Міністерство освіти та науки України
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету

Л. О. Венгер
К. В. Бєлоконь

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ТА СТАЛИЙ РОЗВИТОК

Навчально-методичний посібник
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища»
освітньо-професійної програми «Технології захисту навколишнього середовища»

Затверджено
Вченою радою ЗНУ
Протокол № 8 від 29.01.2026

Запоріжжя
2026

УДК 502/504(075.8)
Б 435

Венгер Л. О., Бєлоконь К. В. Основи екології та сталий розвиток : навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища» освітньо-професійної програми «Технології захисту навколишнього середовища». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2026. 152 с.

У навчально-методичному виданні подано в систематизованому вигляді програмний матеріал курсу «Основи екології та сталий розвиток». Структурно посібник включає в себе зміст лекцій і практичних занять відповідно до силабуса навчальної дисципліни.

Для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Технології захисту навколишнього середовища» денної та заочної форм здобуття освіти.

Рецензент
Д. В. Прутцьков, доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки.

Відповідальний за випуск
Ю. О. Бєлоконь, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки.

Зміст

ВСТУП…….... 6
ЗМІСТ ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ…… 8
ТЕМА 1. ПРЕДМЕТ, ОБ'ЄКТ І СИСТЕМА ОСНОВНИХ ПОНЯТЬ ЕКОЛОГІЇ…….. 8
1.1 Екологія як наука…….. 8
1.2 Рівні організації живої матерії. Галузі і підрозділи екології…….. 12
1.3 Поняття середовища існування. Водне, ґрунтове, повітряне, паразитичне…… 13
1.4 Закони, категорії і методи екології…… 15
1.5 Питання для самоконтролю……... 18
ТЕМА 2. СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО БІОСФЕРУ……... 19
2.1 Склад, межі, властивості і функціонування біосфери……. 19
2.2 Трансформація енергії у біосфері……... 22
2.3 Демографічна проблема…….. 24
2.4 Продовольча проблема…… 24
2.5 Майбутнє суспільства як глобальна проблема…… 25
2.6 Нова майбутня цивілізація…… 26
2.7 Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин……... 26
2.8 Питання для самоконтролю……... 28
ТЕМА 3. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА АТМОСФЕРИ…….. 29
3.1 Загальні відомості про будову атмосфери…… 29
3.2 Фізико-хімічні параметри атмосферного повітря…… 31
3.3 Колообіг речовин в атмосфері……... 33
3.4 Джерела забруднення атмосфери…….. 34
3.5 Наслідки забруднення атмосфери…….. 37
3.5.1 Наслідки глобального характеру…… 37
3.5.2 Наслідки регіонального характеру…… 41
3.5.3 Проблеми локального характеру…… 42
3.5.4 Поняття про «ядерну зиму»…….. 43
3.6 Проблема контролю викиду в атмосферу забруднювальних речовин промисловими підприємствами, поняття ГДК……... 44
3.7 Методи очищення промислових газових викидів…….. 44
3.7.1 Механічне очищення газових викидів…… 45
3.7.2 Фізико-хімічне очищення газових викидів…… 51
3.8 Питання для самоконтролю……... 55
ТЕМА 4. ЕНЕРГЕТИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ……... 56
4.1 Шумове та вібраційне забруднення…….. 56
4.2 Електромагнітне забруднення…… 57
4.3 Радіоактивне забруднення…….. 57
4.4 Захист довкілля від енергетичних забруднень…… 58
4.5 Захист від ультразвуку…… 58
4.6 Захист від вібрації……... 59
4.7 Захист від електромагнітних полів та іонізуючих випромінювань…… 61

4.8 Захист від іонізуючих випромінювань……... 62
4.9 Питання для самоконтролю……... 63
ТЕМА 5. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГІДРОСФЕРИ……..... 64
5.1 Загальні відомості про будову гідросфери……... 64
5.2 Класифікація стічних вод……..... 66
5.3 Захист водного середовища…… 68
5.4 Стадії та види забруднення природних вод…….. 69
5.5 Основні джерела забруднення гідросфери……... 71
5.6 Чинники, що впливають на хімічний склад природних поверхневих вод……... 74
5.7 Очищення виробничих стічних вод…….. 75
5.8 Типова технологія очищення стічних вод…… 85
5.9 Умови скидання стічних вод у водойми…… 85
5.10 Самоочищення води в природі…… 87
5.11 Питання для самоконтролю…… 88
ТЕМА 6. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЛІТОСФЕРИ…… 89
6.1 Механічний склад ґрунту …… 89
6.2 Фазовий склад ґрунту…… 90
6.3 Хімічні процеси в ґрунті…….. 90
6.4 Причини втрат ґрунтів…… 91
6.5 Контроль і управління якістю ґрунтів……... 95
6.6 Питання до самоконтролю…… 97
ТЕМА 7. БІОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВІД ПРОМИСЛОВИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА…… 98
7.1 Пасивний транспорт (перенос)……... 101
7.2 Активний транспорт……..... 102
7.3 Кількісні аспекти пасивної дифузії……... 103
7.4 Ферментативний розклад речовин забруднювачів…….. 104
7.5 Обладнання для здійснення процесу біологічного очищення…… 105
7.6 Біологічний розклад твердих відходів…….. 110
7.7 Питання до самоконтролю……. 111
ТЕМА 8. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ПРАВОВА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ДОВКІЛЛЯ……... 112
8.1 Оцінка природних ресурсів…… 115
8.2 Платежі за забруднення довкілля…….. 116
8.3 Правова система управління екологічною безпекою довкілля……. 117
8.4 Екологічний менеджмент…….. 119
8.5 Екологічний аудит, ОВД та СЕО…… 121
8.6 Екологічний маркетинг……... 122
8.7 Екологічна паспортизація підприємств…….. 123
8.8 Екологізація виробництва і «зелені» технології……. 124
8.9 Питання до самоконтролю…… 125
ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ…….. 126
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ІСТОРИЧНИХ

ЕТАПІВ ВЗАЄМОДІЇ СУСПІЛЬСТВА І ПРИРОДИ…… 126
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2. БІОТИЧНІ І АНТРОПОГЕННІ ЧИННИКИ СЕРЕДОВИЩА…….. 128
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3. ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ВИКИДАМИ АВТОТРАНСПОРТУ…… 132
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4. ПОРІВНЯННЯ ОБСЯГІВ І СТРУКТУРИ ЗАБРУДНЕННЯ МІСТ УКРАЇНИ……... 135
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5. ПОБУДОВА ЛАНЦЮГІВ ЖИВЛЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПІРАМІД……... 139
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6. ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОСТІ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА СТАН ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ…… 143
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7. ОЦІНКА ПОБУТОВИХ І ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ…….. 147
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА……... 150
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА……. 151

ВСТУП

Протягом століття людина прагнула не пристосовуватися до природного середовища, а зробити його зручним для свого існування. Тепер ми усвідомили, що будь-яка діяльність людини впливає на навколишнє середовище, а погіршення стану біосфери небезпечно для усіх живих істот, у тому числі і для людини. Всебічне вивчення людини, її взаємовідносин із навколишнім світом призвели до розуміння, що здоров'я – це капітал, даний нам не лише природою від народження, але і тими умовами, в яких ми живемо.

Крім цього, господарська діяльність людини зумовила вичерпування природних ресурсів, що призводить до деформації сформованих протягом багатьох мільйонів років природного колообігу речовин та енергетичних потоків на планеті. Внаслідок цього почалося прогресуюче руйнування біосфери Землі, що набуває характеру незворотних процесів і навколишнє середовище може стати непридатних для існування. За цих умов на планеті виникла нова система «суспільство природа». Наука, яка вивчає закономірності взаємодії суспільства із навколишнім природним середовищем і розробляє наукові принципи гармонізації цієї взаємодії, називається екологією. Саме вона є теоретичною базою охорони природи і раціонального використання природних ресурсів.

Охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини – невід'ємна умова сталого розвитку. Цією умовою проводиться екологічна політика, спрямована на збереження безпечної для існування живої і неживої природи, захисту життя і здоров'я населення від негативного впливу, зумовленого забрудненням навколишнього природного середовища, досягнення гармонізації взаємодії суспільства і природи, охорону та збалансоване використання і відтворення природних ресурсів.

У XXI столітті екологічні проблеми набули глобального та системного характеру, охопивши всі сфери людської діяльності. Зміна клімату, деградація ґрунтів, забруднення водних ресурсів, зменшення біорізноманіття та надмірне використання природних ресурсів прямо впливають на якість життя та безпеку людства. Саме тому питання екологічної свідомості та формування нової моделі розвитку суспільства набувають ключового значення.

Концепція сталого розвитку пропонує цілісний підхід, що поєднує економічний добробут, соціальну справедливість та збереження довкілля для нинішніх і майбутніх поколінь. Вона ґрунтується на раціональному використанні природних ресурсів, впровадженні екологічних технологій та усвідомленій поведінці людини як частини біосфери.

Метою викладання навчальної дисципліни «Основи екології та сталий розвиток» є подання майбутнім фахівцям основ екології та сталого розвитку; впровадження науково обґрунтованих заходів щодо стабілізації та вивчення принципів раціонального використання природних та антропогенних екосистем, основ чинного екологічного законодавства, принципів сталого розвитку, основних методів екологічних досліджень.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Основи екології та сталий розвиток» є:

– формування екологічного світогляду щодо живої природи, управління природними й природно-антропогенними екосистемами;

– вивчення механізмів саморегуляції біосфери;

– набуття навичок самостійно вирішувати певні практичні питання з урахуванням впливу наслідків антропогенної діяльності на екологічний стан довкілля та сталий розвиток суспільства.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Основи екології та сталий розвиток» здобувач вищої освіти повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Знання і критичне розуміння предметної області та професійної діяльності.

Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Прагнення до збереження навколишнього середовища та забезпечення сталого розвитку суспільства.

Здатність до попередження забруднення компонентів довкілля та кризових явищ і процесів.

Здатність проводити спостереження та інструментальний і лабораторний контроль якості навколишнього середовища, впливу на нього зовнішніх факторів, з відбором зразків (проб) природних компонентів.

Здатність до забезпечення екологічної безпеки.

Здатність оцінювати вплив промислових об’єктів та інших об’єктів господарської діяльності на довкілля.

Вміння здійснювати оцінку стану довкілля та прогнозування його впливу на здоров’я людини.

Обґрунтовувати природозахисні технології, базуючись на розумінні механізмів впливу людини на навколишнє середовище і процесів, що відбуваються у ньому.

Обґрунтовувати та застосовувати природні та штучні системи і процеси в основі природозахисних технологій відповідно екологічного імперативу та концепції сталого розвитку.

Вміти розраховувати та оцінювати ризики, пов’язані з забрудненням навколишнього середовища.

Обирати інженерні методи захисту довкілля, здійснювати пошук новітніх техніко-технологічних й організаційних рішень, спрямованих на впровадження у виробництво перспективних природоохоронних розробок і сучасного обладнання, аналізувати напрямки вдосконалення існуючих природоохоронних і природовідновлюваних технологій забезпечення екологічної безпеки.

ЗМІСТ ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ

ТЕМА 1. ПРЕДМЕТ, ОБ'ЄКТ І СИСТЕМА ОСНОВНИХ ПОНЯТЬ ЕКОЛОГІЇ

Мета: ознайомитися з основними поняттями про екологію.

План:

1. 1. Екологія як наука.
1. 2. Рівні організації живої матерії. Галузі і підрозділи екології.
1. 3. Поняття середовища існування. Водне, ґрунтове, повітряне, паразитичне.
1. 4. Закони, категорії і методи екології.
1. 5. Питання до самоконтролю.

1.І Екологія як наука

Ми живемо в епоху не тільки бурхливого розвитку науки і техніки, а й негативних наслідків науково-технічної революції та демографічного вибуху. Неконтрольоване зростання населення Землі, кількість його вже перевищила критичну межу, дедалі більше забруднення атмосфери, гідросфери та літосфери, накопичення величезних об'ємів відходів людської діяльності, при одночасному виснаженні майже всіх видів природних ресурсів, призвели до розвитку глобальної конфліктної ситуації між природою і суспільством. Тому вкрай необхідна не лише чітка стратегія охорони природного середовища та посилення контролю за природокористуванням, але й добре продумана система екологічної освіти й виховання населення. Останніми десятиріччями екологія почала швидко розвиватись. Цьому сприяла необхідність вирішення таких важливих проблем сучасності, як раціональне використання природних ресурсів, профілактика забруднення середовища промисловими відходами та транспортом, запобігання знищенню природних угруповань, збереження генофонду рослинного і тваринного світу. Екологія дає уявлення про те, яким чином досягти симбіозу техніки, виробництва і природи. Для сучасної людини знання основ екології не менш важливе, ніж основ фізики, хімії, математики.

Екологізація виробництва – один з провідних напрямів науково-технічного прогресу, покликаного не тільки забезпечити узгоджене функціонування природних і технічних систем, а й значно підвищити ефективність останніх. Таким чином, екологія все більше набуває особливостей прикладної науки. Сьогодні екологію тлумачать, як науку про взаємозв'язок живих організмів з середовищем існування.

Стало остаточно зрозумілим, що неможливо вивчати живі організми окремо від їхнього середовища існування. Саме поняття «екологія» («наука про баланс») у 1866 році ввів видатний німець-кий біолог Ернст Геккель і описав екологію, як «науку про відносини організму з навко-лишнім зовнішнім світом, куди ми в широкому розумінні можемо включити всі умови існування». Після Геккеля в поняття екологія вносились різні по змісту визначення, які

розширювали предмет цієї галузі знань. Сьогодні екологія, в широкому значенні, визначається, як комплексна інтегральна наука, яка досліджує навколишнє середовище (екосферу планети), його вплив на суспільство та зворотну реакцію природи на діяльність людства. Екологія – це міждисциплінарна наука, яка базується, крім біологічних основ, на основах географічних, технічних, економічних та соціальних наук (рис. 1.1) [2].

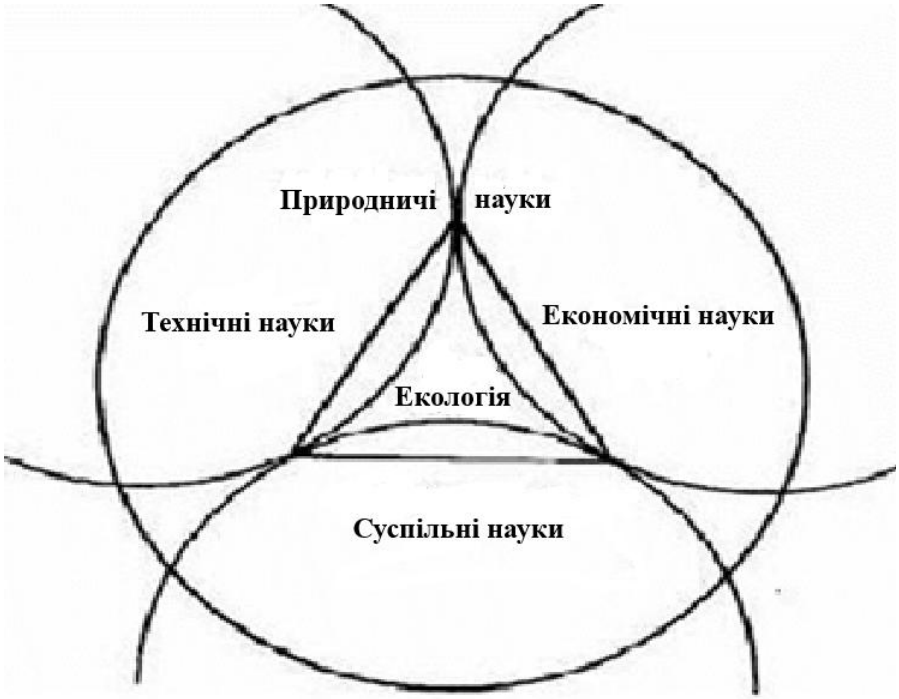


Рисунок 1.1 – Міждисциплінарний характер екологічної науки [2]

Головні завдання екології:

- дослідження впливу антропогенної діяльності на природні системи;
- створення наукової основи раціональної експлуатації природних ресурсів;
- спостереження за змінами в окремих екосистемах та біосфері в цілому, прогнозування їхніх наслідків;
- створення бази даних та розроблення рекомендацій для екологічно безпечного планування господарської і соціальної діяльності людини;
- застосування екологічних знань у справі охорони навколишнього середовища з метою збереження середовища перебування людства.

Об'єкти дослідження екології – організми, тіла, речовини, матеріальні процеси, які підкоряються законам фізики, хімії, біології та інших природничих наук.

Предметом вивчення екології є сукупність живих організмів, які взаємодіють між собою, утворюючи із оточуючим середовищем певну єдність (тобто систему), в межах якої здійснюється процес трансформації органічної речовини та енергії .

Місце екології в системі наук. З виходом екології на глобальний – біосферний рівень, з появою нових практичних потреб, обумовлених розвитком технологій, екологія сформувалася в принципово нову інтегровану дисципліну. Існує декілька класифікацій основних складових частин екології. Одні автори приділяють більше уваги загально-філософським і культурним аспектам, другі – соціальним, треті – еколого-економічним, четверті – біоекологічній деталізації. Як міждисциплінарна наука екологія взяла на озброєння всі методи теорії систем та на цій основі опинилася на перехресті біологічних та гуманітарних наук (рис.1). При цьому екологія залишилася точною біологічною наукою в тому розумінні, що вона досліджує живі об'єкти та їх сукупність, але вона стала й гуманітарною наукою, тому що визначає місце людини в природі, формує її світогляд та сприяє оптимізації розвитку соціальних та виробничих процесів.

До цього часу не вироблена єдина класифікація розділів, які входять в екологічну науку. Сучасна екологія, по суті, розчленована на чотири взаємопов'язаних, але до певної міри самостійних, розділи, що логічно виходять один з одного, і поділяють екологію за розмірами об'єктів вивчення:

1. *Аутекологія* (екологія організмів) вивчає взаємозв'язки представників виду з оточуючим їх середовищем. Цей розділ екології займається, головним чином, визначенням меж стійкості виду і його ставленням до різних екологічних факторів. Аутекологія вивчає також вплив середовища на морфологію, фізіологію та поведінку організмів.

2. *Демекологія* (екологія популяцій) описує коливання чисельності різних видів і встановлює їх причини. Цей розділ ще називають динамікою популяцій, або популяційною екологією.

3. *Синекологія* (екологія угруповань) аналізує стосунки між особинами, що належать до різних видів даного угруповання організмів, а також між ними і оточуючим середовищем.

4. *Біосферологія* (глобальна екологія) вивчає біосферу, як єдине планетарне ціле, з'ясовує закономірності еволюції біосфери.

Існують й інші способи розділу екології. К.М. Ситник та М.І. Будико (1990 – 1992) розділяють екологію на три частини:

1. загальна екологія, що вивчає основні закономірності функціонування екологічних систем;

2. глобальна екологія, що вивчає біосферу в цілому;

3. прикладна екологія, об'єктом вивчення якої є взаємовідносини живих організмів із середовищем.

Г. Білявський та М. Падун (1991) виділяють в екології п'ять основних блоків: 1. біоекологія; 2. геоекологія; 3. техноекологія; 4. соціоекологія; 5.космічна екологія.

М. Ф. Реймерс (1990) вважає, що до складу сучасної екології входять 39 основних розділів, а сама вона тісно пов'язана з 70 великими науковими дисциплінами. Схема на рис. 1.2 [2]. демонструє найголовніші з існуючих напрямків в розвитку екології.



Рисунок 1.2 – Місце екології в системі наук [2]

Основні етапи розвитку екології. Перший етап (стародавній) – до 1866 року. Не буде перебільшенням стверджувати, що екологія «існувала завжди». Первісна людина померла б з голоду без необхідних їй знань про поведінку й особливості дичини, якби не мала отриманого від предків і набутого самостійно досвіду взаємовідносин з довкіллям.

Другий етап (до 30-х років XX ст., аутекологічний). Період аутекології (екології особини), виявлення закономірностей у відношеннях тварин і рослин до різноманітних абіотичних факторів, внутрішніх екологічних досліджень та визначення «екосистем». Екологія спиралася на визначні праці вчених Ч. Дарвіна, О. Гумбольдта, К. Ф. Рульє, Е. Геккеля, І. Ж. Сент-Іллера й концентрувалася на дослідженні впливу фізичних (температура, освітлення тощо) і хімічних (склад води та ін.) чинників довкілля на життєдіяльність окремої особини чи цілого виду. Екологія тимчасово звузилася до аутекології, що тоді було перевагою, а не вадою. Вчені задіяли весь потенціал наукового методу, доповнивши загальне ознайомлення та спостереження глибоким аналізом про вплив мінеральних добрив на ріст рослин і кінцевий урожай. Аутекологія тварин та рослин в першій половині XX століття стала повноправною науковою дисципліною. Екологи тих часів були мало помітними представниками «чистої» науки, а привернули увагу під час своїх перших спроб «захистити природу», створити заповідники і національні парки для порятунку тих рослин і тварин, яким загрожувало зникнення. Тоді вдалося створити перші заповідники, а також закони щодо рибальства і полювання.

Третій етап (1930 - 1970 рр., синекологічний). Цей етап був порівняно короткочасним і стосувався дослідження великих груп організмів, популяцій та їх об'єднань, взаємозв’язок між собою і найближчим довкіллям. Прикладом є проблема взаємовпливу хижаків та їхньої здобичі, видів-продуцентів (трави, водоростей тощо) і видів-споживачів (комах, тварин, риб тощо). Великою

заслугою цього етапу екології є залучення такого могутнього інструменту, як вища математика, насамперед диференціальних рівнянь. Вперше екологи дістали змогу виконувати теоретичне моделювання розвитку подій у живому довкіллі, робити передбачення, на жаль, надто спрощені й не досить точні. Саме в цей період вводяться поняття «екосистема», «біогеоценоз», формулюються основні екологічні закони. До найвизначніших екологів цього періоду належать такі зарубіжні вчені, як Г. Бердон-Сандерсон, У. Елтон, А. Тенслі (Англія); С. Форбс, В. Шелфорд (США); Д. Кашкаров, А. Парамонов, В. Вернадський.

Четвертий етап (1970 рр. – до тепер, мегаекологічний). Домінуючим стало уявлення, сучасна парадигма, про «пов'язаність усього з усім», необхідність одночасного і як найточнішого врахування взаємодії між собою та з речовинним довкіллям усіх видів. Стає зрозумілим постійність порушення природної рівноваги, екосистеми вивчаються у їх розвитку. Синекологія поступилася першістю глобальній екології, мегаекології – вченню про всіх і про все. Не лише становлення, а й поділ та найменування цих вужчих чи вузеньких частин екології йдуть безперервно. Фахівці стверджують, що їх нараховується близько 50, інші обґрунтовано доводять, що набагато більше.

1.2 Рівні організації живої матерії. Галузі і підрозділи екології

Організм у вузькому розумінні – біологічний індивід, цілісна жива система, що підтримує самостійне існування завдяки пристосувальній взаємодії з середовищем; у широкому розумінні – система, за способом організації подібна до живого організму. Основні властивості організму, як біологічного індивіда – подразливість, здатність рости, розмножуватися, а головне – безперервний обмін речовин із зовнішнім середовищем. Характерним для будь якого організму є певна організація структур, а саме: у найпростіших організмів (вірусів) – молекулярний рівень організації, у одноклітинних організмів (наприклад парамеції) – надмолекулярний, або клітинний, у багатоклітинних організмів тканин – організмовий і системний рівні.

Маючи складну організацію, живий організм становить єдине ціле, в якому діяльність структур, клітин, тканин, органів та інших систем узгоджена й підпорядкована усьому цілому. Крім того, організм є відкритою динамічною системою, що перебуває в рухомій рівновазі з зовнішнім середовищем. Часто поняття організм вживають у значенні органічного цілого, якому властиві іманентне функціонування і розвиток. Таке вживання цього поняття спирається не лише на біологічну аналогію, а насамперед на сучасні уявлення про функціональний опис і розчленування об’єкта, типи зв’язків об’єкта, про специфічні механізми, які забезпечують життя складних об’єктів.

М. Голубець у монографії «Від біосфери до соціосфери» розглядає три основних рівні організації живого, зокрема:

- організмовий рівень об’єднує живі системи – від одноклітинних до сучасних найорганізованіших істот. Системи цього рівня виконують велику кількість функцій, але найважливішою з них є розмноження через відтворення

собі подібних, продовження існування виду, насичення простору живою субстанцією, живою речовиною.

- Популяційний рівень об'єднує популяції живих істот, тобто сукупності особин одного виду в межах певної території, де він вільно розмножується і може, практично, необмежено довго існувати. Цей рівень організації охоплює популяції всіх видів живих істот. Його найголовнішою функцією є формування в певних екологічних умовах (частині ареалу виду, зайнятій однією популяцією) такого населення виду, котре за структурою і життєвими особливостями найбільше відповідає середовищу його існування.
- Екосистемний рівень організації об'єднує екосистеми всіх ступенів складності, незалежно від їх просторових і часових параметрів чи місця знаходження. Основною ознакою систем цього рівня є те, що на відміну від двох попередніх вони є функціональною єдністю живих і неживих компонентів (живих організмів із середовищем їх існування), яка охоплена безперервним обміном речовиною, енергією та інформацією.

Живі системи є такими явищами, котрі не вичерпуються тільки існуванням живих істот. Як підкреслював В. І. Вернадський, треба постійно пам'ятати про нерозривний зв'язок, найтіснішу функціональну залежність між навколишнім середовищем і живими організмами, тому відокремити їх один від одного можна лише умовно. Неможливо вивчити і зрозуміти живу істоту, не досліджуючи середовища її життєдіяльності.

1.3 Поняття середовища існування. Водне, ґрунтове, повітряне, паразитичне

Середовище (географічне, природне, навколишнє, довкілля) – це сукупність матеріальних, природних, антропогенно-природних та антропогенних об'єктів, серед яких людина та суспільство існує, задовольняє свої потреби і своєю діяльністю їх перетворює. Внаслідок взаємодії суспільства і природи посилюється вплив антропогенних чинників середовища, що часто призводить до негативних наслідків.

Виділяють наступні типи середовища проживання організмів.

Водне середовище – частина гідросфери, умови якої забезпечують існування в ній різноманітних організмів. Специфічність фізичних і хімічних властивостей водного середовища забезпечують величезну різноманітність водних організмів. У світовому океані, де вода є не тільки середовищем життя, а й джерелом поживних речовин і газів, воду фільтрують організми, починаючи з китів і закінчуючи мікропланктоном. Як підраховано, морські організми здатні пропустити через себе за рік об'єм води, який дорівнює майже двом світовим океанам. Лише фотосинтезуючі організми спроможні за 5-6 млн. років переробити усю масу гідросфери. Зокрема, біотопи коралових рифів, що займають лише 0,2% поверхні океанічної акваторії, здатні профільтрувати всю воду гідросфери десь за 40 тис. років. Гідросфера, по суті, є продуктом живих організмів, своєрідним середовищем, котре вони створили самі для себе. Вчені

стверджують: ніякої води, яка б не стикалася з живими істотами, в океані немає.

Надзвичайно важливим чинником є колообіг води. Він починається з випаровування під впливом сонячного тепла. Пари води в кінцевому підсумку конденсуються в атмосферні опади, які є одним з джерел прісної води. Внаслідок колообігу води гідросфера виступає глобальною транспортною системою і планетарним акумулятором різноманітних, у тому числі й органічних, речовин.

Вода на Землі перебуває у постійній взаємодії з літосферою й атмосферою, у безперервному русі та переході з одного фізичного стану в інший. Вона весь час витрачається і відновлюється у процесі колообігу. Це замкнутий процес циркуляції води на земній кулі, що відбувається передусім під впливом сонячної радіації та дією сили тяжіння. Вода випаровується в атмосферу, звідки вона повертається на поверхню Землі у вигляді атмосферних опадів, котрі живлять річки і підземні води, що поповнюють води морів і океанів. За рахунок активності водообігу прісні води відновлюються відносно швидко. Зокрема, повний оббіг вологи в атмосфері відбувається в середньому кожні 8 діб. Обмін води в руслах річок потребує 10-12 діб, а в озерах – 10 років. Величезна маса океанічної води змінюється приблизно за 3 тис. років.

Повітряне середовище – повітряний простір з певними чинниками, що безпосередньо діють на фізіологічні процеси й вимагають гігієнічного нормування.

Надзвичайне значення для виникнення і розвитку життя, біосфери Землі має її атмосфера. Вона пропускає сонячне випромінювання, поглинає його шкідливі компоненти, захищає все живе від опіків і проникаючої радіації. Кисень, вуглекислий газ, водяна пара, що в основному складають земну атмосферу, відіграють важливу роль у біогеохімічних циклах. Постійна циркуляція атмосферних мас зумовлює рівномірний розподіл тепла на планеті, усуває можливість виникнення екстремальних температурних умов. Зрештою атмосфера є одним з головних чинників геологічних процесів, передусім екзогенних (фізичне та хімічне звітрювання, діяльність вітру).

Ґрунтове середовище – частина літосфери, умови якої забезпечують існування в ній різноманітних організмів. Основна маса організмів і мікроорганізмів літосфери зосереджена в ґрунтах, на глибині не більше кількох метрів. Сучасні ґрунти є трифазною системою (різнозернисті тверді частки, води та гази, розчинені у воді та парах), яка складається із суміші мінеральних часток (продукти руйнування гірських порід), органічних речовин (продукти життєдіяльності біоти та мікроорганізмів і грибів). Ґрунти відіграють величезну роль у колообігу води, речовин і вуглекислого газу.

З різними породами земної кори, як і з її тектонічними структурами, пов’язані різні корисні копалини: горючі, металічні, будівельні, а також такі, що є сировиною для хімічної та харчової промисловості. У межах літосфери періодично відбувалися й відбуваються різні екологічні процеси (зсуви, селі, обвали, ерозія), які мають величезне значення для формування екологічних ситуацій у певному регіоні планети.

Паразитичне середовище (тіло іншого організму) − специфічна форма співжиття (симбіозу) організмів різних видів, з яких один (паразит) перебуває в більш або менш тривалому безпосередньому (тілесному) зв'язку з іншим (жителем, або хазяїном), використовуючи його як джерело живлення й життєве середовище. Паразити (від грец. − нахлібник, дармоїд) в біології − організми, які живуть на поверхні тіла (ектопаразити) або в тілі (ендопаразити) інших живих істот (хазяїв), живляться за їхній рахунок і здебільшого завдають їм певної шкоди. Вони виникли в процесі еволюції організмів з вільно живучих форм. Паразитів поділяють на зоопаразитів (найпростіші, комахи та ін.) і фітопаразитів (бактерії, гриби, деякі вищі рослини). До паразитів відносять також і віруси.

1.4 Закони, категорії і методи екології

Закон Всесвіту – закон збереження енергії та речовин.

У природі все взаємопов'язане, все віддзеркалює існування колосальної мережі зв'язків в екосфері, тобто між різними живими організмами, популяціями, видами, а також між окремими організмами і їх оточенням.

Ніщо в Природі не зникає безслідно. По своїй суті це фундаментальний закон Природи про вічність матерії. В природній екосистемі екскременти і відходи одних організмів слугують їжею для інших. Вуглець, який виділяють тварини, як відходи дихання, є поживною речовиною для деяких рослин. Рослини дають кисень, який використовують тварини. Органічні відходи тварин слугують їжею для бактерій, які розщеплюють їх на дрібні елементи. Відходи бактерій − це неорганічні речовини, такі як азот, фосфор, вуглець, якими живляться водорості.

Природа − досконала жива система: «Природа знає все». Людина вважає, що вона, як свідома жива система знає все. Однак, це далеко не так, бо будь-яке значне відхилення в природному середовищі від рівноваги стає шкідливим для нього. Так, сучасні технології повинні або покликані «поліпшувати» природу, а вийшло навпаки. Природа, як жива, самоорганізуюча система дійсно знає все і все в ній оптимізовано.

В живій природі усе має свою цінність і вартість. Ще раз нагадаємо, що мега екосистема, або глобальна екосистема, є одним цілим і не можна допустити її загального погіршення. Все, що вибрали люди з екосистеми, потрібно або вернути, або компенсувати. Плати за все це не можна уникнути, хіба що, на деякий час, відтермінувати.

Закон біогенної міграції атомів (В. Вернадський). Міграція хімічних елементів на земній поверхні і в біосфері в цілому здійснюється або при безпосередній участі живої речовини (біогенна міграція), або ж відбувається в середовищі, геохімічні особливості якого (кисень, окис вуглецю, водень та інші) зумовлені живою речовиною як тією, що в даний час заселяє біосферу, так і тією, що була на Землі протягом всієї геологічної історії.

Закон вектора розвитку. В Природі будь-який розвиток однонаправлений. Неможливо прожити життя в зворотному напрямку, тобто

від смерті до народження, від старості до молодості. Неможливо повернути історію людини назад. Життя живих систем у природі відбувається лише один раз і в одному напрямку.

Закон гомологічних рядів (М. Вавілов). Всі види і роди, які генетично близькі, характеризуються подібними рядами спадкової змінюваності з такою правильністю, що, знаючи ряд форм в межах одного виду, можна передбачити паралельні форми в інших видів іродів. Чим ближче генетично розташовані в загальній системі роди і види, тим більша подібність в рядах їх змінюваності. Цілі родини рослин у загальному характеризуються певним циклом змінюваності, який проходить через всі роди і види, що складають родини.

Закон константності біосфери (В. Вернадський). Загальна кількість живої речовини (біоти) в біосфері протягом тривалих геологічних періодів є приблизно сталою (константою) згідно з другим законом Вернадського (законом константності), що означає, що збільшення біомаси в одній частині світу компенсується її зменшенням в іншій; а та частина біосфери, що сприяє найбільшому надходженню та найефективнішому використанню енергії, є найбільш продуктивною та біологічно активною зоною, якою є, як правило, прибережні зони океанів та суша.

Закон максимуму. Для біосфери кількісні зміни екологічних умов не можуть збільшити біологічну продуктивність екосистеми, господарчу продуктивність агросистеми понад речовино-енергетичними лімітами, які визначаються еволюційними властивостями біологічних об'єктів і їх співтовариств.

Закон мінімуму (Ю. Лібіх). Витривалість живого організму є найслабшим місцем у ланцюгу його екологічних потреб. Це означає, що життєві можливості організму обмежує той екологічний фактор, кількість якого близька до необхідного мінімуму для організму або екосистеми. Подальше зниження його веде до загибелі організму або до деструкції екосистеми.

Закон або правило незворотності еволюції (Л. Долло). Живий організм (вид, популяція) не може вернутись до попереднього стану, який пройдений його нащадками.

Закон незліквідованості відходів, або закон побічних впливів виробництва (господарства). Для будь-якого господарського циклу характерним є утворення відходів, що бувають не знищувальними, і їх побічні ефекти. Відходи можуть бути лише переведені із однієї форми в іншу або переміщені в просторі.

Закон послідовності проходження фаз розвитку. Для природної екосистеми фази розвитку можуть проходити лише в еволюційно закріпленому (історично та екологічно зумовленому) порядку, звичайно від простого до складного.

Закон зниження енергетичної ефективності природокористування. У природі вході історичного розвитку при одержанні корисної продукції на ЇЇ одиницю в середньому витрачається все більша кількість енергії.

Закон толерантності (В. Шелфорд). Природним обмежуючим чинником розквіту організму (виду) може бути як мінімальний, так і максимальний

екологічний вплив, діапазон між якими визначає величину витривалості (толерантності) організму до даного чинника.

Закон ноосфери (В. Вернадський). Перетворення біосфери в ноосферу. На сучасному рівні розвитку людської цивілізації біосфера неминуче перетвориться в ноосферу, тобто в сферу, де розум людства в розвитку природи відіграє основну роль.

Закон розвитку природної системи за рахунок навколишнього середовища. Будь-яка природна система може розвиватись лише за рахунок використання матеріальних, енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища. Абсолютно ізольований саморозвиток живої системи неможливий. Згідно законів термодинаміки, можна стверджувати:

- неможливі ні абсолютно безвідходне виробництво, ні «вічний двигун»;
- використовуючи і видозмінюючи середовище життя будь-яка більш високоорганізована біологічна система (вид живого)становить собою потенційну загрозу для більш низькоорганізованих систем. Саме завдяки цьому в земній біосфері неможливо відродити життя, яке було або буде знищене іншими організмами;
- біосфера Землі, як система, розвивається не лише за рахунок природних ресурсів планети, а й опосередковано за рахунок та під керованим впливом космічних систем і, у першу чергу, Сонця.

Закон фізико-хімічної єдності живої речовини (В. Вернадський). Вся жива речовина Землі фізико-хімічно єдина. Із цього закону випливає важливий висновок. Шкідливе для однієї частини живої речовини не може бути байдужим для іншої, або шкідливе для одних видів істот є шкідливе і для інших. Будь-які фізико-хімічні агенти, які смертельні для одних організмів, не можуть не робити шкідливий вплив на інші живі організми. (Згадаймо боротьбу з шкідниками в сільському господарстві). На жаль, це один із найменш усвідомлених і невільно зневажених людиною екологічних законів Природи.

Закон екологічного лиха. Це стосується території чи акваторії, в межах яких спостерігається перехід від критичного стану природи до катастрофи. Із цим законом пов'язане поняття зони екологічної катастрофи. Це територія Чи акваторія, в межах яких спостерігається перехід стану природи від катастрофічної фази до колапсу, що робить її непридатною для життя людини.

Екологічна катастрофа веде до важко зворотних, чи незворотних процесів деградації природи (сильне спустошення), забруднення (зараження) і до реальної небезпеки важких захворювань і смерті людей, а ще до мутагенних і канцерогенних ефектів, до зростання генетичних порушень.

Такі головні екологічні закони, де сформульовані об'єктивні і реальні екологічні особливості, закономірності, які повинна наслідувати людина на Землі.

Крім екологічних законів існують ще ряд екологічних правил, в яких відображені постійні співвідношення певних екологічних закономірностей, що істотно доповнюють закони і разом створюють концепцію екологічної безпеки живого на Землі.

1.5 Питання до самоконтролю

1. Дайте визначення екології, як науки. Що відбувається з частинками речовини при зміні температури та тиску?
2. Сформулюйте основні завдання екології.
3. Назвіть об’єкт дослідження екології.
4. Що є предметом вивчення екології?
5. Які підрозділи екології Ви знаєте?
6. Що вивчає аутекологія, демекологія, синекологія?
7. В чому суть основних екологічних законів?
8. Що Ви можете розповісти про вклад українських вчених у розвиток екології?

ТЕМА 2. СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО БІОСФЕРУ

Мета: ознайомитися з виробництвом каталізаторів.

План:

2.1 Склад, межі, властивості і функціонування біосфери.
2.2 Трансформація енергії у біосфері.
2.3 Демографічна проблема.
2.4 Продовольча проблема.
2.5 Майбутнє суспільства, як глобальна проблема.
2.6 Нова майбутня цивілізація.
2.7 Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин.
2.8 Питання до самоконтролю.

Термін ***«біосфера»*** з'явився у науковій літературі у 1875 році. Його автором був Едуард Зюсс, де вчений у межах Земної Кулі виділив декілька структурних частин – оболонок, які назвав геосферами. Одна з геосфер отримала назву біосфера. Біосфера (грец. Біос – життя, сфера – оболонка) оболонка Землі, в якій існує життя. Струнке вчення про біосферу було розроблене у 1926 році В. І. Вернадським, де він дав таке визначення біосфери – це оболонка Землі, склад, структура і енергетика якої значною мірою обумовлені життєдіяльністю живих організмів. За теорією В. І. Вернадського ***біосфера*** – це глобальна єдина система Землі, де існує або коли-небудь існувало життя і весь основний хід геохімічних та енергетичних перетворень визначається життям. Таким чином ***біосфера*** – це своєрідна оболонка Землі, або область поширення життя. Від геосфер вона відрізняється і тим, що в її межах проявляється геологічна діяльність живих істот рослин, тварин, мікроорганізмів і людини. Більшість сучасних екологів (Ю. Одум, В. Д. Федоров, Т.Г. Гільманов, М. Ф. Реймерс, К. М. Ситник) розуміють біосферу як об'єднання усіх живих організмів, що знаходяться у взаємозв'язку з фізичним середовищем Землі. З цього погляду біосфера є сукупністю екосистем нашої планети.

2.1 Склад, межі, властивості і функціонування біосфери

Біосфера утворилась у результаті виникнення життя, як прямий результат загального розвитку планети Земля. Тривалість існування життя на Землі визначається часом від 1,5-2 до 4-5 млрд. років. Біосфера Землі являє собою складну термодинамічно відкриту систему, яка включає в себе, згідно визначенню В.І. Вернадського, верхні шари земної кори, всю гідросферу і нижню частину атмосфери – тропосферу з організмами, що їх населяють. Природнім чином біосфера розпадається на більш менш самостійні одиниці, які характеризуються великою замкнутістю колообігу речовин. Пристосовуваність живих організмів вражає. Живі бактерії виявлено в гарячих гейзерних джерелах з температурою води 98°С, а також в тріщинах антарктичних льодовиків, де температура рідко коли піднімається вище 0°С. Бактерії живуть у глибинних

водах Чорного моря, насичених сірководнем, деякі бактерії виявлено навіть в атомних реакторах. Живу спору бактерії було виявлено в одній із трубок американської космічної станції, яка три роки перебувала на поверхні Місяця – вона потрапила туди з Землі й зберегла життєздатність, незважаючи на перебування в умовах космічного вакууму, різких коливань температури й високого рівня радіації.

Межі біосфери визначаються межами існування живих організмів в її складових, або наявністю умов, необхідних для життя живих організмів. Живі істоти (рослини, тварини, мікроорганізми) живуть на поверхні Землі, в її атмосфері, гідросфері, верхніх шарах літосфери, утворюючи оболонку або сферу життя – *біосферу.*

Людина, як біологічна істота, також є складовою частиною біосфери. Вона не може існувати в іншому середовищі, ніж те, що склалось на планеті за її довгу історію – не може дихати повітрям іншого складу, не може не пити води, не може жити при іншому, ніж сьогоднішнє, напруженні планетного магнітного поля і т. д.

Нижня межа біосфери обмежена температурою підземних вод та гірських порід, яка поступово зростає і на глибині 1,5-15 км (гейзери-материнська порода) вже перевищує 100°С. Найбільша глибина, на якій в шарах земної кори знайдені бактерії становить 4 км. У нафтових родовищах на глибині 2-2,5 км бактерії реєструються в значній кількості. У океані життя розповсюджується до більш значних глибин і зустрічається навіть на дні океанських западин (10-11 км від поверхні), де температура близько 0°С. *Верхня межа* життя в атмосфері обмежена інтенсивною концентрацією ультрафіолетової радіації. Фізичною межею поширення життя в атмосфері є озоновий екран, який на висоті 25-30 км поглинає більшу частину ультрафіолетового випромінювання Сонця, хоча основна частина живих істот концентрується на висоті 1-1,5 км. Проте на висоті 20-22 км, ще спостерігається наявність живих організмів: бактерій, спор грибів, найпростіших. Під час запусків геофізичних ракет у стратосферу на висоті 85 км у пробах повітря було виявлено спори мікроорганізмів у латентному (сплячому) стані. У горах межа розповсюдження наземного життя сягає біля 6 км над рівнем моря. Заселеними є найнеймовірніші місця існування: термальні джерела, температура у яких сягає до 100°С, вікові сніги Гімалаїв, де на висоті 8300 м існують дев'ять видів бактерій, безводні пустелі та надсолоні озера, де вирують ціанобактерії та один із видів креветок. На поверхні Землі у наш час повністю відсутнє життя лише в областях значних зледенінь та у кратерах діючих вулканів.

Функції живої речовини в біосфері. У колообігу біогенних елементів та сполук жива речовина біосфери виконує ряд біогенних функцій:

- *газова функція* здійснюється зеленими рослинами у процесі фотосинтезу – при цьому атмосфера поповнюється киснем, а також рослинами і тваринами, які виділяють вуглекислий газ у процесі дихання. Відбувається також колообіг азоту, який тісно пов'язаний з життєдіяльністю мікроорганізмів.
- *концентраційна функція* проявляється у здатності живих організмів акумулювати різноманітні хімічні елементи, у тому числі мікроелементи, із

зовнішнього середовища (ґрунт, вода, атмосфера). Так, морські водорості концентрують йод, діатомові водорості і злаки – кремній, молюски та ракоподібні – мідь тощо.

- *окислювально-відновна функція* виражається у хімічних перетворення речовин у процесі життєдіяльності організмів У ґрунті, водному та повітряному середовищах утворюються солі, оксиди, різноманітні нові речовини, як результат окислювально-відновних реакцій. З діяльністю мікроорганізмів пов'язане формування залізних та марганцевих руд, вапняків і т.п.

- *геохімічна функція* здійснюється у процесі обміну речовин у живих організмах (живлення, дихання, виділення), розкладу відмерлих організмів і продуктів їх життєдіяльності до простих вихідних речовин.

