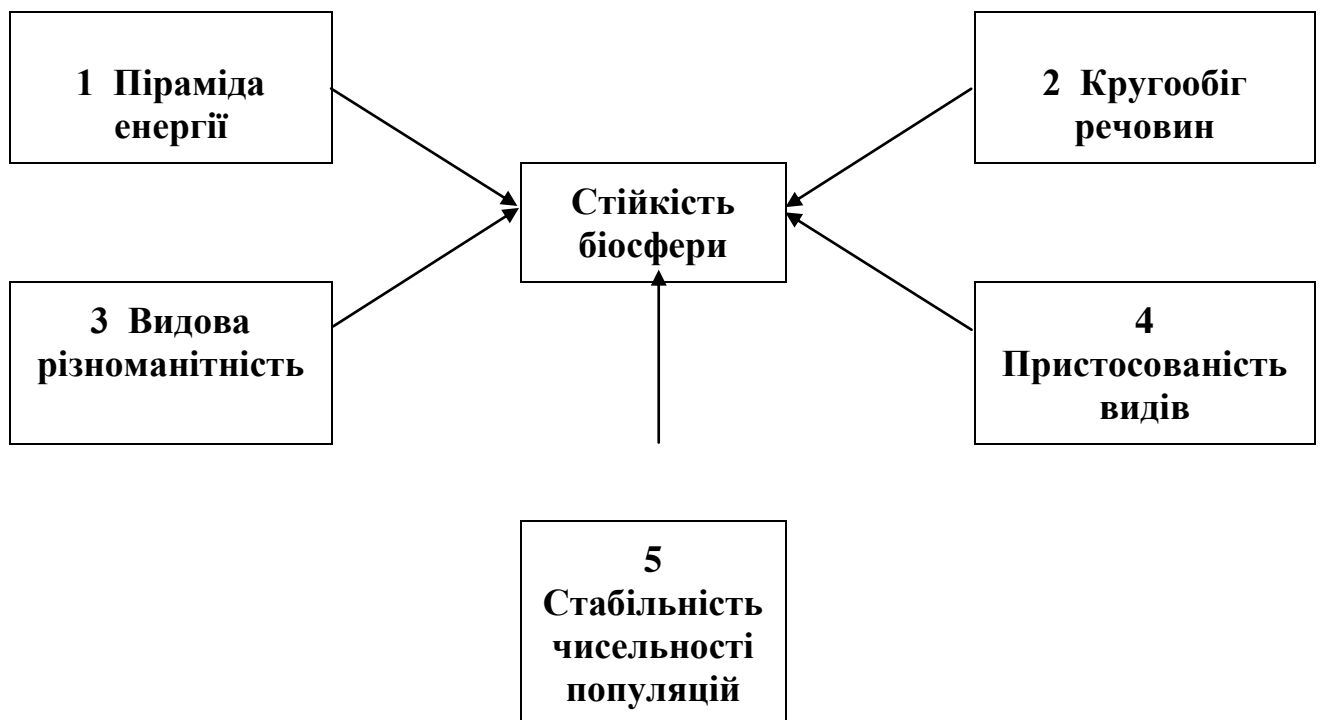


Рисунок 1.1.5.1 – Схема основних чинників, що обумовлюють стійкість біосфери

## **Антропогенний вплив на стійкість біосфери**

В результаті еволюційного розвитку тваринного світу, біля 3 млн. років тому, на нашій планеті з'явилася людина. Протягом багатьох тисячоліть вона займала в біосфері нішу, подібну до тієї, яку займали будь-які тварини. Однак розвиток мозку та інтелекту дозволили оволодіти вогнем, створити знаряддя праці і почати займатися багатогранною господарською діяльністю.

Нарешті, Людина стала спроможною порушувати континентальні екосистеми, змінювати ландшафти.

В останні 30-50 років глобальне забруднення природного середовища вийшло далеко за межі допустимого.

Редуценти вже не встигають очищати біосферу від продуктів антропогенної діяльності із-за величезної кількості відходів або не здатні зробити це в силу неприродного характеру речовин, які є синтетичними.

**Своєю діяльністю людина порушує всі основні принципи природного влаштування біосфери:**

➤ порушує енергетичний баланс на планеті. Це має місце коли вивільнюється за короткий час величезна кількість енергії при спалюванні вугілля, нафти, газу; енергії, котра накопичувалася на планеті тисячоріччями. Водночас змінюються біологічні характеристики ґрунтів, внаслідок чого відбувається деградація рослинного покриву планети, забруднюються води, атмосфера.

➤ порушує біохімічні цикли. Людина використовує природні ресурси неефективно, при цьому утворюється 98-99% відходів, що не піддаються утилізації, багато з них токсичні. Відбувається порушення природного співвідношення хімічних елементів і речовин в біосфері.

➤ змінює видову різноманітність. Зникнення будь-якого з видів веде до зниження стійкості окремих екосистем і біосфери в цілому. Тільки птахів і тварин за історичний час зникло на Землі більше 300 видів.

➤ впливає на пристосованість видів до умов навколишнього середовища. Людина в короткий час змінює параметри екологічних чинників, внаслідок чого багато видів не встигають пристосуватися до таких швидких змін і вимирають.

➤ порушує стабільність чисельності популяцій. Практично безконтрольно росте кількість супутніх людині видів (пацюків, тарганів), а чисельність інших популяцій зменшується. Це веде до порушення популяційної стабільності.

### 1.1.6 Основні закони екології

У популярному формулюванні закони екології виклав в 1926 році Б. Коммонер.

**1 Все зв'язане зі всім.** Всі процеси і явища природи мають загальний зв'язок. Чим більш складніша екосистема, тим вище її стійкість до впливу зовнішніх чинників. Всі природні екосистеми є взаємо урівноваженими. Людина порушує взаємозв'язки, які склалися на протязі століть.

**2 Все повинно кудись діватися.** Слідство закону збереження матерії. В природі нічого не пропадає даром. Продукти життєдіяльності одних організмів є «сировиною» для інших. Використання біогенних елементів земної кори також здійснюється за типом кругообігів. Причому головним двигуном цих процесів є самі живі організми.

Якщо в природі практично немає відходів, то в господарській діяльності людини вони складають 98-99% відходів. Технологічні відходи через їх величезні обсяги і «чужорідність» не «вписуються» в кругообіг речовин природних екосистем і забруднюють їх.

**3 Природа знає краще.** Природні системи пройшли незрівняно більш довгу еволюцію, ніж період розвитку цивілізації і вдосконалилися до рівня найтоншого механізму.

Джозеф Сілк у своїй книзі «Великий вибух» приводить наукові дані про народження та еволюцію Всесвіту:

20 млрд. років тому	Великий вибух.
4,8 млрд. років тому	Утворення міжзоряної хмари, яка дала початок Сонячній системі.
4,6 млрд. років тому	Утворення планет, затвердіння пород. Утворення земної кори.
3,9 млрд. років тому	Археозойська ера. Утворення найбільш старих земних пород.
3 млрд. років тому	Зародження мікроорганізмів
5,5 – 2 млн. років тому	Поява предків людини (Австралопітеків).
2,6 млн. років тому	Поява <i>Homo habilis</i> (людини вмілої).
30-40 тис. років тому	Поява <i>Homo sapiens</i> (людини розумної).

В порівнянні з історією розвитку Всесвіту людська цивілізація існує дуже короткий час, тому будь-яке антропогенне втручання у природні системи без урахування їх законів шкідливе для них.

**4 Нічого не дається даром.** Будь-яка екосистема представляє єдине ціле, де нічого не може бути втрачене.

**Все, що було взято у природи людською працею, повинно бути відновлено!**

### 1.1.7 Природні ресурси, їх класифікація

Взаємодія людини з біосферою починається з використання людиною природних ресурсів планети. Все, що людському суспільству необхідно для життя, виробництва, для його господарської і культурної діяльності, воно бере у природи у вигляді природних ресурсів.

**Природними ресурсами** вважається все, що людське суспільство використовує сьогодні в своїй життєдіяльності і те, що може бути використане в майбутньому.

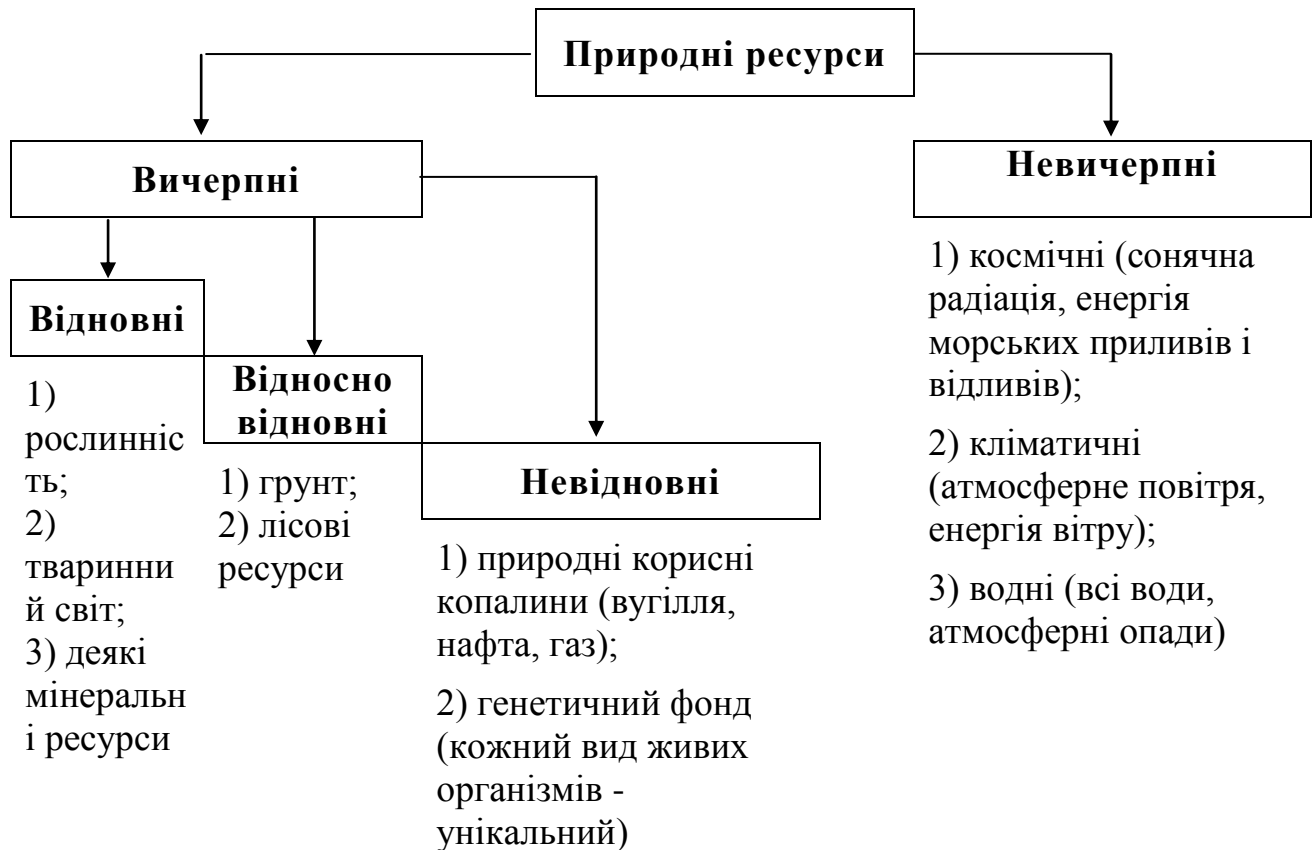


Рисунок 1.1.7.1 – Класифікації природних ресурсів

**Природокористування** – безпосередній і непрямий вплив людини на навколишнє середовище в результаті всієї його діяльності.

Існує декілька класифікацій природних ресурсів:

I За належністю до геосфер природні ресурси поділяють на:

- ресурси літосфери;
- ресурси гідросфери;
- ресурси атмосфери;
- ресурси сонячного випромінювання.

II За спроможністю до самовідновлення природні ресурси розподіляють відповідно схемі (рис. 1.1.7.1):

III За характером використання у життєдіяльності людини ресурси поділяють на:

- харчові;
- енергетичні;
- сировинні;
- екологічні (середовище мешкання певної якості).

Аналізуючи наведені класифікації природних ресурсів необхідно пам'ятати – будь-яка класифікація достатньо умовна.

## 1.2 Контрольні питання

- 1 Чим обумовлена сучасна екологічна криза?
- 2 Які найбільш серйозні наслідки має екологічна криза для людства, наведіть приклади?
- 3 Що вивчає загальна екологія? Мета загальної екології.
- 4 Назвіть особливості сучасного етапу розвитку екологічних знань.
- 5 Які найважливіші задачі екологія становить перед сучасним інженером?
- 6 Які задачі вирішує геоєкологія, соціоекологія, техноєкологія?
- 7 Поясніть наступні поняття: біосфера, середовище мешкання організмів, екологічна ніша, екосистема.
- 8 Наведіть декілька прикладів екосистем різних рівнів.
- 9 Назвіть основні компоненти екосистеми.
- 10 Що таке трофічний ланцюг? Роль трофічних ланцюгів у біосфері.
- 11 Визначте основні компоненти трофічного ланцюга, наведіть приклади трофічних ланцюгів у природі.
- 12 Що таке екологічні фактори? Перелічте основні типи екологічних факторів.
- 13 Поясніть, які фактори природи є абіотичними, наведіть основні різновиди абіотичних факторів.
- 14 Як Ви розумієте поняття «біотичні фактори», наведіть приклади дії біотичних факторів в екосистемах.
- 15 В чому особливості геологічного та біотичного кругообігів на Землі? З чого складається глобальний кругообіг речовини та енергії на планеті?
- 16 Як Ви розумієте поняття «гомеостаз біосфери»?
- 17 Чим обумовлена стійкість біосфери?
- 18 Яким чином людина своєю діяльністю впливає на стійкість біосфери, наведіть приклади наслідків негативного впливу антропогенної діяльності на природне середовище.

- 19 Сформулюйте та поясніть, як Ви розумієте, основні закони екології.
- 20 Дайте визначення поняттю «природокористування».
- 21 Що розуміється під поняттям «природні ресурси»? Наведіть відомі Вам класифікації природних ресурсів.
- 22 Проаналізуйте, які природні ресурси відносять до вичерпних, а які до невичерпних, наведіть відповідні приклади.

### 1.3 Задачі для самостійного розв'язання

- 1 У процесі фотосинтезу одна рослина поглинає 280 г  $\text{CO}_2$  на добу. Скільки глюкози  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  та кисню  $\text{O}_2$  теоретично утвориться рослиною за цей час?
- 2 Для дихання людина потребує  $1.5 \text{ м}^3$  повітря на годину. Скільки гектарів листяного лісу потрібно для забезпечення людини киснем на протязі доби? Відомо, що рослини з одного гектару лісу в процесі фотосинтезу поглинають за годину 258,5 г  $\text{CO}_2$ .
- 3 Скласти ланцюг живлення для людини й визначити скільки гектарів пасовищ буде потрібно, щоб забезпечити одну людину їжею? Маса людини 60 кг, з них 60% складає  $\text{H}_2\text{O}$ . Відомо, що біомаса сухої трави з одного квадратного метра пасовища складає 250 г.
- 4 Скласти ланцюг живлення для рудої лисиці й визначити, скільки гектарів листяного лісу потрібно, для того щоб лисиця набула ваги 5 кг, з яких 60% припадає на воду? Суха маса трави з одного квадратного метра лісу 300 г.
- 5 Яка поверхня океану в га, де розповсюджений планктон, може прогодувати білого ведмедя масою 550 кг, з яких 60% складає  $\text{H}_2\text{O}$ ? Біомаса планктону з  $1 \text{ м}^2$  700 г, ланцюг живлення білого ведмедя утримує три проміжних ланки.
- 6 Маса коропа, який поступає на продаж, в середньому складає 3 кг, з яких 60% припадає на воду. Скільки кілограмів коропа можна отримати зі ставки для штучного розведення риби, площа якого дорівнює 15 га, а маса сухого коропа з  $1 \text{ м}^2$  дорівнює 200 г.
- 7 Яка площа океану (в га) може прогодувати одну особину останньої ланки ланцюга живлення: планктон – риба – тюлень – білий ведмідь (450 кг). Біомаса планктону з  $1 \text{ м}^2$  дорівнює 650 г.



## 2 ГІДРОСФЕРА. ПРОБЛЕМИ, ПОВ'ЯЗАНІ З ЇЇ ЗАБРУДНЕННЯМ

### Реферат

Характеристика гідросфери, значення води у природі. Водні ресурси. Поняття: водокористування та водоспоживання. Класифікація водних ресурсів. Якість води, показники якості води. Промислова водопідготовка. Стічні води: побутові, виробничі, атмосферні. Хімічне, фізичне й біологічне забруднення гідросфери. Основні засоби очистки промислових стічних вод: механічні, фізико-хімічні, хімічні, біологічні, термічні. Шляхи зниження забруднення гідросфери.

### 2.1 Теоретичні відомості

#### 2.1.1 Характеристика гідросфери, її значення

**Гідросфера** – водна сфера нашої планети. Вона тісно зв'язана з атмосферою і літосферою. Вода вкриває більш 70,8% поверхні Землі. Це одна з найрозповсюджених речовин в біосфері. На планеті міститься біля 1,5 млрд. км<sup>3</sup> води в різних формах.

Важко переоцінити значення води у природі:

- вода є кліматичним чинником;
- вода є середовище утворюючим чинником, оскільки багатьом організмам вода потрібна в якості середовища мешкання, вода міститься в атмосфері, в ґрунті;
- тіла живих організмів, в основному, складаються з води (в рослинах її від 40 до 98%, в стовбурах дерев води міститься 50 – 55%, в їх листях – 79 – 82%, в листях трав – 83 – 86%, в плодах томатів і огірків – 94 – 95%, у водоростях 96 – 98%. Рослини можуть загинути при втраті біля 50% води. Коли людина втрачає 10% води, що міститься в організмі, порушується обмін речовин, а при втраті біля 20 – 30% відсотків води настає смерть).
- вода сприяє утворенню рельєфу, ландшафтів, ґрунтів, тому що вода - це універсальний розчинник;
- без води неможливий фотосинтез органічної речовини зеленими рослинами.

Запаси води на Землі та активність водообміну наведені в таблиці 2.1.1.1.

Прісні води складають на Землі приблизно 2,6% загальної кількості води в біосфері.

Таблиця 2.1.1.1 - Запаси води на планеті

Елементи гідросфери	Обсяг, тис. км <sup>3</sup>	Частка в загальному обміні	Активність водообміну, рік
Океани	1456310	94,21	3000
Підземні води	60000	4,12	5000
Льодовики	24000	1,65	8300
Ґрунтова волога	75	0,005	1
Озера	230	0,016	10
Річкові води	1,2	0,0001	0,0032
Пари атмосфери	14	0,001	0,0027

### 2.1.2 Водні ресурси, використання водних ресурсів, класифікація

**Водні ресурси** – запас прісних вод на планеті. Для людини найбільше практичне значення мають річкові води; води озер використовуються менше, а льодовики практично не використовуються.

Вода знаходиться в постійному русі. Річкові води найбільш рухомі. Запаси води в ріках оновлюються один раз в 16 днів, тобто приблизно 25 разів у рік, і загальний річний обсяг прісних вод досягає 47 тис. км<sup>3</sup>.

Одноразовий запас води у руслах рік розподілений по континентам нерівномірно : Австралія і Океанія – 25 км<sup>3</sup>; Європа – 80 км<sup>3</sup>; Африка – 195 км<sup>3</sup>; Північна Америка – 250 км<sup>3</sup>; Азія - 565 км<sup>3</sup>; Південна Америка – 1000 км<sup>3</sup>. З країн найбільше забезпечена прісною водою Бразилія.

По території України річкова вода також розподілена нерівномірно. на Донецько-Придніпровський і Південний економічні райони перепадає лише 30% води, а проживає тут 60% населення, 70% прісної води потребує південно-західний економічний район (45% території). Дефіцит прісної води відчувається у промислових районах Донбасу і Придніпров'я, в Кримській та інших південних областях.

Головні ріки України: Дніпро, Дністер, Південний Буг, Тиса, Прут, є ще малі річки (63000). Стан цих рік викликає тривогу, більше, ніж 20000, їх вже зникло. Проблема збереження і оздоровлення водних басейнів дуже важлива для нашої країни.

Прісні води використовуються у різноманітних цілях:

- для потреб сільського господарства витрачається 70-80% прісної води. Зрошуване землеробство займає лише 15-17% площі сільськогосподарських угідь, але дає половину всієї продукції;
- для потреб промисловості використовується біля 20% від загального об'єму прісної води. Основні споживачі води в промисловості – атомна енергетика, сталеливарна, хімічна, нафтохімічна, целюлозно-паперова і харчова галузі;
- прісна вода витрачається для потреб комунальних служб;
- вода використовується для потреб транспорту;
- води природних та штучних водоймищ використовує рибне господарство.

Кількість води, що споживається в господарстві, залежить від регіону та рівня життя і складає від 3 до 700 літрів на добу для однієї людини.

Необхідно розрізнити поняття водокористування і водоспоживання.

**Водокористування** – це використання води без вилучення її з місць природної локалізації. Водокористування в основному здійснюють рибне господарство, водний транспорт, гідроенергетика.

**Водоспоживання** – це використання води зв'язане з вилученням її з місць природної локалізації з частковим або повним безповоротним витраченням або поверненням до джерел водозабору в зміненому (забрудненому) стані. Головні водоспоживачі – сільське господарство, промисловість і культурно - побутове господарство.

За походженням водні ресурси розподіляються на атмосферні, поверхневі й підземні води.

**Атмосферні води** – води дощових і снігових опадів, характеризуються найменшим вмістом домішок. В дощовій воді містяться, головним чином, розчинені гази:  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ , окисли азоту і сірки, органічні речовини, що забруднюють атмосферу в промислових районах. Атмосферна вода не містить розчинних солей.

**Поверхневі води** – це води річкові, озерні, води ставів, водосховищ. Ці води відрізняються різноманітністю складу домішок. Вони містять гази:  $O_2$ ,  $CO_2$  та інші солі: бікарбонати, сульфати, хлориди кальцію, магнію, натрію, калію, заліза. Найбільшим вмістом різноманітних солей відрізняється вода деяких озер, де вміст солі може досягати 25-30 г/мл.

**Підземні води** – води артезіанських свердловин, криниць, ключів, гейзерів. Вони характеризуються різноманітним складом розчинних солей, який залежить від складу і структури ґрунтів і гірських порід. В підземних водах звичайно будуть відсутніми домішки органічного походження.

### 2.1.3 Якість природних вод

Якість води визначається її фізичними і хімічними характеристиками такими як: прозорість, кольоровість, запах, смак, загальне солевміщення, жорсткість, окисність, реакція води.

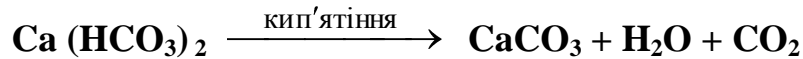
- **Прозорість** (каламутність) зумовлена присутністю у воді грубодисперсних домішок, одиниця виміру - мг/ л.
- **Кольоровість** визначається в порівнянні з платино-кобальтовою шкалою та висловлюється в градусах. Один градус кольоровості відповідає вмісту у воді 0,1 мг/ мл кобальту.
- **Запах** зумовлюється розчинами солей, газів, органічних сполучень, що утворюються в процесі життєдіяльності водних організмів. Запах оцінюють по 5-ти бальній системі (табл. 2.1.3.1). Засіб визначення органолептичний.

Таблиця 2.1.3.1 - Система балів для оцінки інтенсивності запаху

Бали	Інтенсивність запаху
0	Жодного
1	Дуже слабкий
2	Слабкий
3	Помітний
4	Чіткий
5	Дуже сильний

- **Смак**, як і запах, залежить від присутності у воді домішок різноманітних речовин. Смак буває гіркий, солоний, кислий, солодкий; інші відчуття визначаються як присмаки.
- **Загальне солевміщення** характеризує наявність у воді мінеральних та органічних домішок.
- Для більшості споживачів води основним якісним показником є **твердість води**, зумовлена присутністю у воді солей магнію і кальцію. Твердість визначається в мг-екв/л іонів  $\text{Ca}^{+2}$  і  $\text{Mg}^{+2}$  у воді, тобто за одиницю жорсткості приймають вміст 20,04 мг/л іонів  $\text{Ca}^{+2}$  або 12,16 мг/л іонів  $\text{Mg}^{+2}$  (табл. 2.1.3.2). Розрізняють три типа жорсткості води: *тимчасову, постійну і загальну*.

**Тимчасова** (карбонатна або усувна) жорсткість зумовлена присутністю у воді бікарбонатів кальцію і магнію, які при кип'ятінні води переходять у нерозчинні середні або основні солі, що випадають у вигляді щільного осаду (накипу):



**Постійна** (некарбонатна, неусувна) жорсткість зумовлена вмістом у воді хлоридів і сульфатів кальцію і магнію. Ці солі залишаються при кип'ятінні в розчиненому стані.

Суму тимчасової і постійної жорсткості називають **загальною жорсткістю**.

Таблиця 2.1.3.2 - **Класифікація природних вод за твердістю**

Кількість іонів $\text{Ca}^{+2}$ і $\text{Mg}^{+2}$ , мг-екв/л	Клас твердості води
0,0 - 1,5	Дуже м'яка
1,5 - 3,0	М'яка
3,0 - 6,0	Помірно тверда
6,0 - 10,0	Тверда
>10,0	Дуже тверда

- **Окисність води** характеризується наявністю у воді органічних домішок і висловлюється в мг кисню, що витрачається на окислення органічних речовин, які містяться в 1 літрі води.
- **Активна реакція води** – ступінь її кислотності або лужності, характеризується концентрацією іонів гідрогену. Для оцінки використовують водневий показник (рН):

$$\text{pH} = -\lg C_{\text{H}^+}$$

Реакція природних вод близька до нейтральної, значення рН коливається у межах від 6,8 до 7,3.

