

УДК 574:54(075.8)

ББК 28.081:24я7

Єременко О.А., Колесніков М.О.

Практикум з основ екологічної хімії. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – 272 с.

Рецензенти: Доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор факультету заочної освіти, завідувач кафедрою органічної і біологічної хімії Білоцерківського національного аграрного університету С.І. ЦЕХМІСТРЕНКО
Доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедрою ботаніки Мелітопольського державного педагогічного університету ім. Богдана Хмельницького І.А. МАЛЬЦЕВА
Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та екологічної безпеки Вінницького національного технічного університету В.Г. ПЕТРУК
Кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загальної екології Житомирського національного агроекологічного університету Б.В. БОРИСЮК

Навчальний посібник представляє собою керівництво до лабораторних та практичних занять курсу «Основи екологічної хімії» для студентів екологічного, аграрного та ін. напрямків освіти вищих аграрних навчальних закладів. Посібник написано згідно з програмою для спеціальності «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Посібник містить теоретичні відомості та методики визначення основних показників забруднення атмосфери, гідросфери та літосфери. Надані до кожного розділу контрольні питання для самоперевірки, задачі та список літератури. Посібник може бути корисний також викладачам хімічних та екологічних дисциплін ВНЗ, коледжів та ліцеїв.

© О.А.Єременко , М.О.Колесніков

© ТДАТУ, 2008

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	6
Техніка безпеки і правила роботи в хімічній лабораторії	9
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНА ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ В УКРАЇНІ	15
Контрольні питання	24
Список літератури до РОЗДІЛУ 1.....	25
РОЗДІЛ 2 ВИВЧЕННЯ МЕТОДІВ ВІДБОРУ ПРОБ ПОВІТРЯ, ВОДИ ТА ГРУНТУ	27
РОБОТА № 1 Розрахунок оптимального об'єму повітря при відборі проб та результатів аналізу.....	45
РОБОТА № 2 Підготовка проби води для аналізу на вміст шкідливих речовин у водоймах.....	48
РОБОТА № 3 Підготовка середньої проби грунту.....	50
РОБОТА № 4 Визначення радіаційного забруднення території радіометрами різних типів	52
Контрольні питання	56
Список літератури до РОЗДІЛУ 2.....	57
РОЗДІЛ 3 ЕКОЛОГІЧНА ХІМІЯ АТМОСФЕРИ	60
РОБОТА № 5. Визначення вмісту моно- та диоксиду карбону, сульфур диоксиду та оксидів нітрогену в повітрі.....	90
РОБОТА № 6. Оцінка ступеня забрудненості атмосферного повітря відпрацьованими газами на ділянці магістральної вулиці (за концентрацією CO).....	93

РОБОТА № 7. Визначення карбону монооксиду за реакцією з нітратом аргентуму.....	97
РОБОТА № 8. Методика визначення концентрації аміаку колориметричним методом з реактивом Несслера.....	100
РОБОТА № 9. Спосіб індикації та кількісного визначення хлору в повітряному середовищі.....	102
РОБОТА № 10. Визначення аерозолю сульфатної кислоти в присутності сульфатів.....	105
РОБОТА № 11. Визначення сумарного вмісту органічних речовин газохроматографічним методом.....	107
РОБОТА № 12. Явища адсорбції та абсорбції.....	112
Контрольні питання	116
Задачі.....	118
Список літератури до РОЗДІЛУ 3.....	121
РОЗДІЛ 4 ЕКОЛОГІЧНА ХІМІЯ ГІДРОСФЕРИ.....	123
РОБОТА № 13. Визначення органолептичних властивостей та кольоровості води.....	150
РОБОТА № 14. Визначення вмісту кисню в пробі води.....	157
РОБОТА № 15. Визначення вільного залишкового хлору титруванням метиловим оранжевим.....	161
РОБОТА № 16. Визначення мінералізації води.....	162
РОБОТА № 17. Визначення загальної твердості води.....	165
РОБОТА № 18. Визначення забруднюючих домішок нафти у воді.....	170
РОБОТА № 19. Визначення синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) у стічних водах	174
РОБОТА № 20. Якісне визначення іонів важких металів у стічних водах	177
Контрольні питання	181
Задачі.....	183

Список літератури до РОЗДІЛУ 4.....	186
РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ХІМІЯ ЛІТОСФЕРИ.....	188
РОБОТА № 21. Гравіметричний метод визначення вологості грунту.....	221
РОБОТА № 22. Визначення вмісту органічних речовин ґрунту методом гравіметрії.....	223
РОБОТА №23. Визначення рН ґрунтових витяжок методом потенціометрії.....	226
РОБОТА № 24. Визначення вмісту сухого залишку ґрунту	230
РОБОТА № 25. Визначення інтенсивності дихання ґрунту.....	234
РОБОТА № 26. Визначення впливу пестицидів на дихання ґрунту.....	237
РОБОТА № 27. Визначення загальної ртуті у ґрунті методом тонкошарової хроматографії	241
РОБОТА № 28. Якісне визначення нітрит- та нітрат- аніонів в ґрунті.....	246
Контрольні питання	249
Задачі.....	251
Список літератури до РОЗДІЛУ 5.....	254
ДОДАТКИ	256
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	270

ПЕРЕДМОВА

Екологічна освіта в наш час стає однією з фундаментальних основ формування особистості, спроможності глобального бачення єдності Світу. Без знань екологічних закономірностей неможливий перехід сучасного суспільства до стійкого розвитку. Стає загально визнаним, що в моделі освіти XXI ст. знання про навколишнє середовище, про взаємовідносини у суспільстві, людини і природи будуть пронизувати всю систему освіти.

Відома фраза французького філософа Рене Дюбо – «Думати глобально, діяти локально» – стала девізом екологічної освіти. Відповідні соціально-екологічні дії можливі лише на основі розуміння процесів, які відбуваються в навколишньому середовищі.

Сьогодні повинен відбутися перелом у свідомості людини, її світорозумінні, ставленні до навколишнього світу. Це стосується, у першу чергу, тієї групи людей, які працюють у сільському господарстві, чия праця безпосередньо пов'язана із землею та природою.

Розгляд екологічних проблем потребує поряд із соціальним, біологічним, географічним аспектами й хімічного підходу. Реалізація такого підходу можлива двома шляхами: екологізацією хімічних дисциплін і введенням окремих інтегральних навчальних курсів.

Уведення інтегрального курсу „Основи екологічної хімії” для студентів спеціальностей сільськогосподарського напрямку обумовлене необхідністю поглянути на екологічні проблеми крізь призму хімічних знань. Необхідністю такого розгляду визначається певними особливостями: по-перше, майбутньому екологу, агроному, зооінженеру - господарю землі особливо необхідні знання хімічних основ або причин сучасної екологічної ситуації як у регіональному, так і в глобальному, планетарному масштабі; по-друге, хімія є невід'ємною складовою процесу розвитку людства: сучасна людина не може повноцінно існувати без хімічної науки і хімічного виробництва. Вивчення курсу „Основи екологічної

хімії” сприятиме формуванню знань про організацію навколишнього світу, єдність живої та неживої природи, про сучасну екологічну ситуацію (як на всій планеті, так і в регіональному, місцевому масштабі); формуванню екологічного способу мислення, мотивів екологічної діяльності.

Упровадження курсу „Основи екологічної хімії” є спробою реалізації принципів комплексності та безперервності концепції екологічної освіти і відповідного напрямку державної програми „Освіта”.

Даний навчальний посібник прикликаний допомогти студентам як при самостійній підготовці до лабораторних робіт з курсу екологічної хімії, так й при їх виконанні та сприяти засвоєнню студентами властивостей хімічних компонентів довкілля й закономірностей перебігу хімічних явищ у природі, розвитку у них хімічного мислення при вирішенні екологічних проблем.