Для постійного існування біосфери, для запобігання припинення розвитку життя на Землі, у природі повинні постійно відбуватись безперервні процеси перетворення живої речовини, тобто ***колообіг речовин. Біологічний колообіг*** – це багаторазова участь хімічних елементів у процесах, які протікають у біосфері. У біосфері відбувається постійний колообіг активних елементів, які переходять від організму до організму, у неживу природу і знову до організму. Елементи, які вивільняються мікроорганізмами при гнитті, надходять у ґрунт і атмосферу, тоді знову включаються в колообіг речовин біосфери, поглинаючись живими організмами. Весь цей процес і буде біогенною міграцією атомів. Для біогенної міграції характерним є накопичення хімічних елементів у живих організмах, а також їх вивільнення у результаті розкладу мертвих організмів. Біогенна міграція викликається трьома процесами: обміном речовин в організмах; ростом; розмноженням. Визначення біогенної міграції хімічних елементів, яка викликана силами життя, дав В. І. Вернадський (Закон біогенної міграції атомів). Біогенна міграція є частиною загальної міграції хімічних елементів біосфери. Головною геохімічною особливістю живої речовини є те, що вона, пропускаючи через себе атоми хімічних елементів земної кори, гідросфери та атмосфери, здійснює у процесі життєдіяльності їх закономірну диференціацію. Завершуючи свій життєвий цикл, організми повертають природі все, що взяли у неї протягом життя. В.І. Вернадський підрахував, що за час існування на Землі біосфери було створено $3{,}5 \cdot 10^{19}$ т біомаси, що майже в 2 рази перевищує масу всієї земної кори, яка становить $2 \cdot 10^{19}$ т. Робота, що виконується живою речовиною, за Вернадським може бути оцінена за формулою:

$$E = \frac{PV^2}{2},$$

де P – маса організмів;

V – швидкість розтікання біомаси (розмноження організмів).

Розрізняють два типи біогенної міграції, перший з них здійснюється мікроорганізмами, а другий – багатоклітинними організмами. Величина міграції першого типу переважає над другим. Людство оволоділо міграцією третього типу, яка іде під впливом його діяльності. З екологічної точки зору

найважливішими є колообіги речовин, які є основними компонентами живої речовини: колообіг кисню; колообіг вуглецю; колообіг води; колообіг азоту; колообіг сірки; колообіг фосфору.

Ноосфера. В. І. Вернадський зазначав, що можливості людини з її розумом і технікою такі значні, що вона може втручатись в хід геолого-хімічних процесів Землі і навіть змінювати їх природний напрямок. Людство має усвідомити свою силу і роль у біосфері і тоді настане новий етап її розвитку. Вернадський передбачав перехід біосфери в новий стан, так звану сферу розуму – «***ноосферу***» (noos – в перекладі з грецької: розум, дух), в якій людина стане основною геологічною силою. Ноосфера – це етап розвитку біосфери, на якому людина, свідомо використовуючи свої знання, буде підтримувати існування біосфери та сприяти її розвитку. Вчення Вернадського про ноосферу включає 4 основні положення:

1. Ноосфера – історично останній стан геологічної оболонки біосфери, що перетворюється діяльністю людини.
2. Ноосфера – сфера розуму і праці.
3. Зміни біосфери обумовлені як свідомою, так підсвідомою діяльністю людини.
4. Розвиток ноосфери пов'язаний з розвитком соціально-економічних факторів.

2.2 Трансформація енергії у біосфері

Потік енергії у біосфері має один напрямок: від Сонця через рослини, ***автотрофи***, до тварин, ***гетеротрофи***, або від ***продуцентів до консументів***.

Продуценти, або ***автотрофи*** – організми, що створюють (продукують) органічну речовину з води, вуглекислого газу й мінеральних солей, використовуючи для цього сонячну енергію. У цю групу входять також зелені рослини, їх на Землі налічується близько 350 тис. видів.

Консументи, або ***гетеротрофи*** – організми, що отримують життєву енергію, харчуючись рослинами чи іншими тваринами. Це травоїдні тварини, хижаки, паразити, хижі рослини (такі, як росянка) та гриби. Таких організмів на Землі найбільше – близько 1,5 млн. видів.

Редуценти – організми, що розкладають органічну речовину продуцентів і консументів до простих сполук – води, вуглекислого газу й мінеральних солей, замикаючи таким чином колообіг речовин у біосфері.

Вчені оцінили також кількість усіх живих особин, що населяють Землю, – 10^{27}. Вся ця величезна маса живих істот перебуває в надзвичайно складних взаємовідносинах між собою і з неживою речовиною біосфери. Кількість можливих зв'язків між членами якої-небудь екологічної системи визначається за формулою:

$$A = \frac{N \cdot (N-1)}{2},$$

де A – число зв'язків;
N – число видів в екосистемі.

У цілому біосфера дуже схожа на єдиний гігантський суперорганізм, у якому автоматично підтримується ***гомеостаз*** – динамічна сталість фізико-хімічних та біологічних властивостей середовища та стійкість його основних функцій. З точки зору кібернетики (теорії керування), в кожному біоценозі, тобто сукупності організмів, що населяють певну ділянку суші чи водойми, є керуюча й керована підсистеми. Роль керуючої підсистеми виконують ***консументи***. Вони не дають рослинам занадто розростатися, поїдаючи «зайву» біомасу. За травоїдними пильно «стежать» хижаки, запобігаючи їх надмірному розмноженню й знищенню рослинності. Керуючою підсистемою для хижаків є інші хижаки та паразити, якими в свою чергу «керують» надпаразити (хвороботворні мікроорганізми), і т. д. Тому на Землі так багато видів живих організмів. Серед них нема «зайвих» чи «шкідливих», такі епітети їм дає людина. Особливістю зв'язків у біосфері є й те, що керуюча й керована підсистеми в ній часто міняються місцями. Так, зменшення кількості рослинного корму спричинює зниження чисельності хижаків і паразитів через механізм зворотного зв'язку.

Автотрофи (гр. autos + trophe – їжа, харчування) – це організми, які створюють органічні речовини з неорганічних у процесі фотосинтезу, використовуючи сонячну енергію. До автотрофів належать зелені вищі рослини, лишайники, водорості та бактерії, що мають фотосинтезуючі пігменти. В екології автотрофи називають також ***продуцентами*** (лат. producentis – той, що виробляє). Продуценти – це організми, що створюють органічну речовину за рахунок утилізації сонячної енергії, води, вуглекислого газу та мінеральних солей. До цього типу належать рослини, яких на землі є близько 350000 видів. Продуценти утворюють складні сполуки, в яких у хімічних зв’язках зосереджена енергія, що вивільняється при розкладанні їх у процесі травлення у тварин та інших гетеротрофів.

Гетеротрофи (гр. heteros – різний + trophe – живлення) – це організми, що одержують енергію за рахунок харчування автотрофами чи іншими консументами. До них належать рослиноїдні тварини, хижаки й паразити, а також хижі рослини та гриби. В екології гетеротрофів поділяють на консументів та редуцентів. ***Консументи*** – це споживачі готової органічної продукції, а ***редуценти*** – це організми, які розкладають органічні речовини, це мінералізатори органіки. Їх часто називають деструкторами. Потік енергії від рівня продуцентів супроводжується перетворенням енергії і великими її витратами: від одного рівня до другого біомаса і кількість енергії зменшується приблизно в 10 разів. Редуценти споживають частину поживних речовин, розкладають мертві тіла рослин і тварин до простих хімічних сполук, замикаючи таким чином колообіг речовин у біосфері.

Всі функції живих організмів у біосфері не можуть виконуватися організмами якогось одного виду, а лише їх комплексом. Звідси випливає надзвичайно важливе положення, розроблене Вернадським: біосфера Землі

сформувалась з самого початку як складна система з великою кількістю видів організмів, кожен з яких виконує свою роль у загальній системі. Без цього біосфера взагалі не могла б існувати, тобто стійкість її існування була відразу започаткована її складністю.

2.3 Демографічна проблема

З середини нашого століття в світі відбувається безпрецедентне зростання чисельності населення: у 1950 р. воно становило 2,5 млрд. чоловік, а в 1987 р. досягло 5 млрд., тобто зросло за третину століття більше, ніж за попередні півтора століття. Нині народжується щороку 130 млн. чоловік, помирає близько 50 млн., приріст становить майже 80 млн. чоловік. 9/10 приросту зумовлені демографічним вибухом, що спостерігається в країнах Африки, Азії і Латинської Америки.

За даними спеціалізованих організацій ООН, до 2025 р. населення світу зросте на 3 млрд. чоловік, причому в Латинській Америці, наприклад, воно подвоїться. Це означає, що до наявних фондів споживання треба додати принаймні стільки ж продовольства, житла, лікарень, шкіл, товарів повсякденного попиту, скільки є нині. Причому зробити це необхідно лише для того, щоб не знизити сучасного рівня життя. Але мета розвитку молодих країн – не збереження вкрай низького рівня життя, а його неухильне піднесення.

Небезпечність тенденцій у демографічній ситуації така, що в третє тисячоліття людство може вступити з 1 млрд. голодуючих і такою ж кількістю людей, що не знаходять застосування своїй праці в містах, 2 млрд. сільських жителів, затиснутих у лещатах аграрного перенаселення, 1,5 млрд. знедолених, що живуть за межею бідності.

Сучасна демографічна ситуація являє собою глобальну проблему передусім тому, що стрімке збільшення населення відбувається у країнах Азії, Африки, Латинської Америки. Водночас ці держави через відсталість в економічній, соціальній, культурній сферах неспроможні забезпечити населення, що подвоюється кожних 20-30 років, матеріальними і культурними благами. Безумовно, демографічна політика належить до національної компетенції незалежних держав. Однак їхні труднощі при вирішенні демографічних проблем уже нині відбиваються на міжнародних відносинах в цілому і можуть призвести до катастрофічних наслідків не лише для них самих, а й для світової економіки й політики.

Ці й інші явища свідчать про те, що всі глобальні проблеми, сучасності тісно взаємопов'язані і взаємозумовлені, тому ізольоване вирішення їх практично неможливе.

2.4 Продовольча проблема

Так, ненасильницький мир без ядерної зброї створює необхідні передумови і гарантії для практичного вирішення всіх глобальних проблем в умовах міжнародного співробітництва, зокрема для вирішення продовольчої

проблеми, що досить гостро стоїть в багатьох розвинутих країнах.

Західні вчені пояснюють загострення продовольчої проблеми у світі «природними» причинами, головною з яких є випереджаюче зростання народонаселення порівняно із збільшенням продуктів харчування. Перспективи вирішення проблеми голоду в країнах «третього світу» вони пов'язують із здійсненням політики регулювання приросту населення. Деякі експерти (Я.Тінберген, Г. Кан, В. Леонтьєв) акцентують увагу на технологічній відсталості країн, що розвиваються, яка полягає у примітивному й малопродуктивному сільському господарстві.

2.5 Майбутнє суспільства, як глобальна проблема

До глобальних проблем слід віднести й майбутнє людини. Проблема людини як особливе вираження одвічних філософських питань набула ще одного відтінку: нині вона активізувалась з погляду проблемності людського існування взагалі. Щоб мати майбутнє, людина має вижити як вид. Питання сенсу людського життя, значення культури, змісту людської діяльності набувають уже не суто академічного, теоретичного, суспільно-відповідального звучання, а потребують конкретних соціально-практичних рішень.

Такі найважливіші і найактуальніші глобальні проблеми сучасної епохи, з якими зіткнулось людство на порозі нового тисячоліття своєї історії. У працях багатьох західних вчених вирішення найважливіших проблем людства, як і в уявленнях про найближче й віддалене майбутнє людства, єдності немає. Ще недавно частина їх відстоювали позицію «соціально-екологічного песимізму», доводячи, що світ нібито досяг апогею розвитку виробництва, споживання невідновлюваних ресурсів і в недалекому майбутньому на нього чекає крах. Чимало західних спеціалістів у галузі екології (Дж. Форрестер, Д. Медоуз, М.Месарович, Б. Пестель та ін.) вважають, що людство має вибирати між матеріальним прогресом і продовженням життя на Землі.

Однак з другої половини 70-х років дедалі більше з'являлось публікацій, автори яких намагалися довести, що нестача джерел енергії, продовольства та інших ресурсів не абсолютна, а відносна, і людство може ці проблеми вирішити. В одній з останніх доповідей Римського клубу «Шляхи, що ведуть у майбутнє», її автор – американський економіст українського походження Б.Гаврилишин висувається концепція створення загального «світового порядку», в рамках якого людство може справитися з уже наявними проблемами і з тими, які обов'язково виникнуть у майбутньому.

Особливість сучасної історичної ситуації полягає в тому, що макросвіт людства входить у мікросвіт індивіда. На плечі кожного певною мірою покладається загальна історична відповідальність. А це вимагає розширення горизонтів соціального й історичного мислення людей. Але хіба можна сказати, що таке розширення стало повсюдним і загальним фактором життя? Звичайно, ні. Не можна не бачити разом з тим процесів зміни самосвідомості людей.

Сучасне і майбутнє розпочатих сьогодні в країні соціальних перетворень перебуває в руках людини. Проте складається враження, що ми сприймаємо

лише позитивні сторони людського фактора, як феномена нашої соціальної практики, навмисне минаючи певні «небезпечні» висновки і «підводні рифи». Настав час чесно і безпристрасно подивитись на цю проблему. Людський фактор – це не тільки першооснова нашого подальшого суспільного розвитку, а й одна з історичних причин наших невдач і поразок. А якщо бачити перспективу, то ми прагнемо виховати всебічно і гармонійно розвинену людину майбутнього громадянського суспільства.

2.6 Нова майбутня цивілізація

Зміни, що відбуваються сьогодні у світі, – важливий крок на шляху переходу людства до нової цивілізації, яка може бути сформована на шляхах розв'язання глобальних проблем. Ця нова, майбутня цивілізація, на нашу думку, знищить відчуження людини від людини, суспільства, природи і від продукту праці, покладе кінець поділу людства на антагоністичні класи та соціальні групи і створить реальні умови для його самопізнання і вільного само об’єднання на принципах нового гуманізму. Нова цивілізація в тенденції свого розвитку являє собою якісно новий ступінь у розвитку людини і суспільства, що інтегрується в єдине людство, системність якого можна порівняти в якісному відношенні з природними системами, залученими в сферу людської діяльності. Тільки на цьому етапі людство займе своє гідне, відносно самостійне місце в системі оточуючих космічних процесів і сил, стане специфічним єдиним утворенням.

Таким чином, розглянувши такі глобальні проблеми, як демографічна, продовольча, проблема війни і миру, майбутнє суспільства, забруднення навколишнього середовища, очевидно, що для їх вирішення необхідно комплексний підхід. Ізольоване вирішення їх практично не можливе.

Розмірковуючи про перспективи людства, слід підкреслити, що мова йде про можливості єдиного демократичного і гуманного світового співтовариства, в якому будуть співіснувати різні форми власності – і суспільна. Проте однозначною умовою є те, що це мають бути суспільства демократії, суспільства, де людина буде центром усіх відносин.

Зрозуміло, що тільки на цьому шляху можливе подальше розгортання прогресивних процесів, розквіт нової цивілізації. При цьому слід мати на увазі, що розвиток технічної і технологічної основи суспільства не автоматично впливає на перетворення соціального життя, а опосередковано, через систему суспільних відносин, яка зберігає певну самостійність. Тому науковий погляд на перспективи людства у зв'язку з технічним прогресом може сформуватися на основі всебічного аналізу системи «людина – наука – технологія – суспільство».

2.7 Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин

Концентрація – маса (мг) речовини в одиниці об’єму ($м^3$) повітря при нормальних умовах – є основною фізичною характеристикою домішок атмосфери. Концентрація домішок визначає фізичний, хімічний та інші види

впливу речовин на людину і навколишнє середовище й служить основним параметром при нормуванні вмісту домішок в атмосфері.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – це максимальна концентрація домішок з атмосфері, віднесена до певного часу осереднення, яка при періодичній дії чинна на протязі всього життя людини та не справляє ні на неї, ні на навколишнє середовище в цілому шкідливої дії (включаючи віддалені наслідки).

Якщо речовина справляє на навколишню природу шкідливу дію в менших концентраціях, ніж на організм людини, то при нормуванні виходять з порогу дії цієї речовини на навколишню природу.

Гранично допустимі концентрації забруднювальних речовин в атмосферному повітрі населених пунктів регламентовані Державними Санітарними правилами охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) (ДСП-201-97), відповідно з якими встановлені: клас небезпечності речовини, допустимі максимальна разова і середньодобова концентрації домішок.

Максимальна разова ГДКм.р. – основна характеристика небезпечності шкідливої речовини. Вона встановлюється для попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття запаху, світлової чутливості, зміна біоелектричної активності головного мозку тощо) при короткочасній дії шкідливих речовин у повітрі.

Середньодобова ГДКс.д. встановлена для попередження загально-токсичного, канцерогенного, мутагенного та іншого впливу шкідливої речовин на організм людини.

Найбільша концентрація C кожної шкідливої речовини в приземному шарі не повинна перевищувати максимально разової гранично допустимої концентрації, тобто С ≤ ГДК м.р., при експозиції не більше 20 хв. Якщо час дії шкідливої речовини перевищує 20 хв., то $C \leq$ ГДКс.д. При одночасній присутності в атмосфері декількох шкідливих речовин, що володіють однонаправленою дією, їх безрозмірна сумарна концентрація повинна задовольняти умову:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \cdots \frac{C_n}{ГДК_n} < 1 \quad ,$$

де C_1, C_2, …, C_n – концентрація шкідливих речовин в одній і тій же місцевості, мг/м^3;

$ГДК_1$, $ГДК_2$, …, $ГДК_n$ – гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосфері, мг/м^3.

Ефектом однонаправленої дії володіють, наприклад, такі шкідливі речовини, як діоксиди сірки і азоту; діоксид сірки і сірководень; сильні мінеральні кислоти (сірчана, соляна, азотна); етилен, пропілен, бутилен, амілен; озон, діоксид азоту, формальдегід тощо. Максимальні концентрації шкідливих

речовин визначають за разовими пробами, відібраними на протязі 20 хв. Середньодобові концентрації визначають або як середньоарифметичне значення концентрацій разових проб, для яких встановлюють періодичність їх відбору, або з добових концентрацій, одержаних безперервно на протязі 24 годин.

2.8 Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення біосфери.
2. Сформулюйте основні положення вчення В.І. Вернадського про біосферу.
3. Поняття про ноосферу.
4. Чим обумовлена трансформація енергії у біосфері?
5. Загальна характеристика світової демографічної ситуації.

ТЕМА 3. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА АТМОСФЕРИ

Мета: ознайомитися з будовою атмосфери.

План:

3.1 Загальні відомості про будову атмосфери.

3.2 Фізико-хімічні параметри атмосферного повітря.

3.3 Колообіг речовин в атмосфері.

3.4 Джерела забруднення атмосфери.

3.5 Наслідки забруднення атмосфери.

3.5.1 Наслідки глобального характеру.

3.5.2 Наслідки глобального характеру.

3.5.3 Проблеми локального характеру.

3.5.4 Поняття про «ядерну зиму».

3.6 Проблема контролю викиду в атмосферу забруднювальних речовин промисловими підприємствами, ГДК.

3.7 Методи очищення промислових газових викидів.

3.7.1 Механічне очищення газових викидів.

3.7.2 Фізико-хімічне очищення газових викидів.

3.8 Енергетичне забруднення довкілля.

3.1 Загальні відомості про будову атмосфери

Атмосферне повітря, яким ми дихаємо, має складну будову і знаходиться у тісному взаємозв'язку з навколишнім середовищем – земною поверхнею, Світовим океаном, космосом, сонячним випромінюванням. Тому необхідно детальніше розглянути будову атмосфери, її хімічний склад та процеси, які в ній протікають.

Атмосфера – це зовнішня газова оболонка Землі, яка простягається на сотні кілометрів від її поверхні та поступово зникає, набуваючи густини міжпланетного простору. Атмосфера під дією сили земного тяжіння повертається разом із Землею. Маса її становить одну мільйонну частинку маси нашої планети і складає $5{,}3 \cdot 10^{15}$ тонн. Густина, вологість, температура і хімічний склад атмосфери залежить від висоти та шару атмосфери над поверхнею Землі. В атмосферному повітрі під дією зовнішніх і внутрішніх факторів постійно протікають гідродинамічні, теплові, електромагнітні, хімічні, фотохімічні процеси, від яких залежить температура, тиск, швидкість переміщення атмосферних потоків, її хімічний склад.

Наявність атмосфери – одна з головних умов життя на Землі. Без їжі людина може обходитись місяць, без води – тиждень, без повітря не проживе й кількох хвилин. Атмосфера, як елемент глобальної екосистеми, виконує декілька основних функцій:

- захищає живі організми від згубного впливу космічного випромінювання та ударів метеоритів;
- регулює сезонні та добові коливання температури (якщо б не існувало атмосфери, то добові коливання температури досягали б $\pm 200^{o}C$);

- є носієм тепла та вологи;

- є депо газів, які беруть участь у фотосинтезі та забезпечують дихання.

Маса атмосфери, як було сказано вище, становить одну мільйонну маси Землі, проте атмосферне повітря не слід вважати невичерпним природним ресурсом. Річ у тому, що людині необхідне повітря певної якості, а внаслідок впливу її ж діяльності уже сьогодні фізичні та хімічні показники повітря в окремих регіонах далекі від необхідної якості і дедалі погіршуються. В окремих регіонах стан атмосфери загрозливий для здоров‘я загалом.

Земну атмосферу умовно ділять на п'ять шарів: ***тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу і екзосферу.*** Кожен шар відділяється від іншого невеликим прошарком, який називається пауза.

Тропосфера – найближчий до поверхні землі шар атмосфери. Тут зосереджено приблизно 90% маси атмосферного повітря. Товщина якого складає над екватором 16-18 км, а над полюсами 7-9 км. Тут сконцентрована основна маса атмосферного повітря і атмосферних домішок. У тропосфері найбільш інтенсивно проходять гідродинамічні, теплові та хімічні процеси. Проходить горизонтальне та вертикальне переміщення повітряних мас, утворення зон підвищеного та пониженого тиску, охолодження або нагрівання повітряних мас, конденсація вологи. Температура повітря в міру віддалення від поверхні землі зменшується і на висоті 10-25 км становить мінус 50-60 С. У середньому зменшення температури на кожен кілометр над рівнем моря складає приблизно 6,5°С. Зменшення температури відбувається через зменшення густини повітря, а отже, і погіршення (зменшення) теплопередачі в міру віддалення від земної поверхні.

Стратосфера – другий шар атмосфери. Він досягає висоти до 50-60 км і характеризується низькою густиною. Незважаючи на те, що стратосфера займає простір в декілька разів більший за тропосферу, маса її складає лише 5% від маси всієї атмосфери. У стратосфері проходить інтенсивне переміщення повітряних потоків і швидкість їх досягає 100 км/год. Характерною особливістю стратосфери є зростання температури в міру віддалення від земної поверхні (на кожен кілометр температура зростає на 1-2 С). Це пояснюється тим, що значна частина ультрафіолетових променів поглинається озоновим шаром, який зосереджується в цьому шарі.

Мезосфера – третій шар атмосфери. Температура у міру віддалення від земної поверхні знову зменшується. У верхніх шарах мезосфери, на висоті близько 80 км вона становить – 76 С. Цей шар характеризується високою швидкістю переміщення повітряних мас.

Термосфера – четвертий шар атмосфери, досягає висоти близько 800 км. Характеризується іонізацією молекул повітря під дією космічних променів, вона стає електропровідною. Характеризується зростанням температури. Тут слід зауважити, що для верхніх шарів атмосфери поняття «температури» має дещо особливий зміст.

Температура газу, як відомо, визначається швидкістю руху молекул. У густому газовому середовищі високі швидкості руху молекул призводять до частих зіткнень молекул. При цьому молекули, які рухаються, поглинають

променеву енергію і при зіткненні передають її іншим молекулам, в результаті чого температура зростає. В розріджених газах швидкість руху молекул надзвичайно велика і внаслідок малої густини газового середовища ймовірність їх зіткнення незначна. Проте, коли трапляється зіткнення, то передається велика кількість кінетичної енергії, що супроводжується зростанням температур до значних величин. Таким чином, поняття температури для мезосфери характеризується лише швидкістю руху та енергією її молекул.

Екзосфера – знаходиться на висоті понад 800 км. Характеризується ще більш високим розрідженням, зростанням швидкості руху окремих частин до 12 м/с, що відповідає 2000°С (подальшим зростанням температури). Термосферу і екзосферу внаслідок значної іонізації газів називають іоносферою.

3.2 Фізико-хімічні параметри атмосферного повітря

До основних фізико-хімічних параметрів, що характеризують стан атмосферного повітря, відносять: ***тиск, густину, температуру, абсолютну та відносну вологість, хімічний склад атмосферного повітря (атмосфери)***.

Тиск атмосферного повітря в залежності від висоти і температури визначають за барометричною формулою:

$$P_1 = P_2 exp\ (-\mu(H_1 - H_2)g/RT,$$

де P_2 – тиск на геометричній висоті H_2;
P_1 – тиск на геометричній висоті H_1;
T – середнє значення температури між геометричними висотами;
R – універсальна газова постійна;
G – прискорення вільного падіння.

Густину атмосферного повітря безпосередньо не вимірюють, її розраховують за формулою:

$$\rho = \rho_o P T_o / P_o T,$$

де $\rho_o = P_o/RT_o = 29/22{,}4 = 1{,}29[кг/м^3];$
P_o, T_o – тиск і температура за нормальних умов;
P, T – тиск і температура реальних умов (на певній висоті над рівнем моря);
R – універсальна газова постійна.

Температура атмосфери, як згадувалось вище, залежить від висоти над рівнем моря. Крім того, локальна температура в кожній точці атмосфери безперервно змінюється з бігом часу. Внаслідок різної зміни густини і складу окремих атмосферних потоків температура міняється нерівномірно.

Абсолютна вологість – це відношення маси вологи в повітрі до маси сухого повітря.

Відносна вологість – це відношення абсолютної вологості до максимально можливої за тих же умов (температури і тиску).

Хімічний склад атмосфери. Знання природного хімічного складу атмосфери необхідно для того, щоб легко встановлювати присутність в ній сторонніх домішок і розглядати їх, як інгредієнти, що забруднюють атмосферу.

Азот – N_2, вміст його в атмосфері складає 78,09% об'ємних. Це малоактивний хімічний елемент. Разом з тим, роль азоту в процесах, протікаючих на землі, надзвичайно велика. Досить згадати про те, що азот входить до складу білків, амінокислот, нуклеїнових кислот. Причому в синтезі білкових тіл бере участь, як атмосферний азот, так і його сполуки аміаку, нітрати. Таким чином, азот не тільки відіграє важливу роль в життєвих процесах на землі, але він є носієм атмосферного повітря, тому що складає її основну масу.

Кисень – O_2, вміст досягає 20,94% об'ємних. Відіграє надзвичайно важливу роль у біологічних процесах на Землі. Входить до складу багатьох органічних сполук і є рушійною силою окисних процесів, які лежать в основі розвитку живих організмів та рослинності на землі. Велика роль кисню в технологічних процесах, при синтезі хімічних речовин.

Діоксид вуглецю – CO_2, після азоту і кисню є найбільш розповсюдженим хімічним елементом в атмосфері. Його вміст на різних висотах знаходиться в межах 0,02-0,04% об'ємних. Оксид вуглецю активно бере участь у процесах обміну світового океану, тваринного і рослинного світу. За останні десятиріччя намітилася тенденція постійного зростання концентрації CO_2 в атмосфері. За даними дослідників, за останнє сторіччя концентрація CO_2 в атмосфері зросла на 70%. Кількість оксиду вуглецю зростає за рахунок спалювання вугілля, нафти, газу та інших видів палива.

Озон – O_3, на відміну від інших газів, які входять у склад атмосфери, відіграє унікальну роль. Вміст озону знаходиться в межах 0,001-0,000001% у залежності від висоти. Максимальна кількість його фіксується на висоті 20-35 км у стратосфері. Основна функція озону полягає в захисті від згубного впливу ультрафіолетового випромінювання всього живого на поверхні Землі. Весь озон, що є в атмосфері, відповідає шару газу, який охоплює земну поверхню товщиною 3 мм. Хімізм утворення озону наступний:

$$O_2 + h\nu \rightarrow 2O^*,$$
$$O_2 + O^* \rightarrow O_3.$$

Крім того, до складу атмосферного повітря входять так звані інертні гази (аргон, неон, криптон, гелій). Внаслідок малої хімічної активності в атмосферних процесах вони не беруть участі. Крім перерахованих газів, у склад атмосферного повітря входять: окисли азоту, сірки, вуглецю (II), сірководень, аміак, метан та водяні пари. Основна маса парів води знаходиться на висоті 5-6 км від поверхні Землі. Слід зауважити і те, що в склад атмосферного повітря, крім перерахованих газів і вологи, обов'язково входить пил

найрізноманітнішого походження. Наведені вище компоненти – це постійні складові атмосфери.

Протікання в атмосфері незворотних фізико-хімічних процесів мало б призвести до швидкої зміни її хімічного складу. В дійсності склад атмосфери залишається постійним протягом великого проміжку часу. Це відбувається тому, що має місце колообіг речовин в природі.

3.3 Колообіг речовин в атмосфері

Колообіг має досить складний характер, він охоплює тваринний і рослинний світ, гідросферу, літосферу й атмосферу. Інтенсивна циркуляція, накопичення і трансформація речовин в природі проходять в основному в нижніх шарах атмосфери, тобто у біосфері. До головних циклів біосфери відносять біогеохімічні цикли вуглецю, азоту, води, кисню. На колообіг суттєвий вплив має забруднення атмосфери, що і обумовлює практичну зацікавленість.

Колообіг вуглецю – CO_2. В природі відомо багато шляхів колообігу вуглецю, серед яких найбільш суттєву роль відіграє CO_2. Основним резервуаром CO_2 в природі є атмосфера. CO_2 бере активну участь у процесі синтезу органічних речовин, які входять до складу рослинних та тваринних організмів. CO_2 є життєво необхідним джерелом для рослинного світу. Враховуючи масштаби фотосинтезу:

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

Інтенсивність вилучення CO_2 така велика, що якщо б не було надходження його в атмосферу, то за 300-400 років запаси вичерпались б повністю. Проте в природі протікають і обернені процеси, зв'язані з утворенням CO_2.Це перш за все окисні процеси дихання, гниття, горіння, внаслідок яких CO_2 повертається в атмосферу. Тобто проходить безперервний колообіг вуглецю в природі.

Іншим, не менш важливим регулятором концентрації CO_2 в атмосфері є Світовий океан. У ньому міститься приблизно в 100 раз більше CO_2, ніж в атмосфері. Розчинність CO_2 у воді підпорядковується закону Генрі, згідно з яким об'єм розчиненого CO_2 у воді пропорційний його концентрації, тиску та температурі. Таким чином, розчинення у воді і зворотний процес є чи не найвагомішим регулятором вмісту вуглекислого газу – CO_2 в атмосфері.

Протягом останнього сторіччя в результаті свідомої діяльності людини баланс між використанням і продукуванням CO_2 порушився. Масове вирубування лісів призвело до зменшення використання CO_2 з атмосфери рослинністю, а всезростаюча індустріалізація збільшила надходження діоксиду вуглецю CO_2 в атмосферу. В результаті цього намітилася тенденція зростання CO_2 в атмосфері.

Колообіг азоту – N_2. Атмосфера – невичерпний запас азоту в природі. Загальновідомо, що атмосферний азот є інертним газом і не може засвоюватися

рослинністю. Рослини засвоюють зв'язаний азот із воднем, киснем і т.д., інакше кажучи, азот зв'язаний у хімічних сполуках. Кількість атмосферного азоту, яка зв'язується і поглинається рослинами, компенсується такою ж кількістю, яка знову повертається в атмосферу внаслідок біохімічного розкладу продуктів життєдіяльності органічного світу. В тому і полягає колообіг азоту в природі.

Колообіг води H_2O. Волога (водяна пара) – найрухливіша частина атмосфери. В атмосферу вода поступає в основному у вигляді парів у результаті випаровування її з відкритих водних поверхонь. Велика кількість її випаровується також рослинністю та поверхнею ґрунтів. В атмосфері вода разом із повітрям переноситься на великі відстані. Вся випарувана вода після конденсації повертається на землю у вигляді опадів, здійснюючи тим самим очищення атмосфери від твердих частинок різного походження, в тому числі і від космічної. (Звичайний дощ протягом 15 хв. видаляє з атмосфери до 30-50% пилоподібних частин розміром до 10 мікрон. Під дією опадів із повітря видаляються також і газоподібні домішки, які розчиняються у воді, або реагують з нею).

Колообіг кисню – O_2. Збагачення атмосфери киснем, очевидно, пов’язано з появою рослинності. Важливу роль в житті нашої планети кисень почав відігравати з початком фотосинтезу. Цей процес циклічний, кисень виділяється рослинами в атмосферу і поглинається з неї в процесі окислення органічного світу з утворенням CO_2. Життєдіяльність організмів зв'язана з процесами дихання, тобто з поглинанням кисню і виділенням вуглекислого газу. Тому можна зробити висновок, що колообіг кисню пов'язаний із колообігом вуглекислого газу.

3.4 Джерела забруднення атмосфери

Повітряна оболонка Землі є однією з найголовніших умов життя. Без їжі людина може жити місяць, без води – лише тиждень, але без повітря людина не зможе проіснувати більше декількох хвилин. Атмосферне повітря можна вважати невичерпним природним ресурсом лише умовно, адже людині для життя потрібне повітря певної якості. А під впливом антропогенного фактора його хімічний склад і фізичні властивості дедалі погіршуються. На Землі вже практично не залишилося таких ділянок, де повітря зберігало б свою первісну чистоту та якість. Проте ще в глибокій давнині люди вміли розрізняти здорові і не здорові місцевості. Ще в працях давньогрецького лікаря Гіппократа є згадки про хвороби, які зв'язані з негативним впливом повітря, води, місця проживання. Проблема забруднення атмосферного повітря, як ми її розуміємо, виникла відносно недавно – протягом останнього сторіччя. Поява різноманітних ремесел погіршила стан атмосфери великих європейських міст. У повітрі з’явилися оксиди сірки, азоту, зола. І до сьогоднішнього дня, в міру розвитку промисловості, кількість шкідливих домішок зростає, тим самим погіршуючи його властивості.

Атмосферне повітря забруднюється різними газами, дрібними часточками і рідкими речовинами, які негативно впливають на живі істоти, погіршуючи

умови їх існування. На сьогоднішній день класифікують два джерела його забруднення, забруднення атмосфери – ***природне та антропогенне (штучне)*** (рис. 3.1) [6] .



Рисунок 3.1 – Штучні та природні джерела забруднення атмосфери [6]

Природне забруднення атмосфери. *Виверження вулканів* – один із глобальних природних факторів забруднення атмосфери. Сотні, тисячі тонн продуктів вулканічного походження викидаються в повітря, вони досягають стратосфери і там зберігаються до одного року, тим самим впливаючи на прозорість атмосфери. Крім продуктів пилового походження, у вулканічних газах містяться оксиди азоту, сірки, сірководень, аміак, фторпохідні.

Морські солі – утворюються внаслідок здування вітром з гребеня хвиль бульбашок на морях та океанах. Час перебування бульбашки у повітрі достатній для випаровування вологи, а солі підхоплюються вітром і переносяться на сотні кілометрів і випадають самостійно або з дощами, засолюючи ґрунти. При швидкості вітру v = 5 м/с у повітря переходить приблизно 10 мкг/м^3; при v = 12 м/с у повітря переходить 500 мкг/м^3 солей.

Пилові бурі. Велика кількість пилу підноситься внаслідок сильних вітрів у пустелях Африки, Азії. В 1968 на півдні України було знято шар землі товщиною 1,5 см. Сюди ж слід віднести пил лісових і степових пожеж.

Космічний пил. Протягом доби на Землю осідає до 1000 тонн космічного пилу. Інколи ця кількість може збільшуватись в десятки разів. Хоча кількість космічного пилу в атмосфері досить велика, вона не створює суттєвої небезпеки для атмосфери.

Гейзери та геотермальні води. Привносять в атмосферу значну кількість вологи, сірководню, сірчаного ангідриду, вуглекислого газу, аміаку, оксидів азоту, галогенпохідних і т.д.

Частинки біологічного походження. Крім включень неорганічного походження в атмосфері є достатня кількість мікроорганізмів, грибків, бактерій, рослинний пилок, продукти життєдіяльності живих організмів (ефіри, високомолекулярні спирти).

*Радіоактивні забруднення***.** Їх наявність обумовлюється розробкою радіоактивних руд (урану, торію тощо).

Штучне (антропогенне) забруднення атмосфери. Цей вид забруднення атмосфери обумовлений діяльністю людини. Найбільша кількість шкідливих домішок викидається *тепловими електростанціями* в результаті спалювання твердого, рідкого та газоподібного палива. У світі щороку спалюють понад 10 млрд. тонн органічного палива. Лише при спалюванні вугілля в атмосферу щороку потрапляє близько 900 тис. тонн чадного газу, 120 млн. тонн попелу, а разом з іншими видами пилу до 300 млн. тонн.

Не менш потужне джерело забруднень спричиняє *металургійна промисловість*, виплавка чорних та кольорових металів. За приблизними підрахунками в атмосферу за останні 100 років надійшло 1,5 млн. тонн арсену, 1 млн. тонн нікелю, 600 тис. тонн цинку, стільки ж міді.

Серйозної шкоди навколишньому середовищу завдає *хімічна промисловість* – виробництво кислот, лугів, мінеральних добрив, цементу, соди, штучних волокон, аміаку, барвників та цілого ряду інших хімікатів. Особливо небезпечними викидами є сірчисті сполуки, оксиди азоту, хлор та інші.

Майже всі забруднювальні речовини можуть вступати між собою в реакції, утворюючи високотоксичні сполуки. У поєднанні з туманом це явище супроводжується утворенням фотохімічного смогу.

Повітря забруднюють практично всі види сучасного *транспорту,* кількість якого постійно збільшується у всьому світі. В останні роки, у зв'язку з розвитком автомобілебудування, значно забруднюють атмосферу *вихлопні гази автотранспорту*. До складу вихлопних газів входять, крім CO_2, CO, свинцю і т.д., речовини канцерогенного походження. До забруднень автотранспортом слід віднести і забруднення гумовим пилом. Майже всі складові вихлопних газів автомобілів шкідливі для людського організму, а оксиди азоту – N_xO_y до того ж беруть активну участь у створенні фотохімічного смогу.

Найбільшу загрозу для людства становить забруднення атмосфери *радіоактивними речовинами.* Ця проблема вперше виникла в 1945 р. після вибуху двох атомних бомб, скинутих з американських літаків на японські міста Хіросіму та Нагасакі. Природна радіоактивність існує незалежно від діяльності людини. Живі істоти певною мірою пристосувалися до неї, хоч шкідливість її для них є очевидною.

За будовою та характером впливу на атмосферу штучні джерела забруднення умовно поділяють на *технічні* (пил цементних заводів, дим і сажа від згоряння вугілля) та *хімічні* (тверді або газоподібні речовини, які можуть вступати в хімічні реакції).

Як видно з рис. 3.2, основний внесок у забруднення атмосфери формують промислові підприємства різних галузей [6].

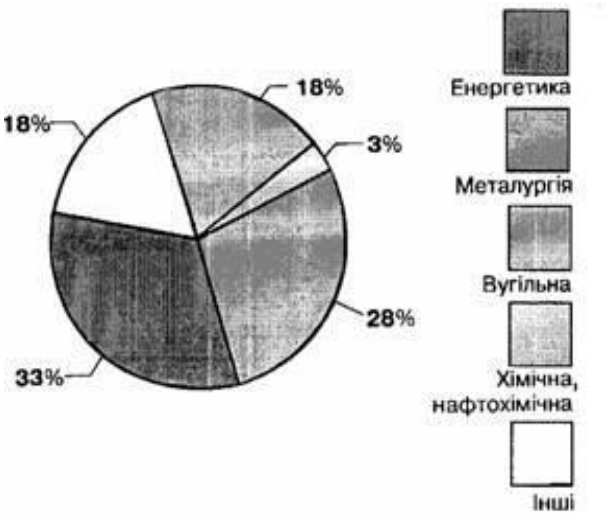


Рисунок 3.2 – Вклад у забруднення атмосфери по галузях промисловості [6]

За агрегатним станом усі забруднювальні речовини поділяють на тверді, рідкі та газоподібні. Саме газоподібні забруднювачі становлять 90 % загальної маси речовин, що надходять в атмосферу. Забруднення атмосфери неоднакове по регіонах. В індустріально розвинених районах воно може бути в тисячу разів більшим за середньо-планетарні значення.

3.5 Наслідки забруднення атмосфери

Атмосфера має здатність до самоочищення. Оточуюче нас повітря безперервно знаходиться в русі. Тому шкідливі домішки різного походження, які потрапили в атмосферу, переносяться на значні відстані, в результаті чого зростає зона забруднення, проте концентрація забруднювальних речовин зменшується через розпорошення їх у повітрі, осідання твердих часточок під впливом сили гравітації, випадання з опадами. Разом з тим, від величезної кількості забруднювальних речовин, що надходять в атмосферу сьогодні, вона не може легко позбутися. Відповідно і наслідки забруднення можуть мати ***локальний, регіональний і глобальний характер.***

3.5.1 Наслідки глобального характеру

Головними екологічними ***наслідками глобального*** характеру забруднення атмосфери є ***парниковий ефект та стратосферний озон.***

Парниковий ефект. Останні роки ми помічаємо потепління клімату. Літо стає жаркішим, зима – м'якшою. Вчені помітили, що в останні 100-130 років наша атмосфера помітно потеплішала і цей процес невмолимо продовжується, середня температура вперто повзе вверх. Лише за останні 100 років середньорічна температура підвищилась щонайменше на 0,3-0,6 ^{o}C. Глобальне

потепління пояснюють так званим «парниковим ефектом». Образну назву «парниковий ефект» одержало природне явище, суть якого полягає в тому, що атмосфера затримує теплове випромінювання, яке йде від земної поверхні (подібно до плівки над городнім парником). Механізм утворення полягає в наступному: енергія, що надходить на нашу планету від Сонця, визначає хід усіх біологічних процесів на Землі.

Сонячне випромінювання на 97% складається з електромагнітних випромінювань, 3% корпускулярного потоку заряджених частин. 48% електромагнітних випромінювань припадає на видиму область спектру, 45% – на інфрачервону, 7% – на ультрафіолетову область. До земної поверхні доходить лише 50% сонячного випромінювання, і то в основному коротко-хвилевого. Випромінювання, яке досягло Землі, нагріває її. Нагріта земля у свою чергу випромінює довгохвилеву інфрачервону (теплову) радіацію, яка частково йде в космос, а частково залишається в атмосфері і нагріває її за рахунок того, що 96% цього випромінювання поглинається вуглекислим газом, водяною парою, оксидами азоту та сірки і т.д. Утримання довго-хвилевого випромінювання створює додатковий тепловий ефект, який призводить до додаткового нагріву атмосфери.

Трьохатомні гази і особливо вуглекислий газ – CO_2 відіграють вирішальну роль у посиленні парникового ефекту.

В останнє сторіччя в результаті людської діяльності вміст CO_2 в атмосфері виріс більш ніж на чверть. Протягом останніх 100 років внесок CO_2 в сумарні викиди становив приблизно 66%. Починаючи з 80-х років, внесок вуглекислого газу в глобальне потепління став менш значним. З'явилися нові речовини з парниковим ефектом – в першу чергу хлорфторвуглеці, в тому числі добре відомі фреони. Існують шість основних парникових газів, які входять до хімічного складу атмосфери: *водяна пара, вуглекислий газ, метан, озон, оксиди азоту і останнім часом хлорфторвуглеці.* Крім них, усі інші парникові гази зустрічаються в природі.

Якщо подивитися на викиди CO_2 в світі, то найбільше цього газу викидається в розвинутих країнах: США, Японії, Канаді, країнах західної Європи: Німеччині, Англії, Італії, Росії. Україна посідає 10 місце у світі за викидами CO_2. Ліси, океани та ґрунти поглинають CO_2, утримуючи рівновагу між кількістю CO_2 в атмосфері, у воді і ґрунтах. Але людська діяльність призводить до негативного впливу на цю рівновагу.

Поки що недостатньо достовірно визначено потенційні наслідки збільшення в атмосфері концентрації вуглекислого газу та інших парникових газів, але найбільш вірогідним з них є глобальна зміна температурного режиму. Підвищення температури може викликати цілу низку таких явищ, як підвищення рівня моря та зміни в локальних кліматичних умовах, що, у свою чергу, може негативно вплинути на соціально-економічний розвиток багатьох країн. Нема сумніву в тому, що глобальне потепління може викликати непередбачені зміни в довкіллі, а населенню Землі може бути заподіяно непоправної шкоди.