Споживачі в залежності від цільового призначення води подають строго певні вимоги до її якості.

Основна **нормативна** вимога до якості води у водних об'єктах – відповідність води встановленим гранично допустимим концентраціям речовин.

**Гранично допустима концентрація (ГДК)** – це така концентрація речовини, що виключає несприятливий вплив її на організм людини та виключає порушення нормальних умов водокористування. Іншими словами - це така концентрація, при перевищенні якої вода стає непридатною для одного або декількох видів водокористування.

Державний стандарт якості питної води містить 633 нормативи, що визначають можливу присутність тих або інших речовин, наявність яких у воді не призводить до негативного впливу на організм людини. При цьому враховується, що води бувають забруднені водночас декількома забруднювачами. Тому, гігієнічне нормування проводиться з урахуванням комбінованої дії шкідливих речовин, для кожної з яких розроблені і обґрунтовані ГДК.

#### **2.1.4 Промислова водопідготовка**

В промисловості вода використовується в якості: хімічного реагенту, розчинника, тепло- або хладоносія. Допустимі кількості домішок у воді регламентуються відповідними ДОСТАми.

Шкідливість домішок обумовлена їх хімічним складом, дисперсністю, а також залежить від технології виробництва.

Під якістю води в техніці розуміють сукупність фізичних, хімічних, біологічних і бактеріологічних показників, що зумовлюють її придатність до використання промисловому виробництві.

Якість води, що вживається у виробництві, в кожному випадку встановлюють в залежності від: 1) призначення води, 2) вимог технологічного процесу, 3) з урахуванням сировини, яка використовується, 4) обладнання, що застосовується, 5) готового продукту виробництва. Вода повинна бути нешкідливою для здоров'я людини (при можливому контакті з нею обслуговуючого персоналу) і не володіти органолептичними властивостями. Наприклад, вода, яка використовується для охолодження, не повинна створювати механічних, карбонатних та інших осадів; сприяти розвитку корозії і біологічних обростань. Для цього необхідна очистка води.

**Основні операції промислової водопідготовки** включають: очистку води від механічних домішок відстоюванням і фільтруванням, пом'якшення та обезсолення води, нейтралізацію, дегазацію і знезараження води.

Відстоювання води проводять у постійно діючих бетонованих резервуарах.

Для досягнення повного освітлення і знебарвлення води, яку декантують з відстійників, її піддають коагуляції. Суттєвість цього процесу полягає в тому, що коагулянт адсорбується на поверхні колоїдної частки та нейтралізує її заряд. Це призводить до злипання окремих часток (коагуляції) і утворення осаду. Кількість коагулянту визначається ступенем забруднення води. Осад, що утворюється при коагуляції, відокремлюється відстоюванням і фільтруванням.

Фільтрування - найбільш універсальний засіб розподілу неоднорідних систем. При цьому найбільше значення має розвинена поверхня матеріалу, який виконує роль фільтра.

Пом'якшення та обезсолення води полягає у вилученні солей кальцію, магнію та інших металів.

В промисловості застосовують різноманітні засоби пом'якшення води. Суттєвість цих засобів полягає в зв'язуванні іонів  $\text{Ca}^{+2}$  і  $\text{Mg}^{+2}$  спеціальними реагентами в сполучення нерозчинні і такі, що легко вилучити.

Відповідно реагентам, які застосовують для пом'якшення води, розрізняють засоби:

- вапняний (реагент - гашене вапно),
- содовий (реагент - кальцинована сода),
- натронний (реагент -  $\text{NaOH}$ ),
- фосфатний (реагент  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ).

Найбільш раціональним є застосування комбінованого засобу пом'якшення води, який забезпечує: усунення тимчасової, постійної жорсткості, зв'язування  $\text{CO}_2$ , вилучення іонів  $\text{Fe}^{2+}$ , коагуляцію органічних та інших домішок. Таким засобом є вапняно-содовий в поєднанні з фосфатним:

- $\text{Ca}(\text{OH})_2$  – усуває тимчасову жорсткість, вилучає іони заліза, зв'язує  $\text{CO}_2$ ;
- $\text{Na}_2\text{CO}_3$  – усуває постійну жорсткість;
- $\text{Na}_3\text{PO}_4$  – забезпечує більш повне осадження катіонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ .

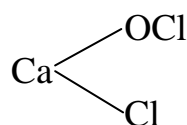
Іонообмінний засіб пом'якшення води полягає у вилученні з води іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  за допомогою іонітів, які здатні обмінювати свої іони на іони, що є у воді. Цей засіб може забезпечити повне вилучення солі з води.

Повного обезсолення можна досягти також шляхом перегонки води - дистиляції - на перегінних настановах.

Нейтралізація застосовується, головним чином, для очистки кислих оборотних вод (обробка води  $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ).

Вилучення з води розчинених корозійно спроможних газів ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) – дегазація води. Здійснюють її головним чином аерацією. Аерація являє собою процес інтенсивного контактування води з повітрям. Це досягається розбризуванням води або продуванням її стислим повітрям (барботуванням). У випадку необхідності вилучення розчиненого в воді  $\text{O}_2$  (виробництво пара високого тиску) або заліза (шовкофарбувальне виробництво) воду обробляють реагентами:  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , залізною тирсою – для вилучення  $\text{O}_2$ ;  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  – для вилучення іонів заліза (II) і  $\text{CO}_2$ .

Воду, що використовують для побутових потреб, обов'язково знезаражують, в результаті процесу знищення хвороботворних бактерій і окислення органічних домішок. Головним чином хлорування здійснюють за допомогою газоподібного хлору, а також хлорного вапна ( $\text{CaOCl}_2$ ), гіпохлориту кальцію [ $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ].



### 2.1.5 Стічні води

В результаті водоспоживання водні ресурси вертаються в джерела водозабору найчастіше в зміненому (забрудненому) стані.

**Стічні води** – це води, що було використано на побутові, виробничі або інші потреби, і забруднені різноманітними домішками, що змінили їх первісний хімічний склад і фізичні властивості, а також води, що сходять з території населених пунктів і промислових підприємств в результаті випадіння атмосферних опадів або поливання вулиць.

В залежності від походження стічні води поділяються на 3 основні категорії:

- **Побутові стічні води** (від туалетних кімнат, душових, кухонь, пралень, столових, лікарень, вони надходять також від побутових приміщень промислових підприємств).
- **Виробничі стічні води** – води, що були використані в технологічних процесах, і не відповідають більше вимогам, що подаються до їх якості. До цієї категорії відносять води, які відкачують на поверхню землі при здобичі корисних копалин.
- **Стічні води після атмосферних опадів** – дощові й розталі води, які стікають з територій підприємств, вулиць та інші.

Більш докладно треба зупинитися на характеристиці виробничих стічних вод.

Виробничі стічні води являють собою рідкі відходи, що виникають при здобичі і переробці органічної і неорганічної сировини.

В технологічних процесах джерелами стічних вод є:

- води, що утворюються в результаті хімічних реакцій (забруднені вихідними речовинами і продуктами реакцій);
- води, які присутні в сировині у вигляді вільної або зв'язаної вологи і, що виділяються в процесах переробки;
- промивні води (після промивання сировини, продуктів виробництва і обладнання);
- водні розчини, що містять вихідні речовини;
- водні екстракти і абсорбенти;
- води охолодження;
- інші стічні води (води вакуум-насосів, конденсаторів, гідрозоловидалення, води після миття тари та інші).

Стічні води за фазово-дисперсним станом поділяють на 4 групи: суспензії ( $10^{-5}$  см), колоїдні ( $10^{-5} - 10^{-6}$  см), молекулярні розчини ( $10^{-6} - 10^{-7}$  см), іонні розчини ( $<10^{-7}$  см).

Забруднені виробничі стічні води поділяються на групи:



- забруднені здебільшого мінеральними домішками. До підприємств, що забруднюють воду таким чином відносяться металургійні, машинобудівні заводи, рудо- і вуглездобувача промисловість, заводи по виробництву кислот, мінеральних добрив, будівельних виробів і матеріалів та інші;
- забруднені здебільшого органічними домішками. Це стічні води підприємств м'ясної, рибної, молочної, харчової, целюлозно-паперової, мікробіологічної, хімічної промисловості, заводи по переробці каучуку, пластмас та інші;
- забруднені мінеральними і органічними домішками – води від підприємства нафтодобувної, нафтопереробної, текстильної, легкої, фармацевтичної промисловості, заводи по виробництву цукру, консервів, продуктів органічного синтезу та інші;
- термічно забруднені стічні води – води, які було використано на підприємствах для охолодження.

Важливим показником забруднення стічних вод є показник **біохімічного споживання кисню (БСК)**. Цей показник визначає кількість кисню в мг, що витрачається на біохімічний розклад органічних речовин в аеробних умовах в одному літрі води за певний відрізок часу. В Україні БСК оцінюють за п'ять діб (БСК<sub>5</sub>) і двадцять діб – повне БСК (БСК<sub>20</sub>, БСК<sub>повне</sub>)

### 2.1.6 Забруднення гідросфери

Забруднення гідросфери - це внесення до водного середовища нових нехарактерних для нього речовин, які погіршують якість води.

Водосховища забруднюються головним чином в результаті спуску в них стічних вод від промислових підприємств та населених пунктів.

В результаті скидання стічних вод змінюються фізичні властивості води (температура, прозорість, забарвлення, присмак, запах); змінюється хімічний склад води (збільшується вміст органічних і неорганічних речовин, з'являються токсичні речовини, зменшується вміст кисню, змінюється активна реакція середовища та інші); на дні водосховища утворюються осади; на поверхні водосховища з'являються плаваючі речовини; змінюється якісний і кількісний бактеріальний склад; з'являються хвороботворні мікроби.

Забруднення вод, класифікують по-різному, в залежності від підходів, критеріїв і задач. Звичайно виділяють *хімічне, фізичне і біологічне* забруднення гідросфери.

**Хімічне забруднення** зумовлено підвищенням у воді концентрації неорганічних і органічних домішок.

Органічні домішки надходять в гідросферу разом з промисловими, сільськогосподарськими і побутовими стоками. Найбільш розповсюдженими органічними забруднювачами є нафтопродукти, пестициди (отрутохімікати), поверхнево-активні речовини (миючі засоби), феноли. Багато з них у водному

середовищі або взагалі не розкладаються, або розкладаються дуже повільно і здатні накопичуватися в харчових ланцюгах.

**Нафта.** Нафтове забруднення Світового океану найбільш розповсюджене явище. Від 2 до 4% водної поверхні Тихого і Атлантичного океанів постійно вкрите нафтовою плівкою. До морських вод щорічно надходить приблизно 6 млн. т вуглеводнів нафти. Майже половина цієї кількості зв'язана із транспортуванням нафти і розробкою родовищ нафти на шельфі. Континентальне нафтове забруднення надходить в океан через річний стік.

Ріки світу щорічно виносять в морські і океанські води понад 1,8 млн. т нафтопродуктів.

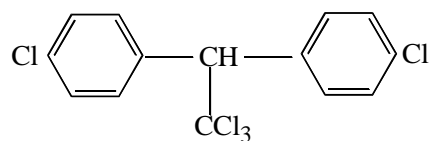
В морях забруднення нафтою буває різних видів. Нафта може тонкою плівкою вкривати поверхню води, а при розливах товщина нафтового покриття спочатку може складати декілька сантиметрів. Через деякий час утворюється емульсія нафти у воді або води в нафті. Пізніше виникають шматочки важкої фракції нафти - нафтові агрегати, що здатні довго плавати на поверхні моря. До плаваючих часток мазуту прикріплюються різноманітні дрібні тварини, якими годуються риби і вусаті кити. Разом з ними вони поглинають і нафту. Деякі риби від цього гинуть, інші наскрізь просякають нафтою і стають непридатними для вживання в їжу через неприємний запах і смак.

#### **Всі компоненти нафти – токсичні для морських організмів.**

Наслідки дії нафти на морські екосистеми:

- Нафта впливає на структуру морських угруповань: при нафтовому забрудненні змінюється співвідношення видів і зменшується їх різноманітність. Так, в більшій кількості розвиваються мікроорганізми, які годуються нафтовими вуглеводнями, а біомаса цих мікроорганізмів отруйна для багатьох морських мешканців.
- Доведено, що не менш небезпечним є тривалий хронічний вплив навіть невеликих концентрацій нафти. При цьому поступово падає первинна біологічна продуктивність моря.
- Вуглеводні нафти здатні розчиняти в собі ряд інших токсичних речовин, таких як пестициди, солі важких металів, що разом з нафтою концентруються у верхніх шарах води і ще більше отруюють її.
- Ароматична фракція нафти містить речовини мутагенної і канцерогенної природи, наприклад, бенз[α]пірен. Бенз[α]пірен активно циркулює в морських харчових ланцюгах і, нарешті, потрапляє до їжі людей.
- Найбільша кількість нафти зосереджена в тонкому верхньому шарі морської води, який грає особливо важливу роль у різноманітних життєвих процесах океану (в цьому шарі зосереджено безліч організмів). Поверхневі нафтові плівки порушують газообмін між атмосферою і океаном (зазнають змін процеси розчинення і виділення кисню, змінюється режим обміну вуглекислого газу), порушують теплообмін води, змінюють відбивну спроможність морської води.

**Пестициди.** Хлоровані вуглеводні широко застосовуються як засоби боротьби з шкідниками сільського та лісного господарства. До цього класу речовин відноситься відомий пестицид ДДТ (дихлордифенілтрихлорметан).



Поліхлорбіфеніли та інші тривкі сполучення цього класу зараз виявляються всюди в Світовому океані, включаючи Арктику і Антарктику. Вони легко розчиняються в жирах і тому накопичуються в органах риб, хижаків, морського птаства. Будучи ксенобіотиками, тобто речовинами повністю штучного походження, вони не мають серед мікроорганізмів своїх «споживачів» і тому майже не розкладаються в природних умовах, а тільки накопичуються в Світовому океані. Ці сполучення гостро токсичні, впливають на кровотворну систему, подавляють ферментативну активність, сильно впливають на спадкоємність.

**Неорганічні домішки.** До неорганічних речовин, що забруднюють води морів і океанів, відносяться сполучення важких металів. Важкі метали, багато з яких володіють токсичними властивостями, надходять в океан разом з річковим стоком. Загальна величина річкового стоку складає 46 тис. км<sup>3</sup> води в рік. Разом з ним в Світовий океан надходить до 2 млн. т свинцю, до 20 тис. т кадмію і до 10 тис. т ртуті. Найбільш високі рівні забруднення мають прибережні води і внутрішні моря. Чималу роль в забрудненні Світового океану грає і атмосфера. Так, наприклад, до 30% всієї ртуті і 50% свинцю, що надходять в океан щорічно, переноситься через атмосферу.

За своїми токсичними властивостями в морському середовищі особливу небезпеку являє ртуть. Під впливом мікробіологічних процесів токсична неорганічна ртуть перетворюється в значно більш токсичні органічні форми ртуті. Накопичені завдяки біоаккумуляції в організмах риб або молосків сполучення метильованої ртуті становлять пряму загрозу життю і здоров'ю людей. Сумно відома хвороба «мінамато», що отримала назву від японської затоки, де відбулося отруєння місцевих жителів ртуттю. Вона забрала немало життів і підірвала здоров'я багатьом людям, що вживали в їжу морські продукти цієї затоки, на дні якої накопичилася велика кількість ртуті від відходів промислового комбінату.

Ртуть, кадмій, свинець, мідь, цинк, хром, миш'як та інші важкі метали не тільки накопичуються в організмах морських тварин, вони дуже згубно впливають на мешканців моря та отруюють їх.

Масштаби забруднення продуктів морів і океанів такі великі, що в багатьох країнах встановлено санітарні норми на вміст в них тих або інших шкідливих речовин. Цікаво відзначити, що при концентрації ртуті у воді тільки в 10 разів більшої порівнянно з її природним вмістом, забруднення устриць вже

перевищує норму встановлену в деяких країнах. Це демонструє наскільки близько та межа забруднення морів, яку неможливо переступити без шкідливих наслідків для життя і здоров'я людей.

**Фізичне забруднення** пов'язане із зміною фізичних параметрів водного середовища, з наявністю певних механічних і теплових домішок.

До механічних домішок відносять донні осади. Збільшення донних осадів відноситься до одного з гідрологічних наслідків урбанізації. Кількість донних осадів в ріках і водосховищах постійно зростає через ерозію ґрунтів, яка в свою чергу зумовлена помилками при проведенні меліоративних сільськогосподарських робіт, знищенням лісів, а також через зарегульованість річкового стоку. Це явище призводить до порушення екологічної рівноваги у водних системах, згубно діє на донні організми.

Джерелом теплового забруднення є підігріті води, що потрапляють у навколишнє середовище від теплоелектростанцій і підприємств промисловості. Підвищення температури природних вод має цілий ряд негативних наслідків: змінюються природні умови мешкання водних організмів, знижується кількість розчиненого у воді кисню, змінюється швидкість обміну речовин водних організмів. Багато мешканців рік, озер або водосховищ внаслідок цього гинуть, розвиток інших пригнічується.

**Біологічне забруднення** полягає у зміні властивостей води в результаті підвищення в ній кількості мікроорганізмів, рослин і тварин.

Розклад органічних речовин, що надходять у водосховища з різноманітними стоками, відбувається під впливом мікроорганізмів і супроводжується споживанням розчиненого в воді кисню. Якщо кисню у воді достатньо і органічних відходів небагато, то аеробні бактерії досить швидко перетворюють їх в порівняно нешкідливі залишки. В протилежному випадку діяльність аеробних бактерій пригнічується, вміст кисню різко падає, починаються процеси гниття. За вмістом кисню у воді нижче 5 мг/ л, а в районах нересту – нижче 7 мг/ л багато видів риб гине.

Хвороботворні мікроорганізми і віруси містяться в погано оброблених або зовсім не оброблених каналізаційних стоках населених пунктів і тваринницьких ферм. Через попадання цих стоків у питну воду патогенними мікробами і вірусами викликаються різноманітні епідемії, такі як спалахи сальмонеліоза, гастроентеріта, гепатіта та інші. В розвинених країнах сьогодні розповсюдження епідемій через суспільне водопостачання відбувається рідко. Можуть бути заражені харчові продукти, наприклад, овочі, через удобрення ланів шламами (від нім. Schlamme – бруд) після очистки побутових стічних вод.

Водні безхребетні (устриці або інші молюски) із заражених водосховищ часто були причиною спалахів черевного тифу.

Біогенні живильні елементи - головним чином сполучення азоту і фосфору - надходять у водосховища із побутовими і сільськогосподарськими стічними водами. Збільшення вмісту нітритів і нітратів в наземних і підземних водах веде до забруднення питної води і до розвитку деяких захворювань. Зростання кількості цих речовин у водосховищі здатне привести до його

евтрофікації. Евтрофікація водосховища, яка є наслідком збільшення кількості біогенних органічних речовин, - це сукупність процесів, що починаються з бурхливого розвитку планктону і водоростей, які поглинають весь кисень у воді, що призводить, врешті, до розвитку гнильних процесів і загибелі водосховища.

В умовах, коли кількість стоків була значно менша ніж сучасна, а забруднювачі були, головним чином, органічного походження і легко піддавалися розкладу, відновлення природних вод відбувалося природним шляхом в результаті спроможності водоймищ до самоочищення в процесі природного водообміну. Самоочищення природних вод можна визначити як сукупність взаємозв'язаних гідродинамічних, фізико-хімічних, мікробіологічних і гідробіологічних процесів, що ведуть до відновлення первісного стану водного об'єкту. Іншими словами - це ліквідація забруднення водного середовища в ході життєдіяльності природних організмів.

Спорудження водосховищ істотно знизило спроможність рік до самоочищення, бо зменшилася швидкість водообміну. Після завершення будівництва каскаду водосховищ на Дніпрі швидкість водообміну скоротилася в декілька разів, зменшилася і спроможність дніпровської води до самоочищення, незважаючи на майже повне припинення скидання великої кількості неочищених стічних вод. Сьогодні повне самоочищення води неможливе, тому підтримання необхідної якості води в джерелах потребує прийняття спеціальних мір з обмеження попадання у водосховища шкідливих речовин, а також використання засобів за їх знешкодженням.

### 2.1.7 Очистка промислових стічних вод

Характер і склад стічних вод, що скидаються промисловими підприємствами, надто різноманітні, розрізняються тому і способи очистки їх від забруднень.

Вибір способу очистки залежить від конкретних особливостей виробництва та якості природних вод, які використовуються. Таким чином, вибір способу очистки обумовлюється:

- технологічними особливостями виробництва;
- фізичним станом забруднень у воді;
- концентрацією забруднюючих речовин;
- станом, в якому знаходяться розчинені речовини: молекулярним або іонним.

Застосовуються п'ять способів очистки стічних вод: **механічний, фізико-хімічний, хімічний, біохімічний, термічний.**

**Механічну очистку** застосовують для виділення з стічних вод нерозчинних, грубодисперсних домішок. Використовують такі засоби як проціджування, фільтрування, відстоювання. Ефективність засобу 50-70%. Для затримки великих забруднень воду проціджують через решітки. Частки, які мають густину більшу, ніж густина води, видаляють відстоюванням у

відстійниках. Речовини більш легкі, ніж вода, - нафтопродукти, смоли, жир - видаляють за допомогою споруд, що називаються пастками (смолопастками, жиропастками). Частки мінерального походження, головним чином пісок, видаляють осадженням в приладах, що називаються пісковловлювачами.

Нарешті, для звільнення стічних вод від дуже дрібних часток застосовують фільтри, найчастіше з шару зернистого матеріалу, наприклад, піщані фільтри.

Очистку механічними способами звичайно застосовують на початковій стадії в загальній системі очистки стічних вод.

Способи **фізико-хімічної** очистки надто різноманітні, вони вимагають застосування спеціальних реагентів. Ефективність фізико-хімічних способів 90-95%.

Фізико-хімічні способи засновані на зміні фізичного стану забруднень для полегшення їх вилучення із стоків. До цих засобів відноситься коагуляція, флокуляція (для полегшення осадження забруднюючих часток), флотація, при якій домішкам додають більшої плавучості і вони спливають на поверхню води, після чого видаляються за допомогою різноманітних пасток. В останній час широко застосовується іонний обмін, тобто витяг з водних розчинів різноманітних катіонів та аніонів за допомогою твердих речовин - іонітів, з їх наступною регенерацією. Позитивними сторонами фізико-хімічних способів є їх достатня ефективність, неможливість інколи вирішити проблему іншими методами. Ці способи широко застосовують в промисловості, особливо для очищення багатокомпонентних стічних вод з малою концентрацією забруднювачів. Недоліком є те, що ці способи вимагають використання достатньо дорогих реактивів.

Способи **хімічної очистки** застосовують в тих випадках, коли видалення забруднювачів можливе тільки в результаті хімічної реакції між забруднювачем і реагентом з утворенням нових речовин, які можна легко усунути із стічних вод. При хімічній очистці використовують реакції конденсації, окислення, нейтралізації, в результаті яких одержують нетоксичні чи менш токсичні речовини; розчинні у воді сполучення перетворюють у нерозчинні, які легко видалити; кислі і лужні стоки – нейтралізують. Недоліком цих способів є те, що вони вимагають великої кількості реагентів, крім того, нові, нехай нетоксичні, сполучення забруднюють водосховище, і тому потрібна додаткова очистка води іншими методами. Однак в деяких випадках застосування хімічної очистки стоків неминуче.

**Біологічна очистка** стічних вод заснована на спроможності деяких мікроорганізмів руйнувати органічні і деякі неорганічні сполуки (сульфіди, солі амонію), перетворюючи їх в нешкідливі продукти окислення - воду, вуглекислий газ, нітрат- і сульфат іони та інші. Ефективність способу - 85-95%.

Вважається, що всі органічні речовини можуть в тому або іншому ступені руйнуватися мікроорганізмами, за винятком штучно синтезованих сполук, для яких в природі немає мікроорганізмів, здатних їх споживати. Мікроорганізми можуть окислювати органічні речовини в невеликій концентрації, це є

важливою перевагою способу біохімічної очистки у порівнянні з іншими засобами очистки.

Очищені біохімічним способом виробничі стічні води відповідають санітарно-гігієнічним вимогам і рибогосподарським нормативам, тому їх можна вертати в водосховища, а також використовувати в оборотному водопостачанні. Доцільна біохімічна очистка виробничих стічних вод спільно з господарсько-побутовими водами, бо останні вносять азотисті речовини, необхідні для живлення і розмноження мікроорганізмів. Недоліком біохімічної очистки є мала швидкість окислювальних процесів, внаслідок чого потребуються очисні споруди великих обсягів.

Способи **термічної очистки** стічних вод полягають в повному знищенні забруднюючих речовин при високій температурі (згоранні) з отриманням нетоксичних продуктів згорання і твердого залишку. Можливі різноманітні варіанти застосування термічного способу, починаючи від повного знищення стоків з отриманням невеликої кількості твердого залишку і до значного зменшення (упарюванню) стоків, після чого концентровані розчини можна або заховувати у відвалах, або використовувати для отримання цінних продуктів. Але в будь-якому варіанті термічна очистка виключає забруднення стоками водосховищ. Недоліки способу: при термічній очистці потрібно випаровувати величезні кількості води, що зв'язано з великими витратами тепла і вимагає апаратів великого обсягу. Цей спосіб економічно недоцільний при великих обсягах стічних вод і при малих концентраціях забруднювачів. В деяких випадках вдається зменшити економічні витрати частковою регенерацією тепла при використанні водяної пари, або окупити витрати з очистки отриманням цінних продуктів.

Спосіб очистки і конструктивне оформлення процесу вибирають з урахуванням:

- санітарних і технічних вимог до якості очищених вод і подальшого їх використання;
- кількості стічних вод;
- наявності у підприємства необхідних для процесу знешкодження енергетичних і матеріальних ресурсів (палива, електроенергії, сорбентів, реагентів), а також необхідної площі на спорудження очисних споруд;
- ефективності процесу знешкодження.