Практикум складено у відповідності до програми з екологічної хімії для підготовки бакалаврів в аграрних вищих навчальних закладах II – IV рівнів акредитації за спеціальністю „Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване землекористування”.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні **знати**:

- основні закони і концепції хімії, що визначають поведінку речовин у довкіллі;
- основні термодинамічні і кінетичні закономірності хімічних процесів стосовно біосфери;
- властивості певних типів хімічних сполук та їх біогенну роль;
- методи діагностики та контролю речовин, що забруднюють навколишнє середовище;
- основні прийоми знешкодження та утилізації сільськогосподарських отрутохімікатів, промислових та побутових відходів, що містять шкідливі хімічні компоненти;
- критерії оцінювання та контролю стану довкілля, виробництва екологічно чистої продукції і забезпечення належних умов проживання;

В результаті проведення лабораторних занять студенти повинні **уміти**:

- виконувати підготовчі і основні операції під час проведення хімічного експерименту з відходами та шкідливими речовинами;
- користуватися сучасним хімічним обладнанням для досліджень якісного і кількісного складу агрохімікатів, токсичних промислових відходів, що можуть надходити в повітря, воду та ґрунт;
- аналізувати стан забруднення довкілля хімічними речовинами, розробляти організаційні та технологічні заходи для попередження техногенних забруднень;
- аналізувати ефективність споруд для очищення, знезараження та переробки відходів виробництва.

Практикум охоплює всі основні розділи курсу екологічної хімії. Матеріал викладений за розділами та темами. Кожна тема містить теоретичні відомості та експериментальну частину. В роботах наведено мету, необхідний перелік реактивів та устаткування, приведено опис дослідів. Для перевірки доступності та засвоюваності навчального матеріалу після кожного розділу надані контрольні питання і задачі для перевірки засвоєного матеріалу.

Перед початком проведення лабораторних робіт студенти ознайомлюються з технікою безпеки та правилами поведінки в хімічній лабораторії.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ПРАВИЛА РОБОТИ В ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

Вимоги безпеки перед початком роботи

Працюючи в лабораторії студенти повинні:

- ✓ Чітко визначити порядок і правила безпечного проведення досліду.
- ✓ Звільнити робоче місце від усіх не потрібних для роботи предметів і матеріалів.
- ✓ Перевірити наявність і надійність посуду, лабораторного устаткування, реактивів та інших предметів, необхідних для виконання завдання.
- ✓ Перевірити справність витяжної системи вентиляції (за вимогами досліду).
- ✓ Починати виконання завдання тільки з дозволу викладача.
- ✓ Виконувати тільки ту роботу, яка передбачена завданням або доручена викладачем.
- ✓ У випадку виявлення несправності обладнання, а також порушення норм безпеки негайно доповісти викладачу або лаборанту.

Вимоги безпеки під час роботи

- ✓ Для виконання завдання дозволяється користуватися посудом, приладами та реактивами, які видає лаборант або викладач. Брати посуд, реактиви з інших столів не дозволяється. Не дозволяється розміщувати прилади, що мають металеві частини, у безпосередній близькості від реактивів і розчинів, особливо від летких кислот.
- ✓ Хімічні речовини для досліду слід брати тільки в кількостях, передбачених інструкцією проведення досліду, або за вказівкою викладача.
- ✓ Перед тим як взяти реактив, необхідний для досліду, потрібно прочитати етикетку на тарі (банці або склянці), щоб попередити помилку.

- ✓ Не слід брати реактиви незахищеними руками. Використовувати для цього фарфорові ложечки, шпателі.
- ✓ Насипати або наливати реактиви на столі (сухі - над аркушем паперу, рідкі - над лотком).
- ✓ Не зсипати розсипаний і не зливати розлитий реактив назад у тару до основної кількості реактиву.
- ✓ Не пробувати хімічні речовини на смак, адже будь-яка з них тією чи іншою мірою отруйна.
- ✓ Визначаючи речовини за запахом, не нахилятися над шийкою посудини і не вдихайте пару або газ, що виділяється. Для цього треба легким рухом долоні над шийкою посудини спрямовувати пару або газ до носа і вдихати їх в невеликих кількостях.
- ✓ Нагріваючи рідини, тримайте посудину отвором від себе і не спрямовувати її на сусідів. Не нагрівати посудини вище рівня рідини, а також порожні з краплями вологи всередині.
- ✓ Не заглядати в посудину згори під час нагрівання, оскільки в разі викидання киплячої рідини можна травмуватися.
- ✓ Знімати посуд з нагрітим реактивом (і з водою) обережно, разом з тримачем пробірок або лапкою штатива, не роблячи різких рухів.
- ✓ Посудину з нагрітою рідиною не закривати щільно пробкою доти, доки вона не охолоне.
- ✓ Нагріваючи реактиви, не залишати їх без нагляду навіть на короткий час.
- ✓ Розбавляючи концентровані кислоти, обережно доливати кислоту у воду, а не навпаки.
- ✓ Для приготування розчинів кислот, для змішування їх користуватися тільки тонкостінним хімічним або фарфоровим посудом.
- ✓ Для набирання рідких хімічних реактивів користуватися піпетками з пастками, гумовими грушами.
- ✓ Про всі випадки розливання рідин або розсипання твердих реактивів необхідно повідомити викладача або лаборанта. Самостійно прибирати будь-які реактиви не дозволяється.

- ✓ Роботу з органічними розчинниками, отруйними леткими речовинами виконувати у витяжній шафі.
- ✓ Слідкувати за тим, щоб посуд для проведення робіт з речовинами був чистим і сухим.
- ✓ Нагрівати легкозаймисті й горючі речовини тільки на водяній бані та на відстані від нагрівальних приладів.
- ✓ Перед початком роботи з легкозаймистими і горючими речовинами необхідно загасити спиртівки і вимкнути електроприлади, що знаходяться поблизу.
- ✓ При користуванні витяжною шафою слід дотримуватися наступних правил:
 - стулки шафи тримати максимально закритими під час роботи з невеликим зазором для тяги;
 - відкривати стулки тільки на час обслуговування встановлених у шафі приладів або в разі іншої потреби на висоту, зручну для роботи, але не більшу, ніж половина висоти отвору;
 - підняті стулки під час роботи закріплювати за допомогою спеціальних пристроїв.
- ✓ Для нагрівання хімічних реактивів над полум'ям спиртового пальника (крім вогнебезпечних) необхідно обережно прогріти пробірку у верхній частині полум'я, а потім продовжувати нагрівання, не торкаючись дном пробірки до гнота спиртівки, щоб пробірка не тріснула.
- ✓ Під час усіх операцій з кислотами і лугами обов'язково застосовуйте засоби індивідуального захисту (гумові рукавиці, захисні окуляри тощо).
- ✓ У разі виявлення несправностей у роботі обладнання (приладах, установках), електромережі, водогону тощо необхідно припинити роботу повідомити викладача.
- ✓ Під час роботи в лабораторії слід додержуватися правил особистої гігієни:
 - не пити воду та не вживати їжу.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

- ✓ Прибирання робочих місць після закінчення лабораторних занять виконувати

за вказівкою викладача.

- ✓ Не виливати в каналізацію залишки кислот, лугів, органічних та інших розчинів. Зливати їх у банку і склянки, спеціально призначені для цього.
- ✓ Після закінчення роботи помити руки з милом, зняти халат і повісити його в шафу, призначену для зберігання спецодягу.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

- ✓ У випадку, коли розбився прилад, склянка з агресивною рідиною, розлита значна кількість органічних розчинників (більш ніж 0,05л) і починають виділятися отруйні гази і пара, треба негайно вивести всіх студентів з приміщення і після цього приступити до ліквідації наслідків, користуючись засобами індивідуального захисту (халат, гумові рукавиці, респіратори, протигази):
 - загасити в приміщенні всі пальники і вимкнути всі електричні прилади;
 - відчинити вікна і зачинити двері;
 - розливу рідину засипати піском або тирсою і за допомогою дерев'яного совка або двох дерев'яних дощочок зібрати в тару;
 - провітрювання приміщення припинити тільки тоді, коли повністю зникне запах розливої речовини або газу.
- ✓ У разі травмування (поранення, порізи рук склом, опіки гарячими предметами, кислотами, лугами тощо) або при недомаганнях повідомте викладача. В особливо серйозних випадках необхідно негайно звернутись до лікаря.
- ✓ При пораненні склом видаліть скалки з рани, змажте краї рани розчином йоду і перев'яжіть бинтом.
- ✓ У випадку потрапляння на шкіру лугів або кислот слід негайно стерти їдку речовину сухою ганчіркою, промити залишки на шкіри великою кількістю води, а потім слабким розчином борної кислоти, у разі потрапляння на шкіру кислоти -слабким розчином питної соди.
- ✓ У разі потрапляння в очі будь-якої речовини негайно промийте їх великою кількістю води. Після цього, у разі потрапляння в очі кислоти накладіть ватний

тампон, змочений 3% розчином натрій гідрокарбонату, у разі потрапляння лугу - промийте додатково 2% розчином борної кислоти. Після заключного промивання чистою водою під повіки слід ввести 2-3 краплі натрій альбуциду з масовою часткою розчиненої речовини 30%. Після надання першої допомоги слід звернутися до лікаря.