Моделлю парникового ефекту в масштабах планети може слугувати клімат Венери. Її щільна атмосфера, що складається на 98% з вуглекислого газу, розжарена до температури 500°С. Комп'ютерні моделі показали, що якщо вміст парникових газів в атмосфері буде продовжувати зростати, то наприкінці XXI століття середньорічна температура збільшиться на 1,4 – 5,8°С. При цьому рівень Світового океану підніметься на декілька десятків сантиметрів – не стільки внаслідок розтоплення полярного льоду, скільки внаслідок теплового розширення верхнього прогрітого шару. Частина приморських країн може повністю зникнути в морі. В Єгипті результати досліджень показали, що внаслідок підвищення рівня моря на один метр буде затоплено регіон, в якому зараз проживає 15% населення країни і виробляється 16% продовольства. Однак глобальне потепління створить проблеми не тільки жителям приморських країн. Підвищення середньої світової температури усього лише на декілька градусів може призвести до величезних змін у кліматі планети. Це буде означати зсув усіх кліматичних зон від екватора до полюсів: південна частина тундри заросте тайгою, на півдні сьогоднішньої тайги виростуть широколистні ліси. І людям, і тваринам доведеться звикати до нового клімату. Збільшиться ризик виникнення таких стихійних лих, як циклони, посухи, пожежі, повені, урагани. Відомо, що кількість стихійних лих на нашій планеті протягом 80-х років XX століття збільшилась удвічі порівняно з 70-ми роками. У сільському господарстві зміниться врожайність і якісний склад культур, а це, у свою чергу, позначиться на тваринництві. В енергетичному секторі найбільш уразливою буде гідроенергетика. Почнуть масово розмножуватися кровососні комахи та шкідники лісу. Багато тропічних та субтропічних видів комах розповсюдяться на північ і разом з ними будуть розповсюджуватись хвороби, які вони можуть переносити, – малярія, тропічні вірусні лихоманки тощо. Також можливі різкі відхилення температури в обидва боки від середньої. Те ж саме буде спостерігатися з опадами, вітрами – зміняться не стільки середні їх величини, скільки відхилення від них.

Тож як вирішувати проблему глобального потепління? У грудні 1998 року в Японії (Кіото) відбулася Міжнародна конференція із проблем клімату, де була встановлена квота кожній країні на викиди CO_2 в атмосферу. Конвенцію підписали всі держави – члени ООН, в тому числі і Україна. Згідно з цією конвенцією і Кіотським протоколом, що є її доповненням, промислово розвинуті країни повинні з 2008 по 2012 роки зменшити, як мінімум на 5% порівняно з рівнем 1990 року, загальні викиди шести парникових газів. Україна має стабілізувати викиди цих газів на рівні 1990 року.

«Озонова дірка». Розташований в атмосфері на висоті 20-35 км озоновий шар є природним захисним бар'єром від проникнення на поверхню Землі жорсткого ультрафіолетового випромінювання Сонця. Цей шар має відносно невелику товщину, проте він надійно захищає живу речовину атмосфери від згубного впливу ультрафіолетової радіації. Як вперше помітили метеорологи США, останнім часом озоновий шар атмосфери зазнає руйнування. В 1971 році на Міжнародній асамблеї метеорологів і фізиків атмосфери шведський геофізик

Крутцен звернув увагу на руйнування озонового шару Землі. Він припустив, що причиною є висотні літаки. Пізніше ця гіпотеза була спрощена.

Аналіз сучасних даних говорить, що за останні десятиріччя вміст озону над Антарктидою зменшився на 50%, а над Північним полюсом на 10%. Внаслідок руйнування озонового шару концентрація озону почала зменшуватися в деяких місцях. На початках часто виникала «пульсивна дірка». Вміст озону в ній менший від звичайного на 40-50%. Ця «дірка» чітко виявляється з серпня по жовтень, а нині вона не затягується і влітку та має надзвичайно велику площу, що дорівнює площі Антарктиди. З'явилося поняття «озонова дірка». Це спричинює збільшення кількості захворювань людей на рак шкіри та катаракту. «Озонову дірку» виявлено і в Північній півкулі над Антарктикою. Збільшення «озонової дірки» призводить до зниження імунітету та збільшення частоти інфекційних захворювань людей і тварин. Як стверджує «Грінпіс», зменшення товщини озонового шару на 10% призводить до збільшення захворювань на рак шкіри 300 тис. населення.

Щодо причин руйнування озонового шару, є гіпотеза, що цей небажаний і небезпечний процес інтенсивно відбувається під дією деяких хімічних речовин – хлорфторпохідних вуглецю (фреонів), а також тетрахлориду карбону, метил хлороформу та інших. Зазвичай у стратосфері озон утворюється внаслідок дії ультрафіолетових променів Сонця (короткохвилевого випромінювання, 240-320 нм.):

$$O_2 + hn \rightarrow 2O^*,$$
$$O^* + O_2 \rightarrow O_3.$$

Але паралельно відбувається природний процес руйнування:

$$O_3 + hn \rightarrow O_2 + O^*,$$
$$O_3 + O^* \rightarrow 2O_2.$$

Отже у стратосфері підтримується рівновага, атоми кисню знаходяться у рівновазі з атомами озону.

$$3O_2 \rightarrow 2O_3.$$

Внаслідок дії антропогенних чинників в атмосфері є значна кількість сполук, які сприяють руйнуванню озону. Надмірна кількість оксидів азоту призводить до того, що останні проникають у стратосферу і там вступають у взаємодію з озоном:

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2,$$
$$NO_2 + O^* \rightarrow NO + O_2.$$

Тобто O^* іде не на утворення O_3, взаємодіючи з киснем (див. вище), а на відновлення азоту. Проте вирішальну роль у руйнуванні озонового шару має не наявність оксидів азоту, не зміна сонячної активності чи особливості циркуляції атмосферного повітря, а наявність фреонів – фторхлорпохідних вуглеводнів, які

широко застосовують у техніці і побуті, як холодоагенти, розпорошувачі в аерозольних упаковках тощо. Під дією ультрафіолетового випромінювання фреони розкладаються з виділенням атомарного хлору, який є ефективним каталізатором розщеплення озону на кисень.

Фреони у нижніх шарах атмосфери інертні, погано розчинні у воді гази. Через специфічну особливість циркуляції повітряних мас іде зростання концентрації останніх на полюсах. Під дією ультрафіолетових променів Сонця фреони розкладаються:

$$CF_2CI_2 + hn \rightarrow CF_2CI + CI^*,$$
$$CI^* + O_3 \rightarrow CIO^* + O_2,$$
$$CIO^* + O^* \rightarrow CI^* + O_2,$$
$$CIO^* + O_3 \rightarrow CI^* + 2O_2.$$

Як бачимо, **O*** іде не на утворення O_3, взаємодіючи з киснем (див. вище) і навіть не на відновлення азоту, де процес тим і закінчується, а регенерується атомарний хлор, який вступає в реакцію з новою молекулою озону, тим самим сприяє відновленню циклу руйнування. Процес автоматично підтримується, тому одна молекула фреону може руйнувати безмежну кількість O_3. Сумарне рівняння реакції руйнування озону має вигляд:

$$O^* + O_3 \rightarrow 2O_2.$$

Якщо врахувати те, що час життя фреонів в атмосфері становить 50-80 років, а їх концентрація продовжує безперервно зростати, то стає цілком зрозумілим, чому проблема носить глобальний характер. На Україні значний внесок надходження фтору в атмосферу здійснює виробництво фосфоровмісного добрива, польово-шпатові руди, які використовуються у чорній та кольоровій металургії. Руйнування озонового шару спричинюють також космічна і ракетна техніка та сучасні надзвукові літаки.

З метою запобігання подальшому руйнуванню озонового шару атмосфери уряди багатьох країн підписали у 1985 р. у Відні (Австрія) Конвенцію про охорону атмосферного озону і скорочення виробництва фреонів та інших речовин, що руйнують озон.

3.5.2 Наслідки регіонального характеру

Проблеми регіонального характеру – ***кислотні дощі.*** Забруднення атмосфери оксидами нітрогену (азоту), сульфуру чи сірчистим ангідридом (SO_2) та іншими похідними галогеноводнів, сполучаючись з атмосферною вологою, утворюють дрібні крапельки сірчистої, азотної та інших кислот, які переносяться вітрами у вигляді кислотного туману і випадають на Землю у вигляді кислотних дощів. З'явилися терміни «кислотні дощі», «кислотні тумани», «кислотна роса». В основі цих термінів лежить підвищена кислотність вологи. Кислотність – це $pH=-lg[H^+]$. Для нейтрального середовища $pH=7$; для

лужних pH>7; для кислих pH<7. Опади з pH=4,1-2,1 можна пояснити значними викидами промислових підприємств перерахованих вище сполук і вважаються кислими. За даними дослідників, у 1989 році у повітря було викинуто 190 млн. тонн SO_2. Оксиди азоту в багато разів отрутніші за SO_2. Вище вказані сполуки в атмосфері з краплинами води, з хмарами переносяться на великі відстані, там випадають, забруднюючи водоймища, від чого гине риба, уражаються ліси, особливо хвойні. На сьогоднішній день більше 1/5 частини європейських лісів уражено кислотними опадами. Особливо небезпечними є кислі опади у вигляді снігу.

Ці опади мають шкідливу дію і на такі фактори навколишнього середовища, як врожайність багатьох сільськогосподарських культур, вона знижується на 3-8% внаслідок ушкодження листя кислотами; кислі опади спричинюють вимивання з ґрунтів кальцію, калію та магнію, що веде до деградації флори і фауни; деградують і гинуть ліси; отруюється вода озер і ставків, у яких гине риба і численні види комах; зникнення комах у водоймах призводить до щезання птахів і тварин, які ними живляться; зникнення лісів у гірських районах зумовлює збільшення кількості гірських зсувів; різко прискорюється руйнування пам'ятників архітектури, житлових будинків; вдихання людьми повітря, забрудненого кислотним туманом, спричинює захворювання дихальних шляхів, подразнення очей тощо.

3.5.3 Проблеми локального характеру

До проблем локального характеру відносять утворення смогів, внутрішнє забруднення приміщень, підвищення температури в окремих водоймах, забруднення місцевості патогенними мікроорганізмами.

Смог – цей термін походить від англійського слова «*smoke*» – що означає дим, кіптява; «*fog*» – густий туман. Розрізняють смоги вологі та сухі. Вологі смоги часто називають лондонськими. Сильні тумани, перемішані з димом, кіптявою та газами промислових підприємств і автомобільним транспортом, власне і утворюють вологі смоги. Класичним прикладом такого смогу був Великобританський смог у 1952 році. Кількість шкідливих домішок перевищувала норму в 5 раз.

В умовах міст з відносно низькою вологістю повітря можливе утворення «фотохімічних смогів». Вони виникають при накопиченні великої кількості забруднювальних речовин в умовах низької вологості повітря, надлишковому сонячному випромінюванні і малій швидкості вітру. Смоги такого типу найкраще вивчені в місті Лос-Анджелесі (США), яке з півночі, півдня і сходу оточене горами, знаходячись ніби в повітряній пастці. Головними і найбільш небезпечними газами при виникненні сухого смогу є оксиди азоту та вуглеводні, які надходять у повітря з вихлопними газами автомобілів та викидів підприємств. Названі гази під дією сонячного випромінювання генерують тропосферний озон, рівень якого часто перевищує допустиму норму в 10 разів, що негативно відбивається на здоров'ї людини. Озон зв'язує гемоглобін крові, а це викликає асфіксію (удушення від нестачі кисню).

Допустимі норми озону в повітрі згідно з ВООЗ не більше 0,0006%. Характерною особливістю та іншим небезпечним наслідком фотохімічного смогу є здатність викликати подразнення очей сльозоточивим газом.

Смоги подібного типу в залежності від пори року та погодних умов виникають у великих промислових містах: у Придніпровському районі України, Донецьку, Уралі, Кузбасі і т.д.

Внутрішнє забруднення приміщень. В останні роки велику увагу стали приділяти питанню внутрішнього забруднення житлових і виробничих приміщень. Тривогу викликає той факт, що для виготовлення облицювальних плиток, стінок, шиферу застосовують азбест. Доведено, що азбестовий пил викликає таке захворювання легенів, як силікоз. Захворювання важко піддається лікуванню, а якщо збудник захворювання поруч, то виникає проблема, яку усунути майже неможливо. Тому у ФРН у 1990 році азбест переведено до першої групи шкідливих речовин і заборонено його використовувати у приміщеннях, де працюють люди. На сьогоднішній день у цілому світі ведуться роботи із заміни цього будівельного матеріалу іншим, менш шкідливим.

Занепокоєння викликає і той факт, що житлові приміщення все частіше забруднюються формальдегідом та іншими антисептиками, не менш шкідливими для здоров'я людини. Особлива робота ведеться проти забруднення внутрішніх приміщень тютюновим димом.

До наслідків забруднень локального характеру можна віднести ***підвищення температури окремих водоймищ*** внаслідок недосконалої утилізації тепла, що супроводжується зменшенням розчинності кисню та створення сприятливих умов для розвитку мікроорганізмів (явище евтрофікації).

3.5.4 Поняття про «ядерну зиму»

Надзвичайно небезпечним є забруднення атмосфери радіонуклідами, яке трапляється під час аварій на атомних електростанціях та інших ядерних об’єктах і випробувань ядерної зброї. Особливо небезпечною, навіть катастрофічною була б ядерна війна, яка призвела б до загибелі не тільки людства, а й усього живого на Землі. Це супроводжуватиметься буревіями і призведе до значних руйнувань будівель і рослинного покриву. Радіонукліди течіями повітря швидко поширяться по всій земній кулі. Внаслідок пожежі та руйнування нафтових і газових свердловин в атмосферу виділиться багато парникових газів (оксидів карбону, метану та ін.), значна кількість пилу і сажі. Це призведе до підвищення температури на 4-5^{o}С, танення льодовиків та підвищення рівня води у Світовому океані, в результаті чого будуть затоплені величезні території суходолу. Істотно руйнуватиметься озоновий шар (40-60%). По земній поверхні прокотяться вогняні смерчі. Пил, попіл і сажа чорною хмарою затягнуть усе небо, прозорість атмосфери зменшиться у 200 разів. Настане ядерна ніч, що призведе до повної загибелі рослинного покриву біосфери. При цьому відбудеться нагрівання тропосфери й охолодження

приземного шару повітря на 15-30°С упродовж першого місяця конфлікту. Локально знизиться температура до -40... -50°С. Настане ядерна зима, що триватиме кілька місяців. Після осідання пилу і сажі атмосфера прогріється на 20-30°С вище норми, що спричинить повені на великих площах і в гірських районах, які супроводжуватимуться буревіями та снігопадами, масовою загибеллю рослин, тварин і людей. Поширяться епідемії хвороб.

3.6 Проблема контролю викиду в атмосферу забруднювальних речовин промисловими підприємствами, поняття ГДК

Гранично допустимі концентрації ***(ГДК***) – це такі концентрації, які не впливають на людину та її нащадків шляхом прямої або непрямої дії, не погіршують їх працездатності, самопочуття, а також санітарно-побутових умов життя людей.

Узагальнення всієї інформації з ***ГДК***, одержуваної всіма відомствами, здійснюється в Головній Геофізичній Обсерваторії (ГГО). Щоб за наслідками спостережень визначити стан повітряного середовища, заміряні значення концентрацій порівнюють із максимальною разовою гранично допустимою концентрацією і визначають число випадків, коли були перевищені ***ГДК***, а також у скільки разів найбільше значення було вище ***ГДК***. Середнє значення концентрації за місяць або за рік порівнюється з ***ГДК*** тривалої дії – середньо-стійкою ***ГДК***.

Стан забруднення повітря декількома речовинами, спостережувані в атмосфері міста, оцінюється за допомогою комплексного показника – індексу забруднення атмосфери (ІЗА). Для цього нормовані на відповідне значення ***ГДК*** і середні концентрації різних речовин за допомогою нескладних розрахунків приводять до величини концентрацій сірчистого ангідриду, а потім підсумовують. Ступінь забруднення повітря основними забруднюючими речовинами знаходиться в прямій залежності від промислового розвитку міста. Найбільші максимальні концентрації характерні для міст з чисельністю населення більше 500 тис. жителів. Забруднення повітря специфічними речовинами залежить від виду промисловості, розвиненої в місті. Якщо у великому місті розміщені підприємства декількох галузей промисловості, то створюється дуже високий рівень забруднення повітря, але, на жаль, проблема зниження викидів багатьох специфічних речовин ще й досі залишається невирішеною.

Отже, поки ми розвиваємось, автоматизуємось та вдосконалюємо власні машини, наші легені вмирають повільною смертю, бо на них щодня осідають згубні понаднормові забруднення від нашої ж промислової діяльності.

3.7 Методи очищення промислових газових викидів

Заходи запобігання забрудненню атмосфери передбачають здійснення очищення промислових викидів, розроблення безвідходних технологій, а також технологій із закритими циклами виробництва. ***Безвідходна технологія*** – це

застосування знань, методів і засобів для забезпечення раціонального використання природних ресурсів, енергії та не порушення природної (екологічної) рівноваги. ***Закриті цикли виробництва*** – це такі технології, які передбачають забір певного обсягу повітря, води, використання його на технологічні потреби, очищення і повернення його знову на виробництво (без викидів у навколишнє середовище). Викиди виробництва з відкритими циклами необхідно піддавати старанному очищенню від механічних і хімічних включень.

З метою зменшення забруднення атмосферного повітря пилом та іншими шкідливими домішками на промислових підприємствах потрібно організувати ефективне очищення відхідних газових викидів. Усі методи очищення можна умовно розподілити на чотири групи: ***механічні, фізико-хімічні, хімічні, біологічні,*** які включають наступні процеси:

- ***механічні:*** сухе пиловловлювання; мокре пиловловлювання;
- ***фізико-хімічні:*** адсорбція; абсорбція;
- ***хімічні:*** хемосорбція; спалювання; термічне окислення (піроліз);каталітичне окислення, відновлення, розкладання.
- ***біологічні:*** біофільтри, біоскрубери.

3.7.1 Механічне очищення газових викидів

Велика кількість сучасних хіміко-технологічних процесів пов'язана з розмеленням, подрібненням, транспортуванням сипучих матеріалів. При цьому, безумовно, частина матеріалів переходить в аерозольний стан, утворюючи пил, який технологічними і вентиляційними повітряними потоками викидається в атмосферу. В залежності від розмірів частинок завислої фази проводять таку класифікацію аерозолю:

- дими 10^{-9} – 10^{-7} м,
- тумани 10^{-7} – 10^{-5} м,
- пилюки більше 10^{-5} м.

На сьогоднішній день відомо декілька сотень конструкцій апаратів для очищення газових викидів від пилу, проте всі вони є варіантами апаратурного оформлення, де використовується небагато основних принципів осадження або затримка завислої фази.

Природною рушійною силою процесу осадження є сила тяжіння та дифузія. Проте цих сил часто буває недостатньо для очищення газів. Тоді для вловлення пилу широко застосовують інерційні сили, які виникають при різкій зміні напряму пилового потоку, а також сили електричної взаємодії попередньо заряджених частинок до осаджувального електроду. Знаходить застосування в пиловловлювачах процес коагуляції, в результаті якого проходить агрегатування або злипання значної кількості частинок завислої фази з наступним осіданням.

У пиловловлювачах основний процес осадження часто супроводжується побічними небажаними процесами, а саме: осаджені частинки можуть захоплюватися газовим потоком і знову переходити у газову фазу, або утворені

агрегати частинок налипають на стінках апарату і т.д. Для уникнення цих негативних процесів, застосовують спеціальні заходи – змочують осаджувальні поверхні, зменшують швидкість газу, збільшують електропровідність частинок і т. д.

Для тонкого очищення газів застосовують пористі перегородки. В цьому випадку застосовують інерційний, електричний або дифузійний механізм осадження частинок. Вибір механізму очищення залежить від розмірів завислих частин, швидкості газового потоку та інших факторів.

Сухі механічні пиловловлювачі. Залежно від природи сил, які використовують для розділення завислої твердої фази від газової розрізняють такі конструкції сухих механічних пиловловлювачів: ***пилоосаджувальні камери*** – розділення відбувається завдяки дії гравітаційної сили; ***інерційні пиловловлювачі*** – розділення відбувається завдяки дії сил інерції; ***циклони та ротаційні пиловловлювачі*** – розділення відбувається завдяки дії відцентрової сили; ***пористі фільтри, електрофільтри*** – розділення відбувається завдяки дії сили опору фільтрувальної перепонки чи електростатичного притягання різнойменних зарядів; апарати мокрого очищення газів.

Основною перевагою даних апаратів є простота конструкції. Разом із тим суттєвим недоліком цього виду апаратів є низька якість очищення. Тому їх застосовують в основному для першої ступені очищення газів, яка передує більш ефективній.

Пилоосаджувальні камери (рис. 3.3, а, б) [1]. У пилоосаджувальних камерах очищають гази з грубо дисперсними часточками пилу – розміром від 50 до 500 мкм і більше. Ефективною є осаджувальна камера Говарда, в якій газовий потік розбивається горизонтальними пластинами на окремі секції. Незважаючи на незначний аеродинамічний опір і невисоку вартість, ці апарати застосовують рідко через труднощі їх очищення. З них відхідні гази направляють в інші, ефективніші апарати для подальшого очищення.

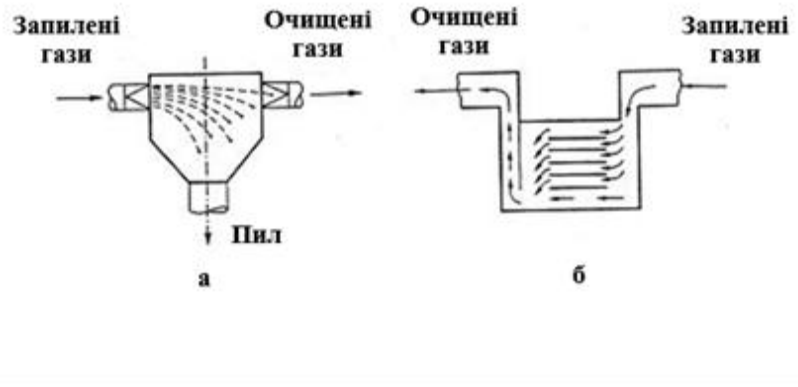


Рисунок 3.3 –Пилоосаджувальна камера (а) та осаджувальна камера Говарда (б) [1]

Циклони та ротаційні пиловловлювачі (рис. 3.4, 3.5) [1]. Значно поширеніші циклонні сепаратори. У них запилений газ, обертаючись по спіралі,

відкидає часточки пилу на стінки апарата, звідки вони потрапляють у пилоосаджувальну камеру. Циклонні сепаратори ефективно очищають гази, що містять часточки розміром не менш як 25 мкм. Коефіцієнт корисної дії циклонів залежить від концентрації пилу і розмірів його часточок. Середня ефективність знесилення газів у циклонах становить 78-86% для твердої фази розміром 30-40 мкм. Основний недолік циклонів – значне абразивне спрацювання частин апарату пилом. Тому ці частини вкривають синтетичними матеріалами або зносостійкими сплавами, що робить значно дорожчою конструкцію апарата.

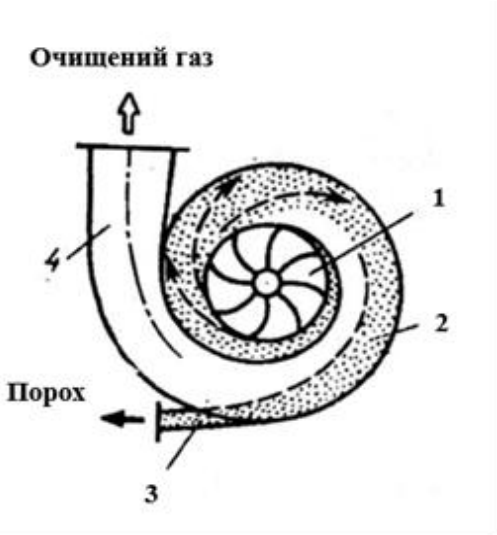


Рисунок 3.4 – Пиловловлювач ротаційного типу: 1 – вентиляційне колесо; 2, 3 – пилосепаратор, 4 – викидна труба очищеного газу [1]

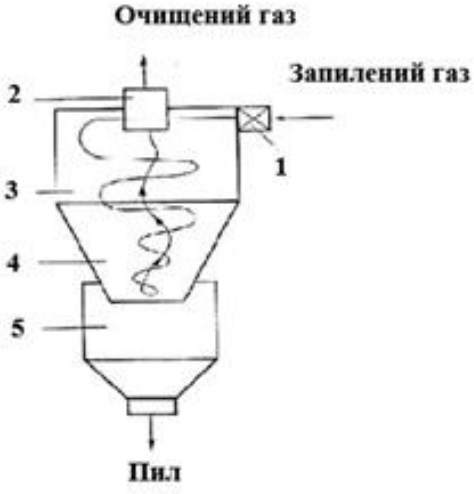


Рисунок 3.5 – Циклон: 1 – вхідний патрубок; 2 – вихлопна труба; 3 – циліндрична камера; 4 – конічна камера; 5 –пилоосаджувальний бункер [1]

Пористі фільтри, електрофільтри (рис. 3.6). У фільтрах газовий потік проходить крізь пористий матеріал різної щільності і товщини. Очищення від

грубо дисперсного пилу здійснюють у фільтрах, заповнених коксом, піском, гравієм, насадкою різної природи і форми. Для очищення від грубо дисперсного пилу використовують фільтрувальний матеріал типу паперу, товсті або тканини різної щільності. Папір використовують для очищення атмосферного повітря або газів з низьким вмістом пилу. В промислових умовах застосовують тканини або рукавні фільтри (рис. 3.7). Вони мають форму барабана, тканинних мішків або кишень, що працюють паралельно.

Останнім часом як фільтрувальні тканини використовують синтетичні матеріали та скловолокно, що можуть витримувати температуру 150-250°С. Вони хімічно і механічно стійкіші і менш вологоємні порівняно з шерстю та бавовною. Ефективність очищення рукавними фільтрами досягає 99%, для тонкого очищення застосовують керамічні фільтри, фільтри з пластмас чи скла, ефективність пиловловлювання в них може досягати 99,9%, а температура очищуваного газу – 500°С.

Для тонкого очищення газів від пилу використовують електрофільтри. Крім пилу вони можуть очищати гази від аеро- та гідрозолів, тобто вловлювати більш дисперговані часточки. Електрофільтр складається з коронувального (негативного) та осаджувального (позитивного) електродів. Електрофільтр живиться постійним струмом високої напруги (50-100 кВ). При напруженості електричного поля між електродами 15 кВ/см повітря іонізується і створює позитивні та негативні заряди. Заряджені частинки осідають на часточки пилу, внаслідок чого вони рухаються до протилежно заряджених електродів і осідають на них.

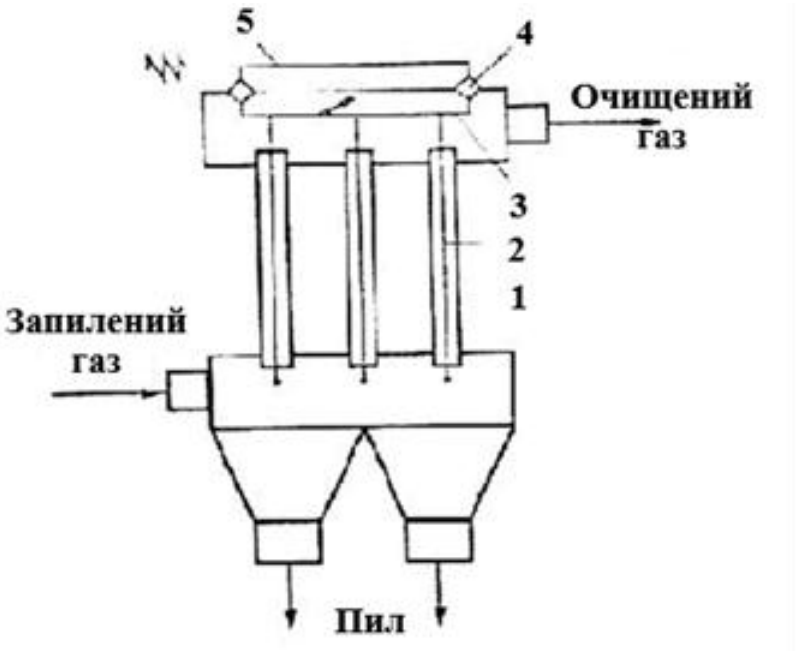


Рисунок 3.6 – Трубчастий електрофільтр: 1 – осаджувальний електрофільтр; 2 – коронувальний електрод; 3 – рама; 4 – ізолятор; 5 – струшувальний пристрій [1]

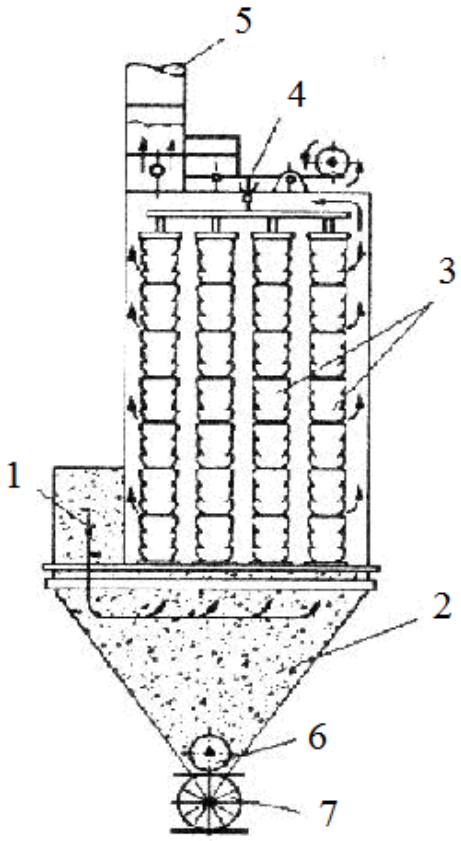


Рисунок 3.7 – Рукавний фільтр: 1 – вхід газу; 2 – розподільча камера; 3 – рукави; 4 – струшуючий пристрій; 5 – вихлопна труба; 6 – шнек; 7 – шлюзовий засув [1]

За допомогою електрофільтрів очищають значні об'єми газів від пилу розміром часточок 0,01-100 мкм за температури газів до 500°С. Фільтри ефективно працюють при невеликих газових потоках, досягаючи ступеня очищення 99,9%. Для підвищення ефективності роботи електроди інколи змочують водою. Такі електрофільтри називаються мокрими.

Для підвищення ефективності роботи циклонів або рукавних фільтрів використовують ультразвук. Ультразвук сприяє адгезії і закріпленні часточок пилу. Ультразвукові апарати ефективні в разі високої концентрації пилу в очищуваному газі. Такі апарати в комплексі з циклоном застосовують для уловлювання сажі, туману різних кислот тощо.

Інерційні пиловловлювачі. В апаратах інерційного пиловловлювання (рис. 3.8) різко змінюється напрямок потоку. Часточки пилу за інерцією вдаряються об поверхню, осаджуються і через розвантажувальний пристрій видаляються з апарата. Усередині апаратів розміщені пластини або кільця, в які вдаряється газ. Зверху апарати можуть зрошуватися водою. Тоді пил з них видаляється у вигляді шламу.

Таким чином, механічне сухе пиловловлювання здійснюють в осаджувальних камерах, циклонних сепараторах, механічних та електричних фільтрах.

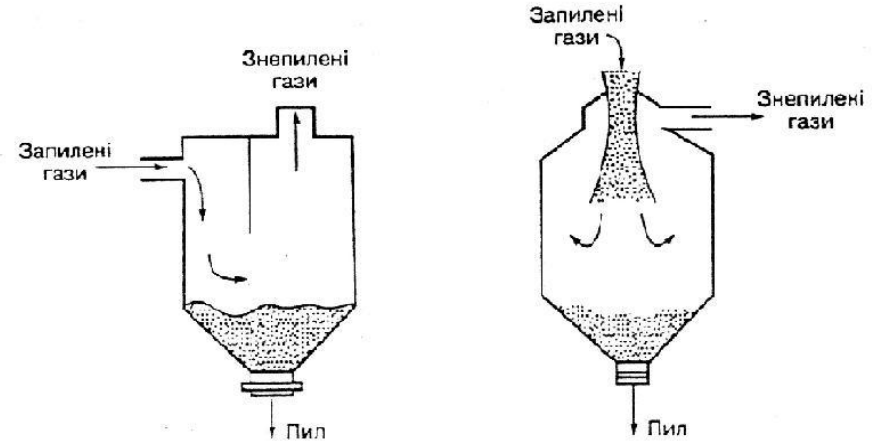


Рисунок 3.8 – Інерційні пиловловлювачі [1]

Мокрі механічні пиловловлювачі. Для підвищення ефективності роботи пиловловлювачів поверхню контакту з твердою вловлюваною фазою змочують водою. Такі пиловловлювачі називаються мокрими. У мокрих пиловловлювачах запорошений газ зрошується рідиною або контактує з нею. Найпростішою конструкцією є промивна колона, яка працює за принципом протитечії: газ рухається знизу вгору, а поглинальна рідина (частіше вода) розпилюється форсунками згори вниз. Швидкість газу в скруберах – 1,0-1,5 м/с. Ефективність очищення газів залежить від змочуваності пилу і досягає 96-98%. Для вловлювання важко змочуваного пилу у воду добавляють поверхнево-активну речовину. Скрубери можна застосовувати для холодних і гарячих газів, які не містять токсичних речовин (кислот, хлору тощо), оскільки вони видаляються в атмосферу разом з очищеним газом у вигляді туману (рис. 3.9).

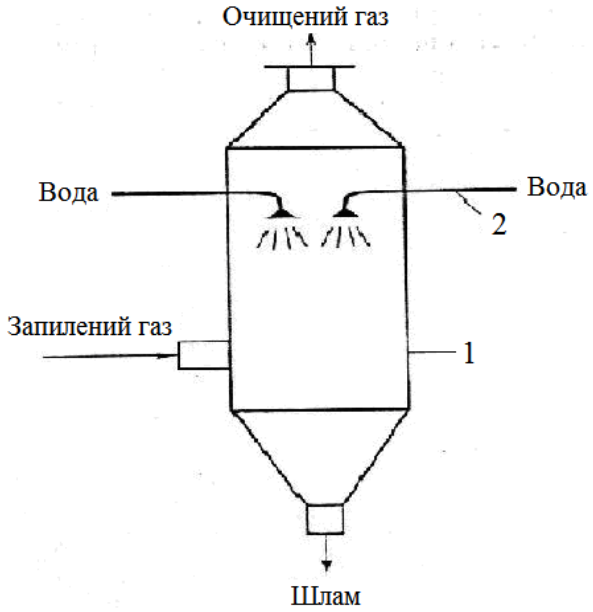


Рисунок 3.9 – Порожнистий форсунковий скрубер: 1 – корпус;
2 – форсунки [1]

У ***барботажних апаратах*** (рис. 3.10) запорошений газ пропускають крізь рідину (воду). Їх доцільно використовувати для очищення гарячих газів з часточками пилу розміром понад 5 мкм. Барботаж використовують також у пінних апаратах. Для створення піни у воду добавляють ПАР. Ефективність очищення в цих апаратах досягає 97-99%. Недоліком мокрого очищення є те, що вловлений пил перетворюється на мокрий шлам. Для видалення останнього потрібно будувати шламову каналізацію, що здорожчує конструкцію.

Мокрі пиловловлювачі типу труби Вентурі характеризуються значними витратами електроенергії для подавання й розбризкування води, особливо для уловлювання пилу з розміром часточок менш як 5 мкм. Під час очищення деяких газів можлива лужна або кислотна корозія.

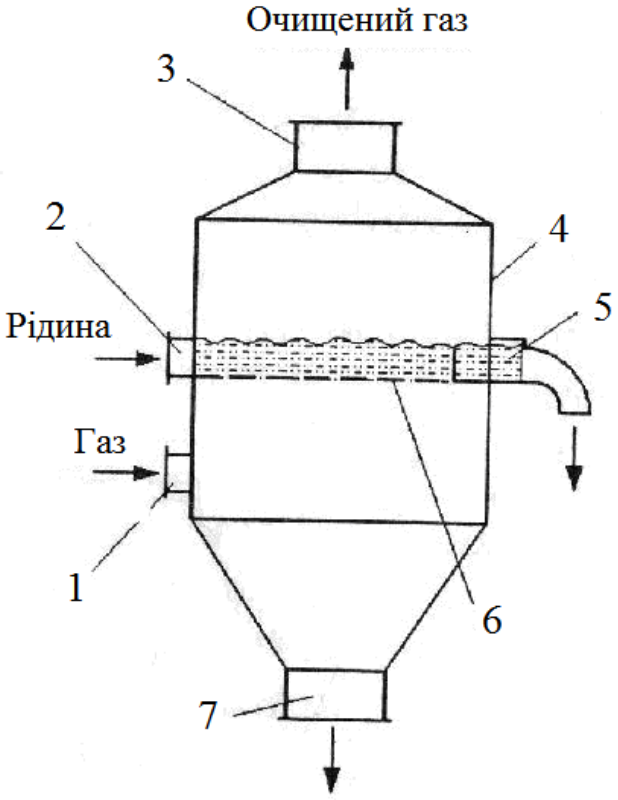


Рисунок 3.10 – Барботажний пиловловлювач: 1 – вхід запиленого газу; 2 – вхід рідини; 3 – вихід очищеного газу; 4 – корпус апарату; 5 – штуцер відводу рідини; 6 – барботажна тарілка; 7 – вихід шламу [1]

3.7.2 Фізико-хімічне очищення газових викидів

Із фізико-хімічних методів очищення газових викидів розглянемо ***абсорбцію, та адсорбцію***.

Абсорбція – це процес селективного поглинання одного чи декількох компонентів газового середовища, який спричиняє його забруднення, рідким поглиначем. Апарати для такого очищення називають абсорберами (рис. 3.11). В цих апаратах очищуваний газ і абсорбувальна рідина (абсорбент) рухаються назустріч один одному.

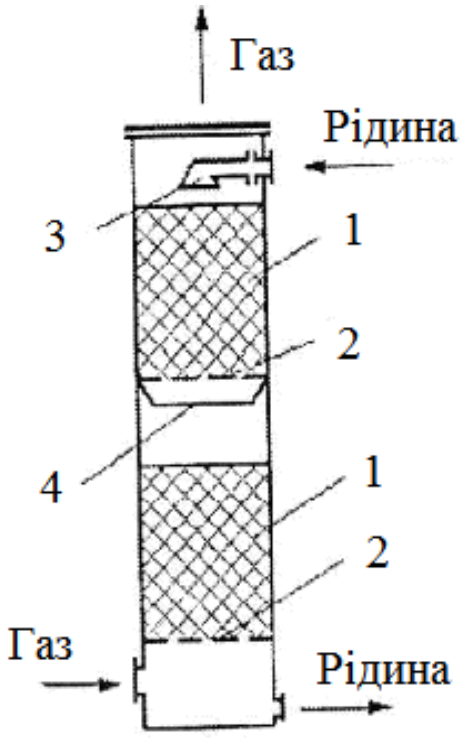


Рисунок 3.11 – Абсорбер: 1 – шар насадки; 2 – підтримувальна сітка; 3 – розбризкуючий пристрій; 4 – розподільний конус [1]

Абсорбцію застосовують для очищення повітря і відхідних газів, що містять токсичні забруднення – кислотні тумани, оксиди карбону (IV), (II), ціанідну та ацетатну кислоти, сірчистий газ, оксиди нітрогену, різні розчинники тощо.

Адсорбція – це селективне поглинання одного чи декількох компонентів газового середовища на поверхні або в об'ємі мікропор твердого тіла. Адсорбент – тверда речовина, на поверхні або в об'ємі пор якої відбувається концентрування очищуваних речовин. Найчастіше як адсорбент використовують активоване вугілля, силікагель та глини, що мають велику поверхню. Апарати, в яких здійснюють адсорбцію, називають адсорберами (рис. 3.12). За розміром і формою активоване вугілля буває гранульованим і порошкоподібним. Гранульоване вугілля застосовують переважно в установках зі стаціонарним шаром адсорбенту. Подрібнене вугілля використовують у процесах зі стаціонарним, рухомим і киплячим шаром адсорбенту. У цьому разі процес здійснюють у безперервному режимі із застосуванням гранул вугілля з підвищеною міцністю проти стирання. Недоліком методу є великі енергетичні затрати через високий опір шару адсорбенту. Адсорбцією на активованому вугіллі очищають відхідні гази від гідроген сульфіду у виробництві штучного волокна. За допомогою адсорбції на силікагелі очищають газові викиди від оксидів нітрогену.

Для адсорбційних процесів очищення явище ***хемосорбції*** також є актуальним і умови його досягнення одинакові описаним вище.

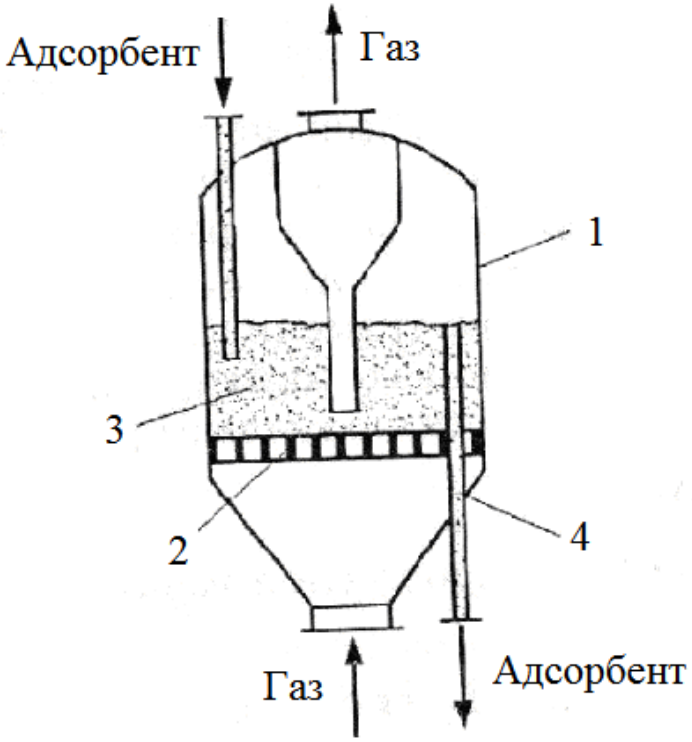


Рисунок 3.12 – Однокамерний адсорбер з киплячим шаром адсорбенту:
1 – корпус; 2 – розподільна решітка; 3 – киплячий шар адсорберу;
4 – труба для виходу адсорбенту [1]

Хімічні методи очищення базуються на хімічному зв'язуванні шкідливих забруднювальних речовин. Якщо компонент газового середовища, що спричиняє його забруднення, вступає в хімічну реакцію з поглиначем, то такий процес називають ***хемосорбцією.***

В таких випадках найчастіше як поглинач використовують суспензії, що містять оксиди магнію і кальцію або вапняк. Ефективність очищення – 90-95%. Недоліком цих апаратів є ускладнення процесу видалення шламів у разі утворення важкорозчинних речовин. У результаті хемосорбції часто утворюється добриво з 6-8% вмістом зв'язаного азоту у вигляді нітратів кальцію і амонію.

Спалювання використовують для знешкодження горючих вуглеводнів, що не використовуються у виробництві. З економічного погляду це – малоефективний процес, оскільки теплота не використовується і тільки призводить до теплового та інградієнтного повторного забруднення навколишнього середовища. Якщо концентрація горючих речовин недостатня для горіння, то застосовують термічне окислення. При цьому очищуваний газ спалюють у полум'ї пальника.

У багатьох випадках для знешкодження відхідних газів застосовують ***каталітичні процеси*** окислення, відновлення та розкладання. Наприклад, вихлопні автомобільні гази очищають від оксиду карбону (II) шляхом його окислення до вуглекислого газу на мідно-манганову каталізаторі, що являє собою суміш оксидів мангану і купруму. Каталітичне відновлення оксидів

нітрогену до N_2 здійснюють за допомогою відновників – водню, метану або аміаку за наявності платино-паладієво-родієвих каталізаторів.

Біологічні методи очищення засновані на здатності мікроорганізмів руйнувати і перетворювати різні сполуки. Розклад речовин проходить під дією ферментів, вироблених мікроорганізмами під впливом окремих сполук, або групи речовин, присутніх в очищуваних газах. Біологічні методи очищення найчастіше застосовують для очистки відхідних газів постійного складу. Високий ефект очищення досягається за умови, що швидкість окислення вловлених речовин більша від швидкості їх надходження із газової фази. Виділяють дві групи апаратів біологічного очищення газів: ***біофільтри і біоскрубери.***

Біоскруберами називають абсорбційні апарати (абсорбери, скрубери), в яких абсорбентом є водяна суспензія активного мулу (рис. 3.13). Шкідливі речовини, які містяться в очищуваних газах, вловлюються абсорбентом і розщеплюються мікроорганізмами активного мулу. Оскільки реакції проходять з відносно невеликою швидкістю, для забезпечення високої ефективності роботи очисної установки потрібна проміжна ємність, яка може бути окремим реактором або вбудована в основу абсорбера.

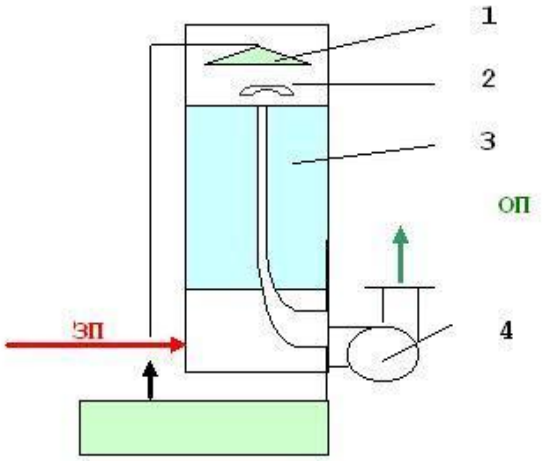


Рисунок 3.13 – Біоскрубер з насадкою «Полінет»: 1 – водозливна тарілка; 2 – розподілювач; 3 – насадка; 4 – вентилятор [1]

У ***біофільтрах*** очищуваний газ пропускають крізь шар фільтра-насадки, який змочують водою для створення необхідної вологості, достатньої для підтримки життєдіяльності мікроорганізмів. Насадкою можуть бути природні (земля, торф, компост та ін.) або штучні матеріали. При використанні останніх на них спочатку вирощують біологічно активну плівку змочуванням водою або суспензією активного мулу. Ефективна робота біофільтрів забезпечується завдяки рівномірному розподілу очищуваного повітря по всій фільтруючій поверхні, рівномірній вологості (20-50%) і щільності фільтруючого шару, підтримування оптимальних температур (25-35^{o}C) і значення pH=6,5-8,5.