Необхідний ступінь очистки вибирають так, щоб якість очищеної стічної води відповідала стандартним вимогам.

Окрім забруднених стічних вод на промислових підприємствах утворюються **умовно чисті води**, які після охолодження в градирнях спрямовуються в оборотні системи.

### 2.1.8 Шляхи зниження забруднення гідросфери

Навіть при самій досконалій очистці, включаючи біологічну, до 10% розчинених неорганічних і органічних забруднюючих речовин залишаються в очищених стічних водах. Така вода може стати придатною для споживання тільки після багаторазового розведення чистою природною водою.

І тут важливо співвідношення абсолютної кількості стічних вод й водного стоку рік. Світовий водогосподарський баланс показав, що на всі види водоспоживання витрачається 2200 км<sup>3</sup> прісної води на рік. На розведення стоків йде майже 20% ресурсів прісних вод світу. На 1 км<sup>3</sup> очищеної стічної води витрачається 10 км<sup>3</sup> річної води, а для неочищеної – в 3-5 разів більше.

Кількість прісної води не зменшується, та її якість різко падає. Це потребує змінити стратегію водокористування. Необхідність примушує ізолювати антропогенний водний цикл від природного. На практиці це означає перехід на замкнуте водопостачання, на маловодні або маловідходні технології, і, нарешті, на «сухі» або безвідхідні технології, що супроводжуються різким зменшенням кількості стічних вод та зменшенням обсягів споживання води.

Часто витрати на очистку стічних вод з метою їх повторного використання в системах промислового водопостачання значно менші, ніж витрати на очистку їх відповідно з ГДК речовин для скидання вод у водосховище.

Існує декілька перспективних шляхів зниження кількості забруднених стічних вод:

- розробка і впровадження безводних технологічних процесів;
- вдосконалення існуючих процесів;
- розробка і впровадження більш досконалого обладнання;
- впровадження апаратів повітряного охолодження;
- повторне використання очищених стічних вод в оборотних системах води для охолодження.

Серед перелічених найбільш раціональний засіб зменшення кількості стічних вод – це створення оборотних і замкнених систем водопостачання, які виключають скидання води у водосховища.

Застосування оборотного водопостачання дозволяє в 20-50 разів зменшити споживання природної води. Наприклад, для вироблення 1 тони каучуку при прямоточному водопостачанні в старих виробництвах вимагається 2100 м<sup>3</sup> свіжої води, а при оборотному водопостачанні - лише 165 м<sup>3</sup>.

## 2.2 Контрольні питання

- 1 Наведіть класифікацію вод, що входять до гідросфери Землі.
- 2 Чим обумовлено значення води на Землі?
- 3 Що розуміється під поняттям «водні ресурси»?



- 4 Назвіть основні типи водоймищ з прісною водою. Охарактеризуйте основні відзнаки якісного складу вод різного походження.
- 5 Які основні показники характеризують якість природних вод?
- 6 Наведіть основні типи жорсткості води. Які основні засоби усунення жорсткості води використовуються зараз у промисловості?
- 7 Охарактеризуйте основні етапи промислової водопідготовки.
- 8 Дайте визначення поняттю «стічні води», наведіть класифікацію стічних вод.
- 9 Перерахуйте основні джерела стічних вод у технологічних процесах.
- 10 Наведіть класифікацію забруднювачів гідросфери.
- 11 Чим обумовлене хімічне забруднення гідросфери?
- 12 Які наслідки має забруднення вод нафтою, пестицидами, солями важких металів для природних екосистем, для здоров'я людини?
- 13 Що розуміється під поняттям «фізичне забруднення» гідросфери? Назвіть найбільш розповсюджені джерела фізичного забруднення водоймищ. Охарактеризуйте основні наслідки фізичного забруднення природних вод.
- 14 Біологічне забруднення гідросфери, наслідки.
- 15 Охарактеризуйте основні засоби очистки промислових стічних вод.
- 16 Які методи очистки стічних вод, на Вашу думку, найбільш раціональні зараз, - в майбутньому?
- 17 Які шляхи зниження забруднення гідросфери Ви можете запропонувати?

### 2.3 Задачі для самостійного розв'язання

1 У водойму ємністю  $450000 \text{ м}^3$  з дощовими водами об'ємом  $2700 \text{ м}^3$  занесено  $550 \text{ кг}$  нітрату амонію ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), який використовується на ланах в сільському господарстві як добриво. Визначити відповідність водойми санітарно-токсикологічним нормам. ГДК ( $\text{NH}_4^+$ ) =  $0,39 \text{ мг/л}$ ; ГДК ( $\text{NO}_3^-$ ) =  $9,0 \text{ мг/л}$ .

2 Яким мінімальним об'ємом чистої води необхідно розвести суміш двох партій стічних вод до відповідності води санітарно-токсикологічним нормам. Об'єм першої партії складає  $25 \text{ м}^3$ , забруднювачем є сульфат амонію з концентрацією  $6,5 \text{ мг/л}$ ; об'єм другої партії стічних вод –  $15 \text{ м}^3$  з концентрацією сульфату амонію  $10,5 \text{ мг/л}$ . ПДК ( $\text{NH}_4^+$ ) =  $0,39 \text{ мг/л}$ .

3 Тверда вода непридатна для використання як у промисловості, так і у побуті. Чим більше твердість води, яка використовується для пиття, тим більше вірогідність на захворювання жовчнокам'яною хворобою. Чим зумовлена твердість води? Як у домашніх умовах зменшити твердість води? Наведіть рівняння відповідних реакцій.

4 У водоймах, які використовуються для рибного господарства концентрація іонів  $\text{Pb}^{2+}$  у воді не повинна перевищувати  $0,1 \text{ мг/л}$ . При

пропусканні сірководню через 100 л води, яка була взята для аналізу, отримано  $24 \cdot 10^{-2}$  мг осаду. Визначити відповідність води, яка була взята для аналізу, санітарним нормам.

### 3 АТМОСФЕРА. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ

#### Реферат

Газові компоненти атмосфери, її склад. Структура атмосфери. Особливості хімічного складу та температурного режиму тропосфери, стратосфери, мезосфери, термосфери, екзосфери. Значення атмосфери. Основні джерела і види забруднень атмосфери. Вплив забруднення атмосфери на здоров'я людини. Наслідки дії забруднювачів атмосфери на природне середовище. Захист повітряного басейну. Характеристика засобів очистки промислових викидів в атмосферу. Проблеми, що пов'язані із забрудненням атмосферного повітря в Україні.

#### 3.1 Теоретичні відомості

##### 3.1.1 Газові компоненти атмосфери, її склад, структура і значення

**Атмосфера** - повітряна оболонка Землі, механічна суміш різноманітних газів, водяної пари та твердих (аерозольних) часток. Атмосферу розподіляють на тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу і екзосферу. Ці сфери розрізняються між собою газовим складом, температурою, вологістю, тиском, інтенсивністю проникаючого сонячного випромінювання. Між ними немає чітких меж, вони знаходяться на різних висотах в залежності від широти місцевості (так тропосфера на екваторі має висоту приблизно 18 км, а на полюсах - 8 км).

До висоти 90-100 км гази атмосфери не поділяються – це **гомосфера**. Вище 100 км відбувається дифузійний розподіл газів – це **гетеросфера** (рис. 3.1.1.1).

В гомосфері (особливо в тропосфері) відбуваються геофізичні процеси, що зумовлюють температуру, тиск, вологість, інсоляцію та інші властивості атмосфери, з якими безпосередньо зв'язане життя на Землі і господарська діяльність людини. Вище 90-100 км від поверхні Землі в гетеросфері під впливом реакцій, які там відбуваються, хімічний склад і фізичні параметри атмосфери різко змінюються.

Основні компоненти атмосфери – азот, кисень, вуглекислий газ – грають дуже важливу роль в біосфері. Азот – обов'язковий елемент білків, кисень – активний окислювач, вуглекислий газ – найважливіша основа для фотосинтезу. В малій кількості в атмосфері містяться також озон  $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ . Середньохімічний склад атмосфери наведено в таблиці (3.1.1.1). Склад

атмосфери знаходиться у стані динамічної рівноваги, яка підтримується такими кліматичними факторами, як переміщення повітряних мас і атмосферні опади, життєдіяльність тваринного та рослинного світів, особливо лісів та планктону світового океану, а також в результаті космічних процесів, геохімічних явищ, господарчої діяльності людини. Загальна вага атмосфери складає  $5,14 \cdot 10^{15}$  т. Близько 50% маси атмосфери припадає на нижній шар завтовшки коло 5 км. Маса шару товщиною 30 км складає 99% всієї маси атмосфери.

1 Висота, км

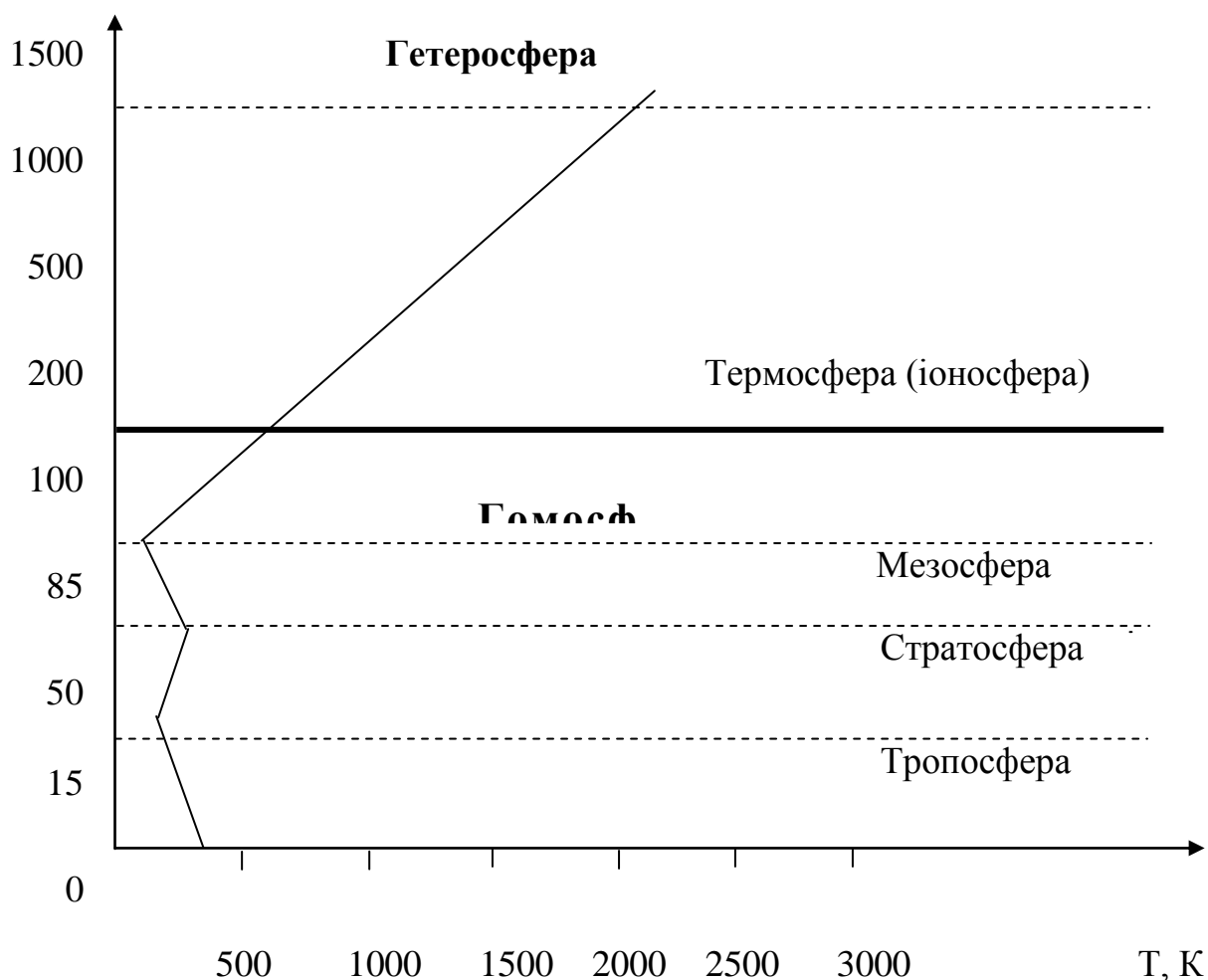


Рисунок 3.1.1.1 - **Графік розподілення температури атмосферного повітря за висотою**

**Тропосфера.** На полюсах тропосфера розповсюджується на висоту до 8 км, на екваторі - до 18 км. Тропосфера подібна шубі. Шуба сама не гріє, але заважає тілу охолонути. Таким чином, тропосфера зберігає земну поверхню від надмірного охолодження в нічний час та взимку. Майже все тепло, що випромінюється Землею, затримується тропосферою. Температура в тропосфері

з висотою знижується на 0,6°C на кожних 100 м і досягає -75...-80°C (перший температурний мінімум). Метеорологи називають тропосферу «кухнею погоди».

**Стратосфера.** Розповсюджується на висоту до 55 км. На відзнаку від тропосфери, стратосфера бідніша вологою, тут не утворюються хмари, температура з висотою поволі росте (на 1-2°C через кожний кілометр) і на верхній межі досягає – 2...0°C (перший температурний максимум). В стратосфері на висоті 30 - 33 км є, так званий, **озоновий шар**, який (якщо озон сконцентрувати) в залежності від широти і часу року має товщину 1,23 - 1,52 см. Озоновий шар поглинає приблизно 97% ультрафіолетового сонячного випромінювання, небезпечного для живих організмів.

Таблиця 3.1.1.1 - **Середній хімічний склад атмосфери Землі (без води) на висоті до 90 км**

Газ	Масовий %	Об'ємний %
Азот	75,53	78,09
Кисень	23,14	20,95
Аргон	1,28	0,93
Вуглекислий газ	$4,56 \cdot 10^{-2}$	$3,20 \cdot 10^{-2}$
Неон	$1,23 \cdot 10^{-3}$	$1,80 \cdot 10^{-3}$
Гелій	$7,24 \cdot 10^{-3}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$
Метан	$7,75 \cdot 10^{-5}$	$1,40 \cdot 10^{-4}$
Криптон	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$1,14 \cdot 10^{-4}$
Оксид азоту (I)	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$5,00 \cdot 10^{-6}$
Водень	$3,48 \cdot 10^{-6}$	$5,00 \cdot 10^{-6}$
Ксенон	$3,9 \cdot 10^{-5}$	$8,60 \cdot 10^{-6}$

**Мезосфера.** Стратосфера поступово переходить в мезосферу. Мезосфера розповсюджується на висоту до 80 км. У цьому шарі атмосфери температура знову знижується до -90° С (другий температурний мінімум).

**Термосфера (іоносфера).** Розміщена на висоті від 80 до 800 км. В складі термосфери панують зруйновані космічним випромінюванням атоми – іони (головним чином іони кисню і азоту). В термосфері на висоті 320-400 км виникають полярні сяйва.

**Екзосфера.** Зовнішня частина атмосфери називається екзосферою (вакуум-сферою). Вона розповсюджується від 800 до 2000 км і складається в основному з атомарних газів гелію і водню. Температура у цьому шарі досягає 1500-3000 К.

Функції атмосфери:

- **Терморегулююча.** Завдяки присутності вуглекислого газу і пари води атмосфера затримує теплове випромінювання Землі, що виключає різкі добові зміни температури (на Місяці, наприклад, вночі температура падає до - 162°C).

- **Захисна.** Атмосфера затримує короткохвильове рентгенівське і  $\gamma$ -випромінювання, жорстке ультрафіолетове випромінювання (завдяки озоновому екрану). Це має дуже велике значення для живих організмів планети. Верхня межа життя якраз і зумовлюється променевою енергією, що потрапляє на планету. Атмосферою поглинається 52% всієї енергії сонячного випромінювання. Крім того атмосфера захищає поверхню Землі від метеоритних часток, що згорають в щільних шарах повітря. Найменші метеоритні частки мають масу приблизно 0,001 г, швидкість руху однієї частки – до 72 км/с. Щодня в атмосферу потрапляє в атмосферу до двох мільярдів часток.

- **Енергетична** функція атмосфери полягає в розподілі сонячного випромінювання і повітряної вологи на поверхні Землі.

- **Геохімічна і геофізична** функції атмосфери полягають в утворенні навколишнього наземного середовища, твердих, рідких і газоподібних неорганічних і органічних речовин.

- **Газовий склад** атмосфери грає дуже важливу роль в розвитку життя на планеті, в процесах фотосинтезу, дихання.

### 3.1.2 Джерела і види забруднення атмосфери

Атмосфера завжди містить домішки, що надходять від природних і антропогенних джерел.

До **домішок природного походження** відносять: пил (рослинний, вулканічний, космічний), тумани, дими і гази від лісових і степових пожеж, вулканічні гази.

Рівень забруднення атмосфери природними джерелами є фоновим і мало змінюється на протязі часу.

В місцях активної життєдіяльності людини виникають стійкі зони з підвищеними концентраціями забруднюючих речовин - це **антропогенні забруднення**.

Найбільшу кількість забруднювачів поставляють такі джерела:

- добування корисних копалин;
- розорювання і меліорація земель;
- виробництво будівельних матеріалів;
- металургія;

- гірнорудна промисловість;
- автотранспорт;
- теплоенергетика.

У відсотковому співвідношенні на першому місці за кількістю викидів знаходиться автотранспорт (40% викидів), на другому - теплоенергетика (30%) та промисловість (30%).

Найбільш розповсюдженими газами, що забруднюють атмосферу, є оксиди сірки, азоту, вуглецю, аміак, сполучення фтору, хлору, сірководню, вуглеводні.

Вплив забруднювачів на живі організми.

**Сірчистий ангідрид (SO<sub>2</sub>).** У великій кількості викидається підприємствами чорної металургії, коксохімічними, цементними заводами, теплоелектростанціями. Це один із найтоксичніших компонентів промислового забруднення навколишнього середовища. Його вплив проявляється в пошкодженні органів дихання тварин і людей, зміні складу крові, підвищенні сприйнятливості до інфекційних захворювань, порушенні обміну речовин. Він легко поглинається рослинами, порушує їх життєдіяльність, згубно впливає на зелені насадження.

**Оксиди азоту (NO, NO<sub>2</sub>)** викидаються в атмосферу хімічними підприємствами, теплоелектростанціями, двигунами внутрішнього згорання. Ці речовини подразнюють органи дихання людей, у великих концентраціях можуть викликати набрякання легень. Легко поглинаються рослинами, погіршуючи їх кормові якості.

**Оксид вуглецю (CO)** виділяється в атмосферу при неповному згоранні речовин, що містять вуглець (вугілля, природний газ, рідке паливо). Його викидають в атмосферу підприємства чорної металургії, промислові енергоустановки, автотранспорт. Токсична дія чадного газу заснована на його взаємодії з гемоглобіном крові з утворенням карбоксигемоглобіну, який неспроможний транспортувати кисень з легень до тканин організму.

**Бенз[α]пірен** є хімічною канцерогенною речовиною групи ароматичних поліциклічних вуглеводнів, що утворюються при згоранні і сухій перегонці палива; викидається підприємствами чорної металургії.

**Сірководень (H<sub>2</sub>S).** Його викидають в атмосферу коксохімічні, нафтопереробні підприємства. Сірководень є високотоксичною нервовою отрутою, впливає на органи дихання і травлення, серцево-судинну систему.

**Сполучення фтору** надходять в атмосферу від підприємств по виробництву алюмінію, скла, кераміки, сталі.

**Сполучення хлору** надходять від хімічних підприємств, що виробляють хлороводневу кислоту, органічні барвники, хлоровміщуючі пестициди, мають гостротоксичні властивості.

**Пил** (тверді частки, що надходять в атмосферу) в великій кількості викидаються в атмосферу підприємствами чорної металургії. Пил утворюється як відходи основних технологічних процесів виробництва (доменні, сталеливарні, прокатні цехи), так і від промислових джерел тепла і пари (ТЕЦ,

котельні). В склад цього пилу зустрічаються оксиди заліза, двооксид кремнію, оксиди марганцю, оксид ванадію, нікель. Кварцовий пил здатний проникати в лімфатичні вузли, з цим забруднювачем пов'язане професійне захворювання – силікоз легень. Накопичування марганцю в організмі призводить до виникнення тяжких захворювань нервової системи, функціональних розладів в корі головного мозку.

### 3.1.3 Наслідки забруднення атмосфери

Домішки, що забруднюють атмосферу, викликають частіше незворотні зміни: зменшують прозорість, поглинають сонячну енергію, порушують геофізичні процеси переміщення повітряних мас, викликають численні негативні явища в погоді, змінюють мікроклімат міст, погіршують здоров'я людей.

Учені пов'язали виверження вулканів, які супроводжуються викидами великої кількості пилу, з настанням більш холодної погоди. Вони прийшли до висновку, що хмари пилу, які з'являються внаслідок вулканічних вивержень, відбивають сонячне світло, не пропускаючи його до земної поверхні, це призводить до її охолодження. Гіпотези про роль вулканічного пилу стали підставою для теорії «ядерної зими». Вибухи ядерної зброї можуть створити такі густі хмари пилу, що температура повітря знизиться на 30-40°C.

Внаслідок техногенної діяльності людини збільшується концентрація оксидів вуглецю в атмосфері. Щорічно в атмосферу потрапляє біля  $5 \cdot 10^{11}$  тон вуглекислого газу. Із збільшенням використання палива органічного походження ця кількість буде зростати. Зростання концентрації  $\text{CO}_2$  призводить до підвищення температури навколишнього середовища за рахунок «парникового ефекту». Суть цього явища в тому, що вуглекислий газ діє як скло в парнику – пропускає сонячні промені і затримує тепло поверхні Землі. Крім вуглекислого газу також діє оксид азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ), метан, фреони. Це може призвести до збільшення числа засушливих районів в середніх широтах (Україна, Кубань), і, як наслідок, до зменшення урожаїв зерна; підйому рівня Світового океану на 2-3 м внаслідок танення полярних «льодових шапок», це, в свою чергу, призведе до затоплення багатьох прибережних зон; збільшенню вмісту вуглекислоти в океані.

Відомо також, що в ході техногенезу відбувається значне порушення природного виробництва кисню. Водночас значно збільшується його споживання промисловістю, авіацією, автотранспортом. На деяких територіях його споживається більше, ніж виробляється в результаті фотосинтезу. Зараз щорічно в світі спалюється близько 8-9 млрд. т органічного палива, на що витрачається близько 15 млрд. т кисню атмосфери. Тільки один реактивний лайнер при перельоті з Америки в Європу за 8 годин витрачає 70-75 т кисню. Приблизно стільки ж кисню виробляють за цей же час 25-50 тис. га лісу.

Заслуговує особливої уваги **проблема озонного екрану**, що утворюється трьохатомним киснем на висоті 30-33 км. Як відомо, озон

міститься в атмосфері в зовсім незначних кількостях (1 частина на 4 млн. частин повітря), але грає унікальну роль в біосфері. Завдяки озону утворюється озоновий щит, що захищає все живе на Землі від згубної дії ультрафіолетових **сонячних** променів. Відомо, що оксиди азоту, а також хлор- і фторовміщуючі вуглеводні руйнують озоновий екран. За повідомленнями американських фахівців швидкість зменшення запасів озону у верхніх шарах атмосфери складає близько 3% на рік. Найбільше руйнування озонового шару відбулося над Антарктидою і в прилягаючих до неї районах, тут утворилася озонова діра розмірами з територію США. Це надзвичайно небезпечно, бо зниження вмісту озону на 1% збільшує число захворювань раком шкіри на 5-6%.

При деяких погодних умовах (наприклад, інверсії, коли холодне повітря розташоване над теплим) в промислових містах та індустріальних центрах можуть утворюватися особливо великі скупчення шкідливих газоподібних та аерозольних домішок в приземному шарі повітря – **фотохімічний смог** – гетерогенна суміш повітря, мряки і токсичних речовин. Смог може призвести до задушення зі смертельним кінцем.

**Кислотні дощі.** В результаті викидів в атмосферу величезної кількості оксидів сірки, азоту і вуглецю, які переносяться на великі відстані, взаємодіють з водою, утворюючи розчини сірчаної, азотної, сірчистої, азотистої і вугільної кислот, можливе випадання на сушу «кислотних дощів, або снігів». Це призводить до виснаження ґрунтів, зниження врожайності сільськогосподарських культур, вимивання з ґрунту калію, магнію, отруєння водосховищ, загибелі лісів, риби, птаства, тварин, захворювань органів дихання тварин і людей, руйнувань будинків і пам'ятників архітектури.

З фізичним і хімічним станом атмосфери зв'язане здоров'я людей, умови розвитку тварин і рослин. Назріла необхідність організації систематичних спостережень за характером прояву в біосфері різноманітних забруднень атмосфери, вимагається більш досконала оцінка можливих великих змін атмосфери і клімату Землі, щоб уникнути небажаних наслідків.

Таким чином, захист і охорона атмосфери від забруднення і зміни – найважливіша соціальна і науково-технічна проблема.

### 3.1.4 Захист повітряного басейну

Для оцінки стану атмосферного повітря встановлено нормативи гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин. Ці нормативи повинні відповідати інтересам охорони здоров'я людей і охорони навколишнього природного середовища.

**Гранично допустима концентрація (ГДК)** забруднюючих речовин атмосфери – це максимальна маса шкідливої речовини в одиниці об'єму повітря (мг/ м<sup>3</sup>), вплив якої (прямо або опосереднено) на організм людей, тварин і рослин не викликає жодних відхилень в нормальному їх функціонування протягом всього життя нинішнього і наступного покоління.



Для кожної забруднюючої речовини атмосферного повітря встановлено два нормативи: **максимальна разова** і **середньодобова ГДК**.