✓ При опіку гарячою рідиною або гарячим предметом надання першої долікарської допомоги залежить від ступеню термічного опіку.

I - ураженням самого поверхневого шару шкіри (почервоніння шкіри і набряк);

II - епідерміс повністю гине і відшаровується (пухирі наповнені рідиною);

III - ураження шкіри на всю глибину (утворення некрозу);

IV - повна загибель усіх шарів шкіри (обвуглювання тканин);

При опіках першого ступеня треба промити уражені ділянки шкіри асептичними засобами, потім обробити спиртом - ректифікатом. По можливості варто охолодити уражену ділянку. При опіках другого ступеня до обпечених ділянок не можна доторкатися руками, проколювати пухирі і відривати прилиплі до місця опіку шматки одягу, не можна накладати мазі, порошки. Опіки II ступеня можна обробляти слабким розчином перманганату калію. При опіках II-III ступеня на опікову рану слід накласти суху стерильну пов'язку, після чого негайно звернутися до лікаря.

✓ У разі виникнення загоряння необхідно:

- вивести студентів з приміщення;
- повідомити пожежну охорону;
- зачинити вікна і двері, щоб вогонь не поширювався до сусідніх приміщень;
- вимкнути електромережу;
- приступити до ліквідації осередку вогню, при цьому легкозаймисті та горючі рідини і електропроводку слід гасити піском, вогнетривким покривалом, порошковим вогнегасником; знеструмлену електропроводку можна гасити водою або будь-якими наявними вогнегасниками; загорання у витяжній шафі ліквідується вогнегасниками після вимкнення вентилятора.

✓ У випадку займання горючих речовин швидко погасити пальник, вимкнути електронагрівальні прилади відставити посудину з вогнебезпечною речовиною та гасить пожежу:

- палаючі рідини прикрити азбестом, а потім, якщо потрібно, засипати піском, але не заливайте водою;
- палаючий фосфор погасити вологим піском або водою;
- у разі займання лужних металів погасити полум'я тільки сухим піском, але не водою.



РОЗДІЛ 1

СУЧАСНА ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ В УКРАЇНІ

Надзвичайно важливим фактором, що суттєво впливає на територіальну організацію всього соціально-економічного життя та ефективність виробництва в країні, є екологічний стан.

Основними факторами антропогенного впливу на навколишнє середовище в Україні є скиди забруднених стічних вод у природні поверхневі водні об'єкти, викиди шкідливих речовин в атмосферу, забруднення ґрунтів та тверді відходи промислових підприємств. Україна є однією з екологічно найбрудніших з усіх країн бувшого СРСР. Вона перенасичена хімічними, металургійними, гірничорудними виробництвами із застарілими технологіями.

Одне з перших місць серед екологічних проблем України посідає проблема води. Внаслідок завойовницького ставлення до природи зазнали руйнування екосистеми головних річок України. Водні об'єкти України забруднені переважно нафтопродуктами, фенолами, органічними речовинами, сполуками азоту та важкими металами (рис. 1.1). Найбільше забруднення води в Україні спостерігається у басейні Дніпра, а також на півдні країни та в Криму, де велика частка питної води надходить із зовнішніх джерел. У 2006 р. на території України, за даними гідрохімічних спостережень, зафіксовано 5 випадків екстремально високого забруднення поверхневих вод (рівень, який перевищує ГДК у 100 разів) і 622 випадки високого забруднення (рівень, який перевищує ГДК у 10 разів) за 10 забруднюючими речовинами.

З початку 90-х років у поверхневих водах України відзначалася сприятлива тенденція до зменшення вмісту мінеральних сполук азоту і фосфору, що було пов'язано зі зниженням надходження промислових і комунально-побутових стічних вод. Однак із відновленням виробництва вміст мінеральних сполук азоту в басейнах Дунаю, Дніпра, Дністра та Західного Бугу поступово підвищується.

Основні забруднювачі водних об'єктів – це промислові підприємства (2259 млн. м³) та об'єкти житлово-комунального господарства (1575 млн. м³) скинутих забруднених вод.

За останні роки в країні спостерігається тенденція до збільшення скидів забруднюючих речовин, зокрема промисловістю, сільським та житлово-побутовим господарствами.

Сільське господарство відносять до найбільших забруднювачів водних басейнів за обсягами викиді. Щороку на потреби сільськогосподарської галузі відбирається близько 2400 млн. м³ води. Зараз нараховують понад 150 сільськогосподарських водокористувачів які що безпосередньо впливають на кількість і якість водних джерел.

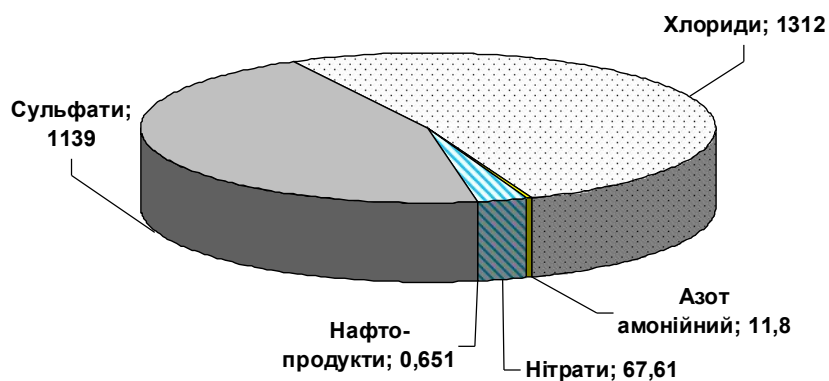


Рис.1.1. Об'єм скидів забруднюючих речовин у водні об'єкти України (станом на 2006 р.)

Зонами екологічної кризи є і наші моря - Азовське і Чорне. Водне середовище Азовського моря отруєно пестицидами, важкими металами, іншими отрутохімікатами. Як наслідок - загроза отруєнь при споживанні азовської риби. Складна екологічна ситуація і в Чорному морі, яке потерпає від отруєння сполуками аміаку та нафтопродуктів, забруднення промисловими і комунальними стоками. Основними забруднюючими компонентами Чорного і Азовського морів є ароматичні нафтові вуглеводнів, поліхлоровані біфеніли (ПХБ), ДДТ і його

метаболіти, ізомери гексахлорциклогексану (ГХЦГ), синтетичні поверхнево-активних речовин і деякі важкі метали. На рівень забруднення морських вод суттєво вплинули аварійні розливи з суден, постійне надходження у море сільськогосподарських і промислово-побутових стоків. Води з підвищеним вмістом нітратів (до 400–450 мкг/л) простягалися суцільною смугою уздовж північно-західного узбережжя. Найбільш небезпечним екологічним наслідком евтрофікації вод, є виникнення гіпоксії, що нерідко переростає в аноксію і сірководневе зараження вод. У найважчих випадках гіпоксія і замори охоплювали площу, яка перевищує 20 тис. км².

Встановлено, що основним джерелом надходження Купруму в моря є обробка виноградників сірчаною кислотою міддю. Середній вміст розчиненої форми міді у воді перебував на рівні 2,5 мкг/л (0,5 ГДК) при максимальних значеннях до 29,5 мкг/л (5,9 ГДК).

На рис. 1.2 показано обсяги скиду забруднювальних речовин у головні водоймища України. Найбільша кількість забруднених скидів припадає на ріки Дніпро, Сіверський Донець, Дністер, Південний Буг, Чорне та Азовське моря.