3.8 Питання до самоконтролю

1. Що таке атмосфера і яку роль вона виконує для живих організмів?
2. Які основні шари атмосфери виділяють?
3. Які особливості характерні для тропосфери?
4. Що таке озоновий шар і яке його значення?
5. Як змінюється атмосферний тиск із висотою та чому?
6. Які параметри характеризують стан атмосферного повітря?
7. Що таке колообіг речовин і чому він важливий?
8. Які організми забезпечують повернення азоту в атмосферу?
9. Яке значення колообігу кисню для життя на Землі?

ТЕМА 4. ЕНЕРГЕТИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Мета: ознайомитися з видами енергетичного забруднення.
План:
4.1. Шумове та вібраційне забруднення
4.2. Електромагнітне забруднення
4.3. Радіоактивне забруднення
4.4. Захист довкілля від енергетичних забруднень
4.5. Захист від ультразвуку
4.6. Захист від вібрації
4.7. Захист від електромагнітних полів та іонізуючих випромінювань
4.8. Захист від іонізуючих випромінювань

До енергетичного забруднення відносять шум та вібрації, електромагнітне та радіоактивне випромінювання, інфразвук та локальне підвищення середньої температури. Воно особливо характерне для атмосфери, хоча і для інших складових навколишнього середовища також є актуальним.

4.1 Шумове та вібраційне забруднення

Шум – одна з форм фізичного (хвилевого) забруднення навколишнього середовища. Під шумом розуміють усі неприємні та небажані звуки чи їх сукупність, які заважають нормально працювати, сприймати інформаційні звукові сигнали, відпочивати. Він виникає внаслідок стиснення і розрідження повітряних мас, тобто коливальних змін тиску повітря. Розрізняють шум постійний, непостійний, коливний, переривчастий, імпульсний. Загалом ***шум*** – це хаотичне нагромадження звуків різної частоти, сили, висоти, тривалості, які виходять за межі звукового комфорту. Одиницею вимірювання шуму є ***Бел*** – тобто відношення діючого значення звукового тиску до мінімального значення, котре сприймається вухом людини. На практиці використовується десята частина цієї фізичної одиниці – децибел (дБ).

Шум справляє шкідливу фізіологічну дію на людський організм, зумовлює професійні захворювання. Шкідлива фізіологічна дія шуму виявляється через пошкодження слухового апарату, травми нервової системи, сповільнену психічну реакцію. Внаслідок тривалого впливу шуму порушується ритм роботи серця, змінюється кров'яний тиск, погіршується робота органів дихання, послаблюється пам'ять, знижується увага. Розширення зіниць під дією шуму призводить до зниження гостроти зору, зменшується виразність усної мови, виникають неприємні відчуття. На пристосування до сильного шуму організм людини витрачає велику кількість енергії, перенапружується нервова система, виникають втома, нервовий і психічний розлади.

Шум шкідливий не лише для людини. Встановлено, що рослини під впливом шуму повільніше ростуть, у них спостерігається надмірне (навіть повне, що призводить до загибелі) виділення вологи через листя, можливі порушення клітин. Гинуть листя і квіти рослин, що розміщені біля гучномовця.

Аналогічно діє шум на тварин. Від шуму реактивного літака гинуть личинки бджіл, самі вони втрачають здатність орієнтуватися, в пташиних гніздах виникають тріщини в шкарлупі яєць. Від шуму знижуються надої, приріст у вазі свиней, несучість курей. Хворобливо переносять шум риби, особливо в період нересту.

Вухо людини звукові хвилі частотою нижче 16 Гц сприймає не як звук, а як вібрацію. ***Вібрації*** – це тремтіння або струси всього тіла чи окремих його частин під час різних робіт (бетоноукладання, пневмо-електроподрібнення порід чи шляхового покриття, роботи в шахтах з відбійним молотком, розпилювання матеріалів тощо). Тривалі вібрації завдають великої шкоди здоров'ю – від сильної втоми й не дуже значних змін багатьох функцій організму до струсу мозку, розриву тканин, порушення серцевої діяльності, нервової системи, деформації м'язів і клітин, порушення чутливості шкіри, кровообігу тощо.

Соціальний характер проблеми віброакустичного забруднення середовища свідчить про те, що боротьба з цими явищами – завдання не тільки технічне, а й суспільне. В проблемі взаємодії людського суспільства і природи важливе місце посідає активна боротьба з шумовим та вібраційним забрудненням довкілля.

4.2 Електромагнітне забруднення

Інтенсивний розвиток електроніки та радіотехніки викликав забруднення природного середовища електромагнітними випромінюваннями (полями). Головними їх джерелами є радіо-, телевізійні і радіолокаційні станції, високовольтні лінії електропередач, електротранспорт. Поблизу кожного обласного центру, багатьох районних центрів, великих міст розташовані телевізійні центри, або ретранслятори, радіоцентри, засоби радіозв'язку різного призначення. Рівень електромагнітних випромінювань у таких районах (діапазон радіочастот об'єктів може змінюватися від 50-100 Гц до 100 ГГц) часто перевищує допустимі гігієнічні норми і дуже шкодить здоров'ю людей, що мешкають поруч. Технічно найперспективнішими є лінії надвисокої та ультрависокої напруги (750-1150 кВ), проте вони становлять небезпеку через утворення навколо них потужних електромагнітних полів.

Мірою забруднення електромагнітними полями є напруженість поля. Ці поля завдають шкоди перш за все нервовій системі. Так напруженість поля 1000 В/м спричинює головний біль і сильну втому, більші значення зумовлюють розвиток неврозів, безсоння, важкі захворювання. Вони також негативно впливають на нормальний розвиток тваринного та рослинного світу.

4.3 Радіоактивне забруднення

Вплив радіоактивного випромінювання на організм людини особливо небезпечний. За результатами експериментів на тваринах та вивчення наслідків опромінення людей під час атомних вибухів у Хіросімі та Нагасакі, а пізніше в

Чорнобилі, було виявлено, що гостра біологічна дія радіації проявляється у вигляді променевої хвороби, здатна призвести до смерті, до локальних уражень шкіри, кришталика ока, кісткового мозку. Нині захист організму людини та живої складової біосфери від радіоактивного опромінення в зв'язку зі зростаючим радіоактивним забрудненням планети – одна з найактуальніших проблем екології.

Усі види флори та фауни Землі протягом мільйонів років виникали та розвивалися під постійним впливом природного радіоактивного фону й пристосувалися до нього. Але штучно створені радіоактивні речовини, ядерні реактори, устаткування сконцентрували невідомі раніше в природі обсяги іонізуючого випромінювання, до чого природа виявилася непристосованою.

4.4 Захист довкілля від енергетичних забруднень

Зниження віброакустичного забруднення. Основним методом зниження шуму та вібрації є їх зниження у джерелі виникнення, створення безшумних або малошумних машин і технологічних процесів, транспортного і промислового устаткування ще на стадії проектування.

У залежності від фізичної природи шуми можуть бути:

- ***механічного походження***, що виникають при вібрації поверхонь машин і устаткування, а також при одиночних або періодичних ударах у зчленованих деталях або конструкціях загалом;
- ***аеродинамічного походження***, що виникають внаслідок процесів, які відбуваються в газах, вихрові процеси; коливання робочого середовища, які викликаються обертанням лопаткових коліс, пульсації тиску при переміщенні в повітрі тіл із великими швидкостями; витікання стиснутого повітря, пари або газу тощо;
- ***електромагнітного походження***, що виникають внаслідок коливань елементів (ротора, статора, сердечника, трансформатора та ін.) електромеханічних пристроїв під дією змінних магнітних полів;
- ***гідродинамічного походження***, що виникають внаслідок процесів, які відбуваються в рідинах, гідравлічні удари, кавітація, турбулентність потоку та ін.

4.5 Захист від ультразвуку

Засоби захисту від ультразвуку (інфразвуку) значною мірою відрізняються від тих, що використовуються для боротьби із шумом. Це пов'язано з особливостями фізичних характеристик ультразвукових коливань, зокрема із значно більшою довжиною хвиль ультразвуку порівняно з розмірами перешкод на шляху їх поширення.

Зниження інтенсивності ультразвуку може бути досягнуте зміною режиму роботи пристрою або його конструкції; звукоізоляцією джерела; поглинанням звукової енергії за допомогою глушників шуму

інтерференційного, камерного, резонансного та динамічних типів, а також за рахунок використання механічного перетворювача частоти.

Захист від шкідливого впливу ультразвуку віддаллю малоефективний. Боротьбу з ультразвуком в джерелі його виникнення необхідно проводити насамперед в напрямку зміни режиму роботи технологічного обладнання, щоб основна частота спрямування силових імпульсів лежала за межами ультразвукового діапазону.

Для зменшення ультразвукових коливань доцільно використовувати глушники шуму, що є найпростішим способом зменшення рівня ультразвукових складників шуму, всмоктування та викиду стаціонарних дизельних та компресорних установок, ДВЗ і турбін.

Використання глушників інтерференційного типу ефективніше, коли необхідно заглушити одну або декілька дискретних складників у спектрі інфразвуку, особливо у випадку його поширення каналами. Метод звукопоглинання може бути реалізований щодо ультразвукових коливань при використанні резонуючих панелей, які являють собою прямокутні рами, на які закріпляються тонкостінні мембрани (метал, фанера або повітронепроникна плівка). Монтаж цієї конструкції в приміщеннях з джерелами ультразвуку сприяє поглинанню його енергії. Для підвищення ефективності цієї конструкції в діапазоні більш високих частот внутрішня порожнина резонатора заповнюється звукопоглинаючим матеріалом, який фіксується дрібнокомірковою сіткою.

4.6 Захист від вібрації

Основні нормовані параметри вібрації – середньоквадратичні величини L_v(дБ) рівнів віброшвидкості (віброприскорення або віброзміщення) в октавних смугах з середньогеометричними значеннями частот 2; 4; 8; 16; 31,5 і 63 Гц, виражені у вигляді:

$$L_v=20\lg(V/V_0);$$

де V – середньоквадратична віброшвидкість, м/с;

V_o – гранична віброшвидкість, що дорівнює $5\cdot10^{8}$ м/с. Граничні величини віброприскорення і віброзміщення відповідно дорівнюють $3\cdot10^{-4}$м/с і $8\cdot10^{-12}$м/с.

Встановлено гранично допустимі величини вібрації. Вони визначені із розрахунку, що, систематично діючи протягом 8-годинного робочого дня, вібрація не викликає у робітника захворювань або відхилень у стані здоров'я протягом усього періоду його виробничої діяльності.

Для зниження впливу вібрацій на навколишнє середовище необхідно вживати заходів щодо їхнього зниження насамперед у джерелі виникнення або, якщо це неможливо, на шляхах поширення. Зниження вібрацій у джерелі проводиться, як на етапі проектування, так і при експлуатації.

Причиною низькочастотних вібрацій насосів, компресорів, двигунів є дисбаланс обертових елементів (роторів), викликаний неоднорідністю матеріалу конструкції (ливарні раковини, жужільні домішки) і нерівномірністю його густини, несиметричним розподілом обертових мас (початкове викривлення валів і роторів), порушенням зазначеної симетрії кріпильними з'єднаннями, неправильним вибором допусків на обробку і типу посадок, а також різницею коефіцієнтів об'ємного розширення або зносостійкості окремих елементів обертової системи. В усіх випадках зсув центру мас щодо осі обертання призводить до виникнення незрівноваженої відцентрової сили:

$$F=mew^2,$$

де m – маса обертової системи;

w – кутова швидкість обертання;

e – ексцентриситет центру аналізованої маси щодо осі ротора.

Дія незрівноважених динамічних сил збільшується незадовільним кріпленням деталей, їхнім зносом у процесі експлуатації. Для зниження рівня вібрацій, що виникають через дисбаланс устаткування при монтажі й експлуатації, повинно застосовуватися балансування незрівноважених роторів, коліс, лопаткових машин, валів двигунів та ін. У процесі експлуатації технологічного устаткування повинні застосовуватися заходи щодо усунення зайвих люфтів і зазорів, що забезпечується періодичним оглядом джерел вібрації машин і механізмів.

Ефективним є також метод зниження вібрації в джерелі виникнення – уникнення резонансних режимів роботи устаткування. Для зниження рівня виробничих вібрацій важливо виключити резонансні режими роботи технологічного устаткування.

Якщо не вдається знизити вібрації в джерелі виникнення, то застосовують методи зниження вібрацій на шляхах поширення – віброгасіння, віброізоляція або вібродемпферування.

Віброгасіння. Використання цього методу пов'язане зі збільшенням реактивної частини імпеданса коливної системи. Віброгасіння реалізується при збільшенні ефективної жорсткості і маси корпуса машин або станин верстатів за рахунок їхнього об'єднання в єдину замкнену систему з фундаментом за допомогою анкерних болтів або цементної підливки.

З цією ж метою малогабаритне інженерне устаткування житлових будинків (вентилятори, насоси) встановлюють на опорні плити і віброгасні основи (рис. 4.1). Коливання зварних фундаментів у 2 рази нижчі, ніж стрічкових.

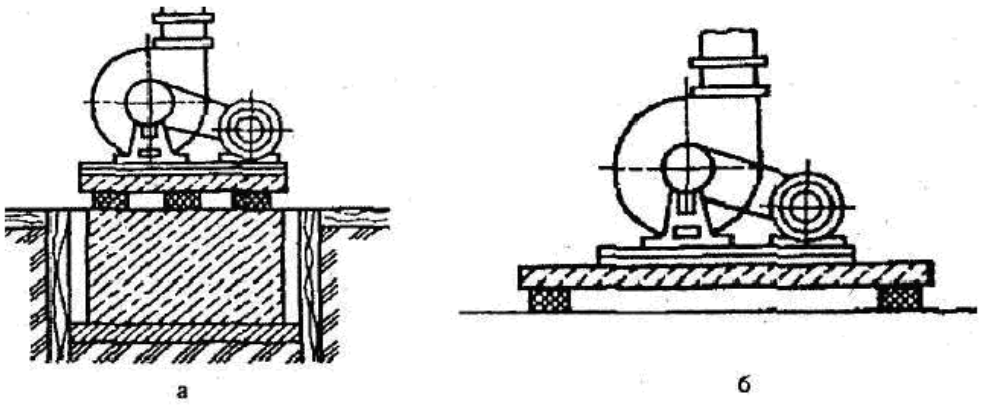


Рисунок 4.1 – Встановлення агрегатів на віброгасійній опорі: а – на фундаменті в ґрунті; б – на перекритті [4]

Віброізоляція. Методи встановлення устаткування на фундамент потребують великих витрат часу і призводять до неминучого псування дорогих покриттів підлоги. До того ж фундаменти таких машин, як молоти, являють собою складні будівельні споруди висотою в три-, чотириповерховий будинок, вартість яких може на порядок перевищувати вартість машини. Тому на етапі експлуатації промислових комплексів в основному використовують встановлення устаткування без фундаменту безпосередньо на віброізолювальних опорах. Такий метод дозволяє забезпечити будь-який ступінь віброізоляції устаткування. Встановлення на віброізолювальні опори технологічного та інженерного устаткування здешевлює його монтаж, виключає псування устаткування і знижує рівень шуму, що супроводжує інтенсивні вібрації. Такі опори можуть застосовуватися також і за наявності фундаментів між джерелом вібрацій (машиною) і фундаментом (основою, опорною плитою) або між фундаментом і ґрунтом. Встановлення віброізоляторів передбачається також при прокладанні повітропроводів систем вентиляції і різного роду трубопроводів усередині будівельних конструкцій. Це виключає передачу вібрацій від стінок повітропроводів і трубопроводів елементам конструкції будівель. Для обмеження поширення коливань практикують поділ інженерних комунікацій на окремі ділянки за допомогою спеціальних гнучких вставок. В усіх розглянутих випадках введення в коливальну систему додаткового гнучкого зв'язку призводить до послаблення передачі вібрації від джерела коливань. Як віброізолятори використовують гумові або пластмасові прокладки, одинарні або складані циліндричні пружини, листові ресори, комбіновані віброізолятори (пружинно-гумові, пружинно-пластмасові, пружинно-ресорні) і пневматичні віброізолятори (повітряні подушки).

4.7 Захист від електромагнітних полів та іонізуючих випромінювань

Захист від електромагнітних полів (ЕМП), засобів телебачення та радіомовлення, вибір засобів захисту від ЕМП визначається характеристиками

джерел за частотою. При виборі засобів захисту від ЕМП проводиться порівняння фактичних рівнів джерел з нормативними.

Основний спосіб захисту від ЕМП у навколишньому середовищі – це захист відстанню.

На майданчиках радіотехнічних об'єктів (РТО) не допускаються розміщення житлових та громадських приміщень.

При проектуванні житлових та адміністративних приміщень, розміщених в зонах дії ЕМП, необхідно брати до уваги екрануючу здатність будівельних приміщень. Ослаблення (екранування) електромагнітних випромінювань різними будівельними конструкціями відбувається з різною інтенсивністю. Матеріали стін і перекриттів з різним ступенем поглинають і відбивають електромагнітні хвилі. Для обмеження рівня ЕМП, які діють на довкілля від промислових джерел, можуть бути використані засоби, стандартизовані ДЕСТ 12.1.006-84 та які використовуються для зниження рівня ЕМП безпосередньо в цехах підприємств: екранування обладнання (джерела поля), використання поглиначів потужності (спеціальне облицювання стелі та стін робочих приміщень на основі матеріалів з великим вмістом вуглецю).

4.8 Захист від іонізуючих випромінювань

Допустимі рівні впливу антропогенних джерел іонізуючих випромінювань, без врахування доз отримуваних від природного фонового опромінення і медичного обстеження та телевізорів, на населення та навколишнє середовище визначені нормами радіаційної безпеки НРБ-76/87.

Основними заходами із захисту населення від іонізуючих випромінювань є обмеження надходження в навколишню атмосферу, воду, ґрунт відходів виробництв, що містять радіонукліди, а також зонування території поза промисловим підприємством. Захист населення та навколишнього середовища від дії джерел іонізуючого випромінювання досягається дотриманням вимог ОСП – 72/87, в яких регламентовані збір, видалення та знезараження твердих та рідких радіоактивних відходів, а також основні положення з проектування та застосування пилогазових вентиляційних і технологічних викидів в атмосферу від радіонуклідів, які містяться в них.

Радіоактивні відходи класифікують за фізичним станом на пилогазоподібні, рідкі та тверді, а за активністю – на слабоактивні, середньоактивні та високоактивні. Забороняється скидання рідких радіоактивних відходів у колодязі, свердловини, на поглинаючі поля зрошення та фільтрації, системи підземного зрошення, а також у струмки, озера та водосховища, призначені для розведення риби та водоплаваючої птиці. Для очищення слабко- та середньоактивних стоків від радіонуклідів використовують різні методи (упарювання, іонний обмін та інші хімічні методи).

Тверді радіоактивні відходи вважаються радіоактивними, якщо їх питома активність є вищою від встановленої нормами ОСП – 72/87. Якщо питома активність твердих відходів нижча від наведеної в нормах, то їх відвантажують зі звичайним сміттям на захоронення. Якщо тверді радіоактивні радіовідходи

мають підвищену питому активність та містять коротко живучі нукліди з періодом напіврозпаду менше 15 діб, то перед захороненням їх потрібно витримати в спеціальних контейнерах, а потім видаляти зі звичайними відходами.

Знешкодження радіоактивних відходів потрібно проводити на спеціальних пунктах захоронення в контейнерах. Транспортування радіоактивних відходів до місць захоронення здійснюється на спеціально обладнаних автомашинах із закритим кузовом або цистерною для рідких відходів. Автомашини та змінні збірники після кожного рейсу повинні бути дезактивовані.

Для захоронення низькоактивних відходів можна використовувати сховища у вигляді резервуарів та траншей. Велику небезпеку являють собою середньо та високоактивні відходи. Передбачається захоронення їх в затверділому стані в підземних сховищах та шахтах глибиною 300-1000 м. Захоронення високоактивних відходів у шахтах не завжди можливе, оскільки відходи виділяють велику кількість тепла, що може призвести до вибуху. Менш небезпечне захоронення відходів у морі на великих глибинах в ізольованому вигляді, що вимагає попередньої обробки відходів (заливання склом, бетоном, розміщення у високоміцні контейнери). Більш перспективним та відпрацьованим вважається метод підземного захоронення між водостійким шаром та шаром цементної пульпи; в гірські породи, які розшаровуються.

Пилогазові викиди, які належать до категорії низькоактивних (переважно вентиляційні викиди), викидаються в навколишнє середовище трубами та розсіюються. Для очищення пилогазових викидів від радіоактивних аерозолей використовуються пиловловлювачі всіх типів. Для вловлювання високодисперсних частинок широко використовуються фільтри різних конструкцій.

При обробці високоактивних пилогазових відходів необхідно підвищувати концентрацію в них радіонуклідів і відправляти їх на зберігання та захоронення. Цей спосіб обробки застосовується і для радіонуклідів з великим періодом напіврозпаду.

4.9 Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення атмосфери.
2. Охарактеризуйте будову атмосфери.
3. Назвіть фізико-хімічні параметри, що характеризують стан атмосферного повітря.
4. Назвіть джерела забруднення атмосфери.
5. Охарактеризуйте наслідки забруднення атмосфери.
6. Назвіть основні види очищення газових викидів.
7. Охарактеризуйте механічні методи очищення газових викидів.
8. Охарактеризуйте фізико-хімічні методи очищення газових викидів.
9. Охарактеризуйте біологічні методи очищення газових викидів.

ТЕМА 5. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГІДРОСФЕРИ

Мета: ознайомитися з будовою гідросфери.

План:

4.1. Загальні відомості про будову гідросфери.

4.2. Класифікація стічних вод.

4.3. Захист водного середовища.

4.4. Стадії та види забруднення природних вод.

4.5. Основні джерела забруднення гідросфери

4.6. Чинники, що впливають на хімічний склад природних поверхневих вод.

4.7. Очищення виробничих стічних вод

4.8. Типова технологія очищення стічних вод

4.9. Умови скидання стічних вод у водойми

4.10. Самоочищення води в природі

5.1 Загальні відомості про будову гідросфери

Гідросфера – це водяна оболонка Землі, до складу якої входять океани, моря континентальні водні маси, сніговий покрив і льодовики. Океани, моря, озера, річки, підземні води та льодові покриви вкривають майже 71% земної поверхні. Водні ресурси планети в рідкому, газоподібному і твердому станах становлять 1,6 млрд. км3. Це 1/800 об'єму Землі.

До складу гідросфери включають воду:

1. Морів і океанів – 96,4%.
2. Льодовиків – 1,86%.
3. Підземні та ґрунтові води (хоча вони скоріше належать до літосфери) – 1,7%.
4. Континентальних водойм – 0,04%.

Приблизно 70% прісної води, яка використовується людиною, припадає на сільське господарство, ще 22% «забирає» промисловість, а домогосподарствам залишається лише 8%.

Поверхневі води, займаючи порівняно малу частку в загальній масі гідросфери, все ж відіграють найважливішу роль в житті наземної біосфери, будучи основним джерелом водопостачання, зрошення і обводнення.

Характерною властивістю гідросфери є її єдність і безперервність. Це зумовлено спільністю походження всіх видів природної води, тісним взаємозв'язком між її окремими ланками, постійним переходом кожного з її видів у інший. Вода в географічній оболонці знаходиться в рідкому, газоподібному і твердому стані, що є однією із суттєвих причин регіональних особливостей природи. Вода на Землі є універсальним розчинником, вона взаємодіє з абсолютною більшістю речовин, не вступаючи з ними в хімічні реакції. Це забезпечує постійний обмін речовин, наприклад між організмами і навколишнім середовищем, між сушею і океаном.

Вода – це не тільки елемент природного середовища, а й активний геологічний та географічний фактор: вона є носієм механічної і теплової енергії, транспортує речовини, здійснює ерозійно-акумулятивну роботу. Вода внаслідок своєї рухомості відіграє найважливішу роль в обміні речовиною і енергією між геосферами і різними географічними районами.

По-справжньому універсальна роль води в природі пояснюється її своєрідними і здебільшого аномальними фізичними і хімічними властивостями. Завдяки цим властивостям вода визначає не тільки всі процеси у водних об'єктах, а і багато особливостей кліматичних, метеорологічних і геоморфологічних процесів на Землі.

Вода як один з найважливіших природо формуючих факторів має певні специфічні особливості. Так, усі тіла при переході з рідинного стану в твердий ущільнюються, а лід, навпаки, стає легшим. Ця властивість має виняткове значення для живих організмів, що населяють гідросферу: лід через меншу питому вагу залишається на поверхні і, маючи погану теплопровідність, перешкоджає промерзанню водної товщі. Так само й сніг захищає ґрунти від промерзання, а посіви озимих – від вимерзання.

Максимальну густину прісна вода має при +4 °С. Тому у водоймах на великих глибинах нагромаджується вода саме з такою температурою. Але температура, за якої вона досягає найбільшої густини, залежить від солоності: чим солоність більша, тим нижча температура води з найбільшою густиною. При збільшенні солоності сповільнюється замерзання води. Температура води найбільшої густини зменшується при збільшенні солоності повільніше, ніж температура її замерзання, і тільки при солоності +24,7 % вони збігаються. При подальшому збільшенні солоності температура води з найбільшою густиною завжди нижча від температури замерзання води. Це означає, що така вода, охолоджуючись, стає важчою і опускається, а з дна на поверхню піднімається вода більш легка і тепла. Внаслідок цього озера з високою солоністю довго не замерзають навіть при дуже низькій температурі, тоді як прісні озера швидко покриваються льодом.

При замерзанні вода збільшується в об'ємі на 10 %. При цьому вона розширюється з такою силою, що розриваються навіть металеві труби, якщо вони були заповнені водою. У цьому полягає одна з причин інтенсивного фізичного вивітрювання гірських порід, що призводить до утворення в них тріщин і поступового дроблення матеріалу.

Вода має найбільший (за винятком ртуті) поверхневий натяг з усіх відомих рідин. Ця властивість дає можливість руху води в рослинах і розчинених у ній поживних речовинах на значну висоту. Теплоємність води з усіх відомих у природі тіл теж найбільша (за винятком водню і рідинного аміаку). При цьому теплоємність води з підвищенням температури спочатку зменшується і досягає мінімуму при 30°С, а потім знову зростає. Водне середовище зіграло дуже важливу роль у виникненні і розвитку життя на Землі.

5.2 Класифікація стічних вод

Стічні води – це води, які внаслідок використання їх на побутові або виробничі потреби суттєво погіршили свої первинні властивості, стали непридатними для використання, а також негативно впливають на гідросферу. До них також належать води, які стікають з територій населених місць, промислових підприємств і сільськогосподарських полів внаслідок випадання атмосферних опадів.

В залежності від походження, виду і якісної характеристики домішок стічні води можна розділити на три основні категорії; побутові (господарсько-фекальні), виробничі (промислові) і дощові (атмосферні). До категорії дощових вод можна віднести поливно-мийні води.

До побутових належать води від кухонь, туалетних кімнат, душових, бань, пралень, їдалень, лікарень, а також господарські води, які використані при митті приміщень. Вони надходять як від побутових і громадських будівель, так і від побутових приміщень промислових підприємств. За природою забруднень вони можуть бути фекальні, забруднені в основному фізіологічними відходами, і господарські, забруднені різного виду господарськими відходами.

Побутові стоки містять мінеральні, органічні та біологічні забруднення:

- мінеральні (частинки піску, глини і шлаку, розчини солей, лугів, кислот та інші речовини);
- органічні (тваринного і рослинного походження: залишки плодів, рослин і овочів, а також папір, рослинні олії, які характеризуються підвищеним вмістом вуглецю; людські та тваринні фізіологічні виділення, залишки органічної тканини, клейкі речовини для яких характерний високий вміст азоту)
- біологічні (грибки плісняви та дріжджів; мікроорганізми, водорості і бактерії).

Серед величезної маси бактерій в побутовій стічній воді є нешкідливі бактерії і хвороботворні (патогенні), зокрема збудники черевного тифу, дизентерії, холери тощо.

Значення наведено у відсотках від загальної кількості забруднень:

- мінеральні речовини – 42%;
- органічні речовини – 58%;
- зважені речовини, які осідають – 20%;
- колоїдні суміші – 10%;
- розчинні речовини – 50%.

У відповідності з діючими нормативами середня добова кількість стічних вод на одну особу (у разі оснащення будівлі холодним і гарячим водопостачанням) становить від 275 до 350 літрів за добу.

До **виробничих або промислових** стічних вод відносяться води, використані в технологічному процесі, вони не відповідають вимогам, які ставляться цим процесом до їх якості, а тому підлягають виведенню з території підприємств. До них належать також води, які відкачуються на поверхню землі при добуванні корисних копалин (вугілля, нафти, руди тощо).

Склад промислових стічних вод та їх ступінь забруднення можуть змінюватись в залежності від характеру конкретного виробництва і різних умов застосування води в технологічному процесі.

Залежно від типу виробництва утворюються промислові стічні води:

- неорганічного синтезу (виробництво мінеральних добрив, кислот, будівельних матеріалів, металургія, м/б);
- органічного синтезу (виробництво харчової, целюлозно-паперової промисловості, заводів по виробництву пластмас, гуми);
- змішані – неорганічного та органічного синтезу (стічні води підприємств нафтодобувної, нафтопереробної, нафтохімічної, текстильної, легкої промисловості, заводів по виробництву консервів, цукру);
- мікробіологічних та фармацевтичних виробництв (антибіотики).

За видом забруднення промислові стічні води поділяють на:

- забруднені стічні води, що потребують очищення перед їх спуском у водойму;
- умовно чисті промислові стічні води, які використовують повторно, або спускають у водойми без очищення, шляхом розведення.

Промислові стічні води умовно розподіляють на 3 категорії:

1. вода, що утворюється внаслідок безпосереднього використання в технологічних процесах (найнебезпечніша);
2. вода, яка використовується як енерго- або теплоносій (менш забруднена);
3. вода допоміжних цехів та процесів, утворюється при санітарній підготовці приміщень та обладнання, поверхневого охолодження технологічної апаратури.

За ступенем мінералізації стічні води розподіляють на:

- з мінералізацією до 3 г/л, для знесолення яких використовують методи іонного обміну, мембранні методи;
- з мінералізацією від 3 до 15 г/л, які знесолюють хімічними, фізико-хімічними, термічними методами;
- з мінералізацією понад 15 г/л, знесолення яких доцільно здійснювати лише термічними методами з подальшою кристалізацією забруднювача.

За концентрацією органічних домішок промислові стічні води розподіляють на чотири категорії:

- I – до 500 мг/л;
- II – 500–5000 мг/л;
- III – 5000–30 000 мг/л;
- IV – понад 30 000 мг/л.

За ступенем агресивності на:

- не агресивні (pH 6,5–8,0);
- слабко агресивні (pH 6,0–6,5 та 8–9);
- дуже агресивні (pH <6,0 та pH >9,0).

Умови скиду виробничих стічних вод. Виробничі стічні води, які скидають у міську каналізацію, не повинні:

- порушувати роботу комунальних мереж і споруд;
- містити понад 500 мг/л зважених і спливаючих речовин;
- містити речовини, здатні засмічувати труби каналізаційних мереж або відкладатися на стінках труб;
- руйнувати (в результаті корозії) матеріал труб та інші елементи каналізаційних мереж;
- містити горючі домішки та інші речовини, здатні утворювати вибухонебезпечні суміші в каналізаційних мережах і спорудах;
- не повинні містити шкідливі речовини в концентраціях, які унеможливлюють подальше біологічне очищення стічних вод або викидання їх у водоймища;
- перевищувати температуру 40°С;
- об'єм скидів не перевищувати ГДС або ТПС, погоджених з водоканалом.

Виробничі стічні води, що не відповідають цим вимогам, повинні попередньо очищуватися, охолоджуватися або розводитися до необхідних концентрацій.

Атмосферні води створюються внаслідок випадання атмосферних опадів. Їх підрозділяють на дощові і талі, які виникають при таненні льоду і снігу. Характерна особливість дощового стоку – його епізодичність і різка нерівномірність.

Від промислових підприємств відводяться стічні води всіх трьох категорій. Режим відведення стічних вод в зовнішню каналізаційну систему і їх кількість залежить від багатьох умов: потужності підприємства, числа робочих змін, виду сировини, технології виробництва, числа промислових установок і апаратів, а також режиму їх роботи, питомої витрати води на одиницю продукції та інше.

5.3 Захист водного середовища

У нашій країні встановлені вимоги, які регламентують діяльність людини з метою дотримання норм охорони водних ресурсів та умов функціонування 11 водних об’єктів. У них сформульовано вимоги до стану водних об’єктів, які зросли у зв’язку з поглибленням знань з екології, соціології, економіки, техніки та ін. Охорона водних об’єктів забезпечується системою заходів, спрямованих на запобігання, обмеження і ліквідацію наслідків забруднення, засмічення і виснаження води. До першочергових заходів належать: організаційні, технічні, економічні, юридичні, меліоративні та інші водоохоронні заходи.

Вимоги до складу і властивостей води водних об’єктів поблизу пунктів господарсько-питного (I категорія) і культурно-побутового (II категорія) водокористування, такі:

- вміст завислих речовин після скидання стічних вод не повинен збільшитися більше ніж на 0,25 мг/дм^3 для господарсько-питного водокористування, а також для водопостачання харчових підприємств і на 0,75 мг/дм^3 для культурно-побутового водокористування;

- на поверхні водоймищ не допускається утворення плаваючих плівок, плям мінеральних мастил та інших домішок;
- вода має бути без сторонніх запахів і присмаку;
- кількість розчинного кисню у воді повинна бути не менше 4 мг/дм^3 в будь-який час року в пробі, взятій о полудні при температурі 20 °С;
- біохімічне споживання кисню (БСК), тобто кількість кисню, що витрачається на біохімічне окиснення органічних речовин, при температурі 20 °С не повинна перевищувати 3 мг/дм^3 і 6 мг/дм^3 для водоймищ і водогонів відповідно першої і другої категорій;
- при скиданні у водоймище суміші виробничих і побутових стічних вод реакція pH (водневий показник) не повинна виходити за межі 6,5-8,5;
- не допускається вміст у водоймищі отруйних речовин здатних шкідливо впливати на людей і тварин;
- вода не повинна вміщувати збудників хвороби;
- підвищення температури у водоймі або водотоці при спусканні в нього стоків допускається не більше ніж на 3°С (порівняно з максимальною температурою води в літній період);
- мінеральний склад сухого залишку не повинен бути більше 1000 мг/дм^3 (в тому числі хлоридів – 350 мг/дм^3 і сульфатів – 500 мг/дм^3).

Підприємства, організації та заклади, діяльність яких впливає на стан вод, зобов'язані здійснювати заходи, які б забезпечували охорону вод від забруднень, а також поліпшували їх стан.

Кардинальним вирішенням проблеми захисту водних ресурсів від промислового забруднення на сьогодні є комплекс природоохоронних технологій, а саме:
- утворення безвідходних і маловідходних виробництв;
- улаштування зворотних та замкнених систем водопостачання;
- скорочення або припинення надходження домішок в стічні води шляхом упорядкування чи зміни технологічних процесів виробництв;
- ліквідація відвалів виробничих і побутових відходів, з яких продукти відходів змиваються поверхневим або дренажним стоком;
- очищення стічних вод;
- закачування в глибокі поглинаючі горизонти стічних вод, до яких поки ще не знайдено ефективного способу очищення.

Великого значення надається комплексу заходів щодо запобігання забруднення водоймищ добривами, пестицидами та відходами тваринницьких комплексів.

5.4 Стадії та види забруднення природних вод

Розрізняють три стадії забруднення природних вод.

Початкова стадія. Концентрація полютантів (забруднювачів) у воді вища за фонову, але менша ГДК (гранично допустимої концентрації). Властивості води в межах норми. Зміни, що спостерігаються, не є перепоною

для використання води для господарсько-питних потреб, але вказують на наявність джерела забруднення.

Небезпечна стадія. Концентрація полютантів досягає ГДК або трохи перевищує її. Площа забрудненої ділянки (для підземних вод) становить 0,02-0,5 км^2.

Дуже небезпечна стадія. Вміст полютантів значно (на порядок) перевищує ГДК. Площа забрудненої ділянки (для підземних вод) становить 0,5-1,0 км^2 і більше.

Усі види забруднень можна поділити на фізичні, хімічні, біологічні та енергетичні (теплове та радіаційне) (рис. 5.1) [4].



Рисунок 5.1 – Види забруднення водойм [4]

Фізичне (механічне) забруднення води пов'язане зі зміною її фізичних властивостей: прозорості, вмісту завислих та інших нерозчинних домішок. Нерозчинні речовини (пісок, намул, глинисті часточки та ін.) потрапляють у воду з поверхневим змивом, особливо в разі розорювання водозахисних смуг уздовж річок і наближення орних ділянок до урізу води. Особливо небезпечні викиди АЕС, ТЕС.

Хімічне забруднення визначається видом виробництва і містить різні шкідливі сполуки у стічних водах неорганічної та органічної природи. Більшість з них отруйні для біоти водойм. Це дуже небезпечно для людей, птахів і тварин, що споживають цю рибу. Особливо сильно забруднюють природні поверхневі води, промислові стічні води хімічних, нафтопереробних, металургійних, шкіряних заводів, текстильних і целюлозно-паперових фабрик, м'ясокомбінатів та інших підприємств. У сільському господарстві для підвищення врожайності і продуктивності земель застосовують пестициди, які змиваються з полів у ріки, озера та інші водойми і також спричиняють хімічне забруднення.

Біологічне забруднення води відбувається за рахунок надходження зі стічними водами різних мікроорганізмів, рослин і тварин. Тобто воно полягає в

появі у воді патогенних організмів, зокрема бактерій групи кишкової палички. Багато з них є хвороботворними для людей, тварин і рослин. Найбільшими біологічними забруднювачами є комунально-побутові стічні води. Промисловими біологічними забруднювачами є підприємства шкірообробної промисловості, м'ясокомбінати і цукрові заводи. Бактерії живуть від 30 до 400 діб, тому таке забруднення локалізується на порівняно невеликій ділянці і є тимчасовим.

Теплове забруднення спричинює спускання у водойми теплих вод з різних енергетичних установок. Надходження нагрітих вод у ріки й озера істотно змінює їх термічний і біологічний режими. Підвищення температури води у водоймах призводить до таких негативних наслідків: до 26°С – шкідливого впливу не спостерігається; 26-30°С – відбувається пригнічення життєдіяльності риб; понад 30°С – спостерігається шкідлива дія на біоценози, а за 34-36°С – гине риба та деякі види інших організмів. Загалом теплове забруднення супроводжує зміну хімічного та газового складу води, зменшення кількості кисню, «цвітіння» води, збільшення вмісту в ній мікроорганізмів.

Радіоактивне забруднення. Пов'язане з підвищенням у воді вмісту радіоактивних речовин. Через те, що час напіврозпаду різних радіонуклідів триває від кількох годин до тисяч років, радіоактивне забруднення води є дуже стійким і може зберігатися тривалий час. Багато радіонуклідів сорбується гірськими породами і тому локалізуються. У відкритих водоймах вони осідають на дно.

Води океанів і морів забруднюються річковими стоками, з якими щороку надходить понад 320 млн. тонн заліза, 6,5 млн. тонн фосфору та інших речовин. З атмосфери у воду океанів потрапляє 1 млн. тонн вуглеводнів, 200 тис. тонн свинцю, 62 млн. тонн фосфору й азоту, 5 тис. тонн ртуті. До найбільших забруднювачів вод Світового океану належать нафта та її продукти. Щороку її потрапляє 5-6 млн. тонн. Моря й океани забруднюються також побутовими і промисловими твердими відходами, яких накопичилось понад 20 млрд. тонн.

5.5 Основні джерела забруднення гідросфери

Забруднення водних ресурсів – це зміни їхніх фізичних, хімічних та біологічних властивостей внаслідок потрапляння до них шкідливих рідких, твердих та газоподібних речовин, що роблять воду небезпечною для використання, завдають шкоди суспільному господарству і здоров'ю людей.

Основними джерелами забруднення природних вод є:

- **атмосферні води**, які несуть значні кількості забруднювачів, що вимиваються з повітря і мають переважно промислове походження. При стіканні по схилах, атмосферні та талі води додатково захоплюють із собою значну кількість речовин. Особливо небезпечні стоки з міських вулиць та промислових майданчиків, які несуть значну кількість нафтопродуктів, сміття, фенолів, різних кислот.
- **міські стічні води**, що включають переважно побутові стоки, які містять фекалії, детергенти (поверхнево активні речовини), мікроорганізми, у

тому числі патогенні.

- **промислові стічні** води, що утворюються у найрізноманітніших галузях виробництва, серед яких найбільш активно споживає воду чорна металургія, хімічна, лісохімічна, нафтопереробна промисловості.

Потужним джерелом хімічного (як неорганічного, так і органічного) забруднення гідросфери є промислові підприємства. Рідкі неочищені або погано очищені промислові стоки підприємств забруднюють поверхневі, а відтак і підземні води. Крім того, газопилові викиди промислових підприємств та ТЕС в атмосферу забруднюють дощову воду або осідають на рослинно-ґрунтовому покриві й також стають причиною забруднення поверхневих та підземних вод. Забруднюються і води, що фільтруються крізь товщу промислових відходів. Щорічно при спалюванні вуглецевого палива в атмосферу надходить до 150 млн. тонн оксиду сірки (IV). Сполучаючись із водою атмосфери, ця сполука утворює сірчану кислоту і зумовлює появу кислотних дощів, які не лише згубно впливають на наземну рослинність, а й суттєво погіршують стан водоймищ і водотоків. За допомогою вітру кислотні дощі можуть випасти далеко від джерела забруднення.

Важливою характеристикою води є водневий показник pH. Величина pH характеризує ступінь кислотності водних розчинів. При pH = 7,0 зменшується вміст кальцію у воді, гинуть ікринки окремих земноводних; при pH = 6,0 гинуть молюски, прісноводні креветки, ікра всіх земноводних; при pH = 6,0-5,5 з донних відкладів починається вилуговування отруйних металів: алюмінію, ртуті, свинцю, кадмію, олова, берилію, нікелю тощо і внаслідок цього швидко зменшуються видовий склад та кількість водних організмів. Коли pH досягає 4,5, в озері чи річці не залишається нічого живого, крім анаеробних бактерій, які виділяють вуглекислий газ, метан та сірководень.

Інтенсивно забруднюються поверхневі та підземні води при розвідці та збагачуванні корисних копалин. Свердловини та гірничі виробки нерідко порушують суцільність водотривких шарів і внаслідок цього – ізольованість водоносних горизонтів. Шахтні, рудничні води й супутні води нафтових та газових родовищ часто мають підвищену мінералізацію і містять великі кількості полютантів. Скидання таких вод на земну поверхню призводить до забруднення поверхневих, підґрунтових та близьких до поверхні міжпластових вод. Крім того, в свердловинах може відбуватися перетікання мінералізованих вод і нафти в горизонти з чистою питною водою. При розробці уранових родовищ, крім хімічного, відбувається радіоактивне забруднення навколишніх поверхневих та підземних вод. Джерелами радіоактивного забруднення води виступають також атомні електростанції, небезпечний вплив яких різко зростає при аваріях.

У місцях видобутку та збагачення корисних копалин часто накопичуються потужні відвали гірських порід, збагачених піднятими з глибин Землі і шкідливими для живих організмів хімічними елементами та сполуками, які згодом розмиваються атмосферними опадами і потрапляють у поверхневі, а згодом і у приповерхневі підземні води. Особливо небезпечними для людини є важкі метали.

Сучасне сільське господарство також належить до головних джерел хімічного та бактеріологічного забруднення гідросфери, в якому широкомасштабно застосовуються отрутохімікати (пестициди) для боротьби з шкідниками та мінеральні добрива. Особливо небезпечною виявляється хімізація сільського господарства при порушеннях технологічних норм зберігання та застосування хімічних речовин. Найбільш поширеними групами пестицидів є гербіциди, що вживаються для боротьби з бур'янами, інсектициди – препарати для знищення шкідливих комах у сільськогосподарських культурах та фунгіциди – засоби проти грибних захворювань рослин. Ще більше поступає в ґрунт мінеральних добрив. При розмиванні дощовими водами шкідливі хімічні речовини інфільтруються у ґрунт і підґрунтя, забруднюють підґрунтові води, змиваються у поверхневі водоймища та водотоки. Деякі пестициди дуже стійкі і зберігаються у ґрунті понад 10 років.

Забруднення отрутохімікатами та мінеральними добривами поверхневих вод відбувається кількома шляхами. Вони потрапляють у воду при змиві з рослинно-ґрунтового покриву, при обприскуванні та обпиленні ланів отрутохімікатами та при надходженні у водоймища забруднених підґрунтових вод. Забруднення вод добривами та пестицидами особливо небезпечне своєю повсюдністю. Забруднення води пестицидами понад гранично допустимі норми особливо поширене в районах з постійним застосуванням зрошування.