**Максимальна разова ГДК** встановлюється для попередження рефлекторних реакцій у людини через подразнення рецепторів органів почуттів (відчуття неприємних запахів, чихання, алергічні реакції, світлова чутливість очей та інше) при короткочасному впливі (до 20 хвилин) атмосферних забруднень.

**Середньодобова ГДК** встановлюється для попередження загальнотоксичного, канцерогенного, мутагенного та інших, прямого чи побічного шкідливого впливу на людину в умовах невизначено довгого цілодобового вдихання. ГДК деяких забруднюючих речовин у повітрі населених міст приведено в таблиці 3.1.4.1.

Найбільша концентрація  $C$ ,  $\text{мг/м}^3$ , кожної шкідливої речовини в колоземному шарі не повинна перевищувати максимальну разову ГДК, тобто

$$C \leq \text{ГДК}_{\text{max разова}} \quad (1)$$

Якщо час впливу шкідливої речовини більше 20 хвилин, то

$$C \leq \text{ГДК}_{\text{ср. доб}} \quad (2)$$

Концентрація шкідливих речовин у повітрі населених місць повинна задовольняти умові:

$$(C + C_{\phi})/\text{ГДК} \leq 1 \quad (3)$$

де  $C$  – концентрація шкідливої речовини у повітрі,  $\text{мг/м}^3$ ;

$C_{\phi}$  – фонові концентрації даної шкідливої речовини,  $\text{мг/м}^3$ ;

ГДК – гранично допустима концентрація цієї речовини у повітрі,  $\text{мг/м}^3$ .

Таблиця 3.1.4.1 - ГДК деяких забруднюючих речовин в атмосферному повітрі для населених місць

Речовина	ГДК, $\text{мг/м}^3$	
	Максимальна разова	Середньодобова
Свинець	-	0,0003
Ртуть	-	0,0003
Оксид азоту (IV)	0,085	0,0400
Сажа	0,150	0,0500
Цемент	0,300	0,1000
Чадний газ	5,000	3,0000
Бензин	5,000	1,5000
Бенз[ $\alpha$ ]пірен	-	$1,0 \cdot 10^{-6}$

Для місць розташування будинків відпочинку співвідношення (3) повинно не перебільшувати 0,8.

При спільній присутності в атмосферному повітрі декількох речовин, що мають односпрямований вплив на організм людини, їх загальна концентрація повинна задовольняти умові:

$$C_1 / \text{ГДК}_1 + C_2 / \text{ГДК}_2 + \dots + C_n / \text{ГДК}_n \leq 1, \quad (4)$$

де  $C_1, C_2 \dots C_n$  – фактичні концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі при відборі в одній і тій же точці місцевості, мг/м<sup>3</sup>;  $\text{ГДК}_1, \text{ГДК}_2, \dots \text{ГДК}_n$  – гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі, мг/м<sup>3</sup>.

Односпрямовану дію мають такі шкідливі речовини як: SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub>; CO та NO<sub>2</sub>; SO<sub>2</sub> та H<sub>2</sub>S; формальдегід і гексан; ацетон і фенол; спирти; розчини кислот; розчини лугів.

Поряд з ГДК важливу роль в забезпеченні чистоти повітряного басейну грає регулювання і нормування **гранично допустимих викидів (ГДВ)** забруднюючих речовин в атмосфері.

Викиди в атмосферу класифікуються за таким чином:

- **за агрегатним станом** на: газоподібні, рідкі і тверді (рідкі і тверді частки, що знаходяться у повітрі, утворюють аерозолі);
- **за хімічним складом**: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S, фтор, хлор, аміак, кислоти, луги, сажа, метали та їх сполуки;
- **за розмірами часток**: < 0.5\*10<sup>-6</sup> м; 0.5\*10<sup>-6</sup>...3\*10<sup>-6</sup> м; 3\*10<sup>-6</sup>...10\*10<sup>-6</sup> м; 10\*10<sup>-6</sup>...50\*10<sup>-6</sup> м; > 50\*10<sup>-6</sup> м;
- **за масою речовини, що вивкидається в одиницю часу**: < 1 кг/год; 1...10 кг/год; 10...100 кг/год; 100...1000 кг/год; 1000...10000кг/год; > 10000 кг/год.

Для кожного проектного і діючого підприємства встановлюється гранично допустимий викид (ГДВ) шкідливих речовин в атмосферу при умові, що викиди шкідливих речовин від даного джерела в сукупності з викидами інших джерел не створять колоземної концентрації шкідливих речовин, яка перевищує ГДК, тобто повинна виконуватися умова:

$$C + C_{\phi} \leq \text{ГДК}, \quad [5]$$

де  $C$  – концентрація речовини у колоземному шарі, яка створена розрахунковим джерелом викиду;  $C_{\phi}$  – фонова концентрація речовини.

ГДВ розраховують в тонах на рік.

Розрахунок викидів твердих часток, що надходять до атмосфери з димовими газами при спалюванні твердого палива або мазуту розраховують за допомогою формули (6).

$$P_{\text{ТВ}} = B A x (1 - s), \quad (6)$$

де  $P_{\text{ТВ}}$  – кількість викидів твердих часток, т/рік;  
 $B$  – кількість палива, т/рік;  
 $A$  – зольність палива, %;  
 $x$  – допоміжна величина, яка залежить від виду палива (для твердого палива – 0,0023, для мазуту – 0,01);  
 $s$  – частка твердих домішок, які вловлюються у золовловлювачах (електрофільтри – 0,997, батарейні циклони – 0,93, мокрі золовловлювачі – 0,975).

Розрахунок викидів оксидів сірки можливий за формулою (7):

$$P_{(\text{SO}_2)} = 0,02 B S (1 - y) (1 - z), \quad (7)$$

де  $S$  – утримання сірки у паливі, %;  
 $y$  – частка оксидів сірки, яка зв'язується золою палива у котлі (для вугілля – 0,1, для мазуту – 0,02, для природного газу – 0);  
 $z$  – частка оксидів сірки, яка вловлюється у золовловлювачах (електрофільтри, батарейні циклони – 0, мокрі золовловлювачі – 0,03).

Розрахунок кількості шкідливих речовин, які викидаються одиничним джерелом забруднення, формула (8):

$$P = 0,000001 C_{\text{max}} I t, \quad (8)$$

де  $P$  – кількість шкідливих речовин, які викидаються джерелом забруднення, т/рік;

$C_{\text{max}}$  – максимальна концентрація шкідливої речовини на виході з джерела забруднення, г/м<sup>3</sup>;

$I$  – об'ємна витрата газоповітряної суміші за одиницю часу на виході з джерела забруднення, м<sup>3</sup>/год;

$t$  – час роботи обладнання на протязі року, год/рік.

Засоби аналізу проб повітря:

– Гравіметричний засіб полягає у видаленні часток пилу з пилегазового потоку і визначенні їх маси. Концентрація пилу розраховується за допомогою формули:

$$C = m / Q t, \quad (9)$$

де  $m$  – маса проби пилу, мг;  $Q$  – об'ємна кількість повітря, яке проходить через пробовідбірник, м<sup>3</sup>/с;  $t$  – час відбору проби, с.

Недоліки засобу пов'язані з його великою трудомісткістю і тривалістю процесу виміру.

– Радіоізотопний засіб. За допомогою цього засобу масу пилу в пробі визначають за ступенем ослаблення радіоактивного випромінювання (звичайно,  $\gamma$  – випромінювання) при проходженні його через запилене повітря.

– Оптичний засіб заснований на використанні закономірностей зміни фізичних властивостей запиленого повітря, наприклад, враховують зміну оптичної щільності повітря за ступенем світлопоглинання або розсіювання світла.

– Контроль концентрації газо- і пароподібних домішок виконується за допомогою газоаналізаторів, що дозволяють здійснювати його миттєво і безупинно. Для експресного визначення присутності в повітрі токсичних речовин застосовують універсальні газоаналізатори, які засновані на лінійно-колористичному засобі аналізу. При проходженні повітря через індикаторні трубки, які заповнені твердою речовиною-адсорбентом, відбувається зміна забарвлення індикаторного порошку. Довжина пофарбованого шару пропорційна концентрації речовини, яка досліджується, вона вимірюється за шкалою в мг/л. Універсальний газовий аналізатор УГ – 2 дозволяє визначити концентрацію 16 різноманітних газів.

– Для реєстрації викидів промислових підприємств, а також для дослідження забруднення атмосфери застосовують лазерні засоби. Враховується розсіювання випромінювання лазера частками аерозолів і молекулами газів. Реєструючи і розшифровуючи сліди взаємодії лазерних імпульсів з атмосферними шарами, можна отримати інформацію про тиск, щільність повітря, температуру, концентрацію різноманітних газів, що складають атмосферу.

Значну роль в системі охорони атмосферного повітря грають планувальні заходи, що дозволяють при постійності валових викидів істотно знижувати вплив забруднення навколишнього середовища на людину. Особливу увагу слід приділяти вибору місць для будівництва промислових підприємств і житлових масивів. Місця для будівництва промислових підприємств і житлових масивів повинні вибиратися з урахуванням аерокліматичної характеристики і рельєфу місцевості. Промисловий об'єкт повинен бути розміщений на рівному піднесеному місці, яке добре провіюється повітрям. Місце для житлової забудови не повинно бути вище місця, де розташоване підприємство, інакше високі труби для розсіювання промислових викидів практично не мають переваги. Будівництво надто високих (150-200м) димових труб також не завжди є виправданим, бо вони «вивантажують» шкідливі речовини в більш високі шари атмосфери, звідки останні переносяться на великі відстані. В США таким чином була зменшена кількість «кислотних дощів» за рахунок «експорту» їх в Канаду. Промислові об'єкти, які є джерелами викиду шкідливих речовин в навколишнє середовище, повинні розташуватися за межею населених пунктів та з підвітряного боку від житлових масивів і відділяються від житлових

забудівель санітарно-захисними зонами (СЗЗ). Розміри цих зон залежать від потужності підприємства, умов проведення технологічного процесу, характеру і кількості шкідливих речовин, які викидаються. Крім того, при проектуванні СЗЗ враховують розу вітрів, характерну для місцевості, де розташовано підприємство:

$$\alpha = \alpha_0 P/P_0, \quad (10)$$

де  $\alpha$  - розмір СЗЗ, скоректований в залежності від рози вітрів, м;

$\alpha_0$  – розрахункова відстань від джерела забруднення до границі СЗЗ без урахування рози вітрів (тобто відстань від джерела забруднення до точки, де концентрація шкідливої речовини дорівнює ГДК), м;

$P$  – середньорічна повторюваність напрямків вітрів відповідного румбу рози вітрів, %;

$P_0$  – повторюваність напрямків вітрів одного румбу при круговій розі вітрів, % (при восьми румбовій розі вітрів  $P_0 = 100/8 = 12,5\%$ ).

Система спостереження, контролю, прогнозування і управління станом атмосферного повітря отримала назву **атмосферного моніторингу**.

### **3.1.5 Характеристика засобів очистки промислових викидів в атмосферу**

Підприємства, установи, організації, діяльність яких зв'язана з викидами речовин, що забруднюють атмосферу, повинні бути оснащені спорудами, обладнанням і апаратурою для очистки викидів в атмосферу; засобами контролю за кількістю і складом забруднюючих речовин, які викидаються в повітря.

#### **Апарати сухої інерційної очистки газів від домішок**

В цій групі апаратів відділення домішок від газового потоку здійснюється за допомогою механічних засобів при використанні гравітаційних, інерційних і центрифужних сил. Основна їх перевага – простота конструкції. Однак ефективність очистки – невелика, тому їх застосовують для грубої очистки газів.

Принцип роботи центрифужного апарата розглянемо на прикладі циклону (рис. 3.1.5.1).

Запилене повітря з великою швидкістю вводиться у верхню частину циклону тангенціально. Обертаючийся, потік опускається у конічну частину циклону, після чого, продовжуючи обертатися, виходить через вихлопну трубу. Під впливом гравітаційних сил тверді частки опускаються в бункер і звідти видаляються.

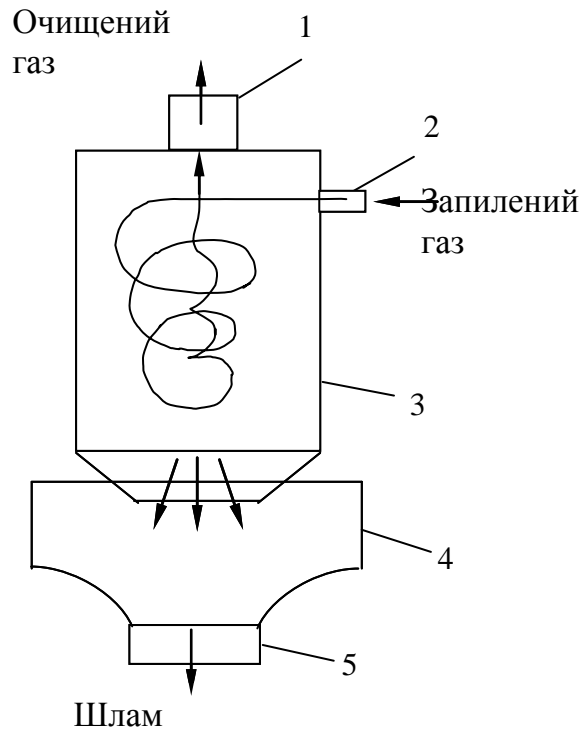


Рисунок 3.1.5.1 - **Схема циклону.** 1 - вихлопна труба; 2 - вхідний патрубок; 3 - корпус; 4 - пилоосадний бункер; 5 - пиловий засув

### **Апарати мокрої очистки газів від твердих і рідких домішок**

Апарати мокрої очистки газів працюють за принципом осадження часток домішок на поверхні крапель або плівки рідини. Процес очистки тим кращий, чим краще змочування домішок рідиною. Найчастіше в ролі рідини, що зрошує частки домішок, використовується вода. Апарати мокрої очистки газів мають широке розповсюдження, оскільки характеризуються високою ефективністю очищення від дрібнодисперсного пилу, а також можливістю очищення гарячих і вибухонебезпечних газів. Однак вони мають ряд недоліків таких як: утворення в процесі очистки бруду, що вимагає спеціальних систем для його переробки, винесення вологи в атмосферу, необхідність створення оборотних систем подачі води.

На рисунку 3.1.5.2 наведена схема скрубера Вентурі. В конфузори труби Вентурі вводиться запилений газ, швидкість газового потоку збільшується до 150 м/с у міру того, як зменшується діаметр труби. Через форсунки подається рідина для зрошування. Рідина в потоці газу розпорошується на дуже дрібні крапельки і перемішується з пилом, змочуючи його. В дифузори сопла Вентурі потік зменшує швидкість до 15-20 м/с і подається в краплевловлювач. Коагульований пил видаляється у вигляді шламу.

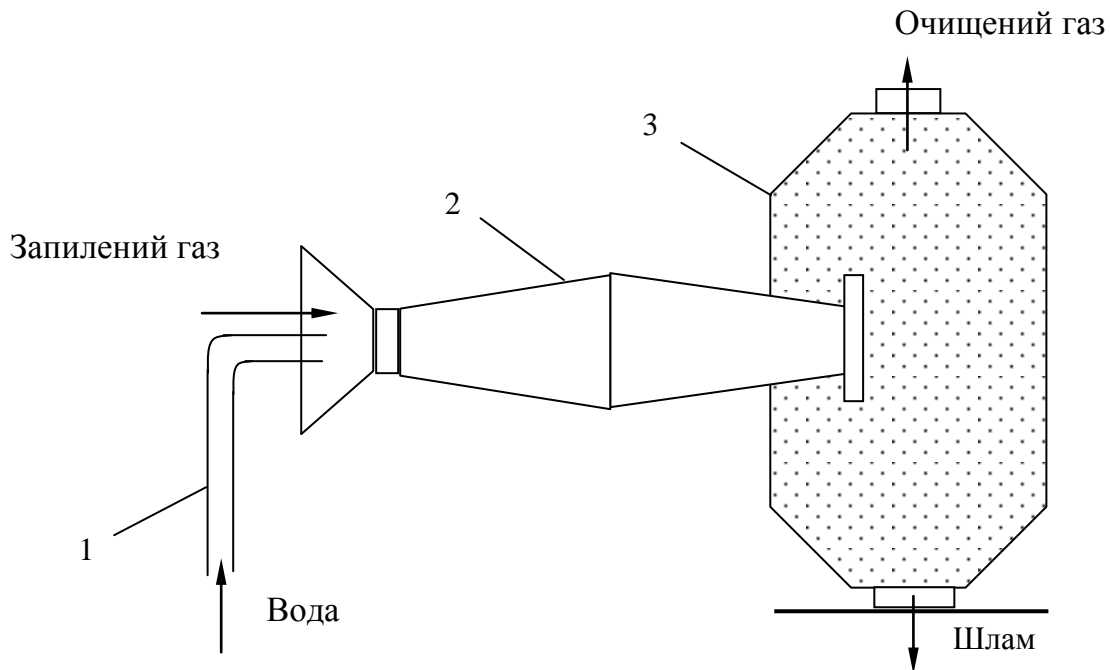


Рисунок 3.1.5.2 - Скрубер Вен турі.

1 - форсунки; 2 - сопло Вентурі; 3 - краплеуловлювач

### Апарати для очистки газів від твердих і рідких домішок методом фільтрування

Процес очистки газів від твердих або рідких часток за допомогою пористих матеріалів називається фільтруванням.

Фільтри бувають наступних типів:

- **Зернисті.** Вони можуть працювати при температурі 700-1100°C, в умовах агресивних середовищ, витримують механічні навантаження, зміни температур і тиску. Ці фільтри можуть бути зернисті, в яких вловлюючи елементи – галька, гравій, пісок, гранули - не зв'язані жорстко один з одним; жорсткі пористі - в них зерна тривко зв'язані один з одним в результаті спікання або склеювання (пориста кераміка, пластмаси); в'язані або тканні.

- **Волокнуваті.** Ці фільтри виробляються з шарів волокнуватих матеріалів різноманітної товщини: **тонковолокнуваті** являють собою шари синтетичних волокон діаметром 1-2 мкм, які нанесено на марлеву основу або основу з більш товстих волокон. Вони застосовуються для тонкої очистки вискодисперсних аерозолів. Регенерація їх практично неможлива. Грубоволокнуваті фільтри застосовуються для грубої очистки газів, їх можна легко регенувати або замінювати.

- **Тканинні.** Фільтрувальним матеріалом тканинних фільтрів є різноманітні тканини: бавовняні, лавсанові та інші. Одна з найважливіших умов

використання цих фільтрів – контролювання температури газового викиду, який підлягає.

### **Апарати електричної очистки газів від шкідливих домішок**

Електрична очистка – один з найбільш досконалих видів очистки газів, вона заснована на ударній іонізації газу в зоні короніруючого розряду, передачі заряду іонів часткам домішок і осадженні останніх на короніруючих електродах.

Аерозольні частки забруднювачів адсорбують на своїй поверхні іони, одержують заряд і переміщуються в напрямі електроду з протилежним знаком заряду. Після накопичення часток на електродах, їх видаляють струшуванням або за допомогою промивання електродів.

### **Апарати фізико-хімічної і термokatалітичної очистки газів від газоподібних домішок**

Засоби очищення промислових викидів від газоподібних забруднювачів за характером перебігу фізико-хімічних процесів розподіляють на п'ять основних груп:

- промивання викидів розчинниками домішок (абсорбція);
- промивання викидів розчинами реагентів, що зв'язують домішки за допомогою хімічних реакцій (хемосорбція);
- поглинення газоподібних домішок твердими активними речовинами (адсорбція);
- термічна нейтралізація газів, що відходять;
- поглинення домішок за допомогою реакцій з використанням каталізатора.

Засіб **абсорбції** полягає в розподілі газоповітряної суміші шляхом поглинення одного або декількох газових компонентів (абсорбатів) суміші рідким поглиначем (абсорбентом). Вирішальною умовою при виборі абсорбенту є розчинність в ньому компоненту, що потрібно видалити, і залежність розчинності цього компоненту від температури і тиску. Якщо розчинність газів при н. у. більше ніж 100 г на 1 кг розчинника, то такі гази відносять до добре розчинних.

Контакт газового потоку з розчинником здійснюється або розпиленням рідини, або барботажем газу через шар рідини, чи пропусканням газу через насадкову колонку.

Засіб **хемосорбції** заснований на абсорбції газів твердими або рідкими реагентами з утворенням мало летючих або малорозчинних хімічних сполучень. Хемосорбцію застосовують в основному для очистки технологічних газів від сірководню, хлору, сірчистого ангідриду. В якості рідких абсорбентів застосовують розчини аміаку, карбонату натрію, карбонату калію, ортофосфату калію, моно- і діетаноламіна.



Перевага засобів абсорбції й хемосорбції полягає в економічності очистки великої кількості газів і в можливості здійснення безперервних технологічних процесів. Недоліком є громіздке обладнання, утворення великої кількості відходів.

Засіб **адсорбції** заснований на властивостях деяких твердих тіл вибірково поглинати і концентрувати на своїй поверхні окремі компоненти з газової суміші. В якості адсорбентів застосовують речовини, що мають велику площу поверхні на одиницю маси. Наприклад, активоване вугілля має поглинаючу поверхню  $10^5$ - $10^6$  м<sup>2</sup>/кг, його застосовують для очищення газів від органічних домішок. Гарними адсорбентами є також оксиди (активований глинозем, силікагель).

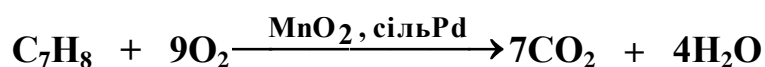
Конструктивно адсорбери виконуються у вигляді вертикальних, горизонтальних або кільцевих ємностей, заповнених непорушним адсорбентом, або шаром адсорбенту, що переміщується, через який фільтрується потік газу. Адсорбенти застосовуються для очищення вихлопних газів автомобілів, вилучення отруйних компонентів, радіоактивної пари при експлуатації ядерних реакторів, наприклад, радіоактивного йоду. Недоліки засобу: велика кількість шламів, великі габарити апаратів.

**Термічна нейтралізація** заснована на спроможності токсичних компонентів окислюватися до менш токсичних. Засіб має такі переваги перед засобами абсорбції і адсорбції - це: відсутність шламів, малі габарити настанов, простота їх обслуговування, висока ефективність очищення викидів при низькій вартості очистки. Недоліки термічної нейтралізації: галузь застосування засобу обмежується характером окислених продуктів, що утворюються після реакції. Метод можна використовувати для очищення викидів, які містять токсичні компоненти органічного походження, але не сірку, фосфор, чи галогени. Окислення сполук, що містять галогени, призводить до появи оксидів, які за токсичністю переважають вихідний газовий викид.

**Каталітичний засіб** використовують для окислення токсичних компонентів промислових викидів за допомогою додаткових речовин – каталізаторів. Перевагою засобу є: короткочасність перебігу процесу (інколи частки секунди), малі габарити реактору, низькі температури в порівнянні з термічною нейтралізацією, незначні кількості каталізатора.

Каталізаторами можуть бути метали (Pt, Pd) або деякі сполуки (CuO, MnO<sub>2</sub>). Засоби підбору індикатора, як правило, емпіричні. Для проведення очищення необхідна незначна кількість каталізатора, розташованого так, щоб забезпечити максимальну поверхню контакту з газовим потоком.

При очищенні повітря від толуолу відбувається така реакція за допомогою каталізаторів:



Ефективність очищення газу – 95 - 98%.

## Апарати біохімічної очистки

Біохімічні засоби засновані на спроможності мікроорганізмів руйнувати і перетворювати різноманітні сполучення. Розклад речовин відбувається під дією ферментів, що виробляються мікроорганізмами. Конструкційно пристрої для біохімічного очищення газів поділяються на **біоскруббери** та **біофільтри**.

Біоскрубберами називають абсорбційні апарати, в яких абсорбентом є водяна суспензія активного мулу. Шкідливі компоненти вловлюються абсорбентом і розщеплюються мікроорганізмами активного мулу.

В біофільтрах газ, пропускають через шар фільтру. Фільтром є ґрунт, торф або компост, на якому заздалегідь вирощують біологічно активну плівку.

Проектування систем очищення газоповітряної суміші від шкідливих речовин, потребує, як правило, комплексного підходу до рішення цієї проблеми. При виборі процесів газоочищення необхідно керуватися такими вимогами, як:

- максимальна ефективність очищення при малих енерговитратах;
- простота конструкції обладнання і простота його обслуговування;
- компактність настанов;
- можливість виготовлення окремих вузлів з полімерних матеріалів;
- максимально можливе утримання шкідливих речовин і теплоти;
- повернення неочищених газів і теплоти в технологічний процес.

### 3.1.6 Наслідки забруднення атмосферного повітря в Україні

Забруднення навколишнього середовища має такі розміри, що в Україні практично немає міст з чистим повітрям.

ГДК шкідливих речовин в атмосфері Дніпропетровська, Дніпродзержинська, Горловки, Краматорська, Кривого Рога та інших міст із східних областей перевищуються в 10 і більше разів.

Наслідком забруднення атмосфери шкідливими речовинами є збільшення швидкості корозії металоконструкцій.

Найбільш небезпечно забруднене повітря діє на зелені насадження (ліси, парки, декоративні посадки). Так, в 1964 році в результаті аварійного викиду аміаку на Северо-Донецькому ПО «Азот» загинуло 64 га соснового лісу в Лисичанському лісництві. Така ж катастрофічна ситуація виникла в районі Ровенського ПО «Азот», коли викид великої кількості фітотоксикантів призвів до знищення 459 га зелених насаджень.