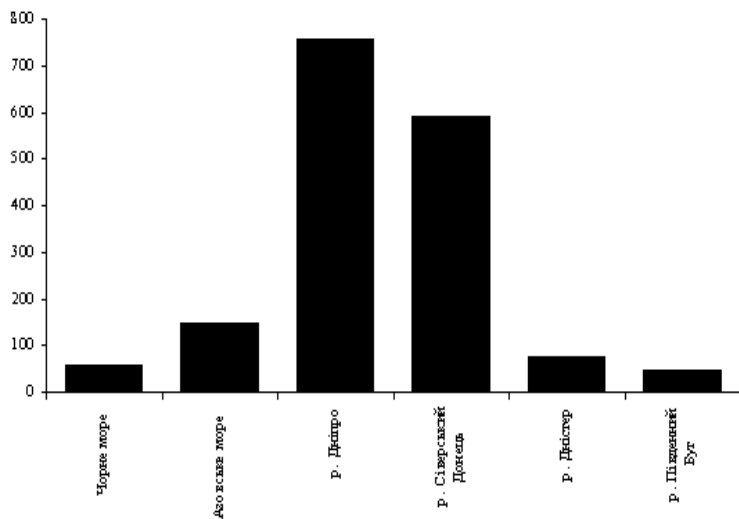


Рис.1.2. Кількість забруднювальних речовин, скинутих в основні ріки та моря України у 1998 р. (тис. т).

В Україні високий рівень забруднення атмосферного повітря. В деяких регіонах - Маріуполі, Кривому Розі, Запоріжжі - він є просто загрозливим. В багатьох районах забруднення повітря у десятки разів перевищує допустимі

норми. Останніми роками спостерігається збільшення обсягів викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин від стаціонарних та пересувних джерел забруднення, зокрема в 2006 р. вони зросли на 412 тис. т. (рис. 1.3).

Автотранспорт є найбільшим забруднювачем атмосферного повітря України. У 2006 році викиди шкідливих видів речовин в атмосферне повітря автотранспортом від використання окремих видів палива, зокрема бензину, у загальних обсягах викидів становили 88,6 %, у тому числі від автомобілів індивідуальних власників – 60,9 %.



Рис. 1.3. Динаміка викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення, 2000–2006 рр., (тис. т)

Основними забруднювачами атмосферного повітря у містах України є суспендовані тверді частинки (близько 27 % проб), окиси азоту (близько 23 %), окис вуглецю (близько 14 %), сірчистий газ (близько 9 %). У 2006 р. у 22 містах України рівень забруднення повітря був вищий за середній рівень по країні. В атмосферному повітрі міст визначено вміст 32 забруднюючих речовин, включаючи бенз(а)пірен і важкі метали. Ці речовини є основними складовими викидів підприємств паливно-енергетичного комплексу, обробної та добувної промисловості, транспортних засобів і сільського господарства. Найбільший обсяг викидів мають підприємства Донецько-Придніпровського регіону, його викиди становлять близько 80% від загального обсягу викидів по країні.

Спостерігається тенденція до зростання об'ємів викидів окремих забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу від стаціонарних джерел забруднення. Хоча, слід сказати, що згідно до програми по скороченню викидів парникових газів Україна має запас квот та у 2020 р. може збільшити викиди парникових газів максимум до рівня 70 % базового року, тобто близько 650,0 млн. тонн CO₂-еквіваленту щороку.

Найбільше перевищень ГДВ оксидів нітрогену зареєстровано у Дніпропетровській, Рівненській та Донецькій областях. Найбільше перевищень ГДВ диоксиду карбону, диоксиду сульфуру та сульфатної кислоти зареєстровано в Дніпропетровській області. Найбільше перевищень ГДВ пилу зареєстровано в Рівненській, Дніпропетровській та Донецькій областях. Перевищення ГДВ формальдегіду виявлено в Рівненській та Черкаській областях. На даний час маса викидів до атмосфери складає понад 100 кг на одного мешканця України.

Надмірна концентрація промислових об'єктів та автотранспорту на території України призвела до надзвичайного антропогенного навантаження на довкілля. Тому, незважаючи на тенденцію зниження обсягів промислових викидів в атмосферне повітря останніх років, проблема його санітарної охорони не втратила своєї актуальності.

Значної екологічної шкоди зазнають ґрунти внаслідок їхнього забруднення викидами промисловості, невмілого або надмірного використання в аграрному секторі засобів хімізації, урбанізації, а також забруднення значних площ внаслідок аварії на ЧАЕС.

Причини забруднення ґрунтів пов'язані з використанням хімічних речовин за порушення правил внесення і зберігання туків, органічних добрив, пестицидів, утворення промислових і побутових відходів, різних видів неззаражених стічних вод та їх осадів, що застосовуються як добрива, внесення відходів тваринництва, наявності на поверхні різних ґрунтів забруднювачів, що містяться у викидах в атмосферне повітря промислових підприємств і автотранспортних засобів, а також радіонуклідів унаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС, зберігання або постійного захоронення побутових і промислових відходів,

порушення правил видобутку, транспортування і переробки нафти та газу і розливання паливно-мастильних матеріалів.

Обстеження ґрунтів м. Луганська як приклад одного з найбільш техногенно небезпечних міст України виявило значний вплив фактора забруднення важкими металами на ґрунти і рослини міста. Перевищення фонових значень вмісту валових форм Cd становить 13 разів, Pb – 5,5, Cu – 5,8, Ni – 4,4, Zn – 5,6, Mn – 1,5. Рухомість Pb у ґрунтах міських городів у середньому вища в 2 рази, ніж на приміських територіях, Ni – в 1,6, Cu – в 1,8, Zn – у 6 разів, що обумовлено техногенним походженням металів. За даними спостережень самими забрудненими вважаються ґрунти мм. Костянтинівка та Маріуполь.

Руйнівного впливу, великої шкоди зазнав земельний фонд України. За останні 30 років його втрати перевищили 22 млн. га через розміщення на родючих землях промислових об'єктів, а також - твердих промислових відходів.

У структурі земельних угідь України найбільшою є питома вага сільськогосподарських земель (71,1 %). Найбільша питома вага забудованих земель у Донецькій, Дніпропетровській, а також Луганській та Львівській областях, найменша – в Миколаївській, Херсонській, Волинській, Рівненській та Чернігівській.

За даними Мінагрополітики України, у 2006 році порівняно з 1990 роком площа ріллі в Україні зменшилась на 0,99 млн. га (1,5 %).

Вже близько 70 тис. га ріллі повністю втратило гумусовий горизонт.

Забруднення ґрунтів у 2006 році відбувалось за рахунок використання та зберігання пестицидів і хімічних засобів захисту рослин. За даними Держсанепідслужби України, у 2006 р. не відповідали нормативам на пестициди – 7107 проб ґрунту, з яких 2,0 % не відповідають санітарним нормативам (у місцях виробництва продукції рослинництва – 3,2 %, у місцях застосування пестицидів та міндобрив – 2,4%). У Вінницькій, Житомирській, Запорізькій, Київській, Кіровоградській, Сумській областях накопичилось від 1000 до 2000 т не придатних до використання пестицидів, 25 % отрутоховищ перебуває в аварійному стані, 65 % – не паспортизовано.

Аналіз забруднення ґрунтів різними токсичними сполуками, свідчить, що близько 20 % території України перебуває в незадовільному стані.

Невирішеними залишаються проблеми зберігання і переробки відходів, які переважно накопичуються на звалищах і спеціальних полігонах. На даний час на території держави 56,5 % місць захоронення твердих побутових і промислових відходів III і IV класу небезпеки не відповідає санітарним нормам.

На території України накопичено більш ніж 17 млрд. тон промислових відходів. Їх обсяг щорічно зростає на 1 млрд. т. Це наслідок дуже щільного розміщення промислових підприємств.

За даними спостережень, середній вміст залишкових кількостей суми ДДТ у ґрунтах сільгоспугідь був значно нижчим від рівня граничнодопустимої концентрації і становив 0,06 ГДК. Загальна забруднена площа дорівнювала 0,02 % від обстеженої.