Крім хімічного неорганічного забруднення природних вод сільське господарство сприяє їхньому органічному та бактеріальному забрудненню. Збагачені органікою та хвороботворними бактеріями тваринницькі стоки безперешкодно потрапляють у поверхневі та підземні води. Евтрофікація водоймищ, коли збільшення у водоймищах біогенних речовин, зокрема тих, що містять багато азоту і фосфору, порушує в них нормальний біологічний колообіг, викликає загнивання їх, зменшення вмісту кисню і зрештою – загибель водних організмів. Бактеріальне забруднення поверхневих та підземних вод спричинює спалахи епідемій важких інфекційних хвороб.

Не менш небезпечними є побутові комунальні стоки, які в недостатньо очищеному або й зовсім неочищеному стані поступають із населених пунктів у річки, озера, моря та на поля фільтрації. Крім різноманітних хімічних шкідливих речовин ці стоки містять збудників різноманітних інфекційних захворювань, таких як паратиф, дизентерія, вірусний гепатит, туляремія тощо.

Останнім часом у побутові стоки все більше потрапляє дуже шкідливих синтетичних мийних речовин. Навіть незначна кількість їхніх домішок викликає неприємний смак і запах води, а утворення піни на поверхні відкритих водоймищ ускладнює доступ атмосферного кисню і веде до замору і загибелі водяних організмів.

За останні декілька десятків років ґрунтові води стали одним із найважливіших ресурсів. Вони є джерелом значної кількості питної води, яка використовується у побуті, а також іде на зрошення. Звичайно, ґрунтові води раніше мали достатньо високі якості і без очищення задовольняли вимоги до питної води, але випадки забруднення високоякісних ґрунтових вод отруйними

речовинами стають все більш частими. Ґрунтові води вимивають із ґрунтів значну кількість забруднювачів, які ґрунт не може затримати.

Головними джерелами забруднення і забруднювальними речовинами ґрунтових вод вважають:

- неправильно розташовані звалища та інші сховища отруйних речовин;
- підземні резервуари та трубопроводи (особливу небезпеку становлять втрати бензину на АЗС);
- пестициди, що застосовуються на полях, у садах, на газонах тощо;
- сіль, якою посипають тротуари і вулиці під час ожеледі;
- мазут на дорогах для зв'язування пилу;
- надлишки стічних вод та каналізаційного мулу.

Таким чином, забруднення водних екосистем є більшою небезпекою, ніж забруднення атмосфери. Адже процеси регенерації або самоочищення протікають у водному середовищі набагато повільніше, ніж у повітряному, джерела забруднення водойм більш різноманітні, природні процеси, які відбуваються у водному середовищі і піддаються впливу забруднень, більш чутливі самі по собі й мають більше значення для забезпечення життя на Землі, ніж атмосферні.

Негативним наслідком забруднення води є те, що, потрапляючи у водойми, забруднювальні речовини спричинюють зниження її якості.

5.6 Чинники, що впливають на хімічний склад природних поверхневих вод

Природні води мають хімічний склад, що формується під дією численних абіогенних та біогенних чинників і може змінюватися в широких межах. Основні катіони природних вод – Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, аніони – HCO_3^{-}, SO_4^{2-}, Cl; їх співвідношення різне в солоних і прісних водах.

Фізичні чинники, що впливають на хімічний склад і біологічну продуктивність природних водойм:

- ***температура,*** зміна якої впливає на розчинність газів (зменшується під час нагрівання), багатьох сполук (більшість речовин краще розчиняється з підвищенням температури), нагрівання сприяє гідролізу, прискоренню хімічних і біохімічних процесів; може спричиняти гіпоксію і тепловий стрес у гідробіонтів;
- ***освітленість*** – важливий екологічний чинник, від якого залежить інтенсивність процесів фотосинтезу у водяних рослин і водоростей, вміст вуглекислого газу й кисню, продуктивність водних екосистем;
- ***окисно-відновний потенціал*** характеризує співвідношення між окисниками і відновниками, вміст органічних сполук, кисню, інтенсивність розкладання органічних решток;
- ***перемішування води та швидкість течії*** зумовлюють різну інтенсивність процесів самоочищення, поширення забруднювача, вміст кисню, тощо.

Хімічні чинники:

- ***Вміст розчинених газів*** – CO_2, O_2, H_2S, NH_3, CH_4, які надходять з повітря, утворюючи в процесі життєдіяльності водяних організмів та під час гниття органічних решток;

- при pH=5,5-6,0 знижується чисельність і загальна кількість водяних організмів, гине планктон;

- при pH = 4,5 в озері практично не залишається риби, не осаджуються і гниють рештки.

Біологічні чинники – це рослинний і тваринний світ, їх продуктивність; вони впливають на численні хімічні процеси у водоймі, зумовлюють деякі показники якості води, наведені нижче.

Бактеріологічні показники характеризують забрудненість води патогенними мікроорганізмами, які визначають за:

- чисельністю коліфагів;

- чисельністю лактозопозитивних кишкових паличок.

Кишкова паличка – це мікроорганізм, який живе в шлунку людини і тварин і сам по собі нешкідливий, однак його наявність у воді свідчить про присутність виділень і можливість розвитку хвороботворних бактерій. Кількістю кишкових паличок в 1 л води визначається доброякісність питної води.

За нормою 1 л питної води має містити не більш як 3 бактерії групи кишкових паличок (колі-індекс води), обернена величина – колі-титр – кількість мл води, в якій міститься одна кишкова паличка (у питній воді колі-титр не повинен перевищувати 333 мл). Критерії оцінки бактеріального забруднення води наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Критерії оцінки бактеріального забруднення води

Стан (оцінка) води	Колі-індекс
Дуже чиста	<3
Чиста	3-1000
Задовільної чистоти	1001-10000
Забруднена	10001-50000
Брудна	50001-100000
Дуже брудна	>100000

Гідробіологічні показники дають можливість оцінити стан водойми за видовою різноманітністю рослин і тварин:

- оцінка за рівнем сапробності; кожному рівню сапробності відповідає певний набір індикаторних організмів;

- оцінка за функціональними характеристиками водойми первинною продуктивністю, швидкістю деструкції тощо.

5.7 Очищення виробничих стічних вод

Попередження забруднення водних об'єктів стічними водами може бути забезпечене організаційними та технічними заходами. Організаційні заходи

зводяться до попередження скидання стічних вод у водойми без очищення. Технічні заході передбачають очищення стічних вод, повторне використання стічних вод для технічних потреб та поливу, створення зворотних та замкнених систем водокористування, вдосконалення технологічних процесів на підприємствах у напрямку скорочення надходження забруднень у стоки, перехід на безвідходні технології, скорочення забруднення територій нафтопродуктами, котрі зі зливовими стоками можуть потрапити до водойм.

Способи очищення забруднених виробничих стічних вод можна об'єднати в такі групи: механічні, фізико-хімічні, хімічні, біологічні та глибоке очищення. Систематизація забруднювальних домішок на основі їх дисперсного стану та фізико-хімічних властивостей дає змогу згрупувати всі способи очищення у чотири групи, як і власне домішки. Вихідні положення цього принципу можна сформулювати так:

1) фазово-дисперсний стан домішок води зумовлює їх поведінку в процесі очищення;

2) кожному фазово-дисперсному стану забруднювальних домішок відповідає сукупність методів, що дає змогу досягти необхідних якісних показників очищеної води шляхом зміни цього стану або без зміни його.

В основу технології очищення води від домішок кожної групи закладені процеси, що відбуваються під дією сил, які найефективніше впливають на дану дисперсну систему. Так, для видалення гетерофазних домішок першої групи рекомендують такі процеси: механічне розділення в гравітаційному полі або під дією відцентрованих сил, агрегація флокулянтами, флотація домішок тощо; для патогенних організмів – бактерицидна дія.

До механічних методів очищення стічних вод належать: проціджування, спливання, відстоювання, фільтрування, центрифугування, флотація.

Проціджування – первинна стадія очищення стічних вод, призначене для вилучення із стічних вод крупних нерозчинних твердих домішок розміром до 25 мкм. Проціджування стічних вод здійснюється пропусканням води через решітки і волокновловлювачі.

Відстоювання – використовують для вилучення зі стічних вод завислих грубодисперсних домішок, наприклад, глинистих часточок, концентрацією до 500 мг/л, які можуть мати кольоровість 50 град. Для цього використовують відстійники різних конструкцій: вертикальні, горизонтальні, радіальні.

Великі горизонтальні відстійники (рис. 5.2) будують із залізобетону завдовжки до 36 м, завширшки від 6 до 18 м і завглибшки до 5 м. Радіальні відстійники мають діаметр від 18 до 60 м і глибину до 6 м. Тривалість відстоювання становить близько 1,5 год. Горизонтальні відстійники застосовують у разі витрати стічних вод, що становить до 20 тис. $м^3$ на добу, радіальні – понад 20 тис. $м^3$.

Вилучення завислих домішок із стічних вод в полі дії відцентрових сил здійснюється у відкритих або напірних ***гідроциклонах*** і центрифугах. На рис.5.3 зображена схема відкритого гідроциклона без внутрішніх пристроїв для видалення тільки осідаючих домішок.

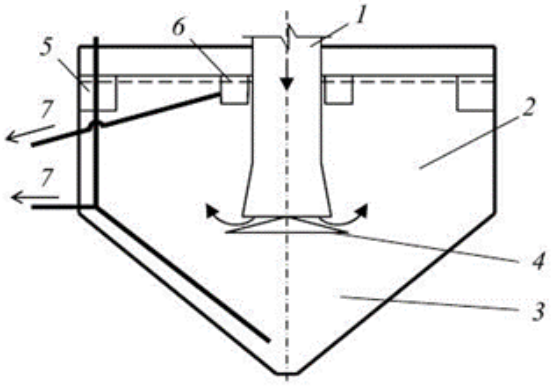


Рисунок 5.2 – Вертикальний відстійник: 1 – центральна труба; 2 – зона відстоювання; 3 – осаджуюча частина; 4 – розподіляючий щит; 5 – периферійний збірний лоток; 6 – кільцевий лоток; 7 – видалення осаду [6]

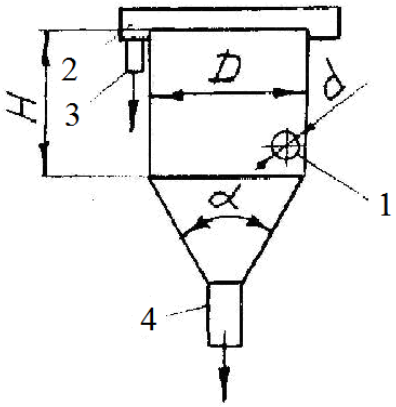


Рисунок 5.3 – Схема відкритого гідроциклона: 1– вхідний патрубок; 2 – кільцевий водозлив; 3 – вихідний патрубок очищеної води; 4 – вихідний патрубок шламу [6]

Стічна вода подається трубою 1 в резервуар конічної форми з верхньою циліндричною частиною. Під дією відцентрових сил, які виникають при тангенціальній подачі стічної води у споруді, осідаючі грубодисперсні частинки відкидаються на стінку резервуара і під дією гравітаційних сил сповзають у конічну частину, звідки вивантажуються трубою 4. Освітлена рідина збирається у кільцевому жолобі 2 і виводиться із споруди трубою 3. Для видалення із стічної води і спливаючих грубодисперсних домішок використовуються інші типи відкритих гідроциклонів.

Фільтрування застосовують для видалення завислих забруднювальних речовин концентрацією до 50 мг/л, які мають кольоровість до 50°С. Попередні фільтри застосовують для видалення завислих домішок концентрацією до 1000 мг/л і кольоровістю до 50°С. Планктон понад 1000 кл/см^3 і завісі видаляють за допомогою мікрофільтрів. Для видалення грубодисперсних домішок застосовують безперервно діючі центрифуги та гідроциклони. Спливанням очищають стічні води від нафтопродуктів у нафтовловлювачах, від жиру – в

жировловлювачах. З цією метою можна також використовувати флотатори і пристрої для диспергування повітря, флотацію із застосуванням реагентів.

Фільтруванням називають процес розділення неоднорідних систем (суспензій) за допомогою пористих перегородок і шарів, які затримують одну (тверду) фазу цих систем і пропускають іншу (рідку). Апарат, у якому здійснюють цей процес, називають фільтром. По різні боки перегородки створюють різницю тиску, під дією якої здійснюється транспортування рідини крізь перегородку і затримання осаду на ній. Цей процес розділення суспензій називають фільтруванням із затриманням осаду. Якщо тверді часточки проникають у пори фільтрувальної перегородки, затримуючись у них і утворюючи осад, це називають фільтруванням із закупорюванням пор.

Під час фільтрування стічних вод, що містять завислі речовини, крізь шар допоміжних матеріалів (пісок, діатоміт, деревне борошно та ін.) завислі речовини можуть відкладатися на поверхні фільтрувального шару (плівкове фільтрування) або в порах фільтрувального шару, а також можливе одночасне утворення плівки та відкладання завислих речовин у порах завантаження. Залежно від швидкості фільтрування зернисті фільтри поділяють на повільні (0,1-0,2 м/год), швидкі (5,5-15 м/год) і надшвидкі (понад 25 м/год). За розміром зерен розрізняють фільтри дрібнозернисті і крупнозернисті. Фільтри, завантажені однорідним шаром фільтрувального матеріалу, називають одношаровими. Фільтри, завантажені неоднорідним за щільністю і розміром зерен фільтрувальним матеріалом, називають багатошаровими.

Флотація – процес молекулярного прилипання частинок забруднень до поверхні розділу двох фаз (вода-повітря, вода-тверда речовина), утворення системи «частинки забруднень – бульбашки повітря», котра спливає на поверхню та утилізується. Таким чином флотація ґрунтується на різній змочуваності мінералів (домішок) водою і полягає в специфічній взаємодії завислих речовин з бульбашками тонкодиспергованого у воді повітря з наступним утворенням на поверхні води шару піни з вилученими домішками. Оптимальні розміри домішок становлять 10^{-5}-10^{-3}, тонкодисперсні часточки розміром менш як 5-10 мкм флотуються дуже важко, тому їх необхідно попередньо укрупняти, наприклад, за допомогою коагуляції або флокуляції. Флотаційне очищення стічних вод здійснюють в апаратах двох типів, які відрізняються способом диспергування повітря: турбіною насосного типу і напірною флотацією з додаванням коагулянту. В установках першого типу повітря розпилюється біля дна. Бульбашки спливають і виносять із собою домішки забруднень. Піну із забрудненнями знімають з поверхні. В установках напірного типу аерація води здійснюється під тиском. Флотацією очищають стічні води від твердих завислих речовин, нафтопродуктів, масел та інших емульгованих речовин, а також від окремих іонів розчинених речовин.

До фізико-хімічних методів очищення стічних вод належать: коагуляція, сорбція (абсорбція, адсорбція), мембранні методи, іонний, обмінні, електроліз, екстракція.

Коагуляція – процес з'єднання дрібних частинок забруднювачів у більші за допомогою спеціальних речовин (коагулянтів). Коагуляцію застосовують для

видалення зі стічних вод найдрібніших колоїднодисперсних глинистих часточок, білкових речовин та інших високомолекулярних сполук. Коагуляцію здійснюють шляхом введення в очищувану воду незначної кількості коагулянтів – $Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$ та деяких інших сполук, які називають коагулянтами. Як коагулянти також використовують вапняне молоко, солі амонію, заліза, магнію, цинку. Суть процесу полягає в тому, що коагулянт, гідролізуючись, утворює позитивно заряджені аквагідроксокомплекси алюмінію і феруму, які адсорбуються на поверхні від'ємно заряджених колоїдних домішок і нейтралізують їхній заряд. Чим більший заряд аквагідроксокомплексів, утворених під час гідролізу коагулянтів, тим менші їх витрати на коагуляцію. В результаті збільшення розмірів часточок під час адсорбції вони осідають у відстійниках під дією сили гравітації. Одночасно йде процес адсорбції на поверхні осаду домішок органічних забарвлених речовин, внаслідок чого вода знебарвлюється.

Адсорбція – процес поглинання забруднень твердими сорбентами (активованим вугіллям, золою, дрібним коксом, силікагелем тощо). Адсорбцію застосовують переважно для видалення з води органічних сполук. Цей метод, як правило, використовують у комбінації з іншими, зокрема для початкового виділення грубодисперсних домішок механічними методами і коагуляцією. Потім молекулярно-розчинені домішки органічних речовин видаляють шляхом адсорбції на активованому вугіллі, яке крім речовин, що погіршують смак і запах води, сорбує також гербіциди, інсектициди, віруси тощо (рис. 5.4).

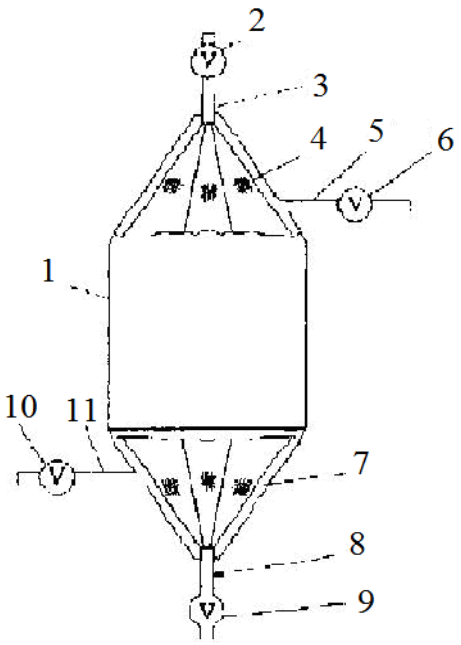


Рисунок 5.4 – Схема адсорбера з рухомим шаром адсорбенту: 1 – корпус; 2, 6, 9, 10 – регулювальні клапани; 3 – трубопровід для подавання свіжого адсорбенту; 4, 7 – розподільні ґратки; 5 – трубопровід для відведення очищеної води; 8 – трубопровід для відведення відпрацьованої частини вугілля на регенерування; 11 – трубопровід для підведення води, яка очищується [6]

Відпрацьоване активоване вугілля регенерують відгонкою абсорбованих домішок парою, якщо вони використовуються, або деструктивною регенерацією, якщо адсорбовані домішки знешкоджуються.

Зворотний осмос (гіперфільтрація) – процес фільтрування стічних вод через напівпроникні мембрани під тиском.

Ультрафільтрація – мембранний процес розділення розчинів, осмотичний тиск яких малий.

Процес дифузії крізь пористу перегородку під дією градієнта, концентрація солі з розчину з більшою в розчин з меншою концентрацією називається **діалізом.** Щоб здійснити перенесення іонів з менш концентрованого в більш концентрований розчин, тобто проти градієнта концентрації, потрібно прикласти різницю потенціалів.

Електродіаліз – це перенесення іонів електроліту крізь селективні іонообмінні мембрани під дією постійного електричного струму. Швидкість перенесення визначається силою електричного струму. Електродіалізний апарат почергово розділяється на камери аніоно- і катіонообмінними мембранами. Відстань між ними становить 0,5-1,5 мм. Крізь іонообмінні мембрани мігрують аніони, крізь катіонообмінні – катіони. Останні переміщуються в напрямку електричного струму, тоді як аніони – в протилежному напрямку, тобто катіони рухаються до катода, а аніони – до анода. В одній камері здійснюється знесолювання розчину, в іншій – його концентрування. В промислових апаратах між електродами вміщують 250-500 комірок, які складаються з поз сольних і дилюатних камер. На кінцях апарата розміщені електроди, на які подають постійний електричний струм.

Видалення фенолів та інших органічних сполук зі стічних вод здійснюють за допомогою екстракції.

Екстракція – вилучення зі стічних вод цінних речовин за допомогою рідких розчинників (екстрагентів). Екстракція ґрунтується на неоднаковому розподілі компонентів розчину між двома фазами, які утворюються при застосуванні органічної речовини – екстрагента (триетиламін, діетилметиламін, дипропіламін та ін.). Процес відбувається в протитечійному екстракційному апараті (рис. 5.5), де солона вода контактує з розчинником, який переміщується згори вниз.

Екстракт, що містить прісну воду, спрямовується через систему теплообмінників і нагрівника у сепаратор гравітаційного типу, де в результаті підвищення температури і зміни розчинності відбувається розділення фаз. Відокремлений розчинник через теплообмінник і холодильник повертається в цикл, а опріснена вода і рафінад із залишками амінів прямують на вилучення розчинника в десорбційні апарати.

Іонний обмін базується на вилученні зі стічних вод цінних домішок хрому, цинку, міді, ПАР за рахунок обміну іонами, здатних обмінювати свої іони на іони, що містяться у воді. Розрізняють процеси катіонного і аніонного обміну. Відповідно іоніти називають катіонітами та аніонітами. Катіонітові фільтри випускають різних діаметрів з різною висотою завантаження катіонів,

які розраховані на робочий тиск 0,6 МПа і робочу температуру до 60°С (рис. 5.6).

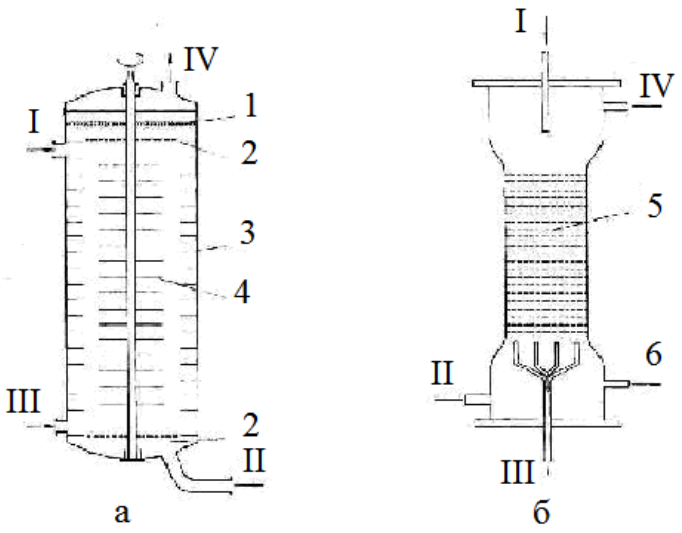


Рисунок 5.5 – Екстракційні апарати з механічним перемішуванням: а – роторно-дискова колона; б – пульсацій на колона з сітчастими тарілками; 1 – межа поділу фаз; 2 – сітки; 3 – кільця статора; 4 – роторний диск; 5 – сітчасті тарілки; 6 – вихід екстракту; I, II – важкі фази; III, IV – легкі фази [6]

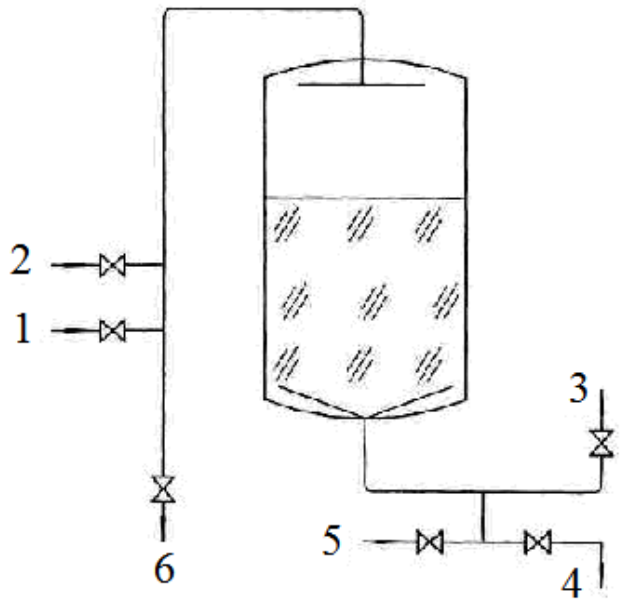


Рисунок 5.6 – Схема іонообмінної колони: 1 – початкова та промивна вода; 2 – регенераційний розчин; 3 – очищена вода; 4 – відведення відпрацьованого регенераційного розчину та промивної води; 5 – вода для спушування; 6 – відведення води для спушування [6]

В основі катіонного процесу пом’якшення води лежать реакції обміну іонів натрію і водню – катіонів на іони Ca^{2+} і Mg^{2+} – солей твердості,

розчинених у воді. Обмін іонів натрію називають Na-катіонуванням, а іонів гідрогену – Н-катіонуванням:

$$Na_2[Кат] + Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow Ca[Кат] + 2NaHCO_3 ;$$
$$Na_2[Кат] + MgSO_4 \leftrightarrow Mg[Кат] + Na_2SO_4 ;$$
$$H_2[Кат] + MgCl_2 \leftrightarrow Mg[Кат] + 2HCl ;$$
$$H_2[Кат] + Na_2SO_4 \leftrightarrow Na_2[Кат] + H_2SO_4 .$$

Так само видаляють з води іони інших металів.

Аніоніти – високомолекулярні речовини, що містять активні групи з аніонами OH^-, HCO_3^- або CO_3^{2-}. Пропускаючи крізь шар аніоніту воду, заздалегідь звільнену від катіонів, видаляють з неї аніони:

$$[Ан]OH + HCl \leftrightarrow [Ан]Cl + H_2O;$$
$$2[Ан]OH + H_2SO_4 \leftrightarrow [Ан] + H_2O.$$

З наведених реакцій випливає, що іонообмінний спосіб може забезпечити пом'якшення і знесолювання води, тобто повне видалення з води солей.

Основними способами хімічного очищення виробничих стічних вод є нейтралізація, окиснення, коагуляція та флокуляція.

Нейтралізація здійснюється шляхом змішування кислих стічних вод з лугами, додаванням до стічних вод реагентів (вапно, карбонати кальцію та магнію, аміаку) або фільтруванням через нейтралізуючі матеріали (вапно, доломіт, магнезит, крейда, вапняк тощо).

Окиснення застосовується для знезараження стічних вод від токсичних домішок (мідь, цинк, сірководень, сульфіди), а також від органічних сполук. Як окислювачі використовуються хлор, озон, кисень, хлорне вапно.

Одним із видів коагуляції є ***флокуляція*** – процес агрегації дрібних частинок забруднювачів у воді за рахунок утворення містків між ними та молекулами флокулянтів. Як флокулянти використовують активну кремнієву кислоту, ефіри, крохмаль, целюлозу, синтетичні органічні полімери. Для освітлення води одночасно використовуються коагулянти і флокулянти, під впливом яких утворюються інтенсивно осідаючі великі пухкі пластівцевоподібні агломерати, які легко видаляються зі стічних вод механічними способами.

Після механічних, хімічних та фізико-хімічних методів очищення у стічних водах можуть знаходитися різноманітні віруси та бактерії. Тому для запобігання захворюванням стічні води перед повторним використанням для побутових потреб піддають стерилізації. ***Стерилізація*** води здійснюється шляхом нагрівання, хлорування, озонування, обробки ультрафіолетовими променями, біообробки, електролізу срібла, коли як анод використовується срібний електрод, а як катод – вугілля. Іони срібла мають бактерицидну дію.

Біологічне очищення здійснюється комплексом мікроорганізмів (біоценозом), який містить багато різних бактерій, найпростіших і низку більш високоорганізованих організмів – водоростей, грибів тощо, які зв'язані між

собою в єдиний комплекс складними взаємовідносинами (метабіозу, симбіозу і антагонізму). Біологічне очищення здійснюється в штучних умовах: у біофільтрах, в аеротенках (рис. 5.7), в окиснювальних каналах, у біотенках, в аеротенках із заповнювачами. Біологічне очищення може здійснюватися і в природних умовах на полях зрошення, полях фільтрації, біологічних водоймах. Залежно від виду мікроорганізмів, котрі беруть участь у руйнуванні органічних речовин, розрізняють аеробне (окислювальне) та анаеробне (відновлювальне) біологічне очищення стічних вод. Це ефективний метод видалення органічних домішок з води. Розрізняють аеробний процес, який здійснюється за наявності кисню, і анаеробний – без доступу кисню. Анаеробне очищення застосовують як перший ступінь для підготовки до наступного аеробного очищення стічних вод з високою концентрацією органічних забруднень. Біологічне аеробне очищення здійснюють у біофільтрах, аеротенках, на зрошувальних полях та у біологічних ставках. Біофільтри будують у вигляді залізобетонних резервуарів діаметром до 30 м і заввишки: низькі – 1,5-2 м, високі – 2-4 м і баштові – 10020 м. На дірчасте днище резервуара накладають щебінь, гальку, керамзит або ґратчасті блоки з пластмаси. На поверхні укладених матеріалів поселяють мікроорганізми, які живляться органічними домішками стічних вод. Мікроорганізми перетворюють органічні речовини на неорганічні (переважно на вуглекислий газ і воду або метан, аміак та ін.).

Поля зрошення, поля фільтрації та біологічні ставки належать до ґрунтових методів біологічного очищення. На полях зрошення одночасно з очищенням стічних вод вирощують різні культури рослин. Якщо на ділянках не вирощують рослин, а тільки очищають стічні води, їх називають полями фільтрації. Цей спосіб знайшов обмежене застосування, оскільки потребує рівні ділянки ґрунтів з доброю фільтрувальною здатністю. Біологічні ставки облаштовують каскадом по 3-5 водойм завглибшки 1-1,5 м. Оскільки процеси біологічного очищення відбуваються повільно, вода в ставках має перебувати не менш як 20 діб. Біологічні ставки частіше використовують після попереднього очищення іншими методами, як буфер перед водоймою, в яку скидають очищену воду.

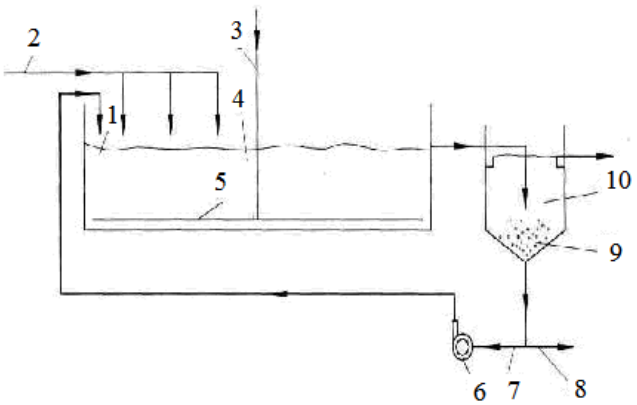


Рисунок 5.7 – Аеротенк: 1 – регенератор; 2 – стічна вода; 3 – повітря; 4 – аеротенк; 5 – пристрій для розпилювання повітря; 6 – насос; 7 – зворотній мул; 8 – надлишковий мул; 9 – осад активного мулу; 10 – відстійник [6]

Таким чином, методи очищення стічних вод можна об'єднати у вигляді наступної схеми (рис. 5.8).

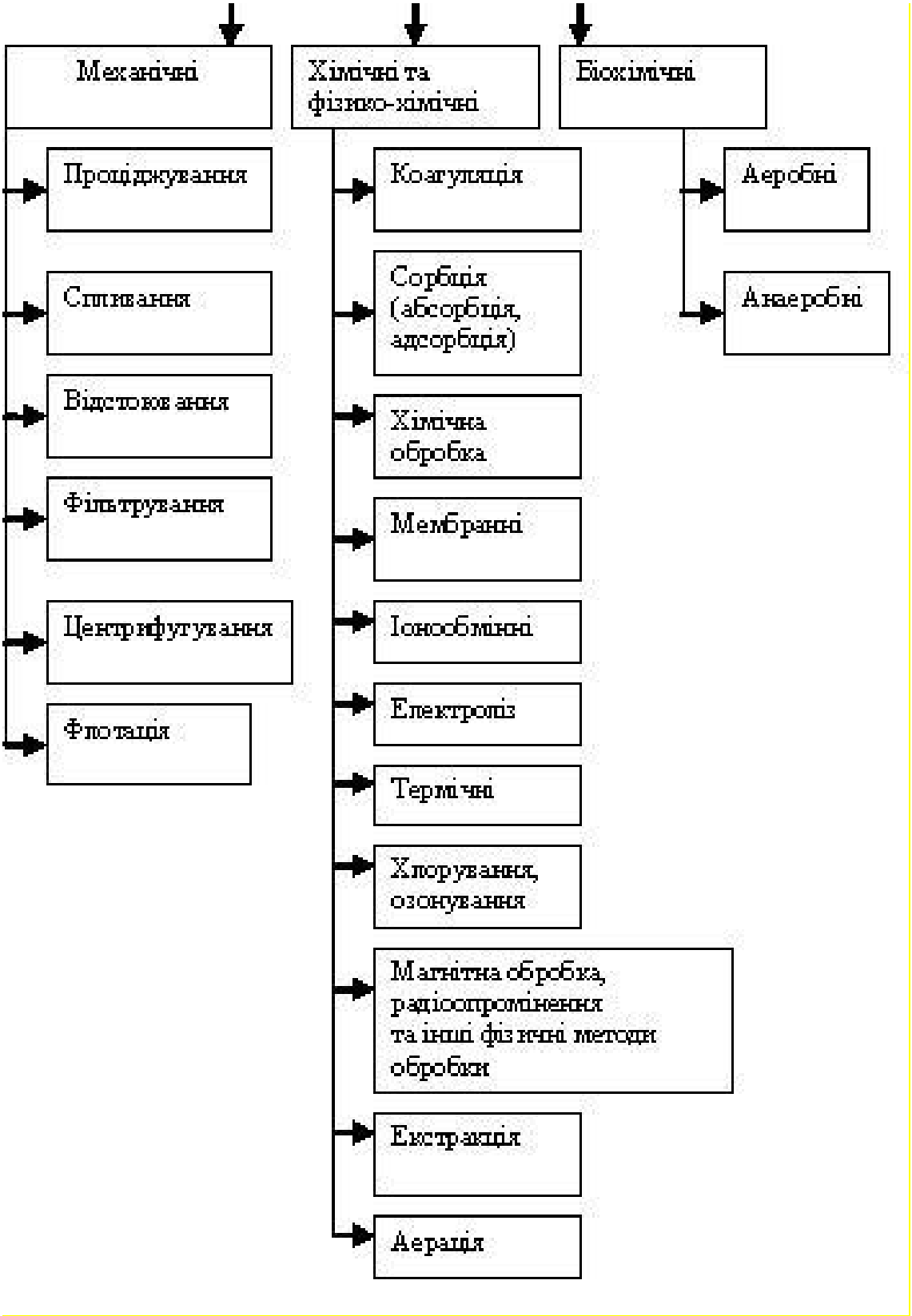


Рисунок 5.8 – Загальна схема очищення стічних вод [9]

5.8 Типова технологія очищення стічних вод

У виробничих умовах часто доводиться використовувати комплексні методи очищення, котрі базуються на механічних, хімічних, фізико-хімічних, біологічних способах та пристроях для вилучення забруднень. Типова схема комплексного очищення зображена на рис. 5.9.

Установка складається з апаратів механічного очищення (пісковловлювач, зернистий фільтр, фізико-хімічного очищення (іонообмінна колонка) та контрольно-вимірних приладів (pH-метр і фотоколориметри) для вимірювання ступеня забрудненості води. Стічні води надходять через фотоколориметр 3 (для вимірювання мутності води) та pH-метр 4 (для вимірювання активної реакції води) в пісковловлювач 5, в якій крупні тверді завісі осідають. Дрібніші завислі нерозчинені домішки вилучаються із води зернистим завантаженням фільтра 6. Звільнена від зависів вода, яка містить кислоту, подається в аніонітову іонообмінну колонку 7, в якій проходить обмін між іонами, що знаходяться в розчині, та іонами, що присутні на поверхні іонообмінної смоли, в результаті чого вода нейтралізується. Реакцію очищеної води вимірюють pH-метром 9, а її оптичну щільність – фотоколориметром 10. У тому випадку, коли прилад 9 показує значення pH<7, необхідно зменшити швидкість проходження стічної води через очисну установку, частково закриваючи кран 2, тим самим збільшити тривалість перебування стічних вод в очисних апаратах (в іонообмінній колонці). Потім очищена вода потрапляє у навколишнє середовище.

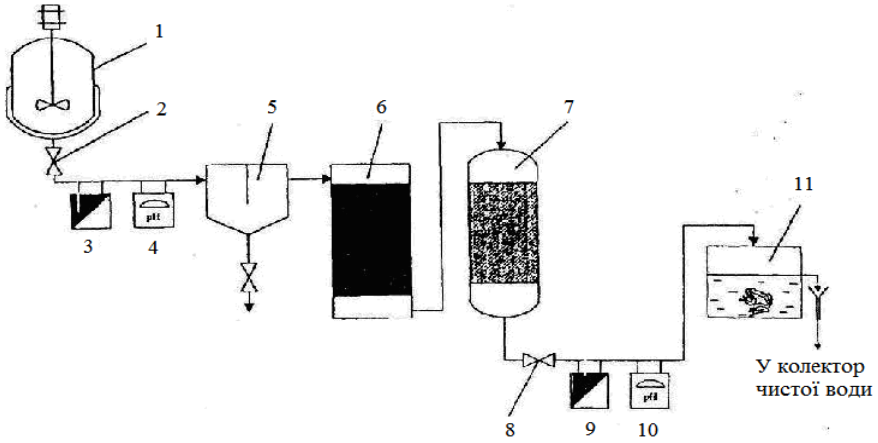


Рисунок 5.9 – Схема комплексного очищення стічних вод: 1 – збірник стічної води; 2, 8 – вентиль; 3, 9 – фотоколориметр;4,10 – pH метр; 5 – відстійник ; 6 – зернистий фільтр;7 – іонообмінна колона; 11 – середовище чистої води [4]

5.9 Умови скидання стічних вод у водойми

Розглянемо загальні вимоги до складу та властивостей води господарсько-питного призначення при скиданні у водойму стічних вод:

1. Водойма не повинна мати на поверхні води плівок будь-якого характеру.

2. Вміст завислих речовин не повинен перевищувати 1,5 мг/л.

3. Вода не повинна мати запахів і присмаків інтенсивністю понад два бали.

Інтенсивність запахів і присмаків за балами розподіляється так, як наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Інтенсивність запахів і присмаків за балами

Інтенсивність присмаку або запаху	Жодного	Дуже слабкий	Слабкий	Помітний	Виразний	Дуже сильний
Бал	0	1	2	3	4	5

Зазвичай виділяють такі види запахів: ароматний (квітковий, огірковий), землистий, болотний, гнильний, деревинний, цвільовий, хлорний, нафтовий, фенольний, сірководневий, непевний (не схожий на жоден із зазначених запахів). Смак розрізняють гіркий, кислий і солоний. Усі інші смакові відчуття кваліфікують, як присмаки.

1. Вода не повинна мати забарвлення при розгляданні її в стовпчику заввишки 20 см. Кольоровість води за платино-кобальтовою або імітувальною шкалою не повинна перевищувати 20°С. В окремих випадках допускається до 35°С. (Один градус кольоровості відповідає вмісту в 1 л розчину 2,49 мг хлорплатинату калію і 2,018 мг хлориду кобальту).

2. Температура води в результаті скидання стічних вод не повинна підвищуватись влітку більш як на 3°С, взимку – більш як на 5°С порівняно з максимальною природною температурою в цю пору року.

3. Реакція води має залишатися в межах pH=6,5-8,5, тобто бути слабкокислою, нейтральною, або слабколужною.

4. Мінеральний склад за сухим залишком не повинен перевищувати 1000 мг/л, в окремих випадках допускається до 1500 мг/л, у тому числі хлоридів – 300, сульфітів – 500, нітратів (за азотом) – 10 мг/л, загальна твердість – 7-10 моль екв/л.

5. Вміст розчиненого кисню має становити не менш як 4 мг/л у будь-який період року в пробі, відібраній до 12 год. дня.

6. Біохімічне споживання кисню ($БСК_{пов}$) при 20°С не повинно перевищувати 30 мг O_2/л. У чистих водоймах БСК не перевищує 2 мг O_2/л, у забруднених може досягати 50 мг O_2/л.

7. ХСК для побутового водокористування не повинно перевищувати 25мг O_2/л.

8. У воді не повинно бути збудників хвороб. Стічні води перед скиданням у водойму слід знезаражувати.

9. Отруйні речовини не повинні міститися в концентраціях, які можуть завдати шкоди здоров'ю людини.

Крім нормативних вимог до якості води у водоймах, підприємства повинні незаперечно виконувати виробничі обмеження на скидання стічних вод. Забороняється скидати у водойми такі види стічних вод:

1. Води, які за використання раціональної технології можуть бути максимально використані в системах оборотного водопостачання або організації безстічних виробництв.
2. Води з цінними домішками, які необхідно утилізувати.
3. Води, що містять виробничу сировину, реагенти, напівпродукти та кінцеві продукти виробництва в кількостях, які перевищують установлені нормативи технологічних витрат.
4. Води, що містять шкідливі речовини, для яких не встановлені ГДК.
5. Води, які з урахуванням їх складу та місцевих умов можуть бути використані для зрошування в сільському господарстві за умови дотримання санітарних вимог.

Не допускається скидання у водойми кубових залишків і технологічних відходів. Встановлені обмеження поширюються і на зливову каналізацію, що відводить атмосферну воду з промислових ділянок, товарно-сировинних баз та інших територій, стік з яких може спричинити забруднення водойм.

5.10 Самоочищення води в природі

Забрудненню поверхневих та підземних вод протидіє здатність водних екосистем до самоочищення та процеси природного очищення води під час її колообігу в атмосфері, літосфері та гідросфері. Головним чином завдяки життєдіяльності бактерій, водяних рослин та безхребетних тварин у водних екосистемах відбувається самоочищення. Серед численних факторів самоочищення водойм виділяють фізичні, хімічні та біологічні. До перших відносять розчинення, розведення, перемішування, осідання забруднень, що надходять у водойму. Знезаражування води відбувається під дією ультрафіолетових променів, що згубно діють на бактерії, спори та віруси. До хімічних факторів належить окислення органічних і мінеральних речовин. Про ступінь хімічного самоочищення води свідчать зміни вмісту легко-окислювальних органічних речовин, які визначаються за біохімічною потребою кисню, або зміною загального вмісту органіки, що визначаються за хімічною потребою кисню.

Очищенню води від мікрофлори сприяють деякі хімічні речовини, які крім патогенних бактерій і вірусів можуть згубно вплинути і на ті мікроорганізми, які сприяють самоочищенню водойм. У процесах самоочищення беруть участь водорості та представники тваринного світу – молюски, амеби тощо.

Хімічне забруднення водойм несприятливе для процесів самоочищення, бо гальмує процеси окислення, викликає відмирання мікроорганізмів. Негативний вплив на здатність водойм до самоочищення мають біогенні хімічні сполуки, що надходять з добривами, скидання термальних вод теплоелектростанцій. Розклад нафтопродуктів у водоймах сприяє зростанню

бактеріальної флори, збільшенню вмісту розчинних органічних речовин, зокрема таких токсичних, як феноли, нафтоли, ароматичні сполуки.

Швидкість самоочищення водних екосистем залежить як від характеру самої екосистеми, так і від особливостей і вмісту полютантів. Якщо забруднення води перевищує гранично допустиму межу, регенераційні механізми екосистеми руйнуються, самоочищення припиняється і екосистема гине.

5.11 Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення гідросфери.
2. Як поділяють водні ресурси?
3. Назвіть стадії та види забруднення природних вод.
4. Назвіть джерела забруднення гідросфери.
5. Перерахуйте методи очищення стічних вод.
6. Охарактеризуйте механічні методи очищення стічних вод.
7. Охарактеризуйте фізико-хімічні методи очищення стічних вод.
8. Охарактеризуйте біологічні методи очищення стічних вод.
9. Умови скидання стічних вод у природні водойми.

ТЕМА 6. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЛІТОСФЕРИ

Мета: ознайомитися з будовою гідросфери.

План:

6.1. Механічний склад ґрунту
6.2. Фазовий склад ґрунту
6.3. Хімічні процеси в ґрунті
6.4. Причини втрат ґрунтів
6.5. Контроль і управління якістю ґрунтів

Ґрунт – це самостійне природне тіло, яке утворилося з поверхневих шарів гірських порід під сукупним впливом тварин, рослин, мікроорганізмів, клімату, води, рельєфу місцевості, часу, діяльності людини. Товщина ґрунтового покриву становить від 15-20 см до 2-3 м. В. Вернадський називає ґрунт «біокосним» тілом і «благородною іржею», оскільки він є результатом дії живої і неживої природи; безліч видів частину або все своє життя проводять у ґрунті, розпушуючи його та удобрюючи. Це мікроорганізми, найпростіші, черві, вищі тварини, зокрема риючі. Ґрунт не лише живить, а й утримує рослини. Найважливіша особливість ґрунту – родючість, тобто забезпечення рослин усім необхідним для їх росту і розвитку. Важливо зауважити, що у ґрунті знаходиться 1/4 всієї біомаси лісів, 3/4 степової рослинності, черв'яків, комах та інших безхребетних – кілька десятків мільйонів на 1 м^2, найпростіших – понад 1 млн. в 1 г ґрунту.

Поліпшують структуру ґрунтів, підвищують його пухкість, сприяють насиченню киснем, збагачують органічними та мінеральними речовинами, поліпшуючи родючість ґрунту-дощові черві. Біомаса земляних черв'яків у Європі перевищує біомасу людей, що її населяють.

6.1 Механічний склад ґрунту

Тверда частина ґрунту складається з часточок різного розміру – уламків гірських порід, мінералів, решток рослин і тварин, нерозчинних органічних та неорганічних сполук. Умовно всі часточки розміром понад 0,01 мм називають фізичним піском, менші за 0,01 мм – фізичною глиною.

Гранулометричний склад ґрунту характеризує:

- родючість;
- водопроникність і вологоємність;
- повітро- і газопроникність.