Забруднення атмосферного повітря негативно впливає на стан здоров'я людей. Наприклад, викиди такої канцерогенної речовини, як бенз[α]пірен, складають по комбінату «Запоріжсталь» всього декілька кілограмів на рік, однак ця речовина більш, ніж в мільйон раз токсична, ніж оксид вуглецю, і є найбільш небезпечним з усіх інших забруднювачів не тільки «Запоріжсталі», але і всіх викидів міста Запоріжжя. Токсичність цієї речовини така висока, що

США і деякі інші країни навіть не мають норм ГДК на неї: його взагалі не повинно бути.

Найбільшим забруднювачем міського повітря є автотранспорт (40% забруднень), в атмосферу викидаються з вихлопними газами такі речовини як SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, фенол.

Крим оголошено зоною екологічного лиха. Місто Ялта виключено із списку світових курортів.

### 3.2 Контрольні питання

- 1 Назвіть основні сфери, з яких складається атмосфера.
- 2 Які особливості має хімічний склад атмосфери Землі?
- 3 Де знаходяться в атмосфері перший температурний мінімум, максимум?
- 4 Яку функцію виконує озоновий екран? Наслідки порушення озонового екрану для живих істот Землі.
- 5 Охарактеризуйте основні функції атмосфери Землі.
- 6 Які Ви знаєте джерела забруднень атмосфери природного та антропогенного походження?
- 7 Наведіть основні техногенні забруднювачі повітря. Охарактеризуйте їх вплив на здоров'я людини.
- 8 Чим обумовлене таке явище як кислотні дощі? Наслідки дії кислотних дощів на стан навколишнього середовища.
- 9 Охарактеризуйте чинники, які обумовлюють «парниковий ефект» на планеті. Наслідки «парникового ефекту».
- 10 Нормативні величини, що характеризують стан забруднення атмосферного повітря.
- 11 Наведіть основні засоби аналізу проб повітря.
- 12 Дайте коротку характеристику засобів сухої інерційної та мокрої очистки газів від забруднювачів. Назвіть основні позитивні та негативні сторони кожного засобу.
- 13 Які особливості має очистка газових викидів за допомогою фільтрів? Наведіть основні різновиди фільтрів, які використовуються.
- 14 Яким чином діють апарати електричної очистки газів від шкідливих домішок у повітрі?
- 15 Наведіть коротку характеристику основних фізико-хімічних методів очистки повітря від різноманітних забруднювачів.

16 Охарактеризуйте основні типи апаратів біохімічної очистки газів від шкідливих домішок.

17 Які основні принципи необхідно враховувати при проектуванні засобів очищення промислових викидів шкідливих речовин а атмосферне повітря?

18 Які наслідки має забруднення атмосферного басейну України?

19 Наведіть основні, на Вашу думку, напрямки охорони атмосферного повітря.

### 3.4 Задачі для самостійного розв'язання

1 У повітрі над територією будинку відпочинку утримання оксиду вуглецю (II), оксиду сірки (IV), оксиду нітрогену (IV) та фенолу складає відповідно ( $\text{мг/м}^3$ ): 0,5; 0,07; 0,05; 0,004. Було внесено ще деяку кількість оксиду вуглецю (II), оксиду сірки (IV), оксиду нітрогену (IV) у концентраціях відповідно ( $\text{мг/м}^3$ ): 0,1; 0,08; 0,02. ГДК(CO) – 3,0 ( $\text{мг/м}^3$ ); ГДК(SO<sub>2</sub>) – 0,05 ( $\text{мг/м}^3$ ); ГДК(NO<sub>2</sub>) – 0,04 ( $\text{мг/м}^3$ ); ГДК(фенолу) – 0,003 ( $\text{мг/м}^3$ ). Визначити відповідність повітря санітарно-гігієнічним нормам та ступінь й клас небезпеки забруднюючих речовин, які присутні у повітрі.

2 Визначити викиди твердих часток в атмосферу при спаленні 7200000т/рік вугілля; зольність вугілля складає – 17%; очищення димових газів здійснюється з допомогою циклонів.

3 Визначити кількість сірки, яка видаляється з димовими газами від котлоагрегату при спалюванні в ньому мазуту з утриманням сірки 1,6%. Витрати палива – 5700000 т/рік. У схемі очищення газів передбачено використання скрубєрів Вентурі. Частка оксидів сірки, які зв'язуються летучою золою для мазуту складає 0,02.

4 Визначити кількість шкідливих речовин, що виділяються від промислового джерела за рік. Термін роботи підприємства 8 годин на добу при п'ятиденнім тижні. Концентрація забруднюючої речовини 0,2 ( $\text{мг/м}^3$ ), об'ємна витрата газоповітряної суміші 4000 ( $\text{мг/м}^3$ ).

5 Санітарно-захисна зона (СЗЗ) підприємства дорівнює 900 м. Скоректувати розміри СЗЗ з урахування рози вітрів. Повторюваність вітрів одного напрямку складає, %: північний – 15; північно-східний – 20; східний – 5; південно-східний – 15; південний – 9; південно-західний – 10; західний – 6.

## 4 ЛІТОСФЕРА. ВПЛИВ НА ҐРУНТИ АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ. МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ

### Реферат

Склад і структура літосфери. Мінеральні ресурси, основні напрямки раціонального використання мінеральних ресурсів. Значення ґрунтів. Ерозія ґрунтів, вторинне засолення і забагнювання. Вплив на ґрунти антропогенних чинників: пестицидів, «кислотних опадів», наслідки забруднення ґрунтів твердими відходами підприємств чорної і кольорової металургії, машинобудування. Утилізація твердих відходів промисловості, побутових відходів. Нормування хімічних забруднювачів ґрунтів. Основні напрямки охорони земельних ресурсів.

### 4.1 Теоретичні відомості

#### 4.2.1 Склад та структура літосфери

**Літосфера** – це верхній твердий покрив нашої планети, що включає в себе земну кору і верхню частину мантії. Глибина літосфери досягає 50-200 км. Мантія розташована до 3000 км і займає близько 67% маси Землі, внутрішня частина Землі – це ядро, маса якого складає близько 32%. Встановлено, що з глибиною збільшується температура і тиск (табл. 4.1.1.1).

Таблиця 4.1.1.1 - Структура Земної кулі

	h, км	t, °C	P, атм
<b>Земна кора</b>	80	1300	$1,3 \cdot 10^4$
<b>Мантія</b>	3000	2000	$1,3 \cdot 10^6$
<b>Ядро</b>	6370	3000	$3,0 \cdot 10^6$

Континентальна земна кора вкриває приблизно 45% поверхні Землі і має глибину 40-70 км. Окремі її частини мають вік до 3,8 млрд. років. Океанська земна кора значно молодша, ніж континентальна, і має меншу товщину - до 5-12 км.

Літосфера утворена різноманітними осадовими, гранітними і базальтовими породами. В результаті багатьох досліджень обчислено вміст хімічних елементів в земній корі. В 1889 році американський геохімік Кларк, проаналізував біля 6000 зразків гірських порід і вперше розрахував середній вміст хімічних елементів у земній корі, який отримав назву «кларки». Найбільш

розповсюдженим в літосфері є кисень – 47%, за ним йдуть кремній – 29,5%, алюміній – 8,05%, залізо – 4,65%, кальцій – 2,96%. Ці п'ять елементів становлять понад 92% маси літосфери. Якщо до них додати ще три елемента – натрій (2,5%), калій (2,6%) і магній (1,87%), то їх маса в сумі буде перевищувати 99%.

З літосферою зв'язані найбільш грандіозні і руйнівні стихійні лиха: землетруси, вулканічні виверження, зсуви.

**Землетруси** відбуваються в основному в результаті пульсаційно-коливального розвитку літосфери – стиску її в одних регіонах і розширенню в інших. За глибиною розташування осередку вони поділяються на глибокофокусні (300-700 км), проміжні (70-300 км) і звичайні (< 70 км). Щорічно кількість землетрусів, які реєструються на Землі, досягає сотень тисяч, але лише деякі з них викликають катастрофічні руйнування (табл. 4.1.1.2; 4.1.1.3).

Інтенсивність землетрусів оцінюється за 12-бальною шкалою Ріхтера. Для реєстрації землетрусів використовується ціла мережа постійно діючих і тимчасових сейсмологічних станцій, які мають спеціальну апаратуру. Мірою загальної кількості енергії, що випромінюється при сейсмічному поштовху у формі пружних хвиль є магнітуда, яка вимірюється за 9-бальною шкалою Ріхтера.

Землетрус силою 6 балів за 12-бальною шкалою Ріхтера оцінюється як сильний, 7 - як дуже сильний, 8 - бальний – як руйнівний, 9 - бальний – як зруйнуючий, 10 - бальний – як знищуючий, 11 - бальний – катастрофа, 12 - бальний – сильна катастрофа.

До зон сильних землетрусів сейсмологи відносять території Тихоокеанського і Середземноморського поясів. Зони 9 - бальних і більш сильних землетрусів, що викликають катастрофічні руйнування, охоплюють райони Камчатки, Курильських островів, гірські райони Паміру, Забайкалля, Закавказзя. 7 - бальні землетруси зареєстровані в Карпатах, на Сахаліні, в Прибайкаллі, Криму. Техногенна діяльність людей за останні роки значно знизилася загальну сейсмологічну стійкість. Цей процес охоплює 70% території України. Найбільш знижена сейсмостійкість ґрунтів на півдні України. Приріст сейсмічності в Одеській, Миколаївській і Херсонській областях складає від 1 до 3 балів, і загальна сейсмонебезпека підвищилася до 7-8 балів. В Донецькій і Луганській областях приріст в 2 бали збільшив сейсмонебезпеку до 6-7 балів, в раніше благополучних Дніпропетровській, Запорізькій, Кіровоградській областях приріст сейсмічності на 3 бали призвів до сейсмонебезпеки в 8 балів, в Ровенській області – до 8 балів, а в Прикарпатті – до 9 балів, на території Києва – до 7 балів.

**Вулканізм** являє собою сукупність процесів, зв'язаних з переміщенням з глибин Землі магматичних мас і частини газо-водних продуктів, що супроводжують їх. Лава, гарячі гази, пари води і уламки порід вивергаються на поверхню через чашоподібні або воронкоподібні заглиблення на вершині або всередині вулканічного конусу – кратера розмірами до декількох кілометрів.

В результаті вулканізму утворюються вулканічні гори, лавові плато, кратерні озера, грязьові потоки, попіл, вулканічний пил. На земній кулі більша кількість – це згаслі (або сплячі тимчасово) вулкани. Активні (діючі) вулкани знаходяться головним чином на Тихоокеанському узбережжі, в Середземноморській зоні. В нинішній час на Землі виявлено понад 800 діючих вулканів із загальною продуктивністю 3-6 млрд. т речовини, що вивергається, в рік. В усьому світі проводяться геологічні, геофізичні і геохімічні дослідження згаслих і діючих вулканів, бо вулканічна діяльність має величезний вплив на формування земної поверхні.

Таблиця 4.1.1.2 - Найбільш великі землетруси ХХ сторіччя

Рік	Місце	Кількість жертв, тис. осіб
1920	Ганьсу (Китай)	180
1923	Токіо (Японія)	>100
1970	Чимботе (Перу)	66
1976	Таншань (Китай)	243
1988	Вірменія (СРСР)	25
1990	Північний Іран	>50

Таблиця 4.1.1.3 - Співвідношення кількості землетрусів різноманітних за силою

Магнітуда за Ріхтером	Максимальна інтенсивність відповідно	Середнє число землетрусів у світі за 1 рік
8,0-8,9	XI-XII	1
7,0-7,9	IX-X	15
6,0-6,9	VII-VIII	140
5,0-5,9	VI-VII	900
4,0-4,9	IV-V	8000

## 4.1.2 Мінеральні ресурси

Літосфера – джерело різноманітних мінеральних ресурсів, корисних копалин. Мінеральні ресурси, які є в надрах землі і розташовані на її поверхні, мають величезне значення для народного господарства і можуть бути використані як джерело енергії (теплової, електричної, ядерної), промислова сировина для виробництва, будівельний матеріал і сировина для будівельного виробництва.

**Корисними копалинами** прийнято вважати скупчення металевих, неметалевих і паливних продуктів, що можуть бути використані як мінеральна сировина.

Серед корисних копалин орієнтовно можна виділити декілька категорій (табл. 4.1.2.1).

Таблиця 4.1.2.1 - Класифікація корисних копалин

Метали	Паливні органічні ресурси	Ядерні ресурси	Неметалеві ресурси
Fe, Cr, Mn, Ni, Al, Zn, Cu, Pb, Sn, Au, Ag	Нафта, природний газ, вугілля, паливні сланці	U, Th, Ra	Гіпс, барит, сірка, фосфорити, апатити

Джерела і носії корисних копалин – гірські породи, мінерали, органічна речовина, тобто все те, що складає літосферу і обумовлює різноманітність її речовинного складу.

В нинішній час в світі видобувається біля 400 видів мінеральної сировини. В основному це паливні корисні копалини (нафта, газ, кам'яне і буре вугілля) – 85% світового видобутку. Більше 10% займає видобування кольорових і чорних металів.

Корисні копалини входять до складу різноманітних мінералів, серед яких можна виділити такі головні класи: самородні метали, силікати, оксиди, карбонати, сульфіді, селеніди, телуриди, фосфати, сульфати, хромати, молібдати, вольфраматі. Існують відомості, згідно яким в складі 2000 відомих мінералів тільки 45 елементів є основними. Такі елементи, як Ca, Fe, Al, Mg, Na, Cu, Pb, Mn, As містяться більш ніж в 100 мінералах. Десять елементів – U, Ti, Sb, B, W, Zn, Ag, Ni, Ce, Nb – входять до складу 50 мінералів. Менш ніж в 10-ти мінералах зустрічається Sc, Cd, Cs, Ge. Взагалі не утворюють самостійних



мінералів Hf, In, Rb, вони зустрічаються тільки у вигляді домішок в гірських породах.

Сукупність елементів і мінералів в земній корі, що на даному рівні розвитку науки і техніки економічно вигідно розробляти, називаються **рудами**. Скупчення руд утворюють **родовища**.

Корисні копалини відносять до природних ресурсів, які не відновляються. В зв'язку з тим, що сфера їх застосування весь час поширюється і потреба в них безупинно росте, виникає загроза їх гострого дефіциту вже в найближчому майбутньому.

Розраховано, що з кінця 50-х років ХХ сторіччя з надр Землі здобуто приблизно стільки мінеральної сировини, скільки було витрачено за всю попередню історію людства. Щорічно з надр Землі здобувається до 100 млрд. мінеральних ресурсів.

Для забезпечення раціонального, комплексного використання надр для задоволення потреб суспільства у мінеральній сировині, охорони надр, гарантування безпеки людей, навколишнього природного середовища при користуванні надрами 24 липня 1994 року був прийнятий **Кодекс України про надра**.

Основні напрямки раціонального використання мінеральних ресурсів:

- необхідність розробки технологій раціонального видобутку корисних копалин з більш значних глибин і комплексне їх використання;
- отримання мінеральної сировини із бідних руд;
- заміна дефіцитних матеріалів більш доступними і широко розповсюдженими;
- розширення засобів рециркуляції і вторинного використання деяких металів;
- отримання сировини шляхом хімічного синтезу;
- розширення виробництва штучних будівельних матеріалів (цегли, бетону), вогнеупорів, алмазів, рубінів, азбесту, графіту та інших;
- використання сонячної енергії і енергії ядерного синтезу в якості основних джерел енергії;
- розробка засобів за ефективним вловлюванням цінних компонентів з газоподібних і рідких відходів промисловості, транспорту, побуту.

#### **4.1.3 Значення ґрунтів. Вплив на ґрунт різноманітних чинників**

**Ґрунтом** називають поверхневий шар земної кори, змінений під впливом життєдіяльності організмів, на якому ростуть різноманітні рослини. На відміну від гірських порід ґрунт характеризується специфічним складом мінеральних речовин і, головним чином, наявністю органічних речовин – гумусу. Ґрунт безупинно змінюється під впливом клімату, біологічних чинників та діяльності людини.

Ґрунти покривають переважну частину поверхні суші, за винятком територій, що зайняті льодовиками і вічними снігами, пустелями, скелями, містами і підприємствами. Вся площа суші - 14800 млн. га, з них 28% зайнято лісами, 17% - луками, 10% - зораною землею і 45% - іншою сушею. Людина використовує більш 55% суші, в тому числі близько 12-20% - під рілля.

В Україні налічується приблизно 650 різновидів ґрунтів, які між собою різняться мінералогічним складом, вмістом гумусу, фізичними та хімічними властивостями. Найбільш поширеним типом ґрунту на Україні є чорноземи – найбільш родючі ґрунти, з високим вмістом гумусу (4-6%). Природі для того, щоб утворити шар гумусу завтовшки 1 см, потрібно 25-80 років.

Ґрунт має дуже велике значення для біосфери як цілого, а також для господарської діяльності людини:

- ґрунт є найважливішою частиною біосфери, яка відрізняється найвищою щільністю життя і найбільшою геохімічною енергією живої речовини,

- ґрунт бере участь в геологічному кругообігу: винесення розчинних живильних елементів з ґрунту в струмки, моря і океани, де вони відкладаються в потужні пласти осадових порід, а після цього з'являються на поверхні, вивітрюються, а також знову можуть бути використані рослинами,

- ґрунт забезпечує наявність рослинності, яка є основою існування тваринного світу,

- ґрунт бере участь в біологічному кругообігу речовини і енергії: після відмирання органічна речовина надходить у ґрунт, розкладається за допомогою мікроорганізмів, при цьому значна частина елементів переходить в форми, доступні для засвоєння рослинами, а далі знов передається наступним ланкам трофічних ланцюгів, таким чином через ґрунт поєднуються всі компоненти біосфери, утворюючи там складну біокосну систему,

- з ґрунтом безпосередньо зв'язана вся господарська діяльність людини – хліборобство, тваринництво, лісове господарство, будівництво міст, доріг і промислових споруд.

**Роль мікроелементів в життєдіяльності організмів.** Ґрунти є основним постачальником неорганічних елементів у біотичні системи. З мікроелементів особливо велику роль відіграють Mn, Cu, Zn, I, Mo, B, Cr, Co, Ni та інші. Вони – найважливіша складова частина ферментів, гормонів, вітамінів. Недолік їх в середовищі викликає різноманітні захворювання у рослин або тварин. Встановлено, що B, V, Zn, Cu сприяють кращому використанню світла рослинами в ході фотосинтезу, впливають на вуглеводний обмін, посилюють окислювальні процеси, беруть участь в синтезі білків, сприяють утриманню рослинами води. Mo, V, Mn, Os беруть участь в специфічних реакціях фіксації азоту різноманітними видами азотофіксуючих бактерій. Mn, Si, Co, B, Li, Cu підвищують стійкість рослин до захворювань.

## Вплив на ґрунт різноманітних негативних чинників

**Ерозія ґрунтів** – це руйнування і знесення ґрунтового покриву потоками води, повітря, льоду. Природний процес ерозії ґрунтів завжди існував у природі, протікає він поволі і майже непомітно (геологічна ерозія). Швидкість цього процесу така ж, як і ґрунтоутворення.

На відзнаку від природної ерозії, прискорена сучасна ерозія ґрунтів обумовлена нераціональною експлуатацією ґрунтів при аграрному землекористуванні. Надзвичайно інтенсивною є ерозія на орних землях та вибитих пасовищах. Темпи і масштаби ерозійних процесів на сільськогосподарських землях залежать від виду вирощуваної сільськогосподарської культури, рельєфу місцевості, типу ґрунтового покриття, застосовуваних технологій та технічних засобів обробки ґрунтів і посівів. Розталі води щорічно виносять з ланів в ріки і моря тисячі тон ґрунту, який містить азот, фосфор, кальцій, калій, сірку. Врожай на таких ґрунтах зменшується в 3-4 разів.

Сильною вважається ерозія, коли змив ґрунтових мас перевищує 50 т з 1 га земельної площі на рік, середньою – 25-50 т/га, дуже слабою менше 12,5 т/га. При сильній ерозії з поверхні використовуваної земельної ділянки щорічно змивається 5-міліметровий шар ґрунту, або 12,5 см за 25 років. Півметровий гумусовий шар чорнозему природним шляхом утворюється приблизно за 3,5-4 тис. років. Ерозія може зруйнувати його за 100-200 років.

До початку землеробської культури площа придатних для сільського господарства родючих земель на планеті становила близько 4,5 млрд. га. Нині їх залишилось лише 2,5 млрд. га. Тобто за 10 тис. років використання людиною земельних ресурсів, площа придатних для обробки угідь зменшилася майже на 2 млрд. га. Це означає, що людство щорічно втрачало, в середньому, 200 тис. га орних земель. За останнє сторіччя через ерозію у світі було виведено з обороту 23% земель, що обробляються.

**Водна ерозія** може бути плоскісною і яровою. Внаслідок того, що поверхня Землі не є ідеально рівною, при плоскінній ерозії відбувається змив ґрунту струмками талої, дощової або ливневої води. На перших стадіях вона мало помітна, але поступово відбувається збідніння ґрунту живильними речовинами – це призводить до поступового зникнення рослинності і ще більшого прискорення процесу руйнування ґрунту. Ярова ерозія – форма водної ерозії, коли при великих ухилах поверхні і на довгих спадах дрібні струмки зливаються в єдиний потік, що біжить під ухил; він поглиблює дно, підмиває береги і утворює байрак. Ярова ерозія розвивається дуже швидко. Інколи швидкість утворення байраків досягає 25 м на рік. Одна з найбільш небезпечних форм водної ерозії в горах – селеві потоки і зсуви, причиною яких є вирубування гірських лісів і випас худоби, яка розбиває ратицями рослинний і ґрунтовий покрив.

Руйнування ґрунту під впливом транспорту, землерійних машин і техніки називається **технічною ерозією**.

В результаті ерозії утворюються різні форми рельєфу: промоїни, байраки, балки. В СНД щорічно виводиться з ладу близько 50 тис. га ріллі і кормових угідь.

**Вторинне засолення і забagnювання.** Ці явлення пов'язанні із зрошенням земель. Зрошені землі дають близько 30% продукції сільськогосподарських рослин, але створення штучних водойм, меліоративних водоводів, зрошення великих територій породжують ряд негативних явищ, таких як підняття рівня ґрунтових вод, зміна їхнього хімічного складу. Серйозну проблему для сучасного зрошеного хліборобства являє вторинне засолення ґрунтів. Засолення ґрунтів - це підвищення у поверхневих шарах ґрунту концентрації солі NaCl, що погіршує родючість ґрунту. Це відбувається через надмірне зрошення земель. У світі площі засолених земель складають не менше 20-25 млн. га.

Надлишково вологих ґрунтів, які потребують осушення, ще більше, ніж ґрунтів, що вимагають зрошення. Вони займають сотні мільйонів гектар, їх не можна використовувати в сільському господарстві. За двадцять років площа перезволожених земель на Україні збільшилась на 1 млн. га.

**Вплив мінеральних добрив, пестицидів та інших хімічних речовин на ґрунти.** З метою підвищення родючості ґрунтів і збільшення врожайів сільськогосподарських культур людина свідомо включає в біологічний кругообіг ті або інші хімічні елементи (мінеральні добрива), що необхідні для живлення рослин і тварин. Завдяки цьому він збільшує екологічну продуктивність ґрунтів. В той же час він здійснює ряд заходів, що створюють більш сприятливі умови для живлення, росту і розвитку рослин. В результаті активізується діяльність корисної мікрофлори, підвищується доступність для рослин елементів живлення, ґрунт збагачується азотом, фосфором, калієм, кальцієм та іншими елементами. Однак, внесення надмірних доз мінеральних добрив завдає збитки природному середовищу. Мінеральні речовини не повністю використовуються рослинами, надлишки потрапляють у водосховища і забруднюють їх. Крім того, в самих рослинах накопичується у надмірній кількості нітроген, що робить харчові культури небезпечними для здоров'я людини.

Пестициди (гербіциди, інсектициди, дефоліанти, фунгіциди) призначено для захисту рослин від різноманітних шкідників і паразитів, для боротьби з переносниками інфекційних захворювань і бур'янистою рослинністю. Сьогодні у світі на 1 га ріллі вноситься 300 кг хімічних засобів. Однак в результаті тривалого застосування пестицидів в сільському господарстві, медицині (боротьба з переносниками хвороб) майже всюди відзначається зниження їх ефективності через розвиток резистентних (стійких до даного препарату) шкідників і розповсюдження «нових» шкідливих організмів, природні вороги і конкуренти яких були знищені пестицидами. Із загально біологічних позицій резистентність можна розглядати як зміну популяцій в результаті переходу від нестійкого штаму до стійкого штаму того ж виду, внаслідок відбору, викликаного пестицидами. Це явище зв'язане з генетичними, фізіологічними і

біохімічними перетвореннями організмів. З величезної кількості комах шкідливими є лише 0,3%, що становить приблизно 5 тис. видів. У 250 видів виявлено резистентність до пестицидів. Це посилюється явищем **перехресної резистентності**, яка полягає в тому, що підвищена стійкість до дії одного препарату супроводжується стійкістю до сполучень інших класів. Пестициди володіють спроможністю накопичуватися в рослинах і організмах тварин і людей. Деякі препарати можуть зберігатися в біосфері тривалий час і потрапляти в харчові ланцюги людей і тварин. Безмірне застосування пестицидів негативно впливає на якість ґрунту. Дуже важливо створювати і застосовувати тільки ті препарати, стійкість життя яких невелика - вимірюється тижнями або місяцями.

За ступенем шкідливості й вірогідності проникнення до ґрунту хімічні речовини розташовуються у наступній послідовності: пестициди та їх метаболіти, важкі метали, нафтопродукти, сірчисті сполуки, речовини органічного синтезу тощо. Особливо небезпечними з важких металів є ртуть, свинець, кадмій, цинк, мідь. Ґрунти мають здатність накопичувати радіоактивні речовини, дуже поширеним є забруднення ґрунтів канцерогенами типу поліциклічних ароматичних вуглеводнів. Основними джерелами канцерогенних забруднень є вихлопні гази двигунів автомобілів, тракторів, тепловозів, літаків, а також вики котелень та промислових підприємств.