Підвищений вміст суми ДДТ відмічався у Мелітопольському районі Запорізької області в ґрунтах; у Миколаївському районі Миколаївської області в ґрунтах під садами.

Головним джерелом надходження поживних елементів у ґрунт є мінеральні та органічні добрива, яким сьогодні альтернативи немає. Проте, застосування мінеральних добрив в Україні перебуває на низькому рівні. На одиницю площі вноситься від 5 до 10 разів менша доза діючої речовини мінеральних добрив, у порівнянні зі середньосвітовим показником.

Зазначимо, що і за такими показниками як засоленість, солонцюватість, перезволоженість та ін. земельний фонд України має сталу тенденцію до погіршення. Так, наприклад, 9,6 млн. га сільськогосподарських угідь становлять кислі ґрунти, 0,5 млн. га – солонцюваті і 1,7 млн. га – засолені.

Проблемними темами у землеробстві країни є питання ерозії та підтоплення ґрунтів. Загалом щороку руйнується приблизно 200 тис. га земель.

Ще й нині в Україні діє 15 атомних енергоблоків, а три є недобудованими. Взагалі, в Україні було сконцентровано майже 40% всієї ядерної енергетики колишнього СРСР. Після вибуху на Чорнобильській АЕС в атмосферу було викинуто близько 50 т ядерного палива у вигляді дрібнодисперсних частинок

диоксиду урану, йоду-131, плутонію-139, цезію-137, стронцію-90 та ін. З 30-ти кілометрової зони було евакуйовано 200 тис. осіб, 75 млн. осіб одержали малу дозу опромінення. А концентрація радіонуклідів у Київському водосховищі та Прип'яті є небезпечною і перебільшує норму в 10 - 100 разів

Зараз є підстави говорити про радіонуклідне забруднення приземного шару атмосфери на прилеглих до ЧАЕС територіях яке відбувається в результаті виносу радіонуклідів з розвалу центрального залу 4-го блока через систему "Байпас". А наявність у зовнішній конструкції об'єкта "Укриття" нещільностей призводить до того, що при посиленні вітру, з будівлі в навколишнє середовище спрямовується потік пилових радіоактивних частинок.

В зоні відчуження спостерігаються істотні зміни фізико-хімічних форм і динаміки радіонуклідного забруднення в різних ландшафтах, збільшення мобільності радіонуклідів та їхньої біологічної доступності, а також пов'язаний з цим перерозподіл у компонентах водних і наземних екосистем.

Всі наведені дані доводять, що висновок фахівців про вкрай небезпечну екологічну ситуацію в Україні не є перебільшенням.

Нині в Україні є наявним досить численний перелік нормативів ГДК. Так, для водних об'єктів господарсько-питного водокористування встановлені нормативи ГДК для 420 видів шкідливих сполук; для водних об'єктів, що використовуються для народногосподарських цілей, 68 нормативів ГДК. Щодо нормативів ГДК хімічних сполук, які забруднюють атмосферне повітря, то вони існують для більш ніж 250 видів сполук.

Розвиваючи ідеї Ю. Ізраеля про обумовленість екологічної кризи масштабом допустимих для екосистем антропогенних втручань Качинський А.Б. розробив концепцію екологічного ризику. Згідно цієї концепції екологічний ризик створюється постійною присутністю в навколишньому середовищі потенційно небезпечних для здоров'я й безпеки людини техногенних сполук. При цьому вважається, що заходи, спрямовані на запобігання загроз з боку техногенних чинників, не усувають повністю ризик, а зводять його до мінімальної величини.

Характерною рисою екосистем України є те, що більшості з них властивий просторовий, а не локалізований характер забруднень. При цьому природне

середовище нерівномірно забруднене в масштабах регіону чи області. За таких умов вплив техногенних сполук на людину, популяцію чи екосистему оцінюється для розподіленого у просторі джерела, де відбуваються складні біогеохімічні перетворення при неперервному перерозподілі техногенних сполук в результаті трансформації та міграції.

Було розраховано інтегральний індекс регіональних рівнів екологічної небезпеки України. Згідно розрахунків дуже високий рівень екологічної небезпеки мають Донецька ($I=0,827$), Луганська ($I=0,606$), Дніпропетровська ($I=0,603$) та Київська ($I=0,414$) області.

Отримані результати свідчать про високий середньоукраїнський рівень екологічної небезпеки і неоднорідність регіонів України щодо інтегрального показника (рис.1.4.).

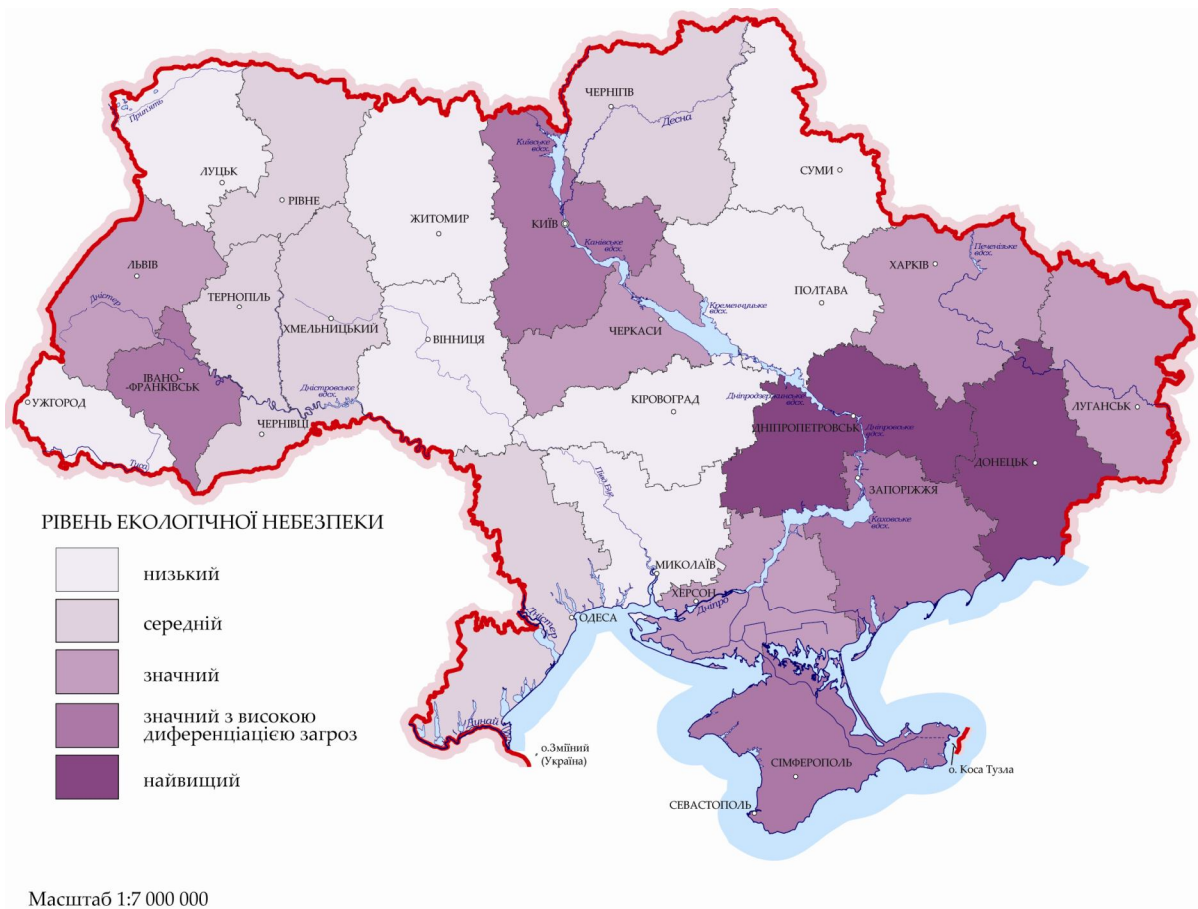


Рис.1.4. Групування регіонів України за рівнем екологічної безпеки

В останні 10 років відбулися певні позитивні зрушення, проявляється прагнення докорінним чином змінити підходи до розв'язання екологічних проблем. Відчувається вплив екологічного світогляду як на рівні масової свідомості, так і на рівні політичної і правової свідомості. Як можна судити з низки екологоорієнтованих законів, прийнятих в Україні в останні роки, покращення екологічного стану є державною справою. Вже декілька десятиліть існує і поширюється в Україні екологічний рух - "зелений рух", створюються і активно працюють екологічні організації - Українська екологічна організація, "Зелений світ", "Грінпіс-Україна", Національний екологічний центр України "Довкілля", Українська екологічна Ліга та інші.



КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Охарактеризуйте основні фактори антропогенного впливу на навколишнє середовище України.
2. Які забруднюючі речовини можна виявити у водних басейнах України?
3. Які галузі виробництва можна вважати основними забруднювачами водних об'єктів?
4. В чому полягає причина погіршення екологічного стану Азовського і Чорного морів?
5. Поясніть динаміку викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря України за останні роки?
6. Які речовини є найпоширенішими забруднювачами атмосферного повітря?
7. Охарактеризуйте кроки України згідно до Кіотського протоколу.
8. Проаналізуйте основні причини погіршення стану ґрунтів на Україні.
9. Які хімічні токсиканти найчастіше виявляються у ґрунтах?


10. Охарактеризуйте стан радіонуклідного забруднення повітря, водних об'єктів та ґрунтів України.
11. В чому полягають особливості регіонального розподілу України за рівнем екологічної безпеки?



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Афанасьєв С. О., Карпова Г. О., Савицький О. Л. Екологічні проблеми водокористування територій, що постраждали від аварії на Чорнобильській АЕС та рекомендації для населення. - К.: Ін-т гідробіології НАН України, 2005. - 90 с.
2. Ігнатенко М.Г., Малєєв В.О. Екологія і економіка природокористування: навчальний посібник. - Київ - Херсон: Айлант, 2002. - 287с.
3. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
4. Закон України про охорону навколишнього середовища -К.: Україна, 1999.
5. Каніло П. М., Пелепейченко В. І. Екологічні проблеми автомобільного транспорту: Навч. посіб. – Х.: Ін-т проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, Військовий ін-т внутрішніх військ МВС України, 2006. - 114 с.
6. Качинський А. Б. Концепція ризику у світлі екологічної безпеки України. / НІСД.; Сер. “Наукові доповіді”; вип.14, 1993. - 49 с.
7. Качинський А.Б., Глуцький Л.І., Сонкіна Г.Л. Інтегральні оцінки ризику екологічної безпеки регіонів України // Регіональна економіка – 2001. – №. 1. – С. 213-223.

8. Мельник Л. Г., Шапочка М. К., Білявський Г. О. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням: Підручник. - Суми: ВТД «Університетська книга», 2005. - 759 с.
9. “Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2006 році” / Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. – Київ, 2006. – 549 с.
10. Писаренко В.М., Писаренко П.В., Перебийніс В.І. Агроєкологія: теорія та практика / під за ред. В.М.Писаренка. - Полтава: ІнтерГрафіка, 2003. - 318 с.
11. Самчук А.І., Кураєва І.В., Єгоров О.С. Важкі метали в ґрунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу - К.: Наук. Думка, 2006. - 108 с.
12. Смаглій О.Ф., Кардашов А.Т., Литвак П.В. Агроєкологія: Навч. посібник - К.: Вища освіта, 2006. - 671 с.
13. Тимченко В. М. Экологическая гидрология водоемов Украины. - К.: Наук. Думка, 2006. - 283 с.
14. Триліс В. В., Щербак С. Д., Подобайло А. В. Природоохоронні проблеми в агроєкосистемах - К.: Новий час, 2006. - 56 с.
15. Шнюков Е. Ф., Маслаков Н. А., Кутний В. А. Атлас охрани природы Черного и Азовского морей. - С.-Пб, 2006. - 435 с.
16. Яцик А.В. Екологічна безпека в Україні. – К.: Генеза, 2001. – 216 с.
17. Яцик А.В., Грищенко Ю.М. Волкова Л.А. Водні ресурси, їх використання та охорона. Підручник. – Рівне, 2007. – 391 с.



РОЗДІЛ 2

ВИВЧЕННЯ МЕТОДІВ ВІДБОРУ ПРОБ ПОВІТРЯ, ВОДИ ТА ҐРУНТУ

Встановлення хімічного складу і фізичних властивостей елементів довкілля – повітря, води, ґрунтів – досить важке завдання і вимагає певних навичок. Особливістю повітря є його надзвичайна рухливість, тому забруднююча речовина в атмосфері може дуже швидко розсіятися, змінити своє місцеперебування, вступити в хімічну взаємодію з компонентами атмосферного повітря чи іншими забруднюючими речовинами. Це саме стосується і води, хоча вона менш рухливе середовище ніж повітря. Особливістю ґрунтів є їхня мозаїчність: на незначній території хімічний склад різних ділянок може значно відрізнятися за вмістом вологи, концентрацією ліофільних елементів, забруднюючих речовин, кислотністю тощо, що зумовлює і відмінності в рослинному і тваринному світі, які, в свою чергу, прямо чи опосередковано впливають на свій екотоп.

Склад повітря, поверхневих вод та ґрунтів взаємно впливають одне на одне. Його формують і живі організми, починаючи від найпростіших – мікроорганізмів – до вищих тварин. Однак найбільший коригувальний вплив на стан довкілля чинить господарська діяльність людини. Саме людина змінює довкілля до невпізнанності, будуючи житло, господарські об'єкти, транспортні артерії, видобуваючи корисні копалини та викидаючи й складаючи відходи виробництва.

Хімічний склад компонентів довкілля змінюється в часі та при зміні умов середовища: температури, вологості, тиску, наявності певних речовин. Він залежить також від характеру рельєфу та його геологічної будови, особливостей і обсягів техногенного тиску, динаміки фізико–географічних умов. Тому відбір проб (місце точок відбору, відстань між ними, обсяги зразків і особливості їх

зберігання тощо) має велике значення для вірного встановлення складу природних об'єктів, прогнозування забруднення та його поширення, визначення можливості й швидкості процесів самоочищення повітря чи поверхневих природних вод, загрози фотохімічного смогу під час розв'язання екологічних і народногосподарських завдань.

Відбір проб атмосферного повітря

Склад повітря та його кількість – один із найважливіших, життєво необхідних екологічних чинників, від яких залежать колообіги хімічних елементів, життєдіяльність живих організмів, функціонування всієї біосфери.

Забруднення атмосферного повітря, особливо в приземному шарі, аерозолями та газоподібними сполуками негативно впливає на здоров'я людей, рослинний та тваринний світ.

Відбір проб повітря є відповідальним етапом санітарно–хімічних досліджень повітряного середовища. Достовірність результатів аналізу знаходиться в прямій залежності від дотримання усіх необхідних умов при відборі проби, а саме: підбір фільтруючого матеріалу, який забезпечує повне поглинання даної речовини з повітря, тип та кількість поглинаючих приладів, швидкість аспірації повітря, об'єм аспіруючого повітря, охолодження поглинаючого приладу у час відбору проби та ін. Усі ці умови при розробці методу встановлюються шляхом досліджень для кожної речовини окремо.

Існують 3 способи відбору проб повітря: *обмінний, вакуумний і аспіраційний*. При *обмінному способі* проби повітря беруть з газоприймача (газові піпетки, посудини, гумова камера), пропускаючи досліджуване повітря крізь посудину в 10-разовому об'ємі або виливаючи з нього індиферентний розчин. *Вакуумний спосіб відбору* здійснюється в евакуйованій посудині; на місці відбору проб посудину відкривають і досліджуване повітря його заповнює. Для аспіраційного способу відбору необхідний аспіратор, що реєструє кількість протягнутого повітря, і поглинальні прилади.