За вмістом фізичного піску (%), ґрунти поділяють так:

- глина важка ≤ 10%
- глина легка ≤ 30%
- суглинок важкий ≤ 40%
- суглинок середній ~ 50%
- суглинок легкий ≥ 60%
- супісок ≥ 80%
- пісок ≥ 90%

У ***важких ґрунтах*** (>50% фізичної глини) висока вологоємність і в'язкість, низька водопроникність, вони родючі, але важкі в обробці; ***легкі ґрунти*** збагачені великими часточками, легко прогріваються і обробляються, швидко пропускають вологу, але малородючі через низьку концентрацію гумусу (органічної речовини ґрунту, що утворюється при руйнуванні рослинних і тваринних решток і продуктів їх життєдіяльності, забарвленої в темний колір; складається переважно з гумінових і фульвінових кислот та їх солей).

6.2 Фазовий склад ґрунту

- тверда частина;
- рідка частина (ґрунтовий розчин);
- газоподібна частина – ґрунтове повітря, збагачене порівняно з атмосферним вуглекислим газом, метаном, аміаком, гідрогеносульфуром і збіднене киснем; у верхніх 15-30 см ґрунту склад повітря такий: 78-86% N_2, 11-21% O_2, 0,3-8% CO_2;
- жива частина – сукупність ґрунтових мікроорганізмів і риючих тварин (в 1 га землі перебуває приблизно 10 тонн найрізноманітніших видів живої речовини).

6.3 Хімічні процеси в ґрунті

Усі процеси, що відбуваються в ґрунті, тісно пов'язані між собою. Оптимальною є щільність ґрунту 1 г/см^3; вже при ρ = 1,4 г/см^3 погіршуються умови для росту коріння, газо- і водообміну, існування риючих тварин. Важка техніка, що працює на полях, переущільнює ґрунти, змінюючи не лише їх структурно-механічні властивості, а й хімічні та біологічні процеси, що в них відбуваються. Згідно з кліматичними зонами змінюється швидкість процесів ґрунтоутворення, товщина ґрунтового покриву, його родючість, типи ґрунтів (чорноземи, сірі лісові, каштанові, жовтоземи тощо).

За вмістом гумусу ґрунти поділяють на два типи: чорноземи – 7-10% гумусу та підзолисті ґрунти – до 2-3%. В. Докучаєв називав чорноземи «царем ґрунтів», у Лівобережному лісостепу України, де він складав карти ґрунтів, вміст гумусу становив 10-11%, тоді як сьогодні він удвічі менший.

Гумус містить воду та біогенні елементи, розкладаючись щороку на 20-50% залежно від умов, підвищує вбирну здатність та буферну ємність ґрунту, регулює pH, створюючи оптимальні умови для росту рослин.

Оксид карбону (IV) утворюється в ґрунті під час дихання живих організмів та розкладання органічних решток; частина його виділяється в атмосферу, інша поглинається коренями рослин та використовується в процесі фотосинтезу для створення біомаси; CO_2 збільшує розчинність солей і доступність їх для живлення рослин.

Корені рослин виділяють у ґрунт не лише CO_2, а й численні органічні сполуки, зокрема кислоти, що впливають на pH ґрунтового розчину. Крім того,

корені утворюють комплекс із ґрунтовими мікроорганізмами – бактеріями, грибами, актиноміцетами, яких тут 150-300 млн на 1 г ґрунту – ризосферу.

У ґрунті містяться і хвороботворні мікроорганізми – збудники захворювань: сибірки, газової гангрени, правця, ботулізму; тимчасово живуть у ґрунті збудники кишкових захворювань (черевного тифу, холери, дизентерії), чуми, коклюшу, бруцельозу.

Збудники туберкульозу зберігають життєздатність у ґрунті впродовж 15 міс., дифтерійна паличка – до 2-3 тижнів. Спороутворювальні бактерії у вигляді цист можуть існувати дуже довго, витримуючи висушування, високий тиск і температуру, нестачу поживних речовин. У табл. 6.1 наведено земельний фонд планети.

Таблиця 6.1 – Земельний фонд планети

Земельний фонд	Площа	
	млн. км^2	% загальної площі
Ліси і лісопосадки	40,3	27,0
Природні луки і пасовища	28,5	19,0
Сільськогосподарські угіддя	19,0	13,0
Сухі пустелі, скелі, прибережні піски	18,2	12,1
Льодовики	16,3	11,0
Тундри і лісотундри	7,0	4,7
Полярні та високогірні пустелі	5,0	3,3
Антропогенний бедленд*	4,5	3,0
Болота (поза тундрами)	4,0	2,7
Озера, річки, водосховища	3,2	2,2
Землі промислового і міського призначення	3,0	2,0

* Бедленд – «погані землі» (англ.) – розчленований рельєф, що робить землю непридатною для землеробства

6.4 Причини втрат ґрунтів

Розорювання. На Великих рівнинах США колись жили індіанці, займалися полюванням. Наприкінці XVIII ст. «білі» почали розорювати степи, що давали багаті врожаї впродовж 100 років. Посуха наприкінці XIX ст. знищила всі посіви, 90% фермерів залишили ці землі і повторне їх освоєння почалося після Першої світової війни. Однак сильні вітри, що дули два роки поспіль (1934-1935 рр.), знесли родючий шар ґрунту, перетворивши Великі рівнини на пустелю. Те саме сталося і після освоєння цілини в 50-х роках XX ст. у Казахстані.

Перевипасання спричинює знищення трав'яного покриву, подальшу ерозію, неможливість відновлення родючості внаслідок втрати детриту. В Ісландії вівці перетворили місцевість на кам'янисту пустелю.

Важко повірити, що в пустелі Гобі чотири тисячоліття тому вирощували хліб, а Лівійська пустеля була житницею могутнього Риму. Вирубування лісів і зумовлені нею ерозія та опустелювання призвели до загибелі стародавніх центрів землеробства у Сирії та Пакистані. Як говорить народне прислів'я: «Хто рубає ліси, той сушить місця, гонить від полів хмари і готує собі горя купи».

Найнебезпечніше знищення лісів на рівнинних територіях у вологих тропіках, де понад 90% біогенних елементів рослини отримують з опалого листя, та в районах вічної мерзлоти (порушення температурного режиму, заболочування місцевості).

Зрошення в посушливих місцевостях часто зумовлює вимивання солей з глибин у верхні горизонти ґрунту і засолення внаслідок швидкого випаровування води. Засолення перетворює землі на пустелю (за вмісту в ґрунті 1% солей урожайність більшості сільськогосподарських культур знижується на третину, 2-3% повністю гине). Зрошення забрудненими водами Південнокримського каналу земель на півдні України спричинило їх забруднення важкими металами, пестицидами, нафтопродуктами, радіонуклідами. Нераціональний полив у Криму призвів до заболочення значних територій. Нині у світі засолено близько 30% зрошуваних земель.

Ерозія ґрунтів – це процес руйнування ґрунтового покриву і знесення його часточок потоками води (водна ерозія) або вітром (вітрова ерозія), яка посилюється внаслідок господарської діяльності людини.

Пилові бурі переносять повітряними потоками мільйони тонн родючого ґрунту на сотні і навіть тисячі кілометрів.

Площа еродованих земель внаслідок неправильного ведення землеробства і будівельних робіт у світі досягла 700 млрд. га.

Основними причинами ерозії є руйнування гумусового шару внаслідок розорювання цілинних земель; вирубування лісів; витоптування трав'янистого покриву. Особливо небезпечне знищення рослинного покриву і посилення ерозійних процесів у гористих місцевостях, на територіях, де є схили, яри. Дощі й талі води зносять великі маси ґрунту, а також кар'єрний спосіб видобутку корисних копалин, будівництво споруд, транспортних магістралей, комунікацій тощо.

Підкислення ґрунтів – це зниження їх pH, спричинене забрудненням хімічними сполуками, що мають кислотний характер**.** Кислі ґрунти більш характерні для низинних місцевостей з холодним кліматом і частим затопленням. Основними причинами підкислення ґрунтів, несприятливими для більшості видів сільськогосподарських культур, є:

- винесення з глибоких шарів сульфідів під час видобутку корисних копалин відкритим способом та окиснення їх на поверхні до сульфатів і сульфатної кислоти;

- випадання кислот (H_2SO_3, H_2SO_4, HNO_3, та ін.) з атмосферними опадами;

- вимивання речовин, що мають кислотний характер, із звалищ відходів, шламонакопичувачів.

Заболочування і втрата земель для потреб землеробства також зумовлені господарською діяльністю людини:

- нераціональний полив угідь;
- інфільтрація вод з великих водосховищ;
- затоплення великих територій при будівництві ГЕС.

Санітарний стан ґрунтів контролюють за певною схемою і регламентом. Комплексну гігієнічну діагностику ґрунтів здійснюють на основі експериментально встановлених показників, наведених у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Санітарний стан ґрунтів

№ з/п	Характеристика ґрунтів	Число личинок і лялечок на 25 м^2	Число яєць гельмінтів в 1кг ґрунту	Титр E. Coli	Титр E.Perfrin-gens	Санітарне число Хлєбнікова
1	Чисті	0	0	1,0 і більше	0,1 і більше	0,98 – 1,0
2	Слабкозабруднені	1 - 10	до 10	1,0 – 0,01	0,1 – 0,001	0,85 – 0,98
3	Забруднені	10 - 100	11 - 100	0,01 – 0,001	0,001 і менше	0,70 – 0,85
4	Сильнозабруднені	100 і більше	Понад 100	0,001 і менше	0,0001 і менше	0,001 і менше

Фізико-хімічні дослідження полягають у визначенні відношення вмісту загального азоту до органічного, кислотності, біохімічного споживання кисню, окислюваності, сухого залишку, сульфатів і хлоридів та ін. Ці дослідження стосуються переважно ґрунтових витяжок. Санітарно-ентомологічні дослідження включають підрахунок чисельності синантропних мух у всіх фазах їхнього розвитку (лялечки, личинки, дорослі) в приміщеннях, на відкритому повітрі, в ґрунтах і відходах. Санітарно-гельмінтологічні дослідження мають на меті виявлення яєць гельмінтів, що паразитують в органах людини, у місцях масових скупчень людей. Санітарно-бактеріологічні дослідження передбачають повний, короткий і спеціальний аналізи. При цьому визначають наявність бактерій кишкової групи (колі-титр). Спеціальні аналізи проводять з метою виявлення представників дизентерійної й тифозної груп і збудників деяких інших хвороб.

Проблема санітарної охорони ґрунтів від забруднення відходами господарювання набула надзвичайної гостроти, проте ефективних засобів для її радикального вирішення поки що не знайдено, оскільки до останнього часу утилізації та знищенню відходів приділялося недостатньо уваги. З метою запобігання забрудненню літосфери доцільно здійснювати раціональну переробку природних ресурсів із використанням безвідходних та маловідходних технологій, які повністю виключали б утворення відходів

господарської діяльності. Проте сучасний стан розвитку техніки поки що не дає змоги здійснювати це повною мірою.

Забруднення біосфери, що утворилися природним шляхом або внаслідок антропогенної діяльності, потрапивши в атмосферу, гідросферу чи літосферу, також перебувають у постійній взаємодії: відбуваються певні хімічні перетворення речовин в атмосферній та ґрунтовій воді, окисно-відновні реакції, гідроліз і комплексоутворення, хімічне та бактеріальне вилуговування, сорбція, іонний обмін і багато інших. При взаємодії із земною поверхнею газуваті забруднювачі можуть виводитися з атмосфери. В ґрунт з атмосфери щороку надходить до 3 млн. т оксиду сульфуру (IV), 3,1 млн. т оксидів нітрогену, 8,2 млн. т оксиду карбону (II), 1,75 млн. т органічних сполук, 7 тис. т цинку, 6,5 тис. т свинцю, 80 т кадмію та близько 600 інших забруднювальних речовин. Це призводить до істотних змін середовища існування живих організмів.

Рослинний світ літосфери може поглинати атмосферні гази, як і неорганічні речовини, без подальшої переробки або активно включати їх у процеси метаболізму, створюючи сприятливий градієнт концентрацій для подальшого поглинання. За винятком вуглекислого газу, всі основні гази, що забруднюють повітря, значною мірою беруть участь у метаболізмі рослин. Проте для багатьох рослин спостерігаються порушення процесів життєдіяльності за дуже малих концентрацій забруднювачів. Взагалі рослини зазнають шкідливої дії газуватих забруднювачів у менших концентраціях, ніж тварини (особливо у разі наявності оксидів нітрогену й сульфуру). Винятком є лише оксид карбону (II), який завдає шкоди рослинам у значно більших концентраціях, ніж при дії на тварин.

У результаті хімічної взаємодії забруднювальних речовин відбувається їх трансформація з утворенням нових хімічних сполук – ксенобіотиків, які нерідко бувають набагато токсичнішими, ніж вихідні забруднювачі. Яскравим прикладом таких штучно створених у природі сполук є нітрозаміни – продукти трансформації в ґрунті азотних добрив. Забруднювальні сполуки (зокрема, діоксани) можуть бути канцерогенними, тобто спричинювати ракові захворювання. Ці речовини потрапляють в атмосферне повітря, поверхневі й ґрунтові води та ґрунти, з яких переходять у рослини, а далі через ланцюги живлення – в організми тварин і людей. Накопичуючись в організмах у надмірній кількості, вони спричинюють різні захворювання і навіть смерть.

Характерною особливістю літосфери є те, що забруднення переміщуються в ній природним шляхом значно повільніше, ніж у гідросфері й атмосфері. Тому відбувається концентрування токсичних речовин і подальша міграція їх у різні середовища в процесі біологічного та геохімічного колообігів речовин. Внаслідок інтенсивного надходження ксенобіотиків порушується динамічна рівновага цих природних циклів, які складалися впродовж багатьох мільйонів років. А це врешті може призвести і вже частково призводить до незворотних катастрофічних змін у біосфері Землі.

Для зменшення втрат корисних копалин і охорони надр потрібно проводити повне розвідування родовищ з тим, щоб території, в надрах яких знаходяться родовища корисних копалин, не були забудовані або в їх зоні не

були створені водосховища. Після завершення експлуатації родовищ слід обов'язково виконувати рекультиваційні роботи.

Заощадити мінеральні ресурси можна за рахунок істотного вдосконалення технології видобутку корисних копалин: свердловинне гідродобування й вилуговування, підземні виплавляння сірки та газифікація вугілля тощо. Потрібно застосовувати технології комплексної переробки сировини, вилучаючи всі корисні інгредієнти, а порожню породу використовувати як будівельний або закладний матеріал. Порожні породи з вугільних та інших шахт використовують для будівництва шляхів, гідротехнічних дамб, виробництва будівельних блоків, заповнення відпрацьованих штолень, штреків і кар'єрів. З порід, які раніше складувалися, почали виготовляти щебінь, цемент, скло, силікатну цеглу, вогнетриви й формувальні матеріали. На підприємствах кольорової металургії з руд поряд з основними металами почали додатково вилучати сполуки ще 60 елементів (селен, індій, телур, бісмут, кобальт та ін.).

Суттєво зменшити споживання руд можна за рахунок вилучення корисних речовин із викидних газів, пилу та стічних вод. З цих відходів добувають сірку, ванадій, цинк, свинець, молібден та рідкісні метали.

6.5 Контроль і управління якістю ґрунтів

Ґрунти як об'єкт охорони, контролю та управління якістю мають низку специфічних особливостей порівняно з іншими об'єктами природного середовища. Ґрунти суттєво менш рухомі, ніж атмосферне повітря чи поверхневі води, а тому не мають такого могутнього природного самоочищення, властивого іншим середовищам, як розбавляння. Антропогенні забруднення, що потрапили до ґрунту, накопичуються, а ефекти підсумовуються з одночасним можливим утворенням більш токсичних речовин, ніж вихідні компоненти.

Міграція ксенобіотиків відбувається дуже повільно, що спричинює значне забруднення. При цьому можливий перебіг анаеробних процесів розкладання забруднювачів, пов'язаний з утворенням токсичних розчинів та речовин з неприємним запахом. З метою запобігання такому забрудненню розроблена і методологія гігієнічного нормування екзогенних хімічних речовин (або ксенобіотиків) у ґрунті. Це дало змогу науково обґрунтувати ГДК понад 130 забруднювальних речовин та здійснювати контроль та управління якістю ґрунтів. До переліку цих полютантів входять переважно пестициди, які застосовують для захисту рослин від шкідників і хвороб, та деякі сполуки мінеральних добрив.

Ґрунти безпосередньо не впливають на здоров'я людини, як атмосферне повітря чи вода. Несприятливий вплив ґрунтів виявляється в тому, що шкідливі речовини, які потрапили в ґрунт, надходять у сільськогосподарські рослини і накопичуються в них. Тому на практиці використовують іншу нормативно-допустиму залишкову кількість (ДЗК) полютантів у ґрунтах, харчових і кормових продуктах.

Гігієнічна діагностика ґрунтів охоплює санітарно-топографічне обстеження місцевості, фізико-хімічний аналіз, санітарно-бактеріологічне, вірусологічне, гельмінтологічне, ентомологічне, а за потреби – санітарно-токсикологічне й радіометричне дослідження.

Різні рослини мають неоднакову здатність до накопичення нітратів, а тому ГДК для різних овочів різняться. Так ГДК нітратів за нітрат-іоном становить, мг/кг: у картоплі – 80, капусті білоголовій та моркві – 300, буряках – 140, огірках – 150, помідорах і цибулі – 60.

Для забезпечення санітарної охорони ґрунтів, своєчасного збирання та видалення промислових і побутових відходів, вторинної сировини проводять попереджувальний та поточний санітарний нагляд. Контроль здійснюють за показниками, наведеними у табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Показники якості ґрунтів

Речовина	ГДК у ґрунті, мг/кг	ДЗК у рослинних продуктах, мг/кг продуктах, мг/кг
Прометрин (арборицид)	0,5	0,1-0.25
Хлорамп (арборицид)	0,05	—
Хлорофос (інсектицид)	0,5	1,0
Карбофос (інсектицид)	2,0	1,0-3,0
Бензпірен	0,02	—
Свинець	20,0	—
Хром (VI)	0,05	—
Ртуть	2,1	—
Бензол, толуол	0,3	—
Нітрати	130	—
Сірка	160	—
Гексахлорциклогексан (інсектицид)	1,0	1,0
Гамма-ізомер гексахлорану (інсектицид)	1,0	2,0
Поліхлорпінен (інсектицид)	0,5	Не допускається
Поліхлоркамфен (інсектицид)	0,5	0,1
Мідь	3.0	—
Нікель	4,0	—
Цинк	23.0	—
Манган	1500,0	—
Ванадій	150,0	—
Кобальт	5,0	—
Кадмій	1,0	—
Гідрогенсульфід	0,4	—

6.6 Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення літосфери.
2. Охарактеризуйте склад ґрунту.
3. Поняття про хімічні процеси у ґрунті.
4. Назвіть причини втрат ґрунтів.
5. Що таке ерозія ґрунту?
6. Охарактеризуйте, як здійснюється контроль і управління якістю ґрунтів.

ТЕМА 7. БІОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВІД ПРОМИСЛОВИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Мета: ознайомитися з біологічними методами очищення.

План:

7.1 Пасивний транспорт (перенос).

7.2 Активний транспорт.

7.3 Кількісні аспекти пасивної дифузії.

7.4 Ферментативний розклад речовин забруднювачів.

7.5 Обладнання для здійснення процесу біологічного очищення.

7.6 Біологічний розклад твердих відходів.

Методи очищення з використанням мікроорганізмів є досить перспективними, і на практиці знаходять все ширше застосування для очищення, як стічних вод так і газових викидів від органічних та неорганічних речовин (сірководню, аміаку, нітритів).

Біологічне очищення базується на здатності ***мікроорганізмів*** розкладати різні сполуки, які забруднюють навколишнє середовище, використовуючи їх для живлення в процесі своєї життєдіяльності. Розклад відбувається завдяки дії ***ферментів***, які продукуються мікроорганізмами, під дією цієї ж групи сполук, які містяться в середовищі і спричиняють його забруднення.

Мікроорганізми – це найпростіші одиниці органічного світу (живого), які мають найпростішу клітинну будову. Їх називають до ядерними, оскільки в них немає оформленого ядра і багатьох органоїдів властивих багатоклітинним організмам, але для них характерні всі ознаки живого (живлення, самовідновлення, розмноження шляхом поділу).

Мікроорганізми залежно від здатності синтезувати органічну субстанцію необхідну для побудови свого тіла та розвитку поділяють на ***гетеротрофи та автотрофи***.

Мікроорганізми, які самостійно не здатні синтезувати органічні сполуки (амінокислоти, вуглеводні, вітаміни і т.д.) і потребують їх поступлення зовні – називають ***гетеротрофами.*** Залежно від субстрату, на якому вони розвиваються розрізняють:

- ***сапрофітні форми мікроорганізмів*** – живляться готовими органічними речовинами – це такі, як бактерії гниття, молочнокислі бактерії;

- ***бактерії паразити*** – розвиваються лише в живих клітинах або організмах (гонококи, менінгококи …).

Багато форм мають здатність як до паразитичного так і до сапрофітного способу життя.

Автотрофні мікроорганізми здатні синтезувати органічні речовини із неорганічних. Серед них розрізняють:

- ***фотосинтезуючі бактерії*** – синтезують органічні речовини за рахунок сонячної енергії – ціанобактерії, пурпурні та зелені бактерії;

- ***хемосинтетики*** – бактерії які використовують енергію хімічних реакцій (енергію хімічного зв'язку), що мають місце в клітинах мікроорганізмів

при окисленні сірководню, сірки , аміаку, азотистої кислоти, водню, заліза, марганцю. Синтез хімічних речовин за рахунок хімічної енергії окислення сірки здійснюється – сіркобактеріями, за рахунок хімічної енергії окислення амонію та нітриту – нітрифікуючими бактеріями, за рахунок хімічної енергії окислення заліза – залізобактеріями, за рахунок хімічної енергії окислення водню – водневими бактеріями, за рахунок хімічної енергії окислення метану – метанокисляючими бактеріями;

- ***метилотрофи*** – (синтезують органічні речовини за рахунок хімічної енергії метаболізму вуглецевих сполук, що містять метильну групу, найпростішими з яких є метан).

Для здійснення процесу біологічного очищення найчастіше використовують автотрофи.

Мікроорганізми також поділяють на дві групи залежно від їх здатності розвиватися у присутності кисню. Ті мікрооганізми, для розвитку і життєдіяльності яких необхідний кисень називають ***аеробними.*** Мікроорганізми, які розвиваються без доступу кисню називають ***анаеробними***.

За екологічними групами мікроорганізми поділять на ***термофіли*** і ***мезофіли***, ***галофіли*** і ***галофоби***.

Галофіли – це мікроорганізми, які перебувають у сильно засоленому середовищі до 32 % NaCl.

Галофоби – це мікроорганізми, які не переносять високих значень концентрацій солености і перебувають у прісному середовищі не більше 0,5 %, або при низьких значеннях солености до 5 % NaCl.

Мезофіли – це мікроорганізми, оптимальна температура росту для яких 25-37^{O}C, хоч можуть жити і розвиватися в межах 10-20^{O}C і 40-45^{O}C.

Термофіли – це мікроорганізми, які пристосовані до високих температур перебування, понад 45^{O}C. Відомі бактерії, які розвиваються при 70-110 ^{O}C.

Під поняттям мікроорганізмів слід розуміти бактерії, плісняві та міцеліарні гриби, дріжджі, мікроводорості та інше. Будову клітини мікроорганізму представлено на рис. 7.1 [8].

Як згадувалось вище, речовина забруднювач, або як її також називають екзогенна речовина (шкідлива домішка) зможе зазнати деструктивних змін (нейтралізуватися), як на поверхні мембрани мікроорганізму так і у внутрішньому середовищі клітини мікроорганізму. Це означає, що екзогенна речовина повинна пройти через біологічну мембрану, тобто проникнути у внутрішньоклітинний простір мікроорганізму. (До поверхні клітини мікрооганізмів речовини забруднювачі поступають за рахунок конвективної і молекулярної дифузії).

Розглянемо більш детальніше деякі поняття в області дифузії речовини через клітинну мембрану і звернемо увагу на її фізико-хімічних властивостях, які визначають швидкість процесу проникнення через мембрану та розкладу.

Склад біологічних мембран є досить різноманітним. Хоча основною складовою усіх мембран є ліпіди, головним чином представлені фосфоліпідами.

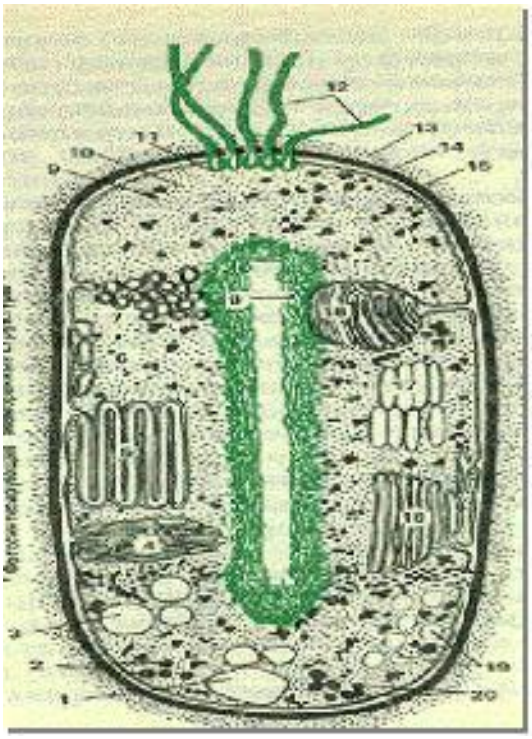


Рисунок 7.1 – Будова мікробної клітини в загальному вигляді [8]: 1 – гранули полі-b-оксімаслянної кислоти; 2 – жирові включення; 3 – краплини сірки; 4, 5 – тілакоїди; 6 – повітряні пухирці; 7 – хроматофори; 8 – нуклеїди; 9 – рибосоми; 10 – цитоплазма; 11 – базальне ядро; 12 – джутики;13 – капсула; 14 – клітинна стінка; 15 – клітинна мембрана; 16 – мезосома; 17 – повітряні вакуулі; 18 – пластичні структури; 19 – вуглеводневі гранули; 20 – хроматин.

У складі мембран присутні і інші речовини, такі як білки, поліцукри, а у мембранах мікроорганізмів **муреїни.** Фосфоліпіди різноманітних мембран мають різний склад; ймовірно, що існує кореляція між їх складом і функцією, яка ними виконується. Загальне уявлення про структуру мембрани ілюструється на рис. 7.2 [8].



Рисунок 7.2 – Модель клітинної мембрани [8]:

 - фосфоліпіди,  - білок

З рисунку видно, що білки розподіляються в мембрані таким чином – інколи вони розміщуються у цілому об'ємі мембрани, деколи розташовуються на її поверхні або тільки частково проникають у мембрану.

Основною перешкодою в процесі транспорту речовини через мембрану є фосфоліпідний подвійний шар. Гіпотеза про цю структурну особливість мембрани була сформульована давно, але лиш в останні роки було достовірно доведено існування в біологічній мембрані фосфоліпідного подвійного шару. Полярні кінці фосфоліпідної молекули напрямлені до водної фази внутрішнього та зовнішнього середовищ, тоді як вуглеводневі радикали жирних кислот створюють гідрофобне середовище в центрі мембрани. Необхідно пам'ятати, що мембрана має рідинно-кристалічну структуру. Це означає, що радикали жирної кислоти в середині мембрани знаходяться в основному в рідкому стані.

Досягнення мембраною такого фізичного стану визначається ступенем насиченості і довжиною ланцюга жирних кислот, а також температурою. Таке оформлення мембрани пояснює життєво важливу роль її в загально клітинному функціонуванні, тобто у здатності регулювати потоки речовин в середину клітини та за її межі. Існує два типи транспортування субстрату через мембрану в клітину мікрооганізму. Це – ***пасивний транспорт,*** зумовлений наявністю градієнтів концентрації; та ***активний транспорт***, зв'язаний з енергетичними затратами. Розглянемо основні із них більш детально [8].

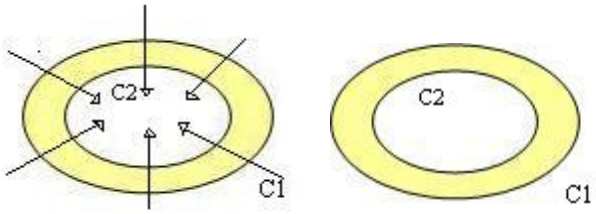
7.1 Пасивний транспорт (перенос)

Пасивна дифузія. За цим механізмом речовини проникають через клітинну мембрану, переміщуючись через її ліпідну фазу відповідно до градієнту концентрації. Мембрани мають пори, які пропускають воду, і деякі водорозчинні речовини здатні дифундувати по цих порах відповідно до градієнту концентрації. Такі пори не можна уявляти, як прості трубки, які розподілені в мембрані. Це досить полярні ділянки мембрани, які сольватовані водою; речовини внаслідок сольватації асоціюються з цими ділянками. Експериментальні спостереження показали, що в мембрані, радіус пор знаходиться в межах 4А. За цим типом транспорту через мембрану переміщуються гідрофільні речовини – вода і низькомолекулярні йони. Великі молекули, не можуть транспортуватися через мембрану за цим механізмом. Пасивний транспорт призводить до встановлення рівноваги концентрацій по обидві сторони мембрани (рис. 7.3) [8].

Таким чином, в результаті пасивного транспорту вільна енергія (енергія Гіббса) системи зменшується і при досягненні рівноваги дорівнює нулю DG=0.

Полегшена (опосередкована) дифузія. Деякі речовини проникають через мембрану, асоціюючись з носієм. З цим процесом пов'язані деякі особливості, внаслідок яких субстрат може накопичуватися в системі до її насичення. За таким механізмом через мембрану проникають необхідні для мікроорганізму метаболіти. Полегшена дифузія здійснюється в напрямку градієнту концентрації без витрати енергії. У випадку, коли носій полегшує

перенесення через мембрану в одному напрямку і одночасно в протилежному без затрати енергії, то такий процес називається **обмінною дифузією**.

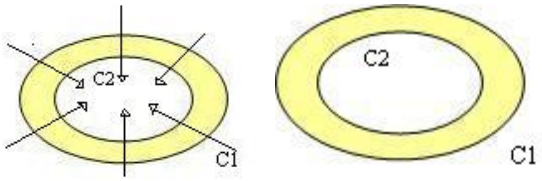


C1>C2 C1=C2

Рисунок 7.3 – Пасивний транспорт [8]

7.2 Активний транспорт

Для транспортування субстрату із, середовища низькою концентрацію в середовище з високою концентрацією, необхідний не тільки носій, а і джерело енергії. Процес активного транспорту незвичайний в тому відношенні, що в середині клітини нагромадження деяких речовин або йонів може відбуватися у напрямку, зворотному до градієнту концентрації. Оскільки в цьому процесі клітина витрачає енергію, транспорт пов'язаний з витратою аденозинтрифосфату (АТФ) – джерела енергії в клітині. Механізм активного транспорту (рис. 7.4) [8] досить специфічний і призводить до надмірного накопичення речовини. DG < 0.



C1<C2 C1 << C2

Рисунок 7.4 – Активний транспорт [8]

Активний транспорт не може проходити самовільно. Для його проходження необхідне поступлення зовнішньої енергії, в результаті чого в системі виконується осмотична або електрична робота. Таким чином, в результаті активного транспорту вільна енергія системи зростає.

Зміна вільної енергії при переході розчину, який містить 1 моль розчиненої речовини (субстрату), із середовища з меншою концентрацією C_1 в середовище із більш високою C_2 визначається із рівняння:

$$DG = RT \ln C_2/C_1.$$

Якщо розчинена речовина має електричний заряд, то рівняння перепишеться:

$$DG = RT \ln C_2/C_1 + zFDy,$$

де z – заряд йона; F – число Фарадея; y – різниця потенціалів по різні сторони мембрани.

Перший член цього рівняння виражає залежність вільної енергії від концентрації, а другий – зміну вільної енергії в результаті зміни електричного заряду або потенціалу. Сума цих двох членів виражає **електрохімічний потенціал системи**.

Ендоцитоз (фагоцитоз або піноцитоз). Ендоцитоз є механічним процесом транспортування позаклітинних частинок чи макромолекул внаслідок вгинання мембрани всередину, утворення вакуолі та в кінцевому результаті – до переміщення всього комплексу в середину клітини. Наступний лізис мембрани звільнює вміст захоплених частинок. Процес транспортування твердих частинок носить назву **фагоцитозу**, рідких частинок – **піноцитоз**. Обернений процес, тобто виведення макромолекул із клітинного середовища носить назву **екзоцитоз**.

Таким чином, проникнення субстрату у внутрішнє середовище клітини можливе за рахунок активного чи пасивного транспорту, явища піноцитозу або фагоцитозу.

7.3 Кількісні аспекти пасивної дифузії

Дифузія речовини, яка виникає при наявності градієнта концентрації, зумовлена тепловою енергією. Це – односторонній, самовільний незворотний кінетичний процес, який в призводить до вирівнювання концентрації в системі і описується законом Фіка.

Нехай, наприклад, концентрація C_1 однієї сторони мембрани залишається постійною, а з другої сторони мембрани проникаюча через неї речовина безперервно і повністю віддаляється, так, що концентрація речовини з цієї сторони дорівнює нулю. В таких умовах градієнт концентрації постійний і стаціонарний потік g дорівнює:

$$g = -D \, grad \, C_1.$$

Якщо концентрація в об'ємі розчину C_1 не залишається постійною, а знижується в міру дифузії речовини через мембрану в клітинний простір, зниження концентрації у середовищі виражається формулою:

$$C_1 = C_0 \exp -kt,$$

де C_0 – початкова концентрація субстрату у середовищі.

Дифузію можна представити як простий кінетичний процес: швидкість переміщення через мембрану = швидкість зменшення концентрації речовини і

розглядати її , як процес першого порядку, в якому $k=D/h$, *де* h – товщина мембрани.

Коефіцієнт дифузії D можна виразити у вигляді функції інших параметрів, зокрема молекулярної маси. Коефіцієнт дифузії обернено пропорційний радіусу молекули; в деяких випадках радіус можна виразити у вигляді функції молекулярної маси, як правило кореня квадратного з молекулярної маси

$$DM^{1/2}=const.$$

7.4 Ферментативний розклад речовин забруднювачів

У внутрішньому середовищі клітини мікроорганізмів безперервно проходять складний процес біохімічних перетворень. У строгій послідовності з великою швидкістю проходять численні біохімічні реакції. Швидкість реакцій і їх послідовність визначається наявністю специфічних ферментів, які виконують роль каталізаторів.

Ферменти – це біологічні каталізатори білкової природи, здатні прискорювати перебіг біохімічної реакції. Ферменти характеризуються високою специфічністю, тобто можуть каталізувати перетворення лише певного субстрату. Вони не руйнуються в процесі біохімічних перетворень, тому порівняно невелика їх кількість каталізує реакції великої кількості речовин. Оскільки всі ферменти є білками, вони мають характерні для цих сполук властивості, тобто коагулюють при високій температурі, чутливі до змін pH середовища та інші.

За хімічною будовою ферменти поділяють на дві групи: **прості (*однокомпонентні) і складні (двокомпонентні)***. До першої групи належать ферменти, до складу яких входять тільки білки, їхня активність зумовлена ***активним центром*** – тобто певною групою амінокислот (уреази, пепсин, трипсин, амілаза, папаїн та інші, які здійснюють переважно реакції гідролізу).

До складних належать ферменти, які складаються із білка і небілкового фрагменту. У цьому випадку білкова частина називається – ***апоферментом*** (носієм ферменту), а небілкова – ***коферментом*** (простетичною або активною групою). В ролі коферментів можуть виступати речовини, як органічного так і неорганічного походження (вітаміни, нуклеотиди, залізо, магній, кобальт, мідь, цинк). Більшість коферментів не можуть синтезуватися клітиною, тому повинні поступати у готовому вигляді.

Функція ферментів полягає у зменшенні енергії активації, тобто зниженні рівня енергії, необхідної для надання реакційної здатності молекулам (рис. 7.5). Зокрема для розриву зв‘язку між атомами азоту та вуглецю необхідно 210 Кдж, в той же час, як для руйнування цього ж зв‘язку у біологічній системі за допомогою ферментів лише 42-50 кДж.

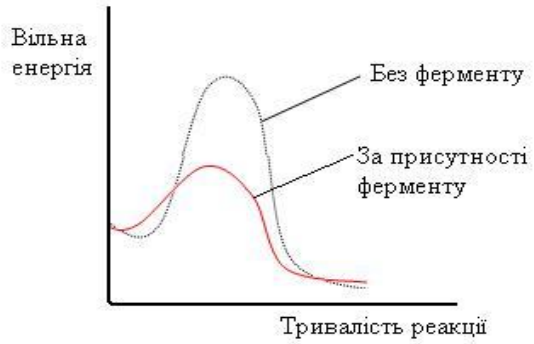


Рисунок 7.5 – Енергетичний профіль ферментативних і неферментативних реакцій [8]

Для назви ферменту традиційно використовують назву каталізованої ним реакції додаючи суфікс – ***аза.*** Наприклад, ***дегідрогеназа*** – це фермент, який каталізує виділення із молекули атому водню, а ***метилтрансфераза*** – це фермент, який трансформує метильну групу. Для класифікації ферментів по типу каталізованих ними реакцій розроблена сучасна номенклатура. Механізм дії ферментів полягає в тому, що останні утворюють з речовиною забруднювачем специфічний ***фермент-субстратний комплекс.*** Приєднання речовини забруднювача до ферменту проходить у зоні каталітичного центру, який і сприяє перебігу реакцій. Внаслідок біохімічної еволюції каталітичний центр набуває такої структури і просторової конфігурації, яка дозволяє йому взаємодіяти лише з певною молекулою субстрату.

7.5 Обладнання для здійснення процесу біологічного очищення

Біологічний розклад речовин забруднювачів є оригінальним за своєю кінетикою, залежний від багатьох факторів, серед яких найважливішими є: концентрація речовин-забруднювачів і кисню у середовищі очищення, його температура і pH, вміст біогенних і мікроелементів (N, P, S, K, Mn, Co, Ni, Zn, Cu), а також важких металів, які виступають інгібіторами біохімічних реакцій. Суттєво впливає на кінетику біологічного розкладу гідродинаміка. Турбулізація середовища очищення сприяє подрібненню активного мулу, збільшенню площі масообміну, а відтак збільшенню швидкості надходження поживних речовин, кисню, підтримання його у завислому стані. Ці процеси проходять у гетерогенних системах, супроводжуються явищами тепломасообміну. У більшості випадків, власне ці явища і визначають конструктивне оформлення промислової апаратури для здійснення процесів біологічного очищення.

Біологічне очищення стічних вод. Процес очищення стічних вод в аеробних умовах може здійснюватись у біофільтрах, аеротенках, окситенках, біореакторах тощо. Ми розглянемо процес очищення стічної води в аеробних умовах у аеротенках, як фрагменту безвідходної технології у великому комплексі біологічного очищення. Аеротенк представляє собою відкриту ємність, обладнану пристроями для примусової аерації. Процес очищення в

аеротенках проходить по мірі протікання через нього аерованої суміші стічної води і активного мулу. Аерація необхідна для насичення води киснем і підтримання мулу у завислому стані. Як правило, аеротенк розділений на дві частини: регенератор (25% від загального об'єму) і власне аеротенк, в якому проходить основний процес біологічного очищення. Температура стічних вод, які надходять на очищення повинна бути в межах від 6 до 30^0 С, а pH – в межах 6,5 – 9.

Після контакту стічної води з активним мулом суспензія надходить у відстійник, в якому проходить розділення твердої і рідкої фази. Більша частина твердої фази повертається в аеротенк, а надлишок передається у накопичувач, звідти є можливість направляти його у біоскрубери для очищення газових викидів або поповнювати запас активної частини у аеротенках. Розчинність кисню у воді – незначна (залежить від температури). Тому для насичення киснем воду подають велику кількість повітря або аерацію здійснюють технічним киснем. В такому випадку процес проводять в закритих апаратах, які називають окситенками (рис. 7.6) [8].

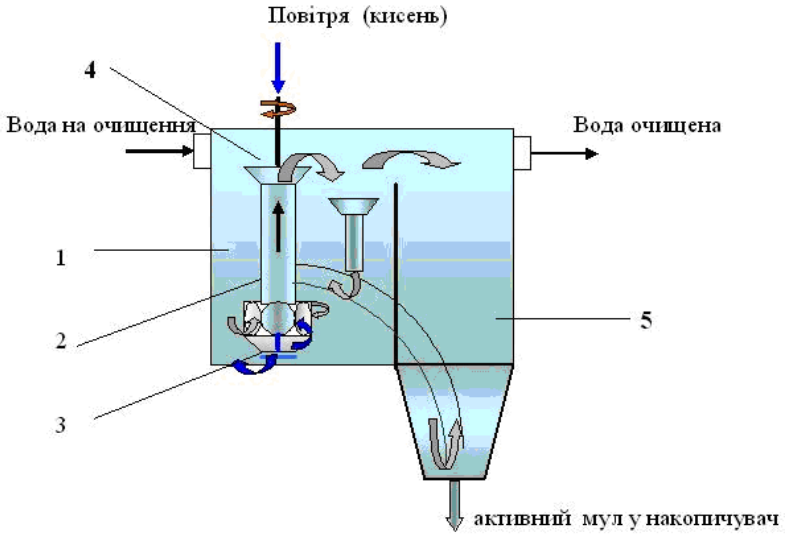


Рисунок 7.6 – Аеротенк-відстійник [8]: 1 – аеротенк; 2 – циркуляційна труба; 3 – механічний аератор; 4 – пневматичний аератор; 5 – регенератор

Активний мул – це складний, штучно створений біоценоз із бактерій, простіших грибів і водоростей, який як правило застосовуються для очищення стічних вод.

Аеротенки класифікують за такими основними ознаками:

- за гідродинамічним режимом – аеротенки витіснення, аеротенки – змішувачі і аеротенки проміжного типу;
- за способом регенерації активного мулу – аеротенки з відділеним регенератором і аеротенки з суміжним регенератором;

1. за кількістю ступенів – одно-, дво-, і багатоступеневі;
2. за режимом підведення стічної води – проточні, напівпроточні, зі змінним робочим рівнем і контактні;

3. за навантаженням на активний мул – високонавантажувані (для неповного очищення), звичайні і низьконавантажувані (з пролонгованою аерацією).

Біологічного очищення газових викидів. На сьогоднішній день в країнах з розвинутою економікою, успішно експлуатуються установки біологічного очищення газових викидів в аеробних умовах. Подібне очищення застосовують і для дезодорації повітря, а також для видалення із повітря домішок аміаку, оксиду сірки, сірководню та похідних, формальдегіду, фенолу, диметиламіну, фурфуролу.

Розрізняють два принципових методи біоочищення в аеробних умовах:

- фільтрація через штучно створений твердий шар, який містить біологічно-активні речовини (ферменти) – це **біофільтри** (рис. 7.7) [8];
- промивання суспензіями, які містять частинки активного мулу – це **біоскрубери** (рис. 7.8, 7.9).

В першому випадку фільтруючим твердим шаром служить штучно створений біошар, а також його суміш з активним мулом до якого додають поживні речовини (азот, фосфор, калій, пивні дріжджі). Фільтруючий біошар повинен задовільняти такі вимоги: наявність необхідної мікрофлори, великий простір для їх розмноження, достатня кількість поживних речовин та вологи, добра сорбційна ємність, незначний гідравлічний опір. Найбільш оптимальним є шар товщиною 0,5-1,0 м і тривалість контакту (затримки) газу 5-30 с. Основні умови оптимального використання фільтруючого шару (біологічного шару):

- рівномірний розподіл газу по всьому об'єму;
- рівномірна вологість (20-50%) та густина;
- підтримання необхідних температур (25-35^{o} С) та pH середовища.

Даний метод успішно реалізується для очищення (дезодорації) вентиляційних газів целюлозних виробництв. Установки для фільтрації газу прості по конструкції, не є дорогі у виготовленні і експлуатації, але навантаження по очищенню не перевищує 10000 м^3/г, та характеризуються значним гідравлічним опором. Цих недоліків вдається уникнути в біореакторах, або як їх ще називають біоскруберами.

Біоскрубери – це циліндрична колона заповнена шаром насадки, яка зрошується суспензією активного мулу і через неї фільтрується забруднене повітря. Така установка може застосовуватися для тонкого очищення вентиляційних газів виробничих приміщень. Як згадувалось вище, з метою розроблення безвідходних технологій, зрошення насадки можна здійснювати стічною водою з активним мулом.

Основні чинники, від яких залежить ефективність біологічного очищення в біоскруберах – це концентрація активного мулу (не більше 5-7 кг/м^3); pH середовища (6,5-8,5); постійна подача чистої води і відведення відпрацьованої суспензії; підживлення середовища поживними речовинами і регулювання приросту активного мулу. Процес очищення подібний до процесів, які проходять в аеротентах, призначених для очищення стічних вод лише з тією

різницею, що на аерацію подається не чисте повітря чи кисень, а газ, який підлягає очищенню.