**Вплив атмосферних кислотних опадів на ґрунти.** Одна з найбільш гострих глобальних проблем сучасності – це проблема зростаючої кислотності атмосферних опадів і ґрунтового покриву.

Термін «кислотні дощі» був введений англійським хіміком А.Смітом близько 100 років тому, коли він виявив залежність між рівнем забруднення атмосфери над Манчестером і кількістю опадів. Незабруднені опади мають самі по собі слабко кислу реакцію за рахунок присутності у повітрі  $\text{CO}_2$  ( $\text{pH} = 5,5-6$ ). Істотне забруднення атмосфери кислими газами ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) ще більше зсуває  $\text{pH}$  середовища ліворуч. Наприклад, в деяких регіонах (Нідерланди) зареєстровано опади з  $\text{pH} = 3,8$ . Загальна площа території, що знаходиться під впливом кислих дощів у Північній Америці і Європі, складає 5-10 млн. км<sup>2</sup>.

Кислотні дощі виникають в результаті господарської діяльності людини (при спалюванні сланців, нафти, вугілля, газу). Кислотні оксиди, які надходять в атмосферу, переносяться на великі відстані, взаємодіють з водою і перетворюються в розчини сірчистої, азотистої, сірчаної, азотної, вугільної, сірководневої кислот. Кислоти випадають у вигляді кислих дощів на сушу, несприятливо діючи на рослини, ґрунти. Природна родючість ґрунтів знижується: вони швидко виснажуються внаслідок вимивання солей калію і магнію, врожайність на таких ґрунтах падає на 3-8%. Кислотні дощі викликають підкислення не тільки поверхневих вод, але і поверхневих обріїв ґрунтів, кислі води з потоками води розповсюджуються на весь ґрунтовий профіль і викликають значне підкислення ґрунтових вод.

**Забруднення ґрунтів твердими відходами.** Інтенсивне використання мінеральної сировини супроводжується утворенням великої маси твердих відходів і промислових викидів на всіх стадіях його видобутку і переробки. Кількість відходів буває перевищує кількість отриманої продукції. Річне споживання мінеральної сировини у світі складає близько 100 млрд. т, а обсяг відходів виробництва – 40-50 - млрд. т. Головна маса відходів утворюється на підприємствах таких галузей промисловості: гірничодобувної, збагачувальної (відвали, шлаки), чорної і кольорової металургії (шлаки, шлами), у машинобудуванні (стружка), хімічної (відходи органічних виробництв), лісової і деревообробної.

Особливо слід відзначити негативний вплив, який чинить на навколишнє середовище розробка корисних копалин відкритим або шахтним засобом. Зміна рельєфу поверхні відбувається вже під час розвідування корисних копалин (забагнювання ґрунту). Особливо великої шкоди надає складування порожніх пород у терикони і відвали.

Багато відходів дають і металообробні заводи (40-50% металу йде в стружку).

Зростання міст і народонаселення збільшило кількість побутових відходів (скло, пластмасова і паперова упаковка).

Зросла кількість твердих відходів в зв'язку з механізацією сільського господарства (стара гума, зношене обладнання і запчастини, дерев'яна, металева і пластикова тара).

Відходи підприємств чорної і кольорової металургії. По підрахункам в твердих відходах (шламах) підприємств чорної металургії вміст заліза досягає 50%. З кожних 4,7 т твердих речовин, необхідних для виробництва, відходи складають 0,4 т. В кольоровій металургії в зв'язку з більшим виходом шлаків цей показник значно вище – від 10 до 200 т на 1 т отриманого металу. Незважаючи на значно менші масштаби цієї галузі, кількість відходів в ній приблизно така ж, як і в чорній металургії, при цьому відвали містять масу цінних компонентів (Zn, Pb, Fe, Cu), часто їх вміст у відвалах вище, ніж в тих рудах, що використовуються.

В машинобудуванні твердими відходами є:

- амортизаційний брут (заміна зношених деталей, модернізація обладнання, наслідки корозії),
- тирса, стружка, окалина, обрізки металу при виробництві прокату і механічній обробці на верстатах,
- шлаки в ливарному виробництві.

Звичайно маса відходів в машинобудуванні знаходиться в межах - 260 кг на 1 т металу, на деяких підприємствах досягає 50% від всієї маси металу. Велика кількість твердих матеріалів міститься в шламах відстійників очисних споруд і прокатних цехів.

Промислові тверді відходи умовно можна поділити на 2 категорії: основні відходи виробництв і супутні відходи виробництв. До основних відходів металообробних цехів і дільниць машинобудівного заводу

відносяться: металева стружка, окалина, шлами, шлаки, відходи деревини, пластмас, гуми. До супутніх відходів виробництва відносяться відходи речовин, що застосовуються при проведенні технологічних процесів. Вони можуть бути твердими (абразиви, попіл, тара), рідкими (відпрацьовані масла, мастильно охолоджуючі, травильні розчини), газоподібними (гази, що відходять).

В залежності від впливу на навколишнє середовище промислові відходи розподіляються на токсичні і нетоксичні. Основна маса відходів машинобудування не токсична. До токсичних можна віднести шлами гальванічних цехів, травильних дільниць.

Тверді відходи можна також підрозділити на: металеві, неметалеві і комбіновані (будівельне і промислове сміття).

Розглянемо діяльність ливарного цеху машинобудівного заводу. Тут відбуваються навантажувально-розвантажувальні операції з піском, глиною та іншими сипкими матеріалами, функціонують обрубочні, піскострумні, шліфувальні настанови, на дільницях зварювання і пайки утворюється пил марганцю, міді, кремнію, свинцю.

В металообробних цехах здійснюються процеси різання, шліфування, полірування, які супроводжуються утворенням абразивного пилу.

В складальних цехах застосовуються тепло- і звукоізоляційні, лакофарбовочні матеріали, тому тут утворюється забруднення азбестовим, скловолокнистим пилом.

#### **4.1.4 Утилізація відходів**

Утилізація металевих відходів здійснюється двома засобами: з переплавом і без переплаву. З урахуванням цього всі металеві відходи машинобудівного виробництва поділяють на ділові (шматки листового прокату, що можна використати для виготовлення виробів основного виробництва або товарів народного споживання), і на відходи, що використовуються в сталеплавильному і ливарному виробництвах машинобудівного підприємства. Підготовка металобрухту до переплаву являє собою складний технологічний процес, який включає: сортування, механічну і газову різку, пресування, дробіння. Суть технології переробки металобрухту полягає у наступному: в спеціальній камері або печі розташовують громіздкий металобрухт, охолоджують його рідким азотом до наднизьких температур, при яких неметалеві матеріали втрачають еластичність і стають крихкими, потім їх разом з металами дроблять, після чого отриманий матеріал розподіляють.

Утилізація шляхом переплаву дрібної стружки – дорогий засіб. Більш раціональним є засіб гарячої штамповки деталей безпосередньо із стружки: стружку нагрівають до 1000-1200°C, після цього пресують гарячий метал в закритих штампах. Ще більш досконалою є порошкова технологія, згідно з якою стружку переводять у порошкоподібний стан, змішують з синтетичними каучуками в бензині і пресують.

Утилізація твердих відходів полімерних матеріалів технічно складна, а їх знищення – спалювання, поховання або затоплення – небезпечно для навколишнього середовища. Тому найбільш перспективним шляхом утилізації твердих полімерних відходів є використання їх в якості додаткового джерела сировини.

Тверді відходи деревини (стружка, обрізки, тирса) використовуються для виробництва фанери, картону, деревинностружечних плит. Уламки меблів, великі шматки тари можуть бути використані в якості додаткової вторинної сировини для виробництва виробів народного споживання.

Тверді відходи ливарного виробництва (попіл і шлаки) відправляють централізованим порядком на підприємства, де виробляються будівельні матеріали: цемент, цегла, теплоізоляційні плити.

Тверді побутові відходи (на кожного жителя великого міста припадає не менш 1 м<sup>3</sup> сміття у рік) спочатку сортують, після цього металеві компоненти витягають за допомогою магнітних сепараторів, пресують у великі брикети і відправляють на переплав. Органічні речовини збирають і переробляють в спеціальних біокамерах за допомогою бактерій в компост для добрив. Папір, ганчірки, дерево, картон та інші пальні матеріали зпалюють в спеціальних настановах з наступною утилізацією тепла. Хоча це і найбільш дорогий засіб, до того ж викликає забруднення атмосфери димовими газами, але більшість країн широко його використовує. Заводи, на яких відбувається спалювання твердих відходів, повинні робити двоступінчасту очистку димових газів з метою зменшення кількості викидів, що забруднюють атмосферу.

Проблема ліквідації твердих промислових і побутових відходів є дуже гострою, оскільки відходи впливають на зміну хімічного складу ґрунту, викликаючи погіршення її якості. Сильне забруднення ґрунту важкими металами, сірчистими забруднювачами призводить до виникнення техногенних пустель - в ґрунті знищується мікрофлора (водорості, бактерії), втрачається її родючість. Найбільш чутливі до цих забруднень хвойні породи. Ґрунь стає мертвим при вмісті в ньому 2-3 г свинцю на 1 кг ґрунту (навколо деяких підприємств вміст свинцю досягає 10-25 г/ кг).

#### 4.1.5 Нормування забруднювачів ґрунтів

Забруднення ґрунтів за величиною зон та рівнем забруднення поділяється на фонове, локальне, регіональне, глобальне.

**Фоновим** є такий вміст забруднюючих речовин в ґрунті, котрий відповідає або близький до його природного складу.

**Локальним** вважається забруднення ґрунту поблизу одного або сукупності декількох джерел забруднення.

**Регіональним** є таке забруднення ґрунту, коре виникає внаслідок переносу забруднюючих речовин на відстань не більше 40 км від техногенних та більше 10 км від сільськогосподарських джерел забруднення.



**Глобальними** називають забруднення ґрунту, котрі виникають внаслідок дальнього переносу забруднюючих речовин на відстань більше 1000 км від будь-яких джерел забруднення.

За ступенем небезпеки хімічні речовини поділяються за ГОСТ 17.4.1.02-83 на три класи:

- 1 клас – високо небезпечні речовини (ГДК < 0,2 мг/кг);
- 2 клас – помірно небезпечні речовини (ГДК 0,2-0,5 мг/кг);
- 3 клас – мало небезпечні речовини (ГДК > 0,5 мг/кг).

Нормування хімічного забруднення ґрунтів встановлюється відповідно гранично допустимих концентрацій ґрунтів (ГДК<sub>г</sub>). За величиною гранично допустимі концентрації ґрунтів значно відрізняються від прийнятих ГДК для води й повітря. Це пояснюється тим, що надходження шкідливих речовин в організм людини безпосередньо з ґрунту відбувається у виняткових випадках і в незначних кількостях, а головним чином – через контактуючі з ґрунтом середовища (повітря, воду, рослини).

ГДК<sub>г</sub> – концентрація хімічної речовини (мг/ кг) в ораному шарі ґрунту, яка не повинна викликати прямого або побічного негативного впливу на контактуючі з ґрунтом середовища і здоров'я людини, а також на спроможність ґрунту до самоочищення.

Існують 4 різновиди ГДК<sub>г</sub> в залежності від шляху міграції хімічних речовин в певні середовища: ТП – транслокаційний показник, характеризує перехід хімічної речовини з ґрунту через кореневу систему в зелену масу і плоди рослин; МА – міграційний показник, характеризує перехід хімічної речовини з ґрунту в атмосферу; МВ – міграційний показник, характеризує перехід хімічної речовини з ґрунту в підземні ґрунтові води і водні джерела. ЗС – загальносанітарний показник, характеризує вплив хімічної речовини на спроможність ґрунту до самоочищення (табл. 4.1.5.1).

**Таблиці 4.1.5.1 - Нормування концентрації деяких речовин у ґрунті**

Речовина	ГДК <sub>г</sub> , мг/ кг	Речовина	ГДК <sub>г</sub> , мг/ кг
Ванадій	150	Бензол	0,3
Кобальт	5,0	Бенз[α]пірен	0,02
Марганець	700	Ізопропілбензол	0,50
Миш'як	20	Ксилоли	0,3
Ртуть	2,1	Нітрати	130
Свинець	32	Оксид фосфору (V)	200
Хром	6,0	Сірководень	0,4
Цинк	23	Формальдегід	7,00

За ступенем забруднення ґрунти поділяються на сильнозабруднені, середньозабруднені, слабкозабруднені.

Для **сильнозабруднених** ґрунтів характерно перевищення забруднюючими речовинами ГДК<sub>г</sub> в декілька разів. Ці ґрунти мають низьку біологічну продуктивність, істотні зміни фізико-хімічних, хімічних та біологічних характеристик. Вміст хімічних речовин у вирощуваних на цих землях рослинних культурах перевищує норми.

В **середньозабруднених** ґрунтах перевищення ГДК<sub>г</sub> незначне, що не призводить до помітних змін їх властивостей.

У **слабкозабруднених** ґрунтах вміст хімічних речовин не перевищує ГДК<sub>г</sub>, але перевищує фонову концентрацію.

Для визначення ступеня забрудненості ґрунтів використовують такі характеристики, як коефіцієнт концентрації забруднення ґрунту однією речовиною  $k_c$ , інтегральний показник поелементного забруднення ґрунту  $k_{ci}$  та інші.

Коефіцієнт забруднення ґрунту розраховується за формулою:

$$k_c = C/\text{ГДК}_g, \quad (1)$$

де  $C$  – концентрація забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг;

ГДК<sub>г</sub> – гранично допустима кількість забруднюючої речовини, мг/кг.

Інтегральний показник поелементного забруднення ґрунту:

$$k_{ci} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ГДК}_{gi}}, \quad (2)$$

де  $C$  – концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини мг/кг;

ГДК<sub>г<sub>i</sub></sub> – гранично допустима концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини мг/кг.

Відповідними санітарно-токсикологічним нормам є ґрунти, для котрих показники  $k_c$  і  $k_{ci}$  не перевершують 1.

Забрудненість ґрунтів своїм наслідком має не тільки порушення зв'язків природних екосистем, а і негативний вплив на стан здоров'я людей. Санітарна оцінка ґрунту здійснюється за спеціальними показниками. В якості основного показника хімічного забруднення використовується **санітарне число** (табл. 4.1.5.2). Санітарне число розраховується як частка від ділення кількості ґрунтового білкового нітрогену в міліграмах в 100 г абсолютно сухого незабрудненого (еталонного) ґрунту до кількості органічного нітрогену в тих же одиницях в ґрунті, який досліджується. В ґрунті, як відомо, утримується певна кількість нітрогену, що входить до складу білкових речовин. При внесенні в ґрунт забруднювачів кількість органічного нітрогену збільшується. Показники незабрудненого ґрунту, перераховані на неорганічний азот, за Фордом, % наступні: загальний вміст азоту – 0,0068; аміак – 0,0057; азотна кислота – 0,0126 [ ].

**Таблиця 4.1.5.2 – Оцінка забруднення ґрунтів за допомогою санітарного числа**

Стан ґрунту	Санітарне число
Практично чистий	0,98-1,00
Слабо забруднений	0,85-0,98
Помірно забруднений	0,70-0,85
Сильно забруднений	< 0,70

Природні процеси (міграція, перетворення, розклад, вимивання, вивітрювання, сонячна радіація, біохімічні процеси) обумовлюють самоочищення ґрунтів. Але захисна здатність ґрунтів до самоочищення має межі, котрі людина не повинна переступати при організації виробничої та господарсько-побутової діяльності. Основними характеристиками ґрунтів щодо самоочищення є час самоочищення, здатність знижувати токсичність забруднюючих речовин. Час самоочищення – інтервал, протягом якого відбувається зменшення масової частки шкідливої речовини на 96% від початкового значення або до його фонового значення. Процес самоочищення ґрунтів займає дуже довгий час – від декілька років до декількох десятків років.

#### **4.1.6 Основні напрямки охорони земельних ресурсів**

В охороні родючості ґрунтів головну роль грає захист їх від забруднення хімічними речовинами. Дуже важливим в цьому відношенні є: правильний вибір мінеральних добрив; помірне використання пестицидів; вдосконалення очисних споруд; рекультивація (відновлення) земель після відкритого засобу видобутку корисних копалин, коли на місці родючих земель утворюються безплідні, позбавлені рослинності «індустріальні пустелі».

Території після видобутку корисних копалин поділяють на 2 групи: а) ділянки з незруйнованим ґрунтом в результаті виїмки ґрунту, б) земельні ділянки з насипним ґрунтом (промислові відходи, відвали шахт – терикони).

Для наступного використання земель під лісові насадження, в сільському господарстві (хліборобстві, садівництві), під водосховища і для використання в житловому і капітальному будівництві потрібна рекультивація земель. Загальні вимоги до рекультивації земель регламентуються ГОСТ 17.5.3.04-83. Рекультивація складається звичайно з двох етапів: гірнотехнічного і біологічного. На першому етапі здійснюється підготовка території, на другому етапі – відновлення порушених раніше земель (укладання знятого раніше поверхневого шару ґрунту, посадка дерев та інше) (рис. 4.1.6.1)

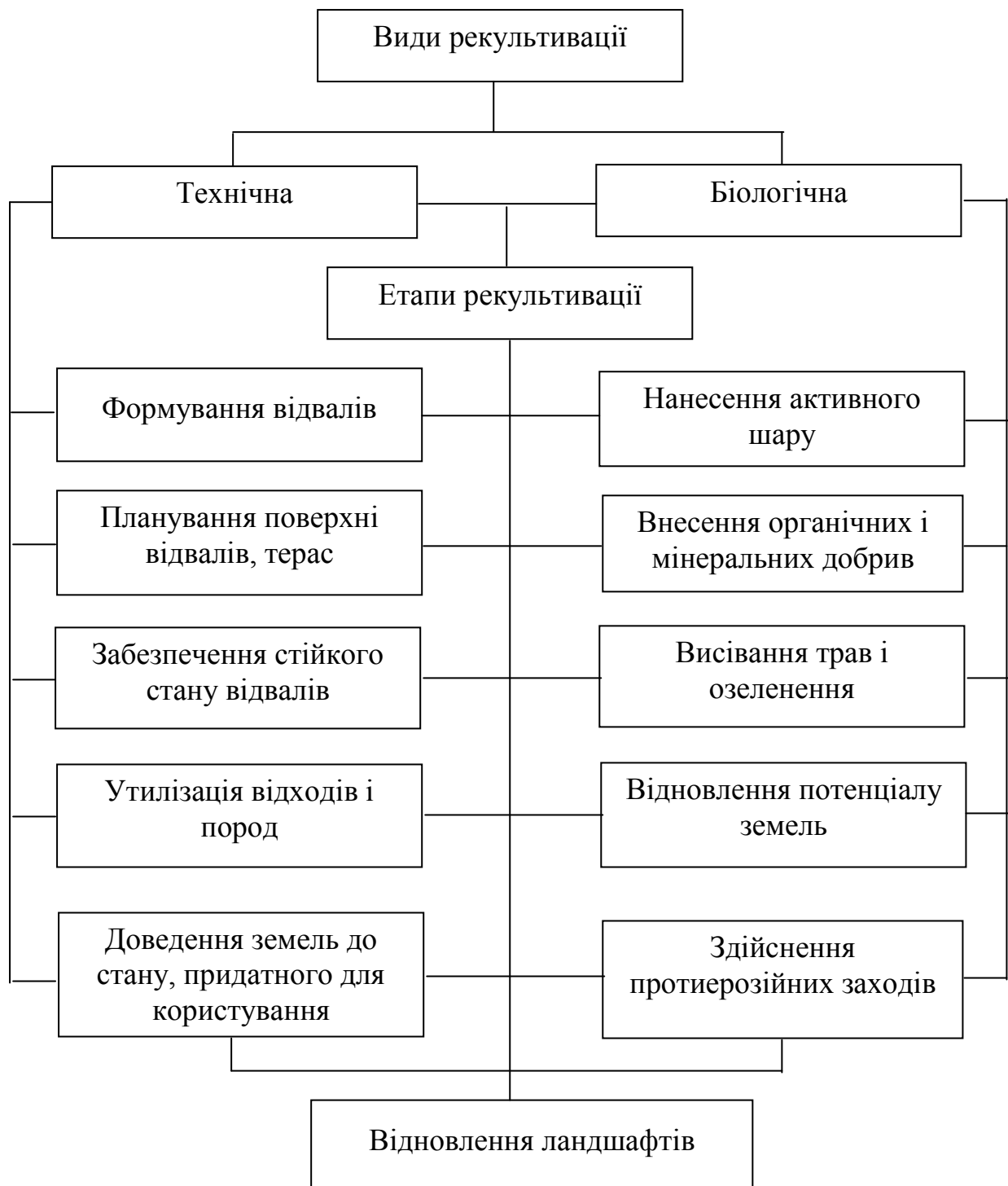


Рисунок 4.1.6.1 – Види та етапи рекультивациі землі

Охорону і раціональне використання земель регулює **Земельний кодекс України**, прийнятий 13 березня 1992 року.

## 4.2 Контрольні питання

- 1 Що включає в свій склад літосфера?
- 2 Проаналізуйте якісний та кількісний склад літосфери.
- 3 Охарактеризуйте основні напрямки раціонального використання мінеральних ресурсів.
- 4 Яку роль ґрунти виконують у біосфері? Значення ґрунтів для господарської діяльності людини.
- 5 Охарактеризуйте основні види ерозії ґрунтів. Наслідки ерозії ґрунтів.
- 6 З чим пов'язане вторинне засолення ґрунтів, наслідки засолення ґрунтів.
- 7 Проаналізуйте, які позитивні і негативні сторони має використання пестицидів та мінеральних добрив у сільському господарстві.
- 8 Чим обумовлена поява «кислотних опадів»? Які наслідки для природного середовища має це явище?
- 9 Наведіть основні проблеми, пов'язані з утилізацією твердих відходів виробництва, побутових відходів.
- 10 Які особливості має нормування забруднювачів ґрунтів, чим це обумовлено?
- 11 Охарактеризуйте основні напрямки охорони земельних ресурсів.

## 4.3 Задачі для самостійного розв'язання

- 1 Визначити ступінь ерозії ґрунту (сильна, середня, слабка), якщо відомо, що за 5 років з площі 10 га родючих земель змито 1350 т ґрунту.
- 2 Негативним наслідком проведення меліоративних робіт на 20 га сільськогосподарських чорноземельних угідь, з утриманням гумусу в ґрунті 5%, було знесення 35 т/га родючих ґрунтових мас за рік, об'єм зруйнованого ґрунту склав 30 м<sup>3</sup>/га рік. Визначити, скільки тон гумусу було знищено за рік, і який час є необхідним для відновлення цих земель природним шляхом; відомо, що 0,5 м шар гумусу природою відновлюється за 4 тис. років.
- 3 Сьогодні придатних для сільського господарства родючих земель на планеті залишилось 2,5 млрд. га. За останнє сторіччя через ерозію ґрунтів у світі було виведено з обороту 23% родючих земель. Визначити, за який час людство втратить придатні для використання землі, якщо не змінить стратегію і тактику природокористування.
- 4 На сільськогосподарських угіддях в якості добрива було використано натрієву селітру (NaNO<sub>3</sub>) із розрахунку 0,2 г на кілограм ґрунту. ГДКг (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)=130 мг/кг. Визначити відповідність ґрунту санітарно-

токсикологічним нормам. За допомогою санітарного числа дати оцінку санітарного стану ґрунту.

5 На території металургійного підприємства у пробі ґрунту, котру була взято для аналізу, знайдено важкі метали: свинець, хром, кобальт, цинк у кількостях (г/кг) відповідно 0,045; 0,009; 0,010; 0,025. Визначити відповідність проби ґрунту санітарно-токсикологічним нормам за інтегральним показником і позначити ступінь забруднення ґрунту.

токсикологічним нормам. За допомогою санітарного числа дати оцінку санітарного стану ґрунту.

5 На території металургійного підприємства у пробі ґрунту, котру була взято для аналізу, знайдено важкі метали: свинець, хром, кобальт, цинк у кількостях (г/кг) відповідно 0,045; 0,009; 0,010; 0,025. Визначити відповідність проби ґрунту санітарно-токсикологічним нормам за інтегральним показником і позначити ступінь забруднення ґрунту.

## **5 ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА. МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

### **Реферат**

Екологічна експертиза, мета і задачі. Основні принципи державної екологічної експертизи. Екологічний моніторинг, основні задачі екологічного моніторингу. Основні типи екологічного моніторингу: глобальний, геофізичний, кліматичний, біологічний, екологічний. Засоби і критерії оцінки стану навколишнього середовища.

### **5.1 Теоретичні відомості**

#### **5.1.1 Екологічна експертиза, мета і задачі**

Вперше розробку системи екологічної експертизи навколишнього середовища почали промислово розвинені країни, які першими зустрілися з проблемою погіршення стану природи в результаті антропогенної діяльності. Екологічна експертиза почала проводитися з 1965 року в Японії, з 1970 року – в США, з 1973 року – в Канаді, з 1976 року – у Франції та Іспанії, з 1977 року – в Нідерландах, з 1979 року – в Китаї, в колишньому СРСР експертні комісії при Держкомприроді були створені в 1988 році.

В Україні комплексне вирішення еколого-експертних проблем здійснює Управління державної екологічної експертизи, що в якості структурного підрозділу входить до Міністерства навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України (Мінекобезпеки України). Мінекобезпеки України проводить державну екологічну, науково-технічну та економічну політику, спрямовану на збереження та відтворення безпечного для існування живої та

неживої природи навколишнього середовища. В Україні важливим актом забезпечення екологічних прав людини став Закон “Про охорону навколишнього природного середовища” від 25 червня 1991 року. Даний закон передбачає систему гарантій екологічної безпеки людини, вносить упорядкованість в систему управління в галузі природокористування.