Незважаючи на складність аспіраційного методу, його широко застосовують на практиці. Він базується на протягуванні певного об'єму повітря крізь фільтруючі матеріали або рідини поглинаючого середовища, в залежності від агрегатного стану препарату. При цьому слід зауважити, що об'єм аспіруючого повітря повинен забезпечувати визначення $\frac{1}{2}$ граничнодопустимої концентрації (ГДК) речовини, а час відбору не повинен перевищувати 30 хвилин. Для атмосферного повітря встановлено, що найбільш вірогідні данні, що відображають забрудненість повітря газами та пилом, отримують при нетривалому відборі проб. В цьому випадку фіксуються максимальні концентрації забруднюючих речовин, які мають найбільшу зацікавленість з екологічної точки зору.

Техніка відбору проб, у відповідності до вимог промислової гігієни та тісно пов'язаної з методами аналізу, які застосовуються, постійно видозмінюється. Удосконалюються прилади для відбору проб: поглинаючі прилади, прилади для забору повітря, спостерігається тенденція до заміни рідких поглинаючих середовищ твердими сорбентами, які володіють більшою активною поверхнею.

Санітарно-хімічний контроль атмосферного повітря передбачає відбір разових та середньодобових проб, що знаходять відображення, як в способах відбору, так і в приладах, які для цього застосовують.

При дослідженні атмосферного повітря на відстані до 3 км від джерела забруднення, пробу рекомендується відбирати рідинним поглиначем Ріхтера моделі 7Р в проміжок часу 4-5 хвилин, зі швидкістю аспірації 20 л/хв. На відстані до 10 км – в проміжок часу 2-3 хвилини поглинаючим приладом 10Р, зі швидкістю аспірації 50 л/хв.

Для широкого діапазону швидкостей аспірації повітря в даний час розроблені наступні моделі поглинаючого приладу Ріхтера (табл. 2.1).

Для протягування повітря крізь фільтруючі матеріали застосовують аспіратори різних типів: водяний аспіратор, при використанні якого дозволяється максимальна швидкість аспірації 2 – 3 л/хв; електроаспіратор, який дає можливість одночасно відбирати 4 проби повітря з швидкістю протягування від

0,1 до 20 л/хв. Цей прилад розраховано на роботу без перерви, протягом 3–х годин. Для відбору проб повітря у приміщеннях пожежонебезпечних категорій можна використовувати лише такі типи аспіраторів, при роботі яких виключається іскроутворення. Такий аспіратор або має акумулятори, або можуть бути підключені до акумуляторів трактору, автомашини та ін. Так, наприклад на приладі АЕР швидкість аспірації повітря складає від 2 до 25 л/хв.

Таблиця 2.1. Швидкість аспірації повітря різними типами моделей приладу Ріхтера

Тип моделі	Границі швидкості аспірації повітря, л/хв
1Р	0,5-5
3Р	1-15
7Р	2-20
10Р	2-50
12Р	3-100

Для поглинання високодисперсних аерозолів застосовують аналітичні аерозольні фільтри АФА (АФА-З – для проведення вагового аналізу, АФА-ХА – для проведення аналізу хімічним шляхом) або паперові фільтри „блакитна стрічка”. Фільтри АФА мають високу затримуючу та пропускну здатність – до 100 л/хв, невелику вагу (біля десятих долей граму), що в значній мірі знижує похибку визначення маси аерозолів ваговим методом.

Модернізовано поглинаючий прилад Зайцева, який широко застосовувався в аналізі повітряного середовища. Оптимальна швидкість аспірації крізь цей прилад складала, як відомо 0,5 л/хв. У цілях збільшення швидкості аспірації до 3 л/хв була змінена конструкція приладу.

Для відбору проб на газоподібні домішки є чи мало моделей приладів аспіраційного типу – апарат Мігунова (модель 822), В.Н.-2, В.Л.-П, Малюк-1, Малюк-2, ПРУ-4-150. Ці прилади мають загальний недолік – малу працездатність.

В цих же цілях пропонується використання мікрокомпресора МК-1 виробництва заводу „Мосавтоприлад”, який застосовують для аерації води в

акваріумах. Незначні конструктивні зміни – монтування штуцера до всмоктувального отвору помпи, включення в систему ротаметру РС-3А та перемикача, дозволили використовувати мікрокомпресор для всмоктування повітря крізь рідинний поглинач.

Методи аналізу повітря

Контроль за станом атмосфери здійснюють контактними і дистанційними методами.

За контактних методів аналізу проби повітря відбирають переважно аспіраційним методом. Поглиначі, які при цьому використовують, можна розподілити на три групи:

- **рідкі поглиначі** (фізична або хімічна абсорбція) – розчини кислот, лугів, солей: наприклад, аміак поглинають розчином сульфатної кислоти, оксиди сульфуру – лугом; отримані розчини можна аналізувати, здійснивши попереднє концентрування, видалення домішок (у разі потреби); їх використовують для поглинання парогазуватих речовин;
- **тверді поглиначі** – гідрофільні неорганічні матеріали (силікагель та молекулярні сита), гідрофобні (активоване вугілля), синтетичні макропористі органічні матеріали; вони поглинають гази, пароподібні речовини, рідкі аерозолі; для вилучення їх з пор твердого сорбента здійснюють термодесорбцію (через нагріту трубку пропускають гелій, азот, аргон) або екстракцію гексаном, бензолом, етанолом тощо;
- **фільтрувальні матеріали** використовують для вловлювання твердих аерозолів, після аспірації їх розчиняють у розчинах кислот чи лугів і отримані розчини аналізують.

Якісний аналіз газових сумішей проводять **органолептичним** або **індикаційним методом** з використанням пористих сорбентів.

Органолептично: за запахом - можна виявити гідрогенсульфур – сірководень H_2S , оксид сульфуру (IV) – сірчистий ангідрид SO_2 , оксид нітрогену (IV) – бурий газ NO_2 , бензол, хлор; за кольором – хлор, оксид нітрогену (IV).

Індикаційним методом визначають озон (побуріння паперу, обробленого розчином KI), гідрогенсульфур (почорніння паперу, обробленого розчином $Pb(NO_3)_2$), аміак (червоний лакмусовий папірець синіє).

Дистанційними методами за допомогою зондів, авіації, космічних супутників визначають турбулентність потоків повітря, пилове забруднення, вміст вологи, концентрацію окремих забруднюючих речовин. Так, наступного дня після аварії на Чорнобильській АЕС хмару радіоактивних аерозолів було виявлено над територією Західної Європи з японського супутника.

Вперше радіохвилі були використані для аналізу стану іоносфери (за відбиванням і заломленням хвиль), а в 1965р було складено карту хмарового покриву майже над усією земною поверхнею.

З метою встановлення ступеня забрудненості повітря кількома речовинами, що діють одночасно, використовують комплексний показник – **індекс забрудненості атмосфери (ІЗА)**. Для цього нормовані на відповідні ГДК середні концентрації домішок, які приводять до концентрації SO_2 і підсумовують. ІЗА показує, у скільки разів сумарне забруднення повітря перевищує ГДК SO_2 .

Точність хімічного аналізу атмосферних забруднювачів в значній мірі залежить від правильності заміру об'єму повітря, який проходить крізь поглинаючий прилад.

Відбір проб води

До водних об'єктів, які потребують хіміко-екологічного вивчення, належать океани, моря, річки, озера, штучні водойми, болота, підземні та стічні води.

Вода – менш мінливе, ніж повітря, середовище. Хімічний склад води, її фізичні характеристики, швидкість трансформації забруднюючих речовин залежать від **природних чинників**:

- хімічного складу ґрунту берегів і мулу,
- температури,
- різноманітності рослинного й тваринного світу водойм,

- швидкості течії,
- глибини водойм,
- рН води,
- вмісту розчиненого кисню,

та **антропогенних**, зокрема сусідства:

- тваринницьких ферм, звалищ,
- сільськогосподарських угідь, особливо рисових чеків та виноградників, де використовують різноманітні пестициди,
- промислових підприємств, енергетичних об'єктів,
- штучних водосховищ,
- місць скидання господарсько–побутових чи промислових стічних вод.

Стабільність та перетворення хімічних сполук у воді залежать від наявності інших речовин, які можуть аддитивно взаємодіяти між собою підсилюючи токсичний ефект. Зокрема, сполуки ртуті за наявністю органічних речовин здатні утворювати значно небезпечнішу для живих організмів сполуку – диметилртуть, хлор у надлишкових концентраціях хлорує органічні речовини до хлороформу та діоксанів.