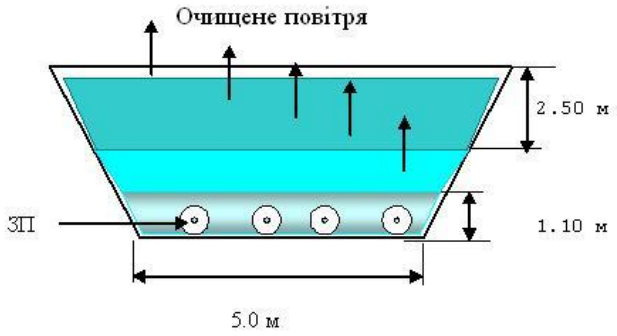


Рисунок 7.7 – Біофільтр [8]: О – перфоровані бетонні труби; – шар шлаку; – шар просіяного торфу; – шар просіяного компосту

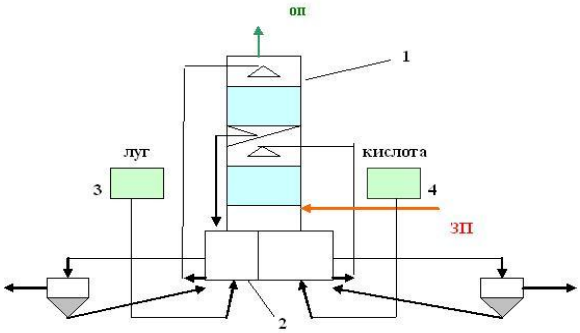


Рисунок 7.8 – Схема двохступеневого біоскруберу: 1 – абсорбер; 2 – ємність поживних речовин; 3 – ємність лужного робочого розчину; 4 – ємність кислого робочого розчину [8]

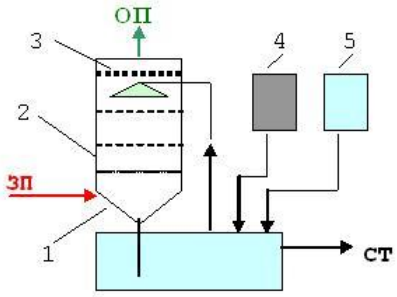


Рисунок 7.9 – Схема установки біологічного очищення газу: 1 – реактор; 2 – абсорбер; 3 – каплевловлювач; 4 – ємність активованого вугілля; 5 – ємність поживних речовин [8]

Процес біологічного очищення в біоскруберах включає такі стадії:

- абсорбція шкідливих включень суспензією активного мулу;
- дифузія шкідливих включень до поверхні клітини мікроорганізму;
- розщеплення шкідливих речовин ферментами на поверхні клітини мікроорганізму, або проникнення останніх у клітину і включення їх у клітинний метаболізм.

Область промислового застосування біоскруберів обмежена тими компонентами газового потоку, які піддаються біохімічному окисненню.

Здатність активного мулу до розщеплення вловлених речовин, встановлюється за співвідношенням повної біохімічної потреби в кисню ($БПК_{повн.}$) до початку процесів нітрифікації і хімічної потреби в кисні (ХПК), яке характеризує окислення речовин до вуглекислого газу і води. При відношенні $БПК_{повн.}/ХПК > 0,5$ речовини піддаються біохімічному окисненню. За інших умов використання даного методу є недоцільним.

Крім того, метод не застосовують в умовах, коли швидкість газу, який підлягає очищенню, через насадку біоскрубера, більша від швидкості біохімічного окиснення, а також при зміні складників, які спричиняють забруднення газу через необхідність адаптації мікрооганізмів до нових складників. Для розділення мікроорганізмів, які можуть працювати у лужному чи кислому середовищах, розроблений двоступеневий біоскрубер очищення газів (рис. 7. 8) [8] .

Гази, які підлягають очищенню, після механічного знепилення у циклоні надходять у двоступеневий абсорбер, перший ступінь, якого зрошується слабо кислою суспензією активного мулу і служить для вловлення основних органічних домішок, а другий ступінь зрошується слабо лужною суспензією активного мулу і служить для вловлення неорганічних домішок. pH середовища регулюється додаванням у суспензію кислоти або лугу.

На обох ступенях поглинач (активний мул) збагачується фосфатом. Для компенсації втрат води на випаровування безперервно додають свіжу воду в кількості 0,2-1,2 $м^3$/год. Активний мул знаходиться в циклі. Частину освітленого розчину безперервно відводять, запобігаючи тим самим накопиченню солей, які пригнічують розмноження та ріст мікрооганізмів. В неробочі періоди активний мул підживлюють конденсатом з вмістом 9000 $мг/м^3$ БПК, при безперервній аерації повітрям.

Ряд цікавих новинок в систему біохімічного очищення газів внесені японськими авторами. По-перше, для стабілізації дії активного мулу і покращення процесу його регенерації до суспензії додають активоване вугілля. По-друге, в установках очищення використовується активний мул із станцій очищення стічних вод тих же промислових підприємств, що робить роботу установок безвідходною.

Схема такої установки зображена на рисунку 7.9 [8]. Повітря, яке підлягає очищенню, проходить через циклон, тоді подається в реактор 1 з барботажним скрубером 2, де проходить тонке очищення суспензією активного мулу, концентрація якого підтримується постійною завдяки внесенню постійної кількості активованого вугілля при зміні активного мулу .

Розроблені установки біологічного очищення газу, які складаються із реактора та рухомої кульової насадки. Біологічне очищення газів може проводитися на типовій апаратурі хімічної технології.

Розрахунок їх проводиться аналогічно до розрахунку апаратури хімічної технології з врахуванням кінетики біохімічних реакцій.

7.6 Біологічний розклад твердих відходів

Анаеробний біорозклад твердої органічної маси – це процес який здійснюється за участю мікроорганізмів. Згідно нинішніх уявлень анаеробний біорозклад проходить через три послідовних етапи. На першому етапі відбувається розкладання високомолекулярних органічних речовин (вуглеводів, жирів, білкових речовин) до низькомолекулярних органічних сполук, або іншими словами проходить гідроліз. На другому етапі за участі бактерій, відбувається подальше розкладання з утворенням органічних кислот, спиртів, а також CO_2,H_2,H_2S і NH_3. Остаточне бактеріальне перетворення органічних речовин у CO_2 і CH_4 здійснюється на третьому етапі процесу, тобто має місце метанове бродіння (рис. 7.10) [5].

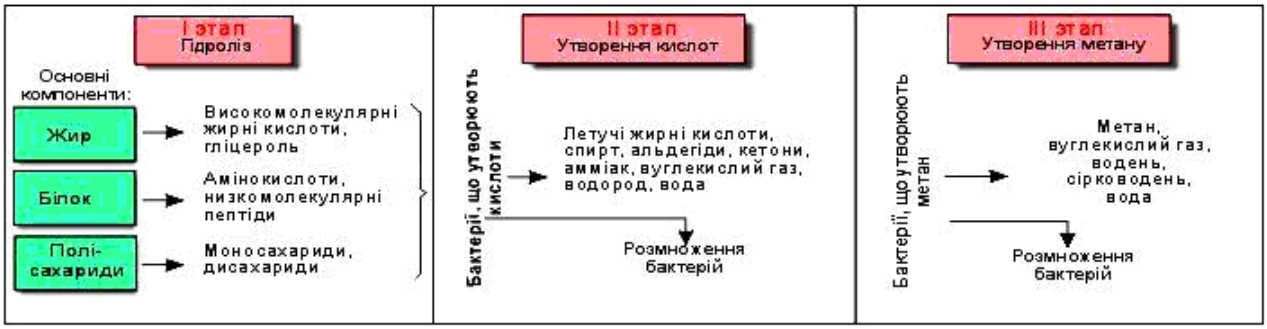


Рисунок 7.10 – Етапи процесу анаеробного біорозкладу [5]

Реакції біологічного розкладу органічної маси протікають одночасно, причому мікрофлора вимагає належних умов існування (температури, лужно-кислотного балансу, повної відсутності кисню, тощо). Сумарне рівняння реакції анаеробного біорозкладу виглядає наступним чином:

$$2C+H_2O®CH_4+CO_2.$$

Весь цей складний комплекс перетворень здійснюється безліччю мікроорганізмів, за деякими оцінками – до тисячі видів. Біогаз, що утворюється в ході біорозкладу (іноді цей процес ще називають метановим бродінням або біометаногенезом) являє собою суміш 50-80% метану, 20-50% вуглекислого газу, до 1% сірководню, незначних кількостей азоту, кисню, водню, аміаку і закису вуглецю.

На сучасному етапі розвитку процесів анаеробного перетворення органічної маси з одержанням біогазу, важливе значення має інтенсифікація

процесу і зниження за рахунок цього експлуатаційних витрат. Для цього методи біоперетворення здійснюють у наступній послідовності:

- двохстадійний процес із механічним і біохімічним підготуванням вихідної маси до біоперетворення шляхом подрібнення довговолокнистих включень і витримування її в мікроаерофільних умовах;
- інтенсивне відведення газоподібних продуктів за допомогою вакуумування, а також використання зворотно-поступального перемішування;
- узгодження об'ємів завантаження органічної речовини і газовиділенням.

В основу розглядуваної технології, закладений принцип двохстадійності. Перша стадія об'єднує два етапи перетворення органічних речовин, а саме гідроліз і утворення кислот. Вихідна біомаса, пройшовши через подрібнювач, подається в мікробіологічний реактор першої стадії, де здійснюється перша стадія процесу – гідроліз високомолекулярних органічних сполук і утворення кислот з накопиченням низькомолекулярних продуктів, доступних для утилізації мікроорганізмами. Підготовлена в такий спосіб маса з реактора першої стадії подається в мікробіологічний реактор другої стадії (третій етап процесу), де в результаті анаеробної ферментації утворюється біогаз. Процес здійснюється цілеспрямовано до ступеня розкладання органічної речовини 25-35%. Маса, що залишається після біологічного перетворення, являє собою багате живильними речовинами органічне добриво, готове до внесення в ґрунт.

7.7 Питання для самоконтролю

1. Поняття про мікроорганізми.
2. Класифікація мікроорганізмів.
3. Охарактеризуйте будову клітинної мембрани.
4. Назвіть види транспорту речовин забруднювачів через клітинні мембрани.
5. Що таке ферменти?
6. Класифікація ферментів.
7. Поняття про кінетику ферментативних реакцій.
8. Дайте визначення константі Міхаеліса –Ментен.
9. Назвіть фази приросту мікроорганізмів.

ТЕМА 8. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ПРАВОВА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ДОВКІЛЛЯ

Мета: ознайомитися з еколого-економічні аспекти раціонального природокористування.

План:

8.1 Оцінка природних ресурсів.
8.2 Платежі за забруднення довкілля.
8.3 Правова система управління екологічною безпекою довкілля.
8.4 Екологічний менеджмент.
8.5 Екологічний аудит, ОВД та СЕО.
8.6 Екологічний маркетинг.
8.7 Екологічна паспортизація підприємств.
8.8 Екологізація виробництва і «зелені» технології.

До недавнього часу, як вже зазначалося, ефективність проектованої технології та доцільність її впровадження у виробництво вирішувалися на основі економічного принципу господарювання. При цьому встановлювали, наскільки зведені витрати на додатково вироблену продукцію в проекті ($З_п$) менші за витрати на ту саму продукцію, вироблену за допомогою інших технологій ($З_і$). Порівнюючи різниці між $З_і$ і $З_п$, вирішували, яка технологія ефективніша. Чим більша ця різниця – $(З_і - З_п) > 0$, тим ефективнішою вважали технологію.

Сучасна оцінка технологій ґрунтується на основі еколого-економічного принципу господарювання, за якого поряд з порівнянням зведених витрат на виробництво тієї чи іншої продукції враховують також величини збитків, заподіяних забрудненням навколишнього природного середовища W, і включенням їх до загальних зведених витрат. У цьому разі порівняльна нерівність має вигляд: $(З_і + W - З_п) > 0$.

З цієї нерівності випливає, що в деяких випадках навіть відносно високовартісний технологічний процес може бути ефективнішим порівняно з процесом, який спричинює значне забруднення довкілля.

Отже, ефективність проектованої технології істотно залежить від величини збитків, заподіяних навколишньому середовищу. Тому технічну досконалість тієї чи іншої технології вирішують шляхом порівняння витрат сировини й енергії, допоміжних матеріалів, капітальних вкладень на здійснення технології з обов'язковим урахуванням природоохоронних витрат на запобігання забрудненню навколишнього природного середовища, а також величини трудових затрат на здійснення цієї технології.

Шкода, заподіяна забрудненням довкілля, може бути ***економічною, соціальною і моральною.***

Економічна шкода – це зменшення врожайності сільськогосподарських культур, біопродуктивності лісів та інших біоценозів, зменшення тривалості експлуатації обладнання внаслідок корозії, руйнування будівель тощо.

Соціальна шкода визначається підвищенням захворюваності населення, втратами рекреаційних ресурсів (лісів, парків, пляжів та інших місць відпочинку).

Під ***моральною шкодою*** розуміють підвищення плинності кадрів та втрату престижності деяких професій внаслідок погіршення санітарно-гігієнічних умов праці й проживання в певному регіоні. Погіршення якості навколишнього середовища може спричинити міграцію населення з цієї місцевості.

Щоб прийняти вірне альтернативне рішення, обґрунтоване з еколого-економічних позицій, потрібно оцінити величину витрат альтернативних технологій, у тому числі існуючі та прогнозовані збитки від шкоди, заподіяної довкіллю внаслідок використання цих технологій. При цьому потрібен певний компроміс як щодо необхідності впровадження певного виробництва, так і зменшення шкоди довкіллю, якої завдає його функціонування. Суспільство однаково зацікавлене як у тому, щоб не завдавати шкоди природі, так і в уникненні зайвих витрат на її збереження. В цьому разі витрати на природоохоронні заходи мають бути такими, щоб забезпечити санітарні норми вмісту забруднювальних речовин у навколишньому природному середовищі.

До природоохоронних затрат входять заходи, що запобігають забрудненню навколишнього природного середовища: очищення газодимових викидів і стічних вод, перероблення й захоронення відходів виробництва, зменшення акустичного впливу та інших фізичних забруднень, створення санітарно-захисних зон тощо. До них також належать витрати на ліквідацію небажаного впливу екологічних змін на людей і майно, а також на ліквідацію наслідків цих змін: медичне обслуговування населення, що захворіло внаслідок забруднення довкілля, додаткові послуги комунально-побутового господарства в зоні забруднення; компенсація зниження рівня випуску продукції через хвороби робітників; компенсація втрат продукції лісових, земельних і водних угідь; компенсація втрат продукції через вплив забруднення на основні фонди; евакуація населення з уражених зон; дезактивація території, приміщень та обладнання в разі радіоактивного забруднення тощо.

Економічним оптимумом якості природного середовища вважають рівень екологічних порушень, який відповідає мінімуму сумарних природоохоронних затрат при забезпеченні встановлених норм забруднювальних речовин у природному середовищі (воді, повітрі, ґрунті). Цей мінімум досягається в тому разі, коли обрана система природоохоронних заходів забезпечує максимум перевищення відвернутих економічних збитків над потрібними природоохоронними витратами. Відвернутий економічний збиток $B_З$ дорівнює різниці між розрахунковими величинами збитку до здійснення природоохоронних заходів $W_{поч}$ і залишкового збитку після здійснення цих заходів $W_{зал}$: $B_З = W_{поч} - W_{зал}$.

Усі природоохоронні заходи поєднують у три групи.

До ***першої групи*** відносять одноцільові заходи, спрямовані на зменшення забруднень навколишнього природного середовища: впровадження

досконаліших технологій газо- і водоочищення, зменшення відходів виробництва та розсіюваних відходів.

До ***другої групи*** належать одноцільові ресурсозберігаючі технології, спрямовані на зменшення витрат сировини, палива та енергії (ресурсозберігаючі технології).

Третю групу складають багатоцільові заходи, що сприяють зменшенню розсіюваних відходів виробництва та ресурсозбереження.

Оцінку економічної ефективності природоохоронних заходів здійснюють на тій самій методичній основі, що й аналіз ефективності нової техніки та капітальних вкладень. Специфічною особливістю розрахунків є необхідність урахування економічного збитку, спричинюваного забрудненням довкілля.

Економічну ефективність впроваджуваних природоохоронних заходів визначають за допомогою показників загального ***екологічного та загального соціально-економічного результатів***.

Загальний екологічний результат полягає в зменшенні антропогенного впливу на довкілля і, таким чином, поліпшення його стану.

Загальний соціально-економічний результат полягає в підвищенні рівня життя населення та ефективності суспільного виробництва. До соціальних результатів належать поліпшення здоров'я населення, збереження природних ландшафтів тощо. Економічним результатом є зменшення витрат природних ресурсів і трудових затрат.

Економічне обґрунтування природоохоронних заходів у проектованому виробництві здійснюють шляхом зіставлення економічних результатів із затратами на їх реалізацію за допомогою показників загальної та порівняльної економічної ефективності природоохоронних затрат і чистого економічного ефекту природоохоронних заходів. Чистий економічний ефект – $E_{еф}$ природоохоронних заходів визначають зіставленням досягнутого завдяки цим заходам економічного результату – P із затратами на них –$З$:

$$E_{еф} = P - З.$$

Економічний результат природоохоронних заходів –P для одноцільових заходів виражають величиною відвернутого ними річного збитку від забруднення середовища –$В_З$:

$$P = В_З.$$

Для багатоцільових середовище захисних заходів:

$$P = В_З + \Delta Д,$$

де $\Delta Д$ – річний приріст додаткового доходу від поліпшення виробничих результатів діяльності підприємства.

Затрати на природоохоронні заходи З визначають за формулою:

$$З = С + Е_н К,$$

де C – річні експлуатаційні затрати на природоохоронному об'єкті;

K – капітальні вкладення на будівництво природоохоронного об'єкта;

$E_н$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень природоохоронного призначення.

Прийнято, що $E_н = 0{,}12$. Тоді:

$$З = C + 0{,}12K.$$

Загальну економічну ефективність природоохоронних затрат (капітальних вкладень у природоохоронні заходи) – $E_к$ визначають діленням річниці між величиною річного обсягу економічного результату – P і величиною експлуатаційних затрат на обслуговування природоохоронних об'єктів –C на величину капітальних вкладень – K:

$$E_K = (P-C)/K.$$

У разі розроблення довгострокових програм охорони довкілля певного регіону виникає потреба в оцінюванні кількох варіантів технічних рішень, які забезпечують заданий рівень якості навколишнього природного середовища. Для цього визначають порівняльну ефективність природоохоронних затрат. Із розглянутих варіантів для впровадження обирають той, що характеризується мінімальними затратами, визначеними за формулами:

$$З = C + E_нK \text{ та } З = C + 0{,}12K.$$

Еколого-економічні засади раціонального природокористування в Україні ґрунтуються на економічних методах управління, в основу яких покладено платежі за ресурси та забруднення природного середовища, надання пільг в оподаткуванні підприємств, надання на пільгових умовах позичок для реалізації проектів раціонального використання природних ресурсів та охорони навколишнього природного середовища. Сюди також відносять звільнення від оподаткування фондів охорони довкілля, передачу деякої частини коштів позабюджетних фондів охорони довкілля на довготривалих договірних умовах суб'єктам господарювання для гарантованого зменшення розсіюваних відходів у навколишнє середовище, на розроблення екологічно безпечних технологій («зелених» технологій), інвестиції на охорону довкілля, створення екологічних фондів тощо.

8.1 Оцінка природних ресурсів

Одним з дієвих засобів впливу на політику природокористування є плата за природні ресурси. Розміри такої плати визначають за допомогою економічної оцінки, в основу якої покладено диференційну ренту. Розрізняють шість видів платежів за ресурси:

1) платежі за право користування природними ресурсами;

2) плата за відтворення та охорону природних ресурсів;

3) рентні платежі за експлуатацію природних ресурсів, що мають певні переваги на ринку;

4) штрафні платежі за понаднормове використання природних ресурсів;

5) компенсаційні платежі за вибуття природних ресурсів із цільового використання або погіршення їхньої якості, спричинені їх використанням;

6) плата підприємств за використання середовища для розміщення відходів виробництва. Нормативи платежів диференціюються залежно від типу ґрунтів, виду сільськогосподарських угідь тощо.

Вартісна оцінка природних ресурсів ґрунтується на їх представленні як елемента національного багатства, що використовується у виробництві, її кількісне визначення ґрунтується на двох показниках: витрати на підготовку та використання та прибуток виробника, одержаний у результаті використання ресурсу. Перший показник $Ц_1$ передбачає, що чим ближче до поверхні землі сировина, тим менші затрати на її видобуток і тим менша її ціна. Другий показник – $Ц_2$ орієнтований на споживчу вартість ресурсу і, отже, дає змогу врахувати якість ресурсу, світові ціни, напрям використання, дефіцитність тощо. Реальна вартісна оцінка ресурсу – $Ц$ знаходиться в інтервалі $Ц_1 < Ц < Ц_2$. Регіональна оцінка ґрунтів враховує вид землекористування, властивості ґрунту, забезпеченість водою, транспортом та енергією. Ресурси лісу оцінюють як витрати на ведення та відновлення лісового господарства. Сума цих витрат залежить від типу лісу й видів деревини. Лісовідновлення передбачає підготовку ділянок, посадку сіянців та догляд за молодим лісом. Тривалість процесу лісовідновлення для хвойних порід становить 80–100, для листяних 20–30 років.

Оцінка води залежить від її дефіцитності. За умов нестачі води її оцінка ґрунтується на принципах рентних платежів. При цьому враховують виграти на підготовку й очищення води та її постачання споживачеві. Вартість води диференціюється за басейнами рік і коливається в широких межах. Атмосферне повітря за відсутності дефіциту поки що залишається безкоштовним.

Найпростіший спосіб оцінки родовищ корисних копалин полягає в підрахунку витрат на видобуток усієї маси копалин. Оцінку родовища можна здійснювати також через диференційну ренту.

8.2 Платежі за забруднення довкілля

До економічних методів управління природокористуванням належать також платежі за екологічні збитки.

Екологічний збиток – це зміна корисності довкілля внаслідок його забруднення. Він оцінюється, як витрати суспільства, пов'язані зі зміною природного середовища, і складається з таких витрат:

- додаткові витрати суспільства у зв'язку зі змінами в навколишньому природному середовищі;

- витрати на повернення довкілля в попередній стан;

- додаткові витрати майбутнього суспільства у зв'язку з безповоротним використанням частини дефіцитних природних ресурсів.

Для оцінки збитків довкіллю використовують такі базові величини, як витрати на зменшення забруднень.

8.3 Правова система управління екологічною безпекою довкілля

Екологічна безпека довкілля забезпечується організаційними, правовими, економічними та соціальними заходами. Основою організаційного управління екологічною безпекою довкілля є надійний правовий механізм, який повинен забезпечити реалізацію науково обґрунтованих принципів охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів та екологічну безпеку людського суспільства зокрема і біосфери загалом.

Основні напрями державної політики в сфері охорони довкілля втілюються за допомогою екологічного права. Правовий механізм повинен надати цим напрямам чіткої цілеспрямованості, формальної визначеності, загально обов'язковості, сприяти регулюванню відносин у галузі екології, застосуванню превентивних, оперативних, стимулювальних і примусових заходів до юридичних та фізичних осіб щодо охорони довкілля, використання природних ресурсів та їх відходів, екологічної безпеки та юридичної відповідальності за порушення екологічного законодавства.

Вивчення, аналіз та узагальнення практики застосування законодавства про охорону навколишнього природного середовища здійснюються у двох напрямах:

1) складання і затвердження екологічних нормативів природокористування (стосовно надр, ґрунтів, води, повітря, рослинного і тваринного світу тощо);

2) складання і затвердження комплексу еколого-економічних показників державного контролю за станом довкілля та діяльністю господарчих структур.

Суспільні відносини між людиною та природою в державі регулюються Конституцією, законами, урядовими підзаконними актами, відомчими нормативними актами та нормативними актами місцевих органів влади. Основним базовим законом є Конституція України, прийнята в 1996 р., відповідно до якої розробляються правові основи державної політики України у сфері охорони довкілля та забезпечення екологічної безпеки людини. У статті 16 визначено, що забезпечення екологічної безпеки, підтримання екологічної рівноваги на території держави та збереження генофонду українського народу є обов'язком держави. При цьому кожному громадянину гарантується право вільного доступу до інформації про стан довкілля (ст. 50) і кожен зобов'язаний не завдавати шкоди природі та відшкодовувати заподіяні ним збитки (ст. 66).

Для втілення вищезазначених конституційних законів у практичну діяльність Верховна Рада України розробляє закони, які впроваджує в життя Кабінет Міністрів, приймаючи відповідні законодавчі правові акти. За допомогою міністерств і відомств, підпорядкованих Кабінету Міністрів,

здійснюється контроль за суворим дотриманням виконання законів екологічного законодавства.

Згідно з Державною програмою охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки, першочергово передбачається розробити і впровадити економічний механізм охорони довкілля та раціонального природокористування, створити системи досконалого контролю за екологічним станом довкілля з одночасним запровадженням елементів комплексного екологічного моніторингу, розробити нормативну базу оцінки впливу шкідливих факторів на здоров'я людей, екологічний кадастр природних ресурсів та класифікувати виробничі підприємства за ступенем їх безпеки. Розробляються і впроваджуються також програми екологічної освіти, виховання та інформування. В результаті здійснення цих першочергових заходів приймаються основні законодавчо-правові акти, а також з'являється можливість достовірно оцінити екологічний стан держави.

Для втілення основних напрямів державної політики охорони довкілля в повсякденне життя людського суспільства прийнято такі закони та акти: «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про тваринний світ», «Про природно-заповідний фонд», «Про охорону атмосферного повітря», «Лісовий кодекс України», «Водний кодекс України», «Земельний кодекс України», «Кодекс України про надра» та ін.

Систематизація екологічного законодавства здійснюється у формі кодифікації та інкорпорації з визначенням першочергових та перспективних законодавчих і підзаконних актів. ***Кодифікація першочергових актів*** екологічного законодавства охоплює:

- прийняття нових законодавчих актів (законів України про зони надзвичайних екологічних ситуацій, екологічне страхування, рибне господарство, про рослинний світ та положення про Зелену книгу, екологічну безпеку, радіаційну безпеку та радіаційний захист, цивільно-правову відповідальність за ядерні збитки, ядерний експорт та імпорт, безпечне транспортування радіоактивних речовин, дозволену діяльність під час використання джерел іонізуючих випромінювань, фізичний захист ядерних матеріалів та ядерних установок і радіоактивних відходів, виробництво і використання уранових руд та ін.);

- внесення змін і доповнень до раніше прийнятих природоохоронних законів щодо атмосферного повітря, земельних і водних ресурсів, рослинного й тваринного світу та раціонального використання інших природних ресурсів;

- підготовку проектів законів України про рекреаційні, курортні, лікувально-оздоровчі зони і зони з особливими умовами природокористування. Передбачається також підготовка проектів підзаконних актів, які затверджує Кабінет Міністрів України (Правила відшкодування збитків, завданих порушеннями екологічного законодавства. Положення про екологічний контроль, Положення про екологічну паспортизацію підприємств, Положення про екологічний аудит, Положення про екологічне ліцензування та ін.).

Кодифікація перспективних актів екологічного законодавства передбачає:

- прийняття кодифікованого акту у формі Екологічного кодексу України, законів України про континентальний шельф, про екологічну освіту та інформацію;

- розроблення підзаконних актів, які затверджує Кабінет Міністрів України (Положення про сертифікацію екологічно небезпечної продукції; Порядок встановлення лімітів викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, рівнів шкідливого біологічного та фізичного впливу; Порядок і нормативи плати за спеціальне використання лісових ресурсів та користування земельними ділянками лісового фонду; Порядок економічного стимулювання охорони, раціонального використання та відновлення лісів; Порядок ведення державного обліку лісів та державного лісового кадастру; Порядок ведення рибного господарства і здійснення рибальства; Порядок встановлення нормативів плати за спеціальне використання об'єктів тваринного світу та ін.);

- розроблення підзаконних актів Мінекоресурсів (Правила вилучення об'єктів тваринного світу в наукових, культурно-освітніх, виховних та естетичних цілях із природного середовища; Правила використання тварин з метою одержання продуктів їх життєдіяльності; Правила утримання, розведення, використання та охорони диких тварин у неволі; Правила добування рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тварин для розведення у спеціально створених умовах та науково-дослідних цілях; Правила ввезення в Україну і вивезення за її межі об'єктів тваринного світу; Правила вилучення і реалізації незаконно добутих диких тварин; Правила відшкодування збитків, завданих порушеннями законодавства про охорону навколишнього природного середовища, інших актів відповідно до законодавства України).

Кодифікація комплексних нормативно-правових актів включає:

- розроблення нових підзаконних актів (Торговельний кодекс України; Кодекс України про адміністративні правопорушення, розділ «Адміністративна відповідальність за екологічні правопорушення»;

- Кримінальний кодекс України, розділ «Екологічні злочини»; Цивільний кодекс України);

- Внесення змін і доповнень до чинних актів законодавства, визначають статус центральних та місцевих органів влади в галузі охорони довкілля і використання природних ресурсів, а також законодавчих актів про розмежування функцій спеціально уповноважених органів державного контролю в галузі охорони довкілля, природокористування і забезпечення екологічної безпеки.

8.4 Екологічний менеджмент

Система екологічного менеджменту в країні визначається, формується і регламентується Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», прийнятого в 1991 р. Згідно з цим законом, метою державного

управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища і раціонального використання природних ресурсів, досягнення узгодженості державних і громадських органів у галузі охорони довкілля. Отже, державний екоменеджмент включає чотири основні функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення проведення природоохоронних заходів;
- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Для здійснення природоохоронного законодавства і контролю за екологічною безпекою створено відповідну організаційну інфраструктуру, до якої входять органи екологічної експертизи та екологічної інспекції. Екологічний аудит покликаний забезпечити проведення ефективних природоохоронних заходів та досягнення узгодженості дій державних і громадських органів. Екологічна освіта і виховання та екологічний інжиніринг мають сприяти ефективному забезпеченню проведення природоохоронних заходів на всіх рівнях державного управління в галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій екоменеджменту: реструктуризація виробництва, приватизація, створення конкурентного середовища і ринкового ціноутворення, програмно-цільового розподілу фінансів, корпоратизації, децентралізації та гнучкого нормування і оподаткування. Це функції змішаного екологічного менеджменту, в якому на макрорівні діє державна управлінська інфраструктура, а на мікрорівні – ринкова.

На рівні підприємства до загальних функцій управління належать:

- формування екологічної політики;
- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення програми екологічного управління та механізму її реалізації;
- реалізація програми екологічного управління в узгодженні з елементами загальної системи управління;
- формування екологічної свідомості та мотивування;
- обмін інформацією та звітування;
- ведення документації екологічного менеджменту;
- оперативне управління;
- здійснення моніторингу;
- аналіз та вдосконалення.

Виконання системоутворювальних функцій екологічної політики, визначення екологічних цілей і завдань, розроблення та реалізація екологічної програми здійснюються за допомогою екологічного аудиту та екологічного маркетингу.

8.5 Екологічний аудит, ОВД та СЕО

Незалежна й об'єктивна екологічна експертиза слугує ефективним механізмом держави і суспільства створення нормальних умов для функціонування екосистем і біосфери загалом та гарантує їх екологічну безпеку.

У сучасному екологічному управлінні України важливу роль відіграють три інструменти: екологічний аудит, оцінка впливу на довкілля (ОВД) та стратегічна екологічна оцінка (СЕО). Вони забезпечують екологічну безпеку, попереджують негативний вплив господарської діяльності та сприяють сталому розвитку територій.

Оцінка впливу на довкілля (ОВД)

ОВД – це обов'язкова процедура, яка здійснюється перед початком планованої діяльності, що може спричинити значний вплив на довкілля. Вона передбачає:

1. аналіз можливих екологічних наслідків;
2. підготовку звіту з ОВД;
3. проведення громадських обговорень;
4. надання мотивованого висновку уповноваженого органу Міндовкілля.

ОВД замінила державну екологічну експертизу згідно з Законом України «Про оцінку впливу на довкілля» (2017 р.). На відміну від попередньої системи, вона є прозорішою, більш орієнтованою на участь громадськості та узгоджена з європейською Директивою 2011/92/ЄС.

Стратегічна екологічна оцінка (СЕО)

СЕО застосовується на рівні планування документів державної політики: генпланів, детальних планів територій, державних і місцевих програм, схем розвитку галузей.

Основні завдання СЕО:

1. оцінити довгостроковий вплив плану чи програми на довкілля та здоров'я населення;
2. інтегрувати екологічні вимоги у процес стратегічного планування;
3. врахувати думку громадськості.

СЕО регулюється Законом України «Про стратегічну екологічну оцінку» (2018 р.) та відповідає європейській Директиві 2001/42/ЄС.

Екологічний аудит

Екологічний аудит – це незалежне екологічне обстеження підприємства, яке проводять з метою оцінки його відповідності вимогам природоохоронного законодавства та міжнародних стандартів.

Екоаудит охоплює:

1. стан виробничих процесів і території підприємства;
2. дотримання лімітів, нормативів та екологічних стандартів;
3. ефективність природоохоронних заходів;
4. ризики для довкілля.

Основні принципи екологічного аудиту: незалежність, об’єктивність, компетентність, конфіденційність, системність та відповідність міжнародним стандартам екоменеджменту.

Екоаудит проводять:

1. при приватизації державних підприємств;
2. у процесі екологічного страхування;
3. при отриманні знаку екологічного маркування («зелена мітка»);
4. при розробці природоохоронних програм;
5. за ініціативою керівництва підприємства як інструмент самоконтролю.

Типи екологічного аудиту

1. Екологічна експрес-оцінка інвестиційних ризиків.
2. Оцінка екологічного стану території або ділянки.
3. Аудит продукції (екологічне маркування).
4. Технічний аудит виробничих процесів.
5. Аудит системи екологічного менеджменту (ISO 14001).

Переваги екоаудиту для підприємства

Екологічний аудит сприяє:

1. зменшенню кількості відходів та витрат на їх видалення;
2. економії сировини, води та енергії;
3. підвищенню ефективності виробництва;
4. поліпшенню екологічної репутації підприємства;
5. розширенню ринків збуту для екологічно орієнтованих споживачів.

8.6 Екологічний маркетинг

Завданням екологічного маркетингу є визначення потреби в екологічно безпечній та іншій продукції, а також інтенсифікації умов її збуту за мінімальних впливів під час її виготовлення та споживання на навколишнє природне середовище, які порушують нормальне функціонування природних екосистем зокрема та біосфери загалом. Отже, *екологічний маркетинг* – це управлінська функціональна діяльність у складі загальної системи менеджменту підприємства, спрямована на визначення, прогнозування та задоволення споживчих потреб таким чином, щоб не порушувати екологічної рівноваги навколишнього природного середовища і не впливати на стан здоров'я суспільства.

До основних функцій екологічного маркетингу у виробничій сфері належать:

1) вивчення попиту на екологічно безпечну продукцію, екологічне ціноутворення;

2) планування екологічно безпечного асортименту, збуту і торговельних операцій;

3) планування «зеленої» модернізації виробництва; вивчення пропозицій на більш досконалі й нові очисні технології на основі висновків екологічних аудитів;

4) здійснення діяльності, що пов'язана зі збереженням та вибором екологічно безпечного товаропересування;

5) організація екологічно безпечного обслуговування споживачів.

У сфері природокористування маркетингові функції включають:

1) освоєння природних ресурсів;

2) встановлення платежів і цін на товари та послуги екологічного призначення для отримання прибутку суб'єктами природокористування;

3) розвиток всебічних форм торгівлі товарами та послугами екологічного призначення;

4) поділ ринків збуту товарів і послуг екологічного призначення відповідно до природно-географічних територій, регіонів та окремих зон;

5) залучення до екологічного ринку іноземних інвесторів;

6) освоєння природних ресурсів і створення на їх основі конкурентоспроможної на світовому ринку продукції екологічного призначення;

7) мобілізацію механізмів трансформації екологічних потреб потенційних покупців на екологічному ринку в ефективний попит на товари і послуги екологічного призначення.

Виконання перелічених функцій здійснюється шляхом:

- дослідження реальних і потенційних потреб споживачів природних ресурсів, товарів і послуг екологічного призначення;

- дослідження ринку та його можливостей, прогнозування ринкового попиту та ємності ринку в сфері природокористування та охорони навколишнього природного середовища;

- розроблення стратегії екологічного маркетингу природокористування та відповідних екологічних програм і заходів;

- маркетингове планування реалізації програмних заходів.

8.7 Екологічна паспортизація підприємств

Екологічна паспортизація підприємств та інших господарських об'єктів є одним із найефективніших перспективних заходів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проєктно-технологічної документації. Поряд із технологічним регламентом він повинен бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведено дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, площа, яку займає, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газодимових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія перероблення або складування), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних

умовах, небезпечні матеріали (в тому числі й радіоактивні), відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю. Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (величина зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газодимових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного стану на підприємстві та навколишнього природного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються кращими природоохоронними заходами. Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання сировини й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газодимових викидів та перероблення відходів виробництва. Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, визначити ступінь вилучення основних компонентів із сировини, ефективність використання палива та енергії, вилучення площі земельних ресурсів та площі земель, які можуть бути рекультивовані.

Екологічні паспорти розробляються також для рідкісних видів рослин і тварин. До них заносять дані про ареал виду, чисельність, місця перебування, структуру популяцій, особливості розмноження, трофічні зв'язки, наявність шкідників та ворогів, вразливість до різних антропогенних

8.8 Екологізація виробництва і «зелені» технології

З метою подолання екологічної кризи в країні потрібно здійснити екологізацію виробництва. ***Екологізація виробництва*** – це поступове розширення дії екологічних пріоритетів у виробничій діяльності, підвищення екологічної освіченості й свідомості управлінського персоналу, поступове проникнення екологічних нововведень у виробництво, екологічна модернізація виробництва.

Екологізація виробництва може здійснюватися різними шляхами: впровадженням раціонального природокористування (заощадження природних ресурсів, економія витрат сировини, палива, енергії тощо) та проникненням екологічних нововведень у промисловість (виробництво продукції тривалого і багаторазового використання, споживання відновних природних ресурсів замість невідновних, комплексне перероблення сировини та утилізація відходів виробництва і споживання, мінімізація розсіюваних і невідновних відходів, використання нетрадиційних джерел енергії тощо).

Одним із основних шляхів екологізації промисловості є вдосконалення і модернізація технології виробництва, в тому числі уловлювання викидів, комплексне перероблення стічних вод і відходів та використання продуктів перероблення як вторинної сировини, тобто перетворення забруднювальних

речовин на корисні продукти. Другий напрям екологізації виробництва полягає в очищенні викидів і стоків від забруднення і третій – це виробництво обладнання та устаткування для здійснення екологічно безпечних («зелених») технологій. Очікують, що останній напрям, пов'язаний з виробництвом устаткування для «зелених» технологій, набуватиме дедалі більших масштабів у промисловості розвинених країн.

8.9 Питання для самоконтролю

1. Від яких чинників залежить ефективність проектування технологій?
2. Як поділяються шкода, заподіяна забрудненням довкілля?
3. Види платежів за природні ресурси.
4. Що таке екологічний збиток?
5. Охарактеризуйте екологічний менеджмент?
6. Що таке екологічний маркетинг?

ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ІСТОРИЧНИХ ЕТАПІВ ВЗАЄМОДІЇ СУСПІЛЬСТВА І ПРИРОДИ

Мета заняття: визначити ступінь взаємодії людей та природи на різних етапах еволюції.

План:

1.1 Теоретичні відомості.

1.2 Завдання до практичної роботи.

1.1 Теоретичні відомості

Етапи становлення взаємовідносин між суспільством та природою:

I. Період мисливсько-збиральницької культури (від палеоліту (2 млн. 25-30 тис. років тому) до неоліту (8-4 тис. років тому)). Це період накопичення знань про природу, пристосування людини до природи. У всіх регіонах розселення людей відбувається винищення великих тварин (перша глобальна екологічна криза).

II. Період аграрної культури (від рабовласницького періоду до феодалізму). Людство завдало шкоди природі у зв'язку з розвитком хімії та одержанням перших кислот, пилу. Це період активного використання людиною природних ресурсів, взаємодії з природою. Глобальний тиск на природу був загалом ще незначним і локальним (зміна складу флори і фауни на території Близького Сходу, Північної та Центральної Африки).

III. Період індустріального суспільства (XVIII ст. – перша половина XX ст.). Характеризується бурхливим розвитком фізики, техніки, атомної енергії, стрімким зростанням населення. Це період страшних за наслідками воєн, хижацької експлуатації природних ресурсів, локальних і регіональних екологічних криз.

IV. Постіндустріальна епоха (останні 40-50 років). Розпочинається друга глобальна екологічна криза: виникнення процесу парникового ефекту, поява озонової діри та кислотних дощів, суперіндустріалізація, суперхімізація, суперспоживання і суперзабруднення всіх сфер.

1.2 Завдання до практичного заняття

1. Ознайомтесь з теоретичним матеріалом.

2. Оцініть характер впливу людини на природу в різні історичні періоди за шкалою від 1 до 10.

3. Схарактеризуйте етапи взаємодії суспільства і природи. Заповніть табл. 1.1.

4. Побудуйте діаграму, що ілюструє характер впливу на природу.

5. Зробіть висновок.

Таблиця 1.1 – Аналіз особливостей взаємодії суспільства і природи на різних історичних етапах

Назва періоду	Тривалість періоду	Знаряддя праці	Вплив на природу	Кількість балів

Запитання для самоконтролю

1. У чому полягали особливості взаємодії людини та природи в період мисливсько-збиральницьких культур?
2. Чому саме аграрний період вважається початком цілеспрямованої зміни природного середовища людиною?
3. Які науково-технічні відкриття визначили характер впливу на природу в індустріальну епоху?
4. Чому період індустріального суспільства вважають початком масштабних екологічних криз?
5. Які основні ознаки постіндустріальної епохи вплинули на виникнення другої глобальної екологічної кризи?
6. У чому полягає принципова відмінність взаємодії суспільства і природи в постіндустріальну епоху порівняно з попередніми періодами?
7. Чому винищення великих тварин у давні часи розглядають як першу глобальну екологічну кризу?
8. Яку роль відіграв розвиток хімії у зміні природного середовища в аграрний період?
9. Які чинники зумовили зростання антропогенного навантаження в індустріальний період?
10. Які сучасні екологічні прояви (парниковий ефект, озонові діри, кислотні дощі) є наслідком постіндустріальної діяльності людини?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2. БІОТИЧНІ І АНТРОПОГЕННІ ЧИННИКИ СЕРЕДОВИЩА

Мета: вивчення наступних понять: біотичне середовище, зоогенні і фітогенні чинники. Антропогенний чинник, основні форми впливу людини на організми.

План:

2.1 Теоретичні відомості

2.2 Завдання до практичної роботи

2.1 Теоретичні відомості

У природному середовищі на кожний день організм або групу організмів діють не тільки абіотичні чинники, але й живі істоти, які є невід'ємною частиною середовища проживання і відносяться до категорії біотичних чинників, їх дія на організми може бути як прямою (харчування тварин, опилення комахами, паразитування одних організмів та інших), так і непрямою (зміна абіотичних чинників середовища). Представники кожного виду здатні існувати у такому біотичному оточенні, де зв'язки з іншими організмами забезпечують їх нормальні умови життя. Основною формою цих зв'язків є трофічні (харчові) взаємовідносини, на базі яких формуються складні ланки і ланцюги харчування. Крім харчових і у групованих рослин і тварин виникають просторові зв'язки. Все це є базою формування біотичних комплексів, у яких різноманітні види об'єднуються не в будь-якому поєднанні, а тільки при умові пристосування до спільного проживання.

Біотичні чинники, які впливають на рослинні організми як первинні продуценти органічної речовини, класифікують на зоогенні і фітогенні.

Зоогенні чинники. Безпосередньою і відчутною формою впливу представників тваринного світу на рослини є споживання рослинної маси для харчування (фітофагія). Практично всі класи тварин мають представників, які відносяться до типових фітофагів. Серед фітофагів виділяються: великі тварини − лосі, олені, косулі, кабани; дрібні звірі − зайці, білки, мишевидні гризуни;різноманітні птахи; багаточисельні представники комах, шкідників тощо.

За характером споживання рослинної маси у харчування фітофаги поділяються на монофагів, олігофагів і поліфагів. Монофаги − рослиноїдні тварини, які харчуються лише певними рослинами (колорадський жук, тутовий шовкопряд і ін.). Олігофаги споживають для харчування групу близьких видів рослин (горіхотворки галові, пильщики, попелиця та ін.). Поліфаги з'їдають рослинну масу багатьох видів (копитні, мишеподібні гризуни, гриби-паразити та ін.).

Фітогенні чинники. Рослини, які переважно входять у склад рослинних угруповань, відчувають вплив сусідніх рослин і при цьому впливають на них. Форми взаємовідносин досить різноманітні і залежать від способу і ступеня контактів рослинних організмів, різноманітних чинників. Нижче перераховані

основні взаємовідносини між видами (згідно класифікації В. Сукачова і М. Диліса).

Взаємодія організмів (рослинних і тваринних) може бути корисною або, навпаки, шкідливою, залежно від того, стимулюється чи обмежується життєдіяльність кожного з них. Власне саморегулюються процеси, в основі яких лежать взаємодія організмів є, як правило, відповідальними за стан динамічної рівноваги з зовнішнім середовищем. Розглянемо форми біотичних відносин.