Основна мета екологічної експертизи - ще на стадії проектування спрогнозувати потенційну небезпеку господарської діяльності і оцінити **достатність** мір, що намічаються, для раціонального використання природних ресурсів, охорони навколишнього середовища і здоров'я населення.

Згідно з оцінкою американських експертів, відвертання забруднення навколишнього природного середовища на стадії розробки проектної документації обходиться в 4-5 разів дешевше, ніж ліквідація наслідків екологічно необґрунтованих рішень.

Екологічна експертиза ставить перед собою такі задачі:

- державний перспективний контроль якості природного середовища і природокористування,
- здійснення комплексного еколого-соціально-економічного розгляду документації, що обґрунтовує будь-яку господарську діяльність на території держави, для оцінки допустимості і безпеки намічених рішень.

Державна екологічна експертиза базується на принципах: обов'язковості, наукової відповідальності, законності, гласності, участі громадськості, незалежності від відомств.

Ведучим є **принцип обов'язковості** проведення екологічної експертизи для всіх підприємств. Гарантія обов'язковості проведення екологічної експертизи забезпечується неможливістю відкриття фінансування робіт за проектами і програмами без позитивного відгуку екологічної експертизи.

Об'єктами екологічної експертизи являються: проекти стандартів, технічних і правових норм; проекти програм; проекти будівництва і розміщення підприємств; техніка і технології; сировина і матеріали; продукція; хімічні речовини.

Різноманітні типи екологічної експертизи мають свої особливості, так експертиза технології передбачає маловідходність процесу в порівнянні з розробленими нормативами, а експертиза техніки – визначення ступеня її ресурсоемності і екосумісності з навколишнім середовищем. Наприклад, звичайний гусеничний транспорт не придатний до робіт в тундровій зоні, оскільки руйнує мохово-лишайниковий покрив, на відновлення якого потрібні десятиріччя. В тундрі і лісотундрі Таймиру всюдиходами при будівництві газопроводів і ЛЕП було пошкоджено більш ніж 770 тис. га оленевих пасовищ. В Канаді для робіт в тундрі використовуються всюдиходи на повітряних подушках, завдяки яким після 20-разового проїзду залишається лише слабо помітний слід. За результатами екологічної експертизи підприємства складається екологічний паспорт підприємства. Метою екологічної паспортизації підприємства згідно з ГОСТ 17.0.0.04-90 “Екологічний паспорт промислового підприємства” є, по-перше, встановлення кількісних та якісних

характеристик природокористування (сировини, палива, енергії), а також кількісних та якісних характеристик забруднення природного середовища викидами, стоками, відходами, випромінюваннями; по-друге – отримання питомих показників природокористування та забруднення довкілля підприємством, котрі дозволяють аналізувати використовувані підприємством технології та обладнання порівняно з кращим світовими взірцями, а також відомості про шкоду, що завдається підприємством.

### 5.1.2 Екологічний моніторинг

Екологічний моніторинг (контроль) – це комплекс наукових, технічних, технологічних, організаційних та інших заходів, що забезпечують систематичний контроль за станом і тенденціями розвитку природних і техногенних процесів.

Цей термін з'явився перед проведенням Стокгольмської конференції ООН з охорони навколишнього середовища (червень 1972 р.) в доповнення поняттю «контроль». Великий внесок у розробку теорії моніторингу мають праці І. П. Герасимова, Ю. А. Израель, В. Д. Федорова.

Основні задачі екологічного моніторингу:

- спостереження за станом біосфери,
- оцінка і прогноз стану природного середовища,
- виявлення чинників і джерел антропогенного впливу на навколишнє середовище.

В залежності від рівня природної системи, яка підлягає дослідженню і спостереженню, екологічний моніторинг можна поділити на основні типи: глобальний (біосферний), геофізичний, кліматичний, біологічний, екологічний.

При організації наземного моніторингу навколишнього середовища І.Т. Герасимов запропонував розрізняти три ступеня моніторингу (табл. 5.1.2.1).

При аналізі системи моніторингу видно, що на першому ступені головна увага приділяється спостереженню за станом навколишнього середовища з точки зору його впливу на здоров'я населення. Дослідження на першому ступені моніторингу здійснюються за допомогою систем спостережних постів і санітарно-гігієнічних служб.

На другому ступені - основним об'єктом спостережень й контролю виступають природно-територіальні комплекси.

Основна задача третього ступеня моніторингу – спостереження за глобальними параметрами навколишнього середовища з метою оцінки наслідків змін у навколишньому середовищі для здоров'я і діяльності людей. Основу мережі глобального моніторингу складають біосферні станції, котрі включають як біосферні заповідники, так і зони антропогенних впливів.



Вивчення і моніторинг навколишнього середовища повинні давати вчасну інформацію про те, де, як і з якою інтенсивністю змінюється біосфера під впливом техногенезу і природних чинників, що шкодять людині, тваринному і рослинному світу сьогодні, і які наслідки зміни біосфери очікуються в майбутньому.

Таблиця 5.1.2.1 - Системи наземного моніторингу навколишнього середовища (за Герасимовим І. П.)

Ступені моніторингу	Об'єкти моніторингу	Характерні показники моніторингу
I Біоекологічний (санітарно-гігієнічний)	Приземний шар повітря Поверхневі і ґрунтові води, промислові і побутові стоки та різноманітні викиди Радіоактивне випромінювання	ГДК токсичних речовин у повітрі ГДК токсичних речовин у воді  Граничний ступінь радіовипромінювання
II Геосистемний (природогосподарський)	Види рослин і тварин, що зникають Природні екосистеми Агроекосистеми.  Лісові екосистеми	Популяційний стан видів  Структура і порушення екосистем Урожайність сільськогосподарських культур Продуктивність лісових насаджень
III Біосферний (глобальний)	Атмосфера  Гідросфера  Рослинний та ґрунтовий покрови, тваринний світ	Радіаційний, тепловий баланс, склад і запиленість атмосфери Забруднення рік і водосховищ, кругообіг води на континентах Глобальні характеристики стану ґрунтів, рослинного покриву і тваринного світу. Глобальні кругообіги і баланс CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> та інших речовин

### 5.1.3 Засоби і критерії оцінки стану навколишнього середовища

При оцінці стану навколишнього середовища застосовують дві групи засобів: дистанційні і наземні.

До дистанційних засобів відноситься: багатозональна зйомка в оптичному діапазоні, зйомка в короткохвильовому і довгохвильовому діапазонах спектра.

Дистанційні засоби застосовуються в космічному моніторингу.

Слід відзначити такі особливості і позитивні сторони дистанційних засобів:

- можливість спостереження за великими просторами (можна реєструвати глобальні і регіональні особливості природи Землі);
- можливість отримання однотипової інформації про важкодоступні райони планети;
- миттєвість зображення великих площ, що зводить до мінімуму вплив різноманітних чинників;
- можливість отримання інформації комплексного характеру, що дає можливість використання цієї інформації для вивчення складних процесів взаємодії компонентів природи.

Наземні засоби дослідження, поряд з дистанційними, грають важливу роль в оцінці стану навколишнього середовища. До них відноситься: геофізичний засіб, що полягає у вивченні процесів надходження і перетворення речовини і енергії в гео- і екосистемах на основі використання балансового підходу. В ході спостережень визначають елементи радіаційного, теплового і водного балансів, досліджують тепло- і вологообмін між компонентами природного середовища, його вплив на продуктивність екосистем. Порівняння структури балансів зміненої і непорушеної територій дозволяє виявити напрямлення і ступінь змін.

Геохімічний засіб полягає у вивченні функціонування природних систем за допомогою аналізу міграції хімічних елементів. В даному разі вивчається надходження у навколишнє середовище елементів природним шляхом і в результаті господарської діяльності людини, виявляється інтенсивність водної і повітряної міграції хімічних елементів, аналізується біологічний кругообіг елементів і його зміни під впливом техногенеза.

Геохімічний засіб дає можливість визначити закономірності зміни хімічного складу навколишнього середовища, виявити напрямки потоків забруднюючих речовин, визначити спроможність природних систем до самоочищення.

Індикаційний засіб – це засіб, що засновується на можливості визначення стану одного об'єкта порівняно зі станом іншого об'єкта. Ведучу роль у даному випадку грає біоіндикація, а головним біоіндикатором виступає рослинний покрив. Він дозволяє виявити зміни за чотирма ознаками: фізіологічному, морфологічному, фітоценотичному і флористичному. Не менш важливими

індикаторами є показники, що характеризують тваринний світ: структура популяцій, особливості розмноження, динаміка чисельності видів.

Оцінка навколишнього середовища припускає порівняння його стану з певними нормами. В якості критеріїв можуть виступати показники природного непорушеного стану природних комплексів або фонові параметри середовища. Для оцінки навколишнього середовища розробляються нормативні показники, що характеризують міру можливого впливу людини на природу.

Нормативні показники встановлюються на основі спеціальних досліджень або в результаті експертних оцінок. Оскільки нерідко неможливо технологічно виключити викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище, вводяться норми гранично допустимих концентрації (ГДК) шкідливих речовин.

Всі існуючі норми ГДК являють собою компроміс між допустимим і реально існуючим рівнем забруднення навколишнього середовища. В практиці моніторингових спостережень використовуються дві основні групи нормативних показників: санітарно-гігієнічні і екологічні.

Один із засобів сумарної оцінки стану території – це розрахунок екологічної цінності об'єкту.

Під **екологічною цінністю** об'єкта розуміється потенційна корисність об'єкта, її величина обернено пропорційна зустрічаємості. Допускається, що територія, яка оцінюється, має деяку сукупність властивостей, імовірність спостереження кожної з яких дорівнює:

$$p_i = N_{ij} / N_j, \quad (1)$$

де -  $N_{ij}$  – число об'єктів із властивістю  $i$ ,

$N_j$  – загальне число об'єктів означеного класу.

Загальна екологічна цінність (ЕЦ)  $n$ -ої території визначається за формулою:

$$ЕЦ_n = \sum_{i=1}^k \log p_i \quad (2)$$

**Санітарно-гігієнічні показники.** Санітарно-гігієнічні показники встановлюють згідно з вимогами екологічної безпеки населення. До них, в першу чергу, відносяться ГДК речовин, що забруднюють повітря, воду, ґрунт і продукти живлення. Існують нормативи допустимої кількості речовин різноманітного походження у різноманітних середовищах. Тільки ГДК хімічних речовин у водосховищах встановлено для 1550 речовин, а в атмосферному повітрі - для більш ніж 450, в ґрунті – для більш ніж 100. Оскільки число показників ГДК дуже велике, виникає необхідність утворення переліку найбільш важливих речовин, що підлягають обов'язковому контролю в процесі моніторингу. В ході цих досліджень повинно враховуватися: по-перше, наскільки масовий характер мають викиди і наскільки розповсюджуються забруднюючі речовини. До таких відносяться:  $SO_2$ , пил,  $CO$ ,  $CO_2$  – для атмосфери, нафтопродукти, феноли, сполучення важких металів – для поверхневих вод, пестициди – для ґрунтів. По-друге, спостереженням повинні

підлягати найбільш токсичні сполучення, незважаючи на те, що абсолютні значення ГДК для них надто низькі. В повітрі ГДК таких сполучень не перевищує 5 мкг/ м<sup>3</sup> (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, сірчистий ангідрид, свинець, ацетофенон та інші), у водосховищах – 2 мкг/ л (солі берилію і ртуті, феноли).

Для більш повної оцінки якості середовища також використовуються критерії, котрі характеризують гранично допустиме екологічне навантаження ГДЕН, яке підприємство здійснює на навколишнє середовище в одиницю часу,: для води – це ГДС – гранично допустимий скид шкідливих речовин, г/с, г/год; для повітря – ГДВ – гранично допустимий викид, г/с, т/рік. Ці величини повинні обов'язково входити до екологічного паспорта кожного підприємства.

#### **Розрахунок гранично допустимих скидів у водойми**

ГДС визначають для всіх категорій водокористування за формулою:

$$\text{ГДС} = q_{\text{ст}} * C_{\text{ст}}, \quad (3)$$

де  $q_{\text{ст}}$  - витрати стічних вод, м<sup>3</sup>/год;

$C_{\text{ст}}$  – концентрація речовин у стічних водах, г/м<sup>3</sup>.

Величина концентрації  $C_{\text{ст}}$  шкідливих речовин при скиді стічних вод у межах міста не повинна перевершувати ГДК даних речовин, які встановлені для місць водокористування.

Концентрацію твердих часток в стічних водах  $C_{\text{т ст}}$  визначають, виходячи з величини концентрації завислих речовин у водному об'єкті до місця скиду  $C_{\text{т}}$ , за формулами (4, 5, 6):

- для господарсько-питтєвого водокористування

$$C_{\text{ст}} \leq C_{\text{т}} + 0,25 \text{ (мг/л)}; \quad (4)$$

- для рибогосподарських цілей та культурно-побутового водокористування:

$$C_{\text{ст}} \leq C_{\text{т}} + 0,75 \text{ (мг/л)}; \quad (5)$$

- при утриманні природних мінеральних завислих речовин більш ніж 30 мг/л концентрація завислих часток для всіх видів водокористування повинна відповідати співвідношенню:

$$C_{\text{ст}} \leq 1,05 * C_{\text{т}} \text{ (мг/л)}. \quad (6)$$

Величину ГДС за мінеральним складом визначають за формулою (3) для господарсько-питтєвого водокористування при концентрації мінеральних речовин по сухому остатку  $C_{\text{ст}}$  не більш ніж 1000 мг/л. При цьому концентрація хлоридів не повинна перевершувати 350 мг/л, а сульфатів – 500 мг/л.

Величину ГДС за повним біохімічним витрачанням кисню (БВК<sub>повн</sub>) також визначають за формулою (3). Концентрація в стічній воді  $C_{\text{ст}}$  за БВК<sub>повн</sub> при 20°C не повинна перевершувати 3 мг/л при господарсько-питтєвому та

рибогосподарському водокористуванні і 6 мг/л – при культурно-побутовому водокористуванні.

#### **Розрахунок гранично допустимих викидів для повітря**

ГДВ для промислового об'єкта з одним джерелом викиду шкідливостей розраховується за допомогою формули (7):

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_{\phi}) H^2 \sqrt[3]{Q \Delta T}}{A K_F m n}, \quad (7)$$

где  $C_{\phi}$  – фоновая концентрация забруднюючої речовини, мг/м<sup>3</sup>;

ГДК – гранично допустима концентрация цієї речовини, мг/м<sup>3</sup>;

H – висота джерела викиду, м;

Q – об'єм викиду газоповітряної суміші за одиницю часу, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta T$  – різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається і температурою навколишнього повітря, °C;

A – кліматичний коефіцієнт, який характеризує місце розташування промислового об'єкта, для території України дорівнює 160;

$K_F$  – коефіцієнт, який залежить від виду палива: для газів – 1, для пилу – 2,5...3,0;

m, n – безрозмірні коефіцієнти, які залежать від умов виходу газової суміші із устя джерела: m = 0,4...1,2; n = 1...3.

**Ступінь забруднення** навколишнього середовища оцінюється за такими показниками як: кратність перевищення ГДК, ГДС і ГДВ; клас небезпеки (токсичності) речовин; допустима повторюваність концентрації заданого рівня; кількість хімічних елементів і сполучень.

У випадку одночасної присутності декількох забруднюючих речовин використовуються сумарні показники. При наявності речовин з однаковим ступенем шкідливості **сумарний показник забруднення**  $C_s$  визначається за формулою (8):

$$C_s = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК}, \quad (8)$$

де  $C_i$  – фактична концентрация і-го забруднювача у відповідних одиницях виміру: мг/м<sup>3</sup> - для забруднювачів повітря, мг/л - для забруднювачів води, мг/кг - для забруднювачів ґрунтів. ГДК – гранично допустима концентрация кожної шкідливої речовини у відповідних одиницях виміру.

В процесі моніторингу слід враховувати, що санітарно-гігієнічні показники лише частково відповідають своєму призначенню, бо ГДК територіально не диференційовані, вони не враховують вплив реальної ландшафтної ситуації. Наприклад, ртуть, що потрапляє у повітря і ґрунт у вигляді неорганічних сполучень, при невеликій концентрації не становить великої небезпеки. Однак у воді ртуть та її неорганічні сполучення переходять у високотоксичну метильовану форму, токсичність якої в 30-100 раз більше.

Санітарно-гігієнічні норми, які встановлені виходячи з впливу різноманітних речовин на організм людини, не враховують реакцію на них інших організмів. Забруднення, що є допустимим для людини, може призвести до порушення стану багатьох видів рослин і тварин та екосистем в цілому. Тому для оцінки стану природного середовища поряд з ГДК використовують і екологічні критерії.

**Екологічні критерії.** Екологічні критерії – це міра, за допомогою якої оцінюється антропогенний вплив на екосистеми і ландшафти, коли основні функціонально-структурні характеристики екосистем (продуктивність, інтенсивність біотичного кругообігу, видова різноманітність, стійкість та інші) не виходять за межі природних змін.

Виділяють дві основні групи екологічних показників: покомпонентні і комплексні.

До **покомпонентних показників** відносяться індикатори стану повітря, вод, ґрунтів і біогеоценотичного покриву в цілому. Особливе місце в цьому ряду займають біоіндикатори.

В якості екологічних показників першої групи виступає життєздатність і продуктивність видів або угруповань, видова різноманітність, присутність або відсутність характерних видів. За змінами цих показників можна з великою імовірністю встановити зміни у природних комплексах під впливом природних і антропогенних чинників.

До **комплексних екологічних критеріїв** відносяться сумарні (інтегральні) показники, що характеризують природні системи в цілому.

Сумарний показник можна розрахувати за формулою (9):

$$x_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i k_i, \quad (9)$$

де  $n$  - число покомпонентних нормативів,  $x_i$  - норматив стану компонента,  $k_i$  - ваговий компонент нормативу.

До інтегральних показників можна віднести: інтенсивність біотичного кругообігу речовини та енергії (визначається як відношення маси щорічної біологічної продукції до загальної маси біоценозу), енергетико-речовинний баланс природних систем, стан здоров'я населення (динаміка дитячої смертності, захворюваність дітей і дорослих, природжені аномалії розвитку новонароджених).

### 5.3 Контрольні питання

- 1 Наведіть основні задачі екологічної експертизи. Визначте основну мету екологічної експертизи.
- 2 Охарактеризуйте основні принципи, на яких базується екологічна експертиза.
- 3 Який принцип екологічної експертизи є ведучим? Перелічте об'єкти, які підлягають екологічній експертизі.
- 4 Що є метою екологічної паспортизації підприємств?
- 5 Дайте визначення поняття «екологічний моніторинг», наведіть основні задачі екологічного моніторингу.
- 6 Наведіть і охарактеризуйте основні типи екологічного моніторингу.
- 7 Охарактеризуйте основні ступені наземного моніторингу за І.П. Герасимовим, об'єкти їх досліджень, задачі.
- 8 Що є об'єктами досліджень біоекологічного, геосистемного та біосферного моніторингу?
- 9 Наведіть основні засоби оцінки стану навколишнього середовища.
- 10 З якими цілями використовуються дистанційні засоби оцінки стану довкілля?
- 11 Наведіть основні типи наземних засобів дослідження за станом навколишнього середовища.
- 12 Чим обумовлюється екологічна цінність об'єкту?
- 13 Охарактеризуйте основні групи нормативних показників, які використовуються для оцінки ступеня забруднення атмосферного повітря, водойм та ґрунтів.
- 14 З якою метою санітарно-гігієнічні і екологічні показники використовуються у практиці моніторингових спостережень за станом навколишнього середовища?
- 15 За допомогою яких критеріїв оцінюють гранично допустиме екологічне навантаження на водні та повітряні природні середовища?
- 16 З якою метою використовуються екологічні критерії для оцінки стану навколишнього середовища? Які дві основні групи екологічних показників Вам відомі?

## 5.4 Задачі для самостійного розв'язання

1 Скид стічних вод підприємства, що проектується, має здійснюватися у межах населеного пункту у ріку, яка використовується для нецентралізованого господарсько-питтєвого водопостачання. При аналізі стічних вод підприємства встановлено об'єми скиду стічних вод  $q_{ст} = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$  і показники складу стічних вод:

- утримання завислих часток – 60 мг/л;
- мінеральний склад за сухим остатком – 350 мг/л, у тому числі – для хлоридів – 220 мг/л; для сульфатів – 100 мг/л;
- біохімічне витрачання кисню (БВК<sub>повн</sub>) – 80 мг/л;
- свинець – 2,0 мг/л, ГДК = 0,1 мг/л;
- бензол – 1,5 мг/л, ГДК = 0,5 мг/л;
- нітрохлорбензол – 0,3 мг/л, ГДК = 0,05 мг/л.

Встановлено, що природне утримання завислих часток у воді дорівнює 42 мг/л. Загальні вимоги до складу стічної води повинні задовольнятися по першим трьом показникам, а за ГДК – по останнім трьом. Дати оцінку підприємства за санітарно-гігієнічними показниками (ГДС та ГДК).

2 Промисловий об'єкт викидає шкідливий газ  $\text{SO}_2$ . Об'єм газоповітряної суміші, яка виходить з одиничного джерела за одиницю часу, дорівнює  $500 \text{ м}^3/\text{с}$ ; температура викиду  $120^\circ\text{C}$ . Фонова концентрація  $\text{SO}_2$  в населеному пункті складає  $0,02 \text{ мг}/\text{м}^3$ . Висота димової труби 100 м, безрозмірні коефіцієнти, які характеризують підйом факела над трубою, дорівнюють:  $m = 0,8$ ;  $n = 1,0$ . Розрахувати величину ГДВ  $\text{SO}_2$  для даного об'єкта.

## 6 ПРИНЦИПИ БЕЗВІДХІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

### Реферат

Ресурсний цикл: визначення, основні етапи. Раціональне природокористування: поняття, основні принципи. Відтворення природних ресурсів. Поняття про екологізацію суспільного виробництва. Напрямки раціонального використання природних ресурсів. Безвідходні технології: визначення, основні принципи.

### 6.1 Теоретичні відомості

#### 6.1.1 Поняття про ресурсний цикл

Для того, щоб отримати необхідну продукцію людина повинна знайти і здобути корисні копалини, перевезти їх до місць переробки, обробити відповідним чином і, нарешті, отримати кінцевий продукт. Тобто людина



повинна включити природні ресурси у виробничий (ресурсний) цикл, який інакше можна назвати антропогенний або техногенний кругообіг речовини та енергії.

Під **ресурсним циклом**, таким чином, розуміють сукупність перетворень і просторових переміщень певної речовини або групи речовин на всіх етапах використання його людиною: розвідування корисних копалин, витяг з природного середовища, виділення речовини, переробка, підготовка до експлуатації, перетворення в потрібну продукцію, повернення у природу.

Слово «цикл» припускає замкненість процесу. В природі всі хімічні речовини (вода, газ, метали) переміщуються в замкненому колі. Однак ресурсний цикл фактично не є замкнутим. Справді, якщо поглинений рослинами вуглець у складі  $\text{CO}_2$  вертається до атмосфери при диханні тих же рослин, тварин і мікроорганізмів, то кам'яне вугілля (той же вуглець), здобутий, перевезений до підприємства, перероблений, назад в місце розташування не повертається.

Техногенний кругообіг речовини можна уявити схемою відображеною на рисунку 6.1.1.1.

В даній схемі:

С – первинна сировина (природні ресурси).

П – продукція.

В – відходи. Відходи виробництва – залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, що утворилися при виробництві продукції і втратили повністю або частково вихідні споживчі властивості. Відходи споживання – вироби і матеріали, які втратили свої споживчі властивості в результаті фізичного або морального зносу.

ВМР– вторинні матеріальні ресурси – це сума відходів виробництва і відходів споживання.

Р – розсіювання речовини у навколишньому середовищі (втрати).

ВС– вторинна сировина – це вторинні матеріальні ресурси, що в нинішній час можуть повторно використовуватися в народному господарстві.

НВ – відходи, що не утилізуються, та частина вторинних матеріальних ресурсів, для яких в нинішній час відсутні умови використання.

При існуючому виробництві співвідношення матеріальних потоків у техногенному кругообігу таке:  $\text{П} \ll \text{С}$  і  $\text{III} \ll \text{I}$ , при розвиненому кругообігу речовини співвідношення матеріальних потоків буде:  $\text{П} \approx \text{С}$ ,  $\text{III} > \text{I}$ . Отже, для вдосконалення ресурсного циклу необхідне зниження відходів на кожному з його етапів.