Значною мірою впливають на хімічний стан водойм водонаповнення, скидання теплих вод, активація різних мікробіологічних процесів.

Місце відбору проб залежить від поставленого завдання. Проби води відбирають у маловодні і багатоводні періоди.

Відбір проб може бути *одноразовим (нерегулярним)* або *серійним (регулярним)*. Проба чи серія проб має бути характерною для місця відбору, а обсяг залежати від кількості компонентів, які визначаються, та обраної методики аналізу і зазвичай становить від 1 до 2 літрів.

Прості проби одержують одноразовим відбором об'єму води, необхідного для аналізу; *змішані* – це суміш простих проб, відібраних одночасно з різних місць досліджуваного об'єкту чи в одному місці через різні проміжки часу (вони характеризують склад води у просторі і часі). В окремих випадках, якщо стічні води скидаються у водойма, в яких аналізують воду, нерегулярно і в різних

кількостях, відбирають *середню пропорційну пробу* (суміш простих проб, об'єм яких пропорційний кількості скинутих стічних вод).

Проби води на хімічний аналіз слід брати на зустріч потоку з поверхні (0,2-0,5м), при цьому проба води обережно зачерпується (без перемішування) якою-небудь великою ємкістю (тазом, цеберкою), яка повинна застосовуватися тільки для цих цілей. Для відбирання глибинних проб застосовують спеціальні прилади – батометри.

Батометр - це спеціальної конструкції пробовідбірник для узяття води з різних глибин, являє собою порожній циліндр, постачений отвором із пристроєм, що замикається і відмикається тільки на заданій глибині, що визначається шкалою тросика, з'єданого з батометром. У найпростішому варіанті це може бути звичайна сулія великого об'єму з вантажем, який закріплений на пробці і прив'язаний до тросика з метричною розміткою. Батометр УИКТ-3 конструкції Л. В. Григор'євої і Г. В. Сатаневича являє собою металевий каркас, масивне дно якого забезпечує занурення батометра незаповненим. Спеціальний механізм для закриття приладу конусоподібною гумовою пробкою дозволяє встановлювати в ньому посудини різної ємності - від 0,1 до 3 л. Занурення батометра, заповнення посудини водою на заданій глибині з наступним закриттям забезпечують 2 шнури. Один кріпиться на стійці, інший на механізмі пристрою, що замикається.

У залежності від мети аналізу для відбору використовують металеві батометри для встановлення таких показників, як солоність (для морської й океанічної води), рН, лужність, визначення гідрогенсульфуру, пестицидів і біогенних речовин; пластмасові — для визначення вмісту важких металів, детергентів, фенолів, нафтопродуктів. Застосування батометрів і посуду зі скла рекомендовано для всіх інгредієнтів, включаючи радіонукліди, однак через крихкі властивості їх використання обмежується в експедиційних і польових роботах.

Особливу увагу слід звернути на чистоту пробовідбірників: їх ретельно миють синтетичними миючими засобами, розчином хлоридної кислоти, скляний – хромовою сумішшю, після чого промивають спочатку водопровідною, а потім дистильованою водою. Перед відбором проб посуд 2-3 рази промивають водою,

яку беруть для досліджень (для достовірності результатів відбирають одночасно по 2 проби).

Посуд заповнюють водою вщерть, тобто так, щоб не залишалося повітря, і закривають щільно пробкою.

Узята проба забезпечується супровідною документацією з даними: номера проби, дати відбору (рік, місяць, число, час), джерела і його місцезнаходження, місця відбору (відстань від поверхні води і від берега; для свердловин - позначення глибини), тривалості, метеорологічних умов (температури повітря, сили і напрямку вітру, опадів у день і за 10 днів до відбору), температури води, прізвища, хто робив відбір.

Відібрану пробу води аналізують впродовж 2-3 годин після відбору; остаточний термін – 12 годин. В іншому випадку її зберігають у холодильнику або консервують (способи підготовки проб наведені в табл.2.2).

Консервант може мати бактерицидні властивості, які перешкоджають розмноженню мікроорганізмів, запобігають гідролізу, осаджують той чи інший компонент води тощо.

Слід пам'ятати, що під час визначення окремих характеристик води консервування хімічними реагентами недопустиме (визначення кислотності, лужності, вмісту розчиненого кисню, аміаку тощо).

Універсального засобу консервування проб не існує, тому пробу поділяють на декілька частин і консервують різними засобами. Для стабілізації компонентів води, що легко руйнуються та швидко розкладаються, рекомендується охолодження води до 3-4 °С, а іноді і глибоке виморожування (-15-20 °С).

Деякі компоненти містяться в природних водах у маленьких кількостях і визначення їх концентрації проводять чутливими методами (полуменева фотометрія, мас-спектрометрія, люмінесценція тощо), що можна здійснити не в кожній лабораторії. З метою підвищення концентрації досліджуваного інгредієнта здійснюють його попереднє концентрування і далі проводять визначення доступними методами.

Методи концентрування поділяють на 2 групи.

До першої групи належать випаровування і заморожування (останнє має переваги, оскільки під час нагрівання виділяються з води леткі речовини, прискорюється гідроліз, відбувається дегазація і руйнування окремих органічних сполук). Об'єм розчину зменшується, а концентрація зростає (загальне концентрування).

Другу групу становлять методи, за якими загальний об'єм проби води не змінюється, а елемент, що концентрується переходить до іншої фази. Разом з концентруванням мікрокомпонентів усуваються домішки, що перешкоджають визначенню. До них належать адсорбція, хроматографія, екстракція, електрохімічне виділення (вибіркове концентрування).

Перед проведенням аналізу часто необхідно заздалегідь позбавитися від домішок, які перешкоджають визначенню.

Домішки усувають:

- *фізичними методами* (пропускання води крізь шар катіоніту чи аніоніту; нагрівання, якщо домішка летка; екстрагування органічними розчинниками чи попереднє зв'язування реагентами, що утворюють сполуку, яка переходить в органічну фазу; хроматографія);

- *хімічними методами* (окиснення або відновлення домішок; осадження у вигляді малорозчинних сполук; зв'язування у стійкі малодисоційовані комплекси; зміна рН, що зумовлює розчинення чи осадження домішок).

Таблиця 2.2 Способи підготовки проб води

Компонент, властивість	Спосіб підготовки	Термін аналізу	Особливості відбору і зберігання
рН	Не консервується	Під час відбору проб, або упродовж 6 годин	Посудину заповнити повністю, не нагрівати
Магній	Не консервується	Упродовж 2 діб	
Твердість	Не консервується	Упродовж 2 діб	
Кислотність	Не консервується	Під час відбору проб, або упродовж 1 доби	Посудину заповнити повністю, не нагрівати

Органічні речовини	Не консервується	У день відбору проб	
Сульфати Хлориди	Не консервується Не консервується	Упродовж 7 діб Упродовж 7 діб	
Лужність	Не консервується	Під час відбору проб, або упродовж 1 доби	Посудину заповнити доверху, зберігати при +4 ⁰ С
Ферум	Не консервується, або 2-4 мл хлороформу на 1 л	Не більше 4 годин, або упродовж 1 доби	
Кобальт, манган, купрум, нікель, п्लюмбум	3 мл нітратної кислоти (1,42г/см ³) на 1 л (до рН=2), або 5 мл хлоридної кислоти (1:1) на 1 л (до рН=2)	Упродовж 1-2 діб, або упродовж 1 місяця	
Нафтопродукти	2-4 мл хлороформу, або екстрагують хлороформом на місці відбору проб	Упродовж 1 доби	
Окиснюваність перманганатна	Не консервується, або 5 мл сульфатної кислоти (1:3) на 100 мл води	Не більше 4 годин, або упродовж 1 доби	Під час визначення врахувати кількість доданої кислоти
Окиснюваність дихроматна	Не консервується, або 1 мл сульфатної кислоти (1,84 г/см ³) на 1 л води	Не більше 4 годин, або упродовж 1 доби.	

Результат експерименту залежить від вибраного методу аналізу. Стандартна