Форми біотичних відносин

Конкуренція – такий тип міжвидових і внутрішньовидових взаємовідносин, за якого популяція або особини у боротьбі за харчування, місце проживання і інші необхідні для життя умови, діють один на другого від'ємно. Виділяють внутрішньовидову, міжвидову, пряму і непряму конкуренцію.

Хижацтво – відносини між хижаком і жертвою. Хижаки – це тварини або рослини, які ловлять і поїдають один одного як об'єкт харчування. По суті, хижаки є консументи всіх порядків як травоїдні, та й ті, котрі споживають тваринну їжу.

Паразитизм – форма біотичних зв'язків організмів різних видів, за яких один живе за рахунок іншого, знаходячись у середині або на поверхні його тіла.

При цьому організм-споживач використовує живого господаря не тільки як джерело харчування, але як і місце постійного або тимчасового проживання. До них належать паразитичні комахи (оводи, кліщі, комарі), паразитичні рослини, паразитичні черв'яки (аскариди).

Аменсалізм – форма біологічної взаємодії двох видів, за якою один з них чинить шкоду іншим і не отримує при цьому відчутної користі для себе. (Деревні рослини і трав'яниста рослинність під їх кронами).

Симбіоз (мутуалізм) – представляє собою тривале, нероздільне і взаємовигідне співжиття двох або більше видів організмів (мікориза деяких грибів і коренів дерев).

Коменсалізм – тип біотичних взаємовідносин між двома видами коменсалами, коли діяльність одного з них постачає харчування або притулок (коменсалу). (Рибка-прилипайло пересувається на великі відстані прилипаючи до акул).

Алелопатія (антибіоз) – хімічний взаємовплив одних видів рослин на інші за допомогою продуктів метаболізму (ефірних масел, фітонцидів). Сюди можна віднести «цвітіння» води за участю синьо-зелених водоростей, явище «червоного моря» виділення гігантськими скупченнями мікроорганізмів, токсичних речовин, які викликають загибель риби.

Антропогенні чинники

Всі чинники в природі впливають на організм одночасно. Така сукупність чинників називається їх констеляцією.

Антропогенні чинники з часу свого виникнення у біосфері значно поступаються природним чинникам. Проте, вони вже давно мають глибокий вплив на живу природу і середовище проживання.

Екологічна роль людини зросла з розвитком її трудової діяльності. Вона стала потужним і досить різноманітним чинником, який діє на рослини і тварини, середовище проживання.

За А. Шенниковим, основні типи впливу людини на рослинність – це прямий вплив (у тому числі, який зв'язаний з трудовою діяльністю): збір рослин, витоптування, скошування і ін. і непрямої зміни природи людиною. Вона здійснюється через зміну середовища проживання.

Наприклад, найбільш значним і масштабним є хімічне забруднення середовища невластивими йому речовинами хімічної природи. Серед них газоподібні і аерозольні забруднювачі промислово-побутового походження. Прогресує нагромадження вуглекислого газу в атмосфері. Продовжується забруднення світового океану нафтою і нафтопродуктами. Безпосередній вплив людини на організми привів до зникнення з лиця Землі багатьох видів рослин і тварин. Серед тварин: дикий бик-тур, дикий кінь-тарпан, стелленова корова, безкрила гагарка, стеллерів баклан, багато видів антилоп, тасманійський сумчастий вовк і ряд інших.

Опосередкований вплив людини проявляється у зміні середовища існування рослин і тварин за рахунок винищення або різної зміни тих угруповань, в яких ці рослини чи тварини існують. Так, вирубка лісу докорінно змінює можливості існування тінелюбних рослин нижніх ярусів. Заодно зникає ряд видів птахів, пов'язаних з кронами дерев, які були місцями гніздування і добування їжі.

В умовах зміненого навколишнього середовища розширюються ареали розселення по земній кулі так званих синантропних видів приурочених до людських поселень. В результаті склад флори і фауни даних регіонів стає більш одноманітним.

Приклади біотичних чинників.

Кожна рослина виділяє у довкілля – через листя, коріння, квіти – складну суміш найрізноманітніших сполук. Для деяких рослин-сусідів ці сполуки є ворожими, оскільки гальмують ріст і розвиток рослин. Наприклад, капуста, редька або кущі лавру пригнічують ріст виноградної лози, а деякі сорти винограду навіть гинуть; липа – гальмує ріст бузини та білої акації; насіння фіалки в суміші з житом взагалі не проростає. Рідко які рослини здатні вижити поруч з полином, який виділяє ефірну олію, котра сильно діє на рослини-сусіди. Пригнічує ріст сусідніх рослин хімічна «газова атака» з листя волоського горіха. Біла акація позбавляється конкурентів, виділяючи отруйні речовини в ґрунт. Пирій позбавляє сусідні злакові рослини (хлібні культури) світла, поживних речовин своєю «хімічною зброєю» гальмує їх ріст.

2.2 Завдання до практичного заняття

1. Дайте характеристику одного з типів взаємовідносин організмів.
2. Наведіть приклад антропогенного впливу на середовище.
3. Охарактеризуйте явище констеляції, на прикладі екосистеми Вашого місце проживання.

Запитання для самоконтролю

1. Які типи біотичних чинників Ви знаєте?
2. Назвіть основні форми біотичних відносин
3. Обґрунтуйте роль харчових ланцюгів у розвитку основних форм біотичних відносин.
4. Наведіть приклади (позитивні і негативні) антропогенного впливу на довкілля.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3. ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ВИКИДАМИ АВТОТРАНСПОРТУ

Мета: Оцінка завантаженості ділянки вулиці автомобільним транспортом в залежності від його видів.

План:

3.1 Теоретичні відомості.

3.2 Індивідуальне завдання.

3.1 Теоретичні відомості

Суттєвою особливістю біосфери й атмосфери, особливо у великих містах, є їх забруднення автомобільними вихлопними газами, які в багатьох столицях світу, адміністративних центрах України, містах курортах складають 60 – 80% від загальної кількості викидів. Багато країн, в тому числі Україна, приймають різноманітні заходи щодо зниження токсичності викидів шляхом більш детального очищення бензину, замінити його на чистіші джерела енергії, (газове паливо, електрострум) зменшення вмісту свинцю, більш екологічні двигуни, а також створення в містах зон з обмеженим рухом автомобілів. Незважаючи на заходи, що вживаються, кількість автомобілів у містах збільшується і забруднення повітря не знижується.

Відомо, що транспорт викидає у повітряне середовище більше 200 токсичних речовин, серед яких чадний газ, окиси азоту і сірки, альдегіди, свинець, кадмій. Найбільша кількість токсичних речовин викидається автотранспортом у повітряне середовище при повільному русі, на перехрестях, зупинках перед світлофорами.

В Україні вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів регламентуються державними стандартами. Вміст монооксиду вуглецю і вуглеводнів у викидах карбюраторного двигуна згідно з стандартом 17.2.2.03-87 перевіряється при мінімальній і номінальній кількості холостих обертів і повинен становити відповідно 1,5 і 2% CO, 1200 і 600 г/млн. вуглеводнів для двигунів з кількістю циліндрів до 4, 3000 і 1000 г/млн. для двигунів з більшою кількістю циліндрів. Димність відпрацьованих газів згідно з стандартом 17.2.2.01-84 визначається за двома показниками: в режимі вільного прискорення вона не повинна перевищувати 40%, а при максимальній кількості обертів колінчатого валу – не більше 15%.

Гранично допустимий вміст сірки і свинцю обмежується стандартами на пальне. Варто підкреслити, що вказані норми встановлені не з гігієнічних міркувань щодо чистоти атмосферного повітря , а виходячи з технічних можливостей сучасних автомобілів. Загальна тенденція полягає в тому, що національні стандарти складу відпрацьованих газів з року в рік стають більш жорсткими.

3.2 Індивідуальне завдання

Завдання до практичної роботи:

1. Здобувачі вибирають певні ділянки різних вулиць з одностороннім рухом. Збір матеріалу по завантаженості вулиць автотранспортом проводиться методом підрахунку автомобілів різних типів 3 рази по 20хв. в кожному терміні виміру.

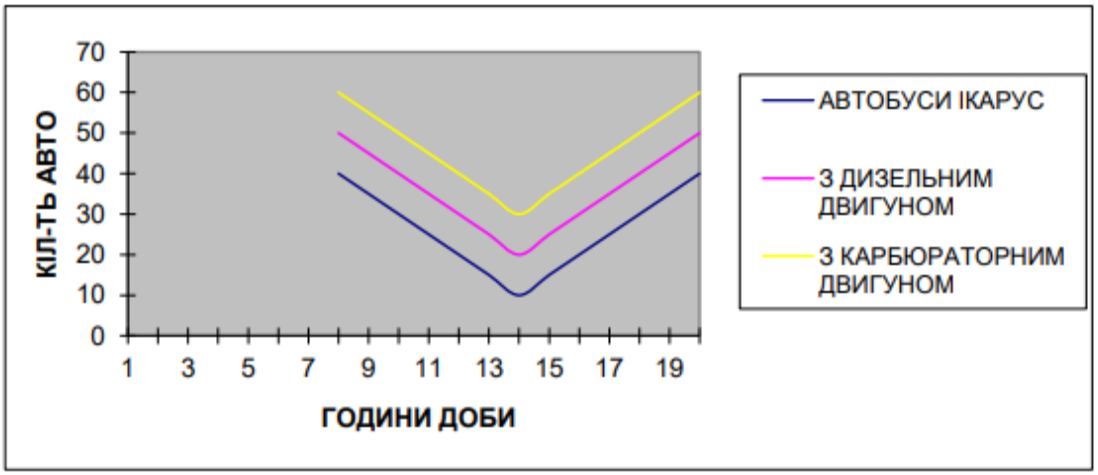
2. Записи проводяться згідно таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Облік завантаженості ділянки вулиці автомобільним транспортом за типами транспортних засобів

Години	Тип автомобіля	Кількість одиниць
	Легкової вантажності	
	Середньої вантажності	
	Важкої вантажності	
	Автобус	
	Легковий	

3. Автомобілі поділяють на три категорії: з карбюраторним двигуном, дизельні, автобуси «Ікарус» згідно даних представлених у таблиці.

4. Зробити оцінку руху транспорту по окремих вулицях. Побудувати графіки. Наприклад:



5. Зробіть підсумок по роботі за сумарною оцінкою завантаженості вулиць автотранспортом. Низька інтенсивність руху – 2,7-3,6тис. автомобілів на добу, середня – 8-17 тис., висока – 18-27тис.

Запитання для самоконтролю

1. Які заходи, на Вашу думку, можуть найсуттєвіше зменшити забруднення повітря від автомобільного транспорту:

• заміна автомобільних двигунів внутрішнього згоряння на електричні;

• заборона руху автомобілів через центральні райони міст;

• озеленення міст. Обґрунтуйте Вашу відповідь.

2. Які заходи у Вашій місцевості проводяться для того, щоб зменшити забруднення повітря автомобільним транспортом?

Які основні причини високого рівня забруднення атмосфери автотранспортом?

3. Чому найбільше токсичних викидів формується при повільному русі автомобілів або на зупинках?

4. Які забруднювальні речовини є характерними для автомобільного транспорту?

5. Якими стандартами встановлюються нормативи вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів в Україні?

6. Які типи транспортних засобів здійснюють найбільший внесок у забруднення атмосферного повітря?

7. Чому стандарти токсичності викидів з року в рік стають більш жорсткими?

8. У який спосіб проводиться збір інформації щодо інтенсивності руху транспорту в межах практичної роботи?

9. Які категорії транспорту необхідно виділити під час виконання практичного завдання?

10. Як визначити, на якій саме ділянці спостерігається найбільше навантаження транспорту?

11. Чому необхідно будувати графіки на основі отриманих даних під час практичної роботи?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4. ПОРІВНЯННЯ ОБСЯГІВ І СТРУКТУРИ ЗАБРУДНЕННЯ МІСТ УКРАЇНИ

Мета: визначити ступінь забрудненості міст України.

План:

4.1 Теоретичні відомості.

4.2 Індивідуальне завдання.

4.1 Теоретичні відомості

Автотранспорт – не єдина причина забруднення повітря. Головним його джерелом є промислові підприємства. Спалювання, наприклад, вугілля на теплових електростанціях супроводжується викидами диму, який містить двоокис сірки та окис азоту. Окрім згаданих вище наслідків, двоокис сірки може викликати звужування дихальних шляхів та загострює різні хвороби. В процесі виробництва пластмас у атмосферу потрапляє хлорфторвуглець, який руйнує її озоновий шар. Відрізняючись великою стійкістю, ці гази спроможні накопичуватись і зберігатися в атмосфері до 100 років.

При спалюванні великої кількості побутового сміття продукується дим зі вмістом діоксинів. Ці речовини містять перхлоретилен, який було внесено спеціалістами до списку «шкідливих для здоров'я забруднювачів повітря», що мають канцерогенні властивості.

Дає результати встановлення очисних споруд на електростанціях та інших промислових підприємствах. Введення технології десульфуризації димового газу на ТЕС, які працюють на вугіллі, дозволяють значно скоротити вміст двоокису сірки у димі. Комбіноване використання тепла та енергії на промислових підприємствах означає, що тепло, замість того, щоб «йти на вітер» і розсіюватися в атмосфері, буде обігрівати приміщення.

Найбільше від брудного повітря страждають діти, люди похилого віку та люди з хронічними захворюваннями дихальної системи. Кашель, втома або головний біль можуть бути маркерами реакції організму, на які обов'язково треба звертати увагу.

Загальний рівень забруднення атмосферного повітря в містах України (за КІЗА) в першому півріччі 2020-го оцінювався як підвищений. У порівнянні з аналогічним періодом минулого року він дещо знизився, перетинаючи межу з «високого» до «підвищеного» (з 7,1 до 6,9), за рахунок зниження вмісту фтористого водню.

На рисунку 4.1 подано порівняння викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря в перерахунку на 1 км² території. Значення наведені для різних регіонів або міст України, що дозволяє наочно оцінити різницю у рівнях забруднення.

На графіку видно, що найбільші викиди мають промислово навантажені регіони, для яких характерна наявність великих металургійних комплексів, теплоелектростанцій, хімічних виробництв та підприємств важкої

промисловості. У цих регіонах концентрація викидів на квадратну площу суттєво перевищує середньо-українські показники.

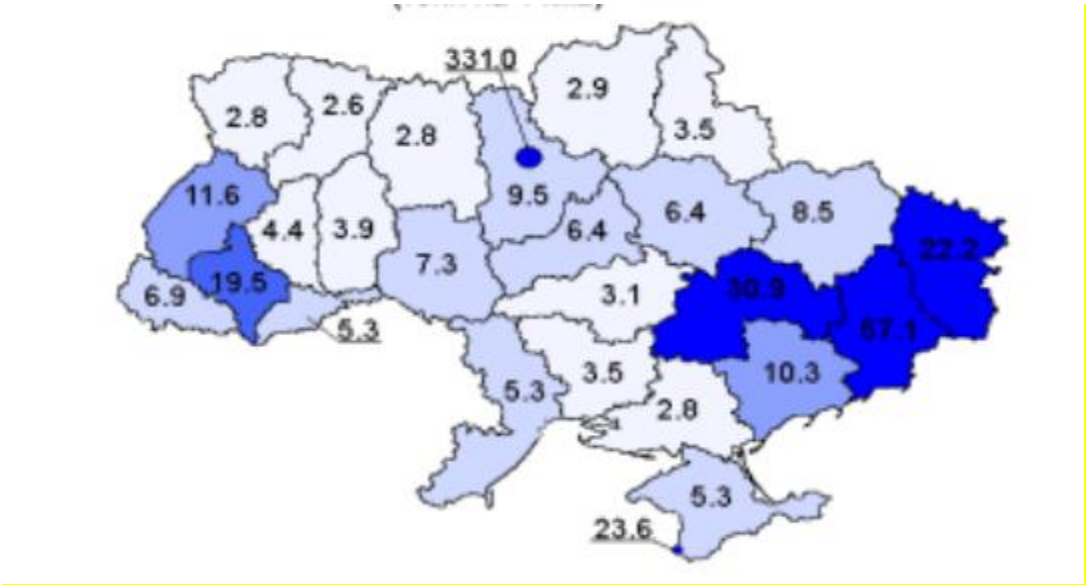


Рисунок 4.1 – Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря (тон на 1 км^2)

Натомість регіони з менш розвиненою промисловістю та переважно аграрним або рекреаційним профілем (наприклад, частина західних областей, Полісся, карпатський регіон) характеризуються значно нижчими значеннями забруднення.

Таким чином, рисунок демонструє нерівномірність екологічного навантаження по території України та підтверджує існування екологічно напружених промислових зон з істотним рівнем викидів в атмосферу.

Диспропорції у розміщенні продуктивних сил (промислових і сільськогосподарських об'єктів) призвели до того, що рівень забруднення природного середовища в різних містах України дуже відрізняється, а в цілому перевищує аналогічні показники розвинутих держав у 4-5 разів.

За ступенем забруднення всю територію України можна умовно розподілити на зони:

1 – чисті (7% загальної земельної площі – заповідники й національні парки);

2 – умовно чисті – 8% від всієї території країни;

3 – малозабруднені – 14%;

4 – забруднені – 40%;

5 – дуже забруднені – 30%;

6 – зони екологічної катастрофи (майже 1% всієї території України). Це насамперед зона відчуження після аварії на ЧАЕС та райони, прилеглі до неї, а також окремі місцевості в Донецькій, Дніпропетровській, Луганській, Львівській і деяких інших областях.

Регіони з найбільш напруженою та гостро кризовою екологічною ситуацією мають найвищу густоту населення. Такими регіонами є передусім

Донбас, Кривбас, Харківська, Запорізька і Дніпропетровська промислові агломерації. Нині тут проживає понад четверть усього населення України, яке зазнає значного негативного впливу надмірно забрудненого і отруєного довкілля, особливо повітря, води і ґрунтів.

Сьогодні мати уявлення про те, наскільки забруднене повітря, яким ми дихаємо, так само важливо, як знати погоду за вікном. Існує ряд ресурсів, які надають інформацію про рівень забрудненості повітря. Це відкриті джерела, доступні будь-якому бажаючому:

AirVisual – тут в режимі реального часу можна відстежувати, де в певний момент повітря найбрудніше.

AQICN – інформація про якість повітря також в режимі реального часу.

Телеграм бот «Якість повітря у Києві» – інформація по забрудненню повітря в Києві, можливість відстеження порайонно.

SaveEcoBot – екологічний бот для моніторингу дозвільної документації забруднювачів довкілля.

Аналіз поточної ситуації з приведення вітчизняних природоохоронних практик із захисту атмосферного повітря у відповідність до стандартів Євросоюзу засвідчує, що комплексність проблематики і відсутність напрацьованих механізмів регулювання екологічного стану атмосферного повітря, які б забезпечували його прогнозовану якість і дотримання природоохоронних стандартів, створює перешкоди перспективі гармонізації природоохоронного законодавства, та встановлює невідповідність вимогам Європейського природоохоронного права.

Наразі є нагальна потреба у розробці більш жорстких нормативів на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами викидів, а також введення щорічного контролю викидів на токсичність з пересувних джерел.

4.2 Індивідуальне завдання

Завдання до практичної роботи:

1. Виберіть два міста України з різних економічно-географічних регіонів Запишіть їхні назви у таблицю.

2. Знайдіть на економічній карті України обрані міста. Охарактеризуйте їхнє районування, промисловість та населення. Внесіть необхідні дані до таблиці.

3. Виходячи з даних про промисловість та кількість населення, визначте види та об’єкти забруднень і доповніть таблицю.

4. Визначте класи захворюваності, що мають найвищі показники в цих регіонах. Дані внесіть до табл. 4.1.

5. Порівняйте показники обох міст за всіма критеріями і зробіть висновок.

Таблиця 4.1 – Порівняльна характеристика міст за рівнем забруднення

Критерії	Назва міста	
Економічно-георгафічний регіон		
Кількість населення		
Характерні види промисловості		
Види забруднень		
Об’єкти забруднень (ґрунти, річки, атмосфера та ін.)		
Стан захворюваності населення (високий, низький)		

Запитання для самоконтролю

1. Які, на Вашу думку, заходи можуть найсуттєвіше зменшити забруднення атмосферного повітря? Обґрунтуйте (наприклад: встановлення фільтраційних систем, впровадження електротранспорту, перехід на безвуглецеву енергетику тощо).
2. Які заходи здійснюються у Вашому регіоні для зменшення забруднення повітря (наприклад: моніторинг якості повітря, модернізація котелень, автоматизований екологічний контроль, робота інспекції)?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5. ПОБУДОВА ЛАНЦЮГІВ ЖИВЛЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПІРАМІД

Мета: Мета роботи: з`ясувати взаємозв`язок між ланками окремих ланцюгів живлення та стійкості трофічних ланцюгів, визначити принцип побудови екологічних пірамід, навчитися розв`язувати типові задачі з екології і застосувати екологічні знання в нестандартних умовах.

План:

5.1 Теоретичні відомості.

5.2 Індивідуальне завдання.

5.1 Теоретичні відомості

Біогеоценози є відкритими системами, які потребують постійного надходження речовини та енергії ззовні. Основним джерелом цієї енергії є сонячне світло, яке фототрофи вловлюють та перетворюють на енергію хімічних зв`язків синтезованої органічної речовини. Гетеротрофні організми дістають необхідну енергію внаслідок ферментативного розкладу органічних речовин. Послідовності організмів, у яких особини одного виду, їхні рештки, або продукти життєдіяльності слугують об`єктом живлення організмів іншого називають ланцюгами живлення. Кожний ланцюг живлення складається з певної кількості ланок. Будь-яка популяція організмів одного виду займає в ланцюзі живлення певне місце – трофічний рівень. Енергія всередині біогеоценозів ніби поділяється на два потоки: до консументів вона надходить або від продуцентів, або від інших консументів, а до редуцентів – від мертвої речовини. Внаслідок цього в біогеоценозах формуються ланцюги живлення двох типів: пасовищного (ланцюги виїдання) та детритного (ланцюги розкладання). У будь-якому біогеоценозі різні ланцюги живлення не існують окремо один від одного, а взаємно переплетені, оскільки один і той самий вид одночасно може бути ланкою різних ланцюгів живлення. Наприклад, один вид птахів може живитись одночасно комахами-фітофагами, комахами-хижаками та комахами-редуцентами і у свою чергу ці птахи можуть слугувати поживою консументів наступного порядку, а їхні трупи – редуцентів. Переплітаючись, ланцюги живлення формують сітку зв`язків живлення, або трофічну сітку. Кожен біогеоценоз характеризується певною продуктивністю, яку виражають в одиницях маси або енергії. Розрізняють продуктивність первинну та вторинну, створену відповідно автотрофними та гетеротрофними організмами. Закономірності співвідношень первинної і вторинної продукції на кожному трофічному рівні ланцюгів живлення дістали назву правила екологічної піраміди. Правило екологічної піраміди – на кожному попередньому трофічному рівні кількість біомаси та енергії, що запасаються організмами за одиницю часу, значно більша, ніж на наступних. Графічно це правило можна зобразити у вигляді піраміди, складеної з окремих блоків. Кожен з цих блоків відповідає продуктивності організмів на певному трофічному рівні ланцюга живлення. Отже, екологічна піраміда є графічним відображенням трофічної

структури ланцюга живлення. Ланцюг живлення (трофічний ланцюг) – взаємовідносини між організмами під час переносу енергії їжі від її джерела (зеленої рослини) через ряд організмів (шляхом поїдання) на більш високі трофічні рівні. Ланцюги живлення – це ряди взаємопов'язаних видів, у яких кожний попередній є об'єктом живлення наступного. Залежно від показника, покладеного в основу, є різні види екологічних пірамід. Розрізняють піраміди чисельності, біомаси та енергії.

• Піраміда чисел – відображує чисельність окремих організмів на кожному рівні, причому загальне число особин, що беруть участь у ланцюгах живлення, з кожним наступним рівнем зменшується.

• Піраміда біомаси – відображує кількісне співвідношення маси органічної речовини на трофічних рівнях; при цьому сумарна маса рослин виявляється більшою, ніж біомаса всіх травоїдних організмів, маса яких, у свою чергу, перевищує масу всіх хижаків.

• Піраміда енергії – відображує кількість енергії, яка запасається (в їжі) на кожному рівні, причому на кожному наступному трофічному рівні кількість біомаси, що утворюється за одиницю часу, є більшою, ніж на попередньому. Усі три типи пірамід – продукції, біомаси і чисел – виражають у підсумку енергетичне співвідношення в екосистемах.

Перші два правила виявляються в угрупованнях із певною трофічною структурою, останнє (піраміда продукції) має універсальний характер. В основі піраміди розміщують відповідні значення першого трофічного рівня екосистеми, а на вершині – останнього. Отже, величина біомаси в екологічних пірамідах закономірно зменшується приблизно в 10 разів при переході на новий трофічний рівень. Уся біомаса планети здатна прогодувати не більш як 7-10 млрд. чоловік за одними даними, і не більш як 12 млрд. чоловік за іншими. Уже нині щорічної біомаси, яку збирає людство, недостатньо для харчування населення Землі. Тому необхідно вирішити насамперед проблему регулювання чисельності населення Землі, підвищення продуктивності біосфери та її охорони від посиленого антропогенного тиску. Кожна з ланок ланцюга живлення може використати лише 5-15 % енергії їжі для побудови речовини свого тіла. Внаслідок неминучої втрати енергії кількість утворюваної органічної речовини в кожній наступній ланці зменшується. Таким чином, кожен ланцюг живлення містить, як правило, не більше ніж 4-5 ланок, оскільки внаслідок втрати енергії загальна біомаса кожної наступної ланки приблизно в 10 разів менша за попередню. Ця закономірність називається правилом екологічної піраміди. При переході енергії на наступний трофічний рівень лише 10 % від неї використовується для продукування нової біомаси, стаючи запасеною енергією (решта витрачається в процесах метаболізму). Отже, у піраміді біопродуктивності кожний наступний рівень становить приблизно 10 % від попереднього (100, 10, 1, 0.1, 0.01 % від первинної кількості і т. д.). Знання законів продуктивності екосистем і кількісний облік потоку енергії мають велике практичне значення. Уміння точно розрахувати потік енергії і масштаби продукції екосистем дозволяє одержати найбільший вихід продукції, необхідної людині.

5.2 Індивідуальне завдання

Завдання до практичної роботи:

1. Розгляньте уважно функціональну схему ланцюга живлення (рис. 5.1). З'ясуйте, які види складають основу продуцентів, які консументів I порядку, II і III порядків.



Рисунок 5.1 – Функціональна схема ланцюга живлення

2. Розв'яжіть екологічні задачі.

Задача № 1. Визначте площу (га) поля, що необхідна для прогодування яструба масою 6 кг (суха речовина становить 40 %). Суха маси трави з 1 м^2 становить 300 г. Ланцюг живлення: рослини → гризуни → яструб.

Задача № 2. За правилом екологічної піраміди визначте, скільки рослинної речовини необхідно для того, щоб у наведеному біоценозі могли існувати три рослиноїдні птахи масою 1 кг. Ланцюг живлення: рослини → птахи.

Задача № 3. Трофічний ланцюг складається з трьох рівнів. Вовк набрав 1 кг маси. Скільки для цього знадобилось рослинної речовини?

Запитання для самоконтролю

1. Що називають трофічним ланцюгом (мережею)?
2. Від чого залежить біомаса біосфери, екосистеми?
3. Яка суть трофічного ланцюга та його значення для функціонування екосистеми.
4. Розкрийте зміст правила екологічної піраміди.
5. Як впливає наявність їжі на розвиток популяції?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6. ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОСТІ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА СТАН ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ

Мета: визначити стан ґрунтового покриву.
План:
6.1 Теоретичні відомості.
6.2 Індивідуальне завдання.

6.1 Теоретичні відомості

Ігнорування екологічної ємності та ерозійної стійкості ландшафтів під час їх використання, надмірна розораність території у багатьох регіонах країни призводять до деградації земель.

До деградованих земель належать: земельні ділянки, поверхня яких була порушена внаслідок землетрусу, зсувів, повеней, добування корисних копалин тощо; земельні ділянки з еродованими, перезволоженими, з підвищеною кислотністю або засоленістю, забрудненими хімічними речовинами та ґрунтами.

Причини забруднення ґрунтів:

1. Ерозія, спричинена недосконалими методами господарювання. (Ерозія ґрунту виникає, коли земля експлуатується занадто інтенсивно, без урахування впливу дощу і вітру. Наслідки відчуватимуться упродовж десятиліть або навіть століть).

2. Підкислення ґрунту. (Підкислення ґрунту відбувається природним шляхом, але викиди сполук сірки та азоту внаслідок спалювання твердих видів палива та надмірне використання азотних добрив ще більше ускладнили ситуацію, наприклад, 45 % території лісів у Європі перебувають під загрозою.)

3. Забруднення важкими металами, пестицидами, нітратами й фосфатами. (забруднення металами впливає на продукти харчування і якість води. використання пестицидів має негативний вплив на ґрунт, завдаючи шкоди організмам, що там живуть (порушуючи баланс), та забруднюючи ґрунтові води й поверхневі водні об’єкти. Нітрати й фосфати здебільшого потрапляють із добрив і впливають на якість ґрунту через тривале вимивання.)

4. Радіаційне забруднення. (Територія України тривалий час зазнавала радіоактивного забруднення. внаслідок катастрофи на ЧАЕС 1986 р. в навколишнє середовище було викинуто близько 50 Мкі екологічно небезпечних радіонуклідів. внаслідок цього зазнали радіоактивного забруднення сільськогосподарські угіддя площею понад 4,5 млн. га).

Одним із основних дестабілізуючих факторів, що призводять до зниження продуктивності сільськогосподарських угідь та погіршують екологічну ситуацію в агроландшафтах, є ерозія. Ерозія – це процес руйнування ґрунту вітром, водою та іншими факторами з переміщенням продуктів ерозії за межі її виникнення. Вона обумовлюється як природними, так і антропогенними факторами. Еродовані землі характеризуються гіршими, ніж повнопрофільні,

фізичними, фізико-механічними, агрохімічними та біологічними властивостями, унаслідок чого на них недобирається значна частина врожаю.

Ерозія ґрунту – одна з причин зниження продуктивності земельних ресурсів, деградації агроландшафтів унаслідок зменшення запасів гумусу. Швидкість ерозії перевищує швидкість формування та відновлення ґрунту.

Залежно від факторів руйнування розрізняють наступні види ерозії: водну; вітрову; агротехнічну; технічну; пасовищну.

Вітрова ерозія ґрунтів – це видування або перенесення і відкладання найдрібніших часточок ґрунту вітром. Водна ерозія – це руйнування ґрунту під дією води. Вона буває поверхневою (змив верхнього шару ґрунту під дією дощових крапель або талої води), лінійна (розмив ґрунту вглибину до утворення ярів) та струйчаста (утворення неглибоких пройомів).

Водна ерозія – це змивання верхнього шару або його глибинний розмив. Вона буває: краплинною – руйнування ґрунтових агрегатів ударами дощових крапель, унаслідок чого шпарини забиваються дрібними часточками ґрунту, зменшуючи водопроникність і посилюючи поверхневий стік та змив ґрунту; площинною – більш-менш рівномірний змив ґрунту невеликими струменями талих і дощових вод; лінійною, що спричиняє розмиви ґрунту, підґрунтя, материнської породи концентрованими токами води; іригаційною, яка виникає за умов неправильно організованого зрошення на схилах.

Вітрова ерозія (дефляція) виникає при сильних вітрах, які видувають орний шар, унаслідок чого зменшується родючість ґрунту. Частіше вона спостерігається на недостатньо захищених або зовсім незахищених рослинами площах. Під дією сили повітряного потоку частинки ґрунту розміром 0,1–0,5 мм переміщуються поверхнею землі й руйнують її верхній шар, унаслідок чого ґрунт видувається ще інтенсивніше. Найбільш шкідливими є пилові бурі. На супіщаних ґрунтах процеси вітрової ерозії починаються при швидкості вітру 3-4 м/с, на легкосуглинкових – 4-6 м/с, на важкосуглинкових – 5-7 м/с, на глинистих – 7-9 м/с.

Внаслідок ерозії зменшується товщина орного шару, уміст гумусу в ґрунті, погіршується його структура, склад і водно-повітряний режим. Змиті ґрунти впродовж вегетації рослин випаровують більше вологи і вбирають незначну її кількість. Чим інтенсивніші ерозійні процеси, тим менше вологи вбирає ґрунт.

В еродованих ґрунтах запаси вологи зменшуються на 14-22 %, що призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур. Навіть на слабо еродованих ґрунтах недобирається, як правило, до 15 % урожаю зернових. Погіршуючи ґрунтову родючість, ерозія ґрунтів не тільки знижує врожайність сільськогосподарських культур, а й порушує встановлену в процесі тривалого розвитку складну екологічну систему, змінюючи колообіг поживних речовин у біосфері.

Вітрова ерозія поширена, в основному, у південних і південно-східних районах України і зумовлюється сухістю клімату, зрідженістю природного рослинного покриву, сильними сухими вітрами, поганою структурою ґрунтів, неправильним сільськогосподарським їх використанням та недосконалою

агротехнікою. Найбільше пошкоджуються вітровою ерозією чорноземи та темно-каштанові ґрунти в Херсонській, Миколаївській, Одеській, Дніпропетровській, Луганській та Донецькій областях, а також піщані ґрунти, осушені торф'яники в поліських районах.

Процеси ерозії посилюються при нераціональному розорюванні земель, суцільному вирубуванні лісу, неправильному випасанні тварин на пасовищах. Площа ерозійно небезпечних земель в Україні сягає майже 18 млн. га, з них може піддаватися дефляції 5 млн. га, а змиванню – 13 млн. га. На значній площі обидва види ерозії можуть виявлятися сумісно. Вітрова ерозія щороку завдає збитків на пісках у районі нижньої течії Дніпра та інших південних районів. Періодично (кожні 5-7 років) у південних степових, південних і східних лісостепових районах значні території охоплюють пилові бурі.

Неодноразово вони знищували посіви на тисячах гектарів, засипали пилюкою багаторічні насадження, зрошувальні канали, пошкоджували лінії електропередач, руйнували споруди тощо. Найбільш інтенсивно вітрова ерозія виявляється у квітні – першій половині травня в районах, де поширені піщані, супіщані та інші ґрунти з легким механічним складом. Іноді вона спостерігається наприкінці зими в південних районах, переважно в лютому, коли в сухі морозні дні сніг здувається разом із верхнім шаром ґрунту.

Під час пилових бур пилуваті часточки переносяться повітряним потоком на десятки, а іноді й сотні кілометрів.

Найбільш ерозійно-небезпечними зонами в Україні є правобережжя Дніпра, Десни й Сіверського Дінця, міжріччя Дніпро – Південний Буг, Дністер – Прут, верхів'я Сіверського Дінця, Сейм та Донецький кряж. Великомасштабне обстеження ґрунтів показало, що на території України водною ерозією частково або повністю зруйновані значні площі в гірських районах Криму і Карпат, на Донецькому кряжі, Подільській і Наддністрянській височинах.

У Лісостепу водна ерозія має досить значне поширення. Так у Тернопільській області площа слабо, середньо і сильно змитих ґрунтів становить 29 %, у Хмельницькій – 31,3, Вінницькій – 32,1, Харківській – 35,3 %. У Полтавській області, де розміщена велика площа терас Дніпра, їх значно менше. У степовій зоні України еродовані ґрунти є в усіх південних областях, але найбільш їх у Луганській (54,7 %) та Одеській (61 %) областях.

6.2 Індивідуальне завдання

Завдання до практичної роботи:

1. Напишіть ознаки, за якими визначається еродованість ґрунтів.
2. Визначте регіони України, які найбільше уражені ерозійними процесами.
3. Визначте заходи, що перешкоджають ерозії ґрунтів.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке деградовані земельні ділянки та які фактори призводять до їх утворення?
2. Які основні причини забруднення ґрунтів виділяють у сучасних умовах?
3. Поясніть поняття «ерозія ґрунту» та назвіть її основні види.
4. Чому ерозія ґрунтів вважається одним із головних факторів деградації агроландшафтів?
5. У чому полягає різниця між водною та вітровою ерозією ґрунтів?
6. Які типи водної ерозії виділяють залежно від механізму руйнування ґрунту?
7. За яких умов виникає вітрова ерозія (дефляція) і для яких територій вона найбільш характерна?
8. Які наслідки для родючості та водного режиму ґрунтів спричиняє ерозія?
9. Як ерозія ґрунтів впливає на врожайність сільськогосподарських культур?
10. Назвіть регіони України, що найбільш уражені процесами водної та вітрової ерозії.
11. Чому південні регіони України особливо чутливі до вітрової ерозії?
12. Які антропогенні фактори посилюють ерозійні процеси?
13. Яким чином тривале перевищення швидкості ерозії над швидкістю ґрунтоутворення позначається на стані ґрунтового покриву?
14. Як пилові бурі впливають на стан ґрунтів і навколишніх екосистем?
15. Визначте основні заходи, що дозволяють запобігти або знизити інтенсивність ерозійних процесів.
16. Чому раціональне використання земель є ключовою умовою запобігання деградації ґрунтів?
17. Які наслідки має ерозія для водних об’єктів та як вона змінює колообіг речовин у природі?
18. Чим характеризуються еродовані ґрунти порівняно з повно профільними?
19. Які природні умови сприяють активізації процесів ерозії в Україні?
20. Наведіть приклади неправильного господарського використання земель, що сприяють ерозії.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7. ОЦІНКА ПОБУТОВИХ І ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

Мета: Визначення сучасної загально-екологічної ситуації й шляхів її поліпшення, розглянути приклади екологічного опису типових об'єктів промисловості.

План:

7.1 Теоретичні відомості.

7.2 Індивідуальне завдання.

7.1 Теоретичні відомості

Забруднення – це внесення у навколишнє середовище або виникнення в ньому нових, зазвичай не характерних хімічних і біологічних речовин, або внесення в надлишковій кількості будь-яких уже відомих речовин, які чинять шкідливий вплив на природні екосистеми й людину і яких природа не здатна позбутися самоочищенням. Забруднювачі – речовини які спричиняють забруднення навколишнього природного середовища.

Побутові відходи – це все те, що викидають із житлових будинків і установ: харчові відходи, старий одяг і взуття, спрацьована техніка, посуд, газети, тощо. Кількість побутових відходів та їх склад може коливатись у широких межах не лише для різних країн, а й для сусідніх кварталів одного міста.

Основну частину побутових відходів становлять: папір, залишки харчових продуктів, скло, залізо та його сплави.

Щоранку кількість побутових відходів на одного жителя країни становить, (у кг): у США – понад 720, в Австралії – 620, у Канаді – 380, в Голландії – до 190. У промислово розвинутих країнах витрати на упаковку досягають 2 – 3% національного доходу.

Кількість відходів щороку зростає, сміттєзвалища забирають дедалі нові території, від спалювання забруднюється повітря, експорт сміття в слаборозвинені країни теж не найкращий вихід.

Нові технології використання побутових відходів передбачають сортування сміття: ущільнення органічних компонентів; спалювання їх з подальшим використанням добутої енергії у вигляді теплової чи електричної та очищення димових газів; виплавлення металів та скла після попереднього відбору метало- та скловмісних матеріалів.

Рециклізація – це включення відходів у колообіг (переробка металобрухту на метал, макулатури на папір чи картон тощо).

Відходи виробництва – це залишки сировини та напівфабрикатів, що утворюються в процесі виробництва, частково або повністю втратили свою якість і не відповідають стандартом виробництва. Найбільше відходів утворюється на підприємствах гірничодобувної, гірничо-збагачувальної, металургійної, хімічної та енергетичної галузей промисловості. Кількість

відходів залежить від вмісту цінного компонента в сировині, технологічного процесу, обсягів виробництва тощо.

Накопичення відходів спричинює забруднення повітря, вод, ґрунтів, рослинної й тваринної продукції, призводить до отруєння тварин і людей.

З метою зниження обсягів промислових відходів впроваджують менш енерго- й матеріаломісткі технології, переробляють відходи, використовують їх на інших підприємствах як сировину тощо.

Є два типи методів знешкодження відходів: рекуперацiйні, що передбачають виділення з відходів цінних компонентів з подальшою їх переробкою, та деструкційні – за якими компоненти відходів руйнують.

Міста Франції та Великобританії щорічно дають промислових відходів до 50 млн. т. кожне, в Італії – до 44 млн. Найбільшу кількість відходів у розрахунку на одну людину мають США – їх тут 0,47-0,52 т/рік або 1450 г/день. Загальний об'єм твердих відходів в Україні складає 10-11 млн. т. на рік. Звалищами зайняті 2600 га землі.

7.2 Завдання до практичного заняття

1. Розсортуйте відходи, що накопичилися вдома за добу за категоріями: папір, метал, харчові відходи, пластмаса, скло та ін.

2. Обчисліть масову частку кожної категорії у відсотках:

$$W=A/B\cdot 100\%,$$

де А – маса певної категорії відходів, а В – сукупна маса відходів.

3. Встановіть середній показник відходів на одного мешканця квартири, будинку.

4. Встановіть середню кількість побутових відходів за добу по місту (за кількістю населення).

5. Внесіть пропозиції щодо: зниження кількості відходів кожної категорії завдяки зменшенню споживання того чи іншого продукту; використання певних категорій відходів (кольорових металів, харчових відходів, пластмаси тощо); рециклізації відходів.

6. Складіть список підприємств міста, робота яких супроводжується утворенням відходів

7. Здійсніть облік відходів та їх кількості для кожного підприємства;

8. Встановіть які відходи якими методами знешкоджуються, та до яких класів вони належать;

9. Визначте середню кількість промислових відходів за рік по місту.

Запитання для самоконтролю

1. Які методи переробки відходів вам відомі?

2. На які класи поділяються промислові токсичні відходи.

3. Як впливають звалища промислових відходів на стан повітря, ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод.

4. Чи впливають сміттєспалювальні заводи на стан довкілля? Як саме?

5. Які критерії враховують у разі використання побутових відходів як палива?

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Дячок В. В., Венгер Л. О. Основи промислової екології : навч. посіб. Ч. 1 : Екологічна безпека гідросфери. Львів : Новий світ-2000, 2022. 224 с.
2. Загальна хімія : навч. посіб. / уклад.: І. С. Назарко, О. І. Вічко. Тернопіль : Тернопіл. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя, 2019. 192 с.
3. Дячок В. В., Венгер Л. О. Основи промислової екології : навч. посіб. Ч. 2 : Екологічна безпека атмосфери. Львів : Новий світ-2000, 2023. 200 с.
4. Дячок В. В., Венгер Л. О. Основи промислової екології : навч. посіб. Ч. 3. Екологічна безпека атмосфери. Львів : Новий світ-2000, 2024. 212 с.
5. Водовідведення та очистка стічних вод міста. Курсове і дипломне проектування. Приклади та розрахунки : навч. посіб. / О. А. Василенко, С. М. Епоян, Г. М. Смірнова та ін. Київ : КНУБА ; Харків : ХНУБА, 2012. 572 с.
6. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод : навч. посіб. Рівне : Рівненська друкарня, 2003. 622 с.
7. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А .К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко та ін. Київ : Лібра, 2000.
8. Бєлоконь К. В., Тулушев Є. О. Аналіз впливу технологій промислових підприємств та автотранспорту на стан екологічної безпеки атмосферного повітря (на прикладі м. Запоріжжя). Запоріжжя : Гельветика, 2020. 230 с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Лялюк О. Г., Ратушнік О. Г. Оцінка екологічного життєвого циклу будівельної продукції. *Сучасні технології будівництва*. 2014. Вип. 16. С. 136–140.
2. CMIP6 Climate Models Imply High Committed Warming / C. Huntingford, M.S. Williamson, F.J.M.M. Nijsse. *Climatic Change*. 2020. V. 62. P. 1515-1520.
3. Using BIM and LCA to Calculate the Life Cycle Carbon Emissions of Inpatient Building: A Case Study in China / L. Zhao, C. Guo, L. Chen et al. *Sustainability*. 2024. V.16. P. 5341.
4. Building a Life Cycle Carbon Emission Estimation Model Based on an Early Design: 68 Case Studies from China / C. Guo, X. Zhang, L. Zhao, et al. *Sustainability*. 2024. V. 16. P. 744.

Додаткова:

1. Embodied, Operation, and Commuting Emissions: A Case Study Comparing the Carbon Hotspots of an Educational Building / A.E. Fenner, C.J. Kibert, J. Li et al. *Journal of Cleaner Production*. 2020. V. 268. P. 122081.
2. ДСТУ ISO 14040:2013 (ISO 14040:2006, IDT). Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура. [Чинний від 2014-07-01]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 22 с. (Національний стандарт України).
3. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. [Чинний від 2023-03-01]. Київ : Технічний комітет стандартизації ТК 302 «Енергоефективність будівель і споруд», 2022. (Національний стандарт України).

Інформаційні ресурси:

1. Електронні ресурси. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського : веб-сайт. URL: www.nbuv.gov.ua (дата звернення 28.08.2025).
2. Techemy: chemistry for you : веб-сайт. URL: http://techemy.com (дата звернення 26.08.2025).

Навчально-методичне видання
(українською мовою)

Венгер Любов Олександрівна
Бєлоконь Каріна Володимирівна

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ТА СТАЛИЙ РОЗВИТОК

Навчально-методичний посібник
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища»
освітньо-професійної програми «Технології захисту навколишнього середовища»

Рецензент *Д. В. Прутцьков*
Відповідальний за випуск *Ю. О. Бєлоконь*
Коректор *К. В. Бєлоконь*