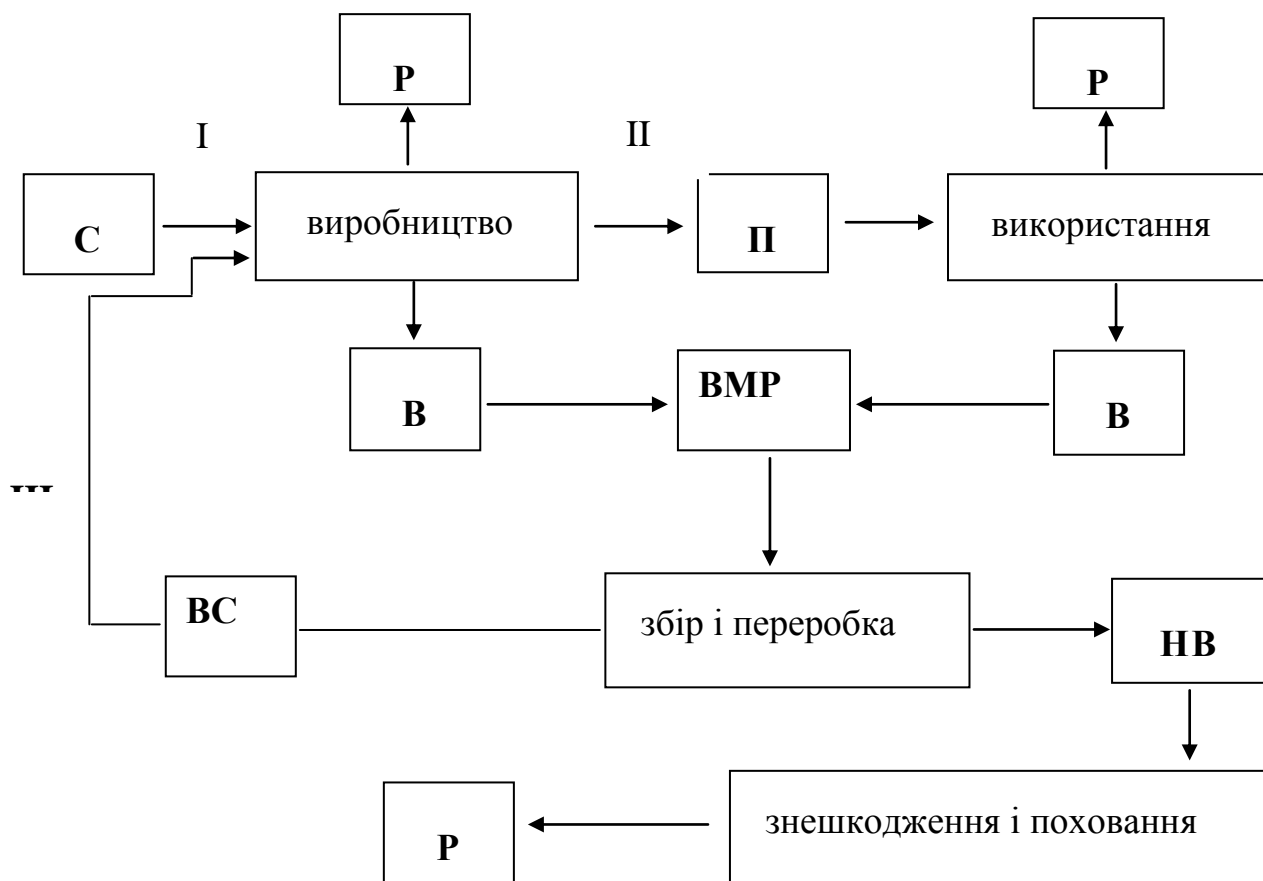


Рисунок 6.1.1.1 – Схема техногенного кругообігу речовини

### 6.1.2 Раціональне природокористування

На протязі всієї історії людства процес використання природних ресурсів був стихійним. Помилкова оцінка природних ресурсів, як невичерпних, породила споживче відношення до природи, що призвело до ускладнення екологічної обстановки.

Про раціональне використання природних ресурсів почали серйозно міркувати лише в останні декілька десятиріч. **Раціональне природокористування** - це такий вплив на природні ресурси, при якому вони залишаються стабільними або змінюються в заздалегідь передбаченому напрямку і масштабах.

Існуюча екологічна ситуація потребує повної заміни споживчого використання природних ресурсів на раціональне природокористування.

Характерними рисами раціонального природокористування є: планованість, науково обґрунтоване перетворення навколишнього середовища, комплексне використання не відновлюваних ресурсів в циклі «виробництво – споживання - вторинні ресурси», збереження і відтворення відновлюваних природних ресурсів.

### 6.1.3 Відтворення природних ресурсів

Під відтворенням природних ресурсів розуміють: з одного боку, відновлення зміненої в результаті антропогенних впливів якості цих ресурсів, з іншого боку, відновлення кількості використаних природних ресурсів, а також збереження ресурсів з метою підтримання в природних комплексах процесів самовідновлення природних ресурсів.

Розглянемо відновлення природних ресурсів на прикладі найбільш розповсюджених їх видів.

Відтворення водних ресурсів – це стабілізація якості води у водосховищах за хімічним складом і тепловим режимом, а також кількості води у водосховищах. Цього можна досягти завдяки таким заходам як:

- зниження споживання води для господарської діяльності людей за рахунок широкого розвитку оборотних циклів водокористування,
- повна очистка стічних вод,
- охолодження стічних вод,
- відновлення і очистка русел малих рік і джерел,
- розширення насаджень лісу вздовж русел рік і водосховищ,
- накопичування вод у штучних водосховищах і водоймищах з використанням атмосферних опадів і розталих вод,
- уникнення забруднення поверхні вод нафтопродуктами та іншими органічними речовинами і поліпшення умов газообміну між водою і атмосферою.

Відтворення атмосферного повітря – це стабілізація в ньому концентрації кисню і двооксиду вуглецю, забезпечення прозорості повітря, зменшення кількості аерозолів антропогенного характеру.

Стабільність хімічного складу повітря досягається за рахунок збереження наземних зелених рослин і фітопланктону гідросфери. Стабілізація фізичних властивостей здійснюється завдяки очистці газів, що відходять від промислових об'єктів, а також вихлопних газів автотранспорту.

Відтворення рослинного світу – це збільшення площ зайнятих зеленими насадженнями сприятливе регулюванню вмісту  $O_2$  і  $CO_2$  в атмосферному повітрі, перехід від хімічних до біологічних засобів захисту рослин від шкідників і хвороб.

Відтворення ґрунтів можливе завдяки припиненню ерозії ґрунтів за рахунок проведення меліоративних робіт, рекультивациі земель після їх промислового використання з метою повернення у сільськогосподарський оборот, підвищення родючості ґрунтів (їх продуктивності) за рахунок утворення стійких агроценозів.

Відтворення мінеральних ресурсів на перший погляд не можливе. Мінеральні ресурси (корисні копалини) утворювалися протягом десятків і сотень мільйонів років під впливом різноманітних природних чинників (температури, тиску, дії мікроорганізмів). Однак, якщо штучно відтворити деякі умови, можна прискорити утворення деяких ресурсів (наприклад, виробництво

рідких і газоподібних палив з рослинних ресурсів, отримання штучних алмазів, рубінів, графіту та інші.).

Відтворення природних ресурсів допомагає вирішувати не тільки сировинну проблему, але і загальну екологічну – завдяки екологізації суспільного виробництва.

Екологізація суспільного виробництва – це комплекс заходів, що включає в себе раціональне використання природних ресурсів на всіх стадіях їх переробки, ощадливе використання (охорону) і відтворення природних ресурсів, різке зменшення кількості відходів і оптимізацію їх якості, раціональне розміщення продуктивних сил, а також екологізацію мислення технічних робітників.

#### **6.1.4 Напрямки раціонального використання природних ресурсів**

Раціональне природокористування здійснюється в двох напрямках. Перший напрямок - зниження матеріаловикористання на основі вдосконалення технологій і організації виробництва, вдосконалення техніки; другий - підвищення ступеня використання сировини за рахунок розвитку маловідходних і безвідходних виробництв

Раніше був розповсюджений «очисний» напрямок, як засіб зниження шкідливого впливу викидів виробництва на довкілля (розвиток очисних споруд, ізоляція відходів від навколишнього середовища). При цьому витрати на охорону навколишнього середовища різко зросли. Це дозволило стабілізувати, а в деяких випадках навіть знизити викиди забруднюючих речовин, але вимагало дорогих заходів. Так, вартість електрофільтрів для очистки газів теплової енергетики від пилу з ефективністю 90; 99 і 99,9% росте у співвідношенні 1: 2: 4. Можливості очисної технології ще не вичерпані, але їй в подальшому не може відводитися пріоритетна роль тому, що уловлювання викидів не вирішує проблеми відходів. Відходи утворюються, але переходять в менш небезпечну для навколишнього середовища форму або переміщуються з одного природного комплексу в інший.

В нинішній час повинна отримати розвиток стратегія «відходоспоживання», основана на ефективному використанні відходів в якості вторинної сировини. Так, за розрахунками фахівців 80% будівельних матеріалів можна виробляти з відходів, при цьому собівартість продукції знижується на 10-15% і покращується екологічна ситуація. Але і це не вирішує проблему повністю: кількість відходів перевищує можливості їх споживання, а витрати на утилізацію надмірно високі. Тому головним повинен бути напрямок екологізації виробництва такий як розробка маловідходних та безвідходних технологій.

### **6.1.5 Маловідходні та безвідходні технології, визначення, основні принципи**

Безвідходна технологія має своєю основою принципи існування екологічних систем. В екосистемах енергія та речовини витрачаються економно і відходи одних організмів є важливішою умовою існування інших. Принципово новий напрямок розвитку виробництва повинен засновуватися на циклічності використання речовини та енергії.

Найбільш повно поняття «безвідходна технологія» було розкрито в 1979 році на загальноєвропейській нараді із співробітництва в галузі охорони навколишнього середовища. У 1984 році під егідою ООН в Ташкенті було проведено семінар з проблем маловідходних та ресурсозберігаючих технологій.

**Безвідходна технологія** – це засіб виробництва продукції, коли найбільш раціонально і комплексно використовується сировина та енергія у циклі **«сировинні ресурси – виробництво – споживання – вторинні сировинні ресурси»**, тобто різноманітний вплив на навколишнє природне середовище не порушує його нормального функціонування.

Проміжним етапом є маловідходне виробництво – це такий засіб виробництва, коли шкідливий вплив на навколишнє середовище не перевищує рівня, який задовольняє санітарно-гігієнічним нормам, але при цьому за технічними, організаційними, економічними або іншими причинами частина сировини і матеріалів перетворюється у відходи і направляється на довге зберігання або поховання.

Існує три основних напрямки утворення маловідходних, а в подальшому безвідходних технологій. По-перше, це розробка принципово нових технологічних схем і методів промислового виробництва, які виключають викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище. По-друге, це утворення замкнених технологічних схем з багаторазовим використанням води і технологічних газів. По-третє, це утворення систем переробки відходів виробництва, коли відходи використовуються як вторинні матеріальні ресурси, і організація на цій основі безвідходних територіально-промислових комплексів із замкненою структурою потоків сировини та відходів у межах комплексу.

**Економічна ефективність безвідходних технологій, розрахунок економічних збитків від забруднення навколишнього середовища.** Народногосподарський економічний результат втілення безвідходних технологій має наслідком збільшення річного прибутку і уникнення економічного збитку від забруднення довкілля. Збільшення прибутку у виробництві може бути пов'язане: з отриманням додаткової, а також дефіцитної продукції, яка раніше зовсім не вироблялася; зі збереженням ресурсів (за рахунок використання відходів як вторинної сировини); з економією витрат на розвідування, добування, транспортування природних ресурсів; з ефектом комплексного розвитку регіону, вдосконалення його виробничих сил та інше.

Економічний збиток, якого вдалося уникнути, розраховується за методикою визначення співвідношення економічної ефективності природоохоронних заходів і оцінки економічного збитку, який заподіяно народному господарству забрудненням навколишнього середовища.

Створення безвідходного виробництва – довгий процес, який потребує вирішення найскладніших взаємопов'язаних технологічних, економічних, організаційних, психологічних та інших задач. Але єдина можливість подолання людством сучасної екологічної кризи – це екологізація виробництва – утворення системи нових виробничих структур, які включають принципово нові безвідходні процеси здобування і переробки природних ресурсів, палива; використання екологічно чистих джерел енергії; ресурсозберігаючі та ресурсовідновлюючі технології; виробництва повної утилізації відходів або переробки їх у вторинну сировину чи перетворення у такі форми, які при поверненні у природне середовище не завдають йому будь якої шкоди. Крім того нові промислові структури повинні передбачати відновлення знищених природних ресурсів, утворення у природних комплексах умов для їх самовідновлення.

Економічне обґрунтування природоохоронних та ресурсозберігаючих заходів передбачає порівняння їх еколого-економічних результатів (Р) з витратами, які необхідні для їх здійснення (В). В загальному вигляді чистий (народногосподарський) економічний ефект (Е) – це збільшення середньорічного народногосподарського результату над витратами за річний термін (1):

$$E = P - B, \quad (1)$$

де Е – народногосподарський економічний ефект, млн.у.о./рік;

Р – еколого-економічні результати, від втілення природоохоронних чи ресурсозберігаючих заходів, млн.у.о./рік;

В – витрати, які пов'язані з веденням нових природоохоронних заходів або нових ресурсозберігаючих технологій, млн.у.о./рік.

**Розрахунок економічних збитків (З), у.о./рік, від забруднення довкілля може бути представлений як сума збитків від забруднення атмосферного повітря (З<sub>п</sub>), води (З<sub>в</sub>), та ґрунту (З<sub>г</sub>) за формулою (2):**

$$Z = Z_p + Z_v + Z_g, \quad (2)$$

Збитки від забруднення повітря розраховуються за формулою (3):

$$Z_p = K_1 * K_2 * I_p * m_p, \quad (3)$$

де K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> – безрозмірні коефіцієнти, які враховують розташування підприємства та висоту викиду, відповідно;

$I_{\text{п}}$  – питомий збиток від викиду 1 т забруднюючої речовини у повітря (пил – 120, сірчистий ангідрид – 150, оксиди нітрогену – 250, фтороводень – 1100, вуглеводні – 180, оксид вуглецю – 70), у.о./т;

$m_{\text{п}}$  - маса викиду у повітря, т/рік.

Збитки від забруднення води розраховуються за формулою (4):

$$Z_{\text{в}} = I_{\text{в}} * M_{\text{в}}, \quad (4)$$

де –  $I_{\text{в}}$  - питомий збиток від скидів 1 т забруднюючої речовини у воду, у.о./т, розраховується за формулою (5);

$M_{\text{в}}$  – маса забруднюючої речовини, яка потрапляє у воду, т/рік.

$$I_{\text{в}} = 144 * K * A, \quad (5)$$

де –  $K$  – безрозмірний коефіцієнт, який залежить від водогосподарської ділянки, куди скидаються води підприємством (для водойм басейну Чорного, Азовського, Каспійського морів – 2,0);

$A$  – безрозмірний коефіцієнт, який характеризує відносну небезпечність забруднюючої речовини (завислі частки – 0,05, сульфати – 0,002, хлориди – 0,003, нітроген загальний – 0,1, нафта і нафтопродукти – 20, мідь, цинк та інші важкі метали – 100, аміак, ціаніди, миш'як – 20, стирол – 10).

Збитки від забруднення ґрунту твердими речовинами (6):

$$Z_{\text{г}} = q * I_{\text{г}} * M_{\text{г}}, \quad (6)$$

де -  $q$ - безрозмірний коефіцієнт, який характеризує ґрунти (лісостепи – 0,7, чорноземи – 1,5, зрошувані землі – 3,0);

$I_{\text{г}}$  - питомий збиток від викиду 1 т речовини у ґрунт (неорганічні сполуки – 2, органічні – 3, побутові – 4), у.о./т;

$M_{\text{г}}$  - маса викиду твердих речовин у ґрунт, т/рік.

## 6.2 Контрольні питання

- 1 Що таке «ресурсний цикл»? Охарактеризуйте основні етапи «ресурсного циклу».
- 2 Наведіть основні різниці «ресурсного циклу» від кругообігу речовини та енергії в природних екосистемах.
- 3 Наведіть основні принципи раціонального природокористування.
- 4 Що розуміється під поняттям «відтворення природних ресурсів»? Наведіть засоби відтворення водних ресурсів.
- 5 Чим обумовлено відтворення атмосферного повітря? Ваші пропозиції відносно засобів відтворення атмосферного повітря.
- 6 Наведіть основні засоби відтворення ґрунтів, мінеральних ресурсів.
- 7 Охарактеризуйте основні напрямки раціонального використання природних ресурсів.
- 8 Наведіть основні принципи, на яких базуються маловідходні та безвідходні технології.

## 6.3 Задачі для самостійного розв'язання

1 Обґрунтувати еколого-економічну ефективність ресурсозберігаючих заходів на прикладі введення зворотної системи водозабезпечення на одному з промислових підприємств. Вихідні дані наступні: об'єм водозабору – 6 млн.м<sup>3</sup>/рік; повертання очищеної води – 1 млн.м<sup>3</sup>/рік; безповоротне використання – 5 млн.м<sup>3</sup>/рік. Необхідна кратність розведення повернутих очищених вод – 2,5 (коефіцієнт кратності розведення показує, в скільки разів необхідно розвести очищені скиди, щоб концентрація залишкових забруднювачів не перевершувала ГДК); потреба у воді при прямооточній системі – 20,5 млн.м<sup>3</sup>/рік. Додаткові витрати (В), які зв'язані з введенням в дію поворотного водопостачання – 0,4 млн.у.о./рік; витрати на воду для Донбаського району складають 0,28 у.о./м<sup>3</sup>.

2 Розрахувати економічні збитки, які спричиняє котлоагрегат, що працює на твердому паливі, від забруднення атмосферного повітря викидами, в яких присутній оксид вуглецю (II). Питомий збиток від викиду СО складає 70 у.о./т, за рік маса викиду оксиду вуглецю - 250 т/рік. Підприємство розташовано на території міста з населенням до 100 тис. чоловік ( $K_1 = 0,7$ ). Висота викиду 80 м, в цьому разі  $K_2 = 1,0$ . Запропонувати заходи щодо зменшення екологічного навантаження, яке здійснює підприємство на довкілля.



## Основна література

- 1 Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології. Вид. 2-е, зі змінами. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
- 2 Злобін Ю.А. Основи екології. – К.: «Лібра», ТОВ, 1998. – 248 с.
- 3 Лапин В.Л., Мартинсен А.П., Попов В.М. Основы экологических знаний инженера: Учеб. пособие.- М.: Экология, 1996. – 176 с.
- 4 Экология города: Учебник. Под общ. ред. Стольберга Ф.В., - К.: Либра, 2000. - 464 с.
- 5 Стадницкий Г.В., Радионов А.И. Экология: Учеб. пособие для химико-технологич. вузов. – М.: Высш. школа, 1988. – 272 с.
- 6 Охрана окружающей среды: Учебник для технич. спец. ВУЗов / С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков и др.: Под ред. С.В. Белова. – М.: Высш. школа, 1991. – 319 с.
- 7 Сытник К.М., Брацон. А.В., Гордецкий А.В. Биосфера, экология, охрана природы. – К.: Наукова думка, 1988. –523 с.
- 8 Денисенко Г.Ф., Губонина З.И. Охрана окружающей среды в черной металлургии: Учеб. пособие для СПТУ. – М.: Металлургия, 1989. – 120 с.
- 9 Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: Учеб. пособие для ВУЗов. – М.: Агентство «ФАИР», 1998. – 320 с.
- 10 Проблемы экологии и основные пути их решения / Под ред. В.А. Кудинова. – К.: ИСИО, 1993. – 129 с
- 11 Еленский Ф.З. Экологизация производства и модели безотходных процессов: Учеб. пособие для студ. ВУЗов. – К.: УМК ВО, 1998. – 59 с.
- 12 Лаптев А.А., Приемов С.И., Родичкин И.Л., Шемшученко Ю.С. Охрана и оптимизация окружающей среды. – К.: Лыбидь, 1990. – 256 с.

## Додаткова література

- 1 Одум Ю. Экология. Т. 1 и 2. – М.: Мир, 1986.
- 2 Экология и безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие для вузов/ Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева и др.; Под. ред. Л.А. Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 с.
- 3 Джигирей В.С., Сторожук В.М., Яцюк Р.А. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища (Екологія та охорона природи). Навчальний посібник. Вид. 2-ге, доп. – Львів, Афіша, 2000.– 272 с.
- 4 Реймерс Н.Ф. Азбука природы (микроэнциклопедия биосферы). – М.: Знание, 1980. – 208 с.
- 5 Назарук М.М. Основи екології та соцаекології. – Львів: Афіша, 1999.– 256 с.

- 6 Назарук М.М., Сенчина Б.В. Практикум із основ екології та соціоекології, - Львів: Афіша, 1999. – 116 с.
- 7 Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. – М.: МГУ, 1980. - 464 с.
- 8 Чернова Н.М., Былова А.М. Экология: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по биол. спец. – М.: Просвещение, 1981. – 255 с.
- 9 Справочник необходимых познаний / Под ред. А. Стаценко. – Пермь: «Вся Пермь», «Алгол-Пресс», 1995. – 512 с.
- 10 Перельман А.И. Биокосные системы Земли. – М.: Наука, 1977. – 160 с.
- 11 Лало А.В. Следы былых биосфер. – М.: Знание, 1979. – 176 с.
- 12 Флинт Р.Ф. История Земли. Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1978. – 357 с.
- 13 Матюшин Г.Н. У истоков человечества. – М.: Мысль, 1982. – 144 с.
- 14 Борисовский П.И. Древнейшее прошлое человечества. - Изд. 2-е перераб., доп. – М.: Наука, 1980. – 240 с.
- 15 Резанов И.А. Великие катастрофы в истории Земли. – Изд. 2-е, перераб., доп. – М.: Наука, 1980. – 176 с.
- 16 Кутырин И.М. Охрана воздуха и поверхностных вод от загрязнения. М.: Наука, 1980. – 86 с.
- 17 Реймерс Н.Ф. Охрана природы и окружающей человека среды: Словарь-справочник. – М.: Просвещение, 1992. – 320 с.
- 18 Роберт А. Как спасти землю. Всемирная стратегия охраны природы. – М.: Мысль, 1983. – 172 с.
- 19 Вронский В.А. Прикладная экология: Учеб. пособие для ВУЗов. – Ростов н/Д: Феникс, 1996. – 512 с.
- 20 Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь - справочник. – М.: Наука, 1990.- 637 с
- 21 Бакс К. Богатства земных недр. Пер с нем. / Общ. Ред. Г.И. Немкова.– М.: Прогресс, 1986. – 384 с.
- 22 Ливчак И.Ф., Воронов Ю.В. Охрана окружающей среды. – М.: Стройиздат, 1988. – 180 с.
- 23 Мелешкин М.Т., Степанов В.Н. Промышленные отходы и окружающая среда. – К.: Наукова думка, 1980. – 180 с.
- 24 Максимов М.Г., Оджагов Г.О. Радиоактивные загрязнения и их измерение. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 304 с.
- 25 Яншин А.Л., Мелуа А.И. Уроки экологических просчетов. – М.: Мысль, 1991. – 429 с.
- 26 Бертюк П., Радд Д. Стратегия защиты окружающей среды от загрязнений. – М.: Мир, 1980.
- 27 Сахаев В.Г., Щербицкий Б.В. Справочник по охране окружающей среды. - К.: Наукова думка., 1986. – 148 с.

## ЗМІСТ

1 ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ .....	4
Реферат .....	4
1.1 Теоретичні відомості .....	4
1.1.1 Екологічна криза, джерела її виникнення. Наслідки екологічної кризи .....	4
1.1.2 Екологія: предмет, об'єкт дослідження, мета і задачі. Структура екології .....	8
1.1.3 Основні терміни і визначення .....	9
1.1.4 Кругообіг речовин в природі .....	15
1.1.5 Основи стійкості біосфери .....	18
1.1.6 Основні закони екології .....	20
1.1.7 Природні ресурси, їх класифікація .....	21
1.2 Контрольні питання .....	23
1.3 Задачі для самостійного розв'язання .....	24
2 ГІДРОСФЕРА. ПРОБЛЕМИ ПОВ'ЯЗАНІ З ЇЇ ЗАБРУДНЕННЯМ .....	25
Реферат .....	25
2.1 Теоретичні відомості .....	25
2.1.1 Характеристика гідросфери, її значення .....	25
2.1.2 Водні ресурси, використання водних ресурсів, класифікація .....	26
2.1.3 Якість природних вод .....	28
2.1.4 Промислова водопідготовка .....	30
2.1.5 Стічні води .....	31
2.1.6 Забруднення гідросфери .....	33
2.1.7 Очистка промислових стічних вод .....	37
2.1.8 Шляхи зниження забруднення гідросфери .....	39
2.2 Контрольні питання .....	40
2.3 Задачі для самостійного розв'язання .....	41
3 АТМОСФЕРА. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ .....	42
Реферат .....	42
3.1 Теоретичні відомості .....	42
3.1.1 Газові компоненти атмосфери, її склад, структура і значення .....	42
3.1.2 Джерела і види забруднення атмосфери .....	45
3.1.3 Наслідки забруднення атмосфери .....	47
3.1.4 Захист повітряного басейну .....	48
3.1.5 Характеристика засобів очистки промислових викидів в атмосферу .....	53

3.1.6	Наслідки забруднення атмосферного повітря в Україні ...	58
3.2	Контрольні питання .....	59
3.3	Задачі для самостійного розв'язання .....	60
4	<b>ЛІТОСФЕРА. ВПЛИВ НА ҐРУНТИ АНТРАПОГЕННИХ ЧИННИКІВ. МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ</b> .....	60
	Реферат .....	60
4.1	Теоретичні відомості .....	61
4.1.1	Склад та структура літосфери .....	61
4.1.2	Мінеральні ресурси .....	64
4.1.3	Значення ґрунтів. Вплив на ґрунт різноманітних чинників .....	65
4.1.4	Утилізація відходів .....	71
4.1.5	Нормування забруднювачів ґрунтів .....	72
4.1.6	Основні напрямки охорони земельних ресурсів .....	75
4.2	Контрольні питання .....	77
4.3	Задачі для самостійного розв'язання .....	77
5	<b>ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА. МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</b> .....	78
	Реферат .....	78
5.1	Теоретичні відомості .....	78
5.1.1	Екологічна експертиза, мета і задачі .....	78
5.1.2	Екологічний моніторинг .....	80
5.1.3	Засоби і критерії оцінки стану навколишнього середовища .....	82
5.2	Контрольні питання .....	87
5.3	Задачі для самостійного розв'язання .....	88
6	<b>ПРИНЦИПИ БЕЗВІДХІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ</b> .....	89
	Реферат .....	89
6.1	Теоретичні відомості .....	89
6.1.1	Поняття про ресурсний цикл .....	89
6.1.2	Раціональне природоспоживання .....	90
6.1.3	Відтворення природних ресурсів .....	91
6.1.4	Напрямки раціонального використання природних ресурсів .....	92
6.1.5	Маловідходні, безвідходні технології, визначення, основні принципи .....	93
6.2	Контрольні питання .....	96
6.3	Задачі для самостійного розв'язання .....	96
	Основна література .....	97
	Додаткова література .....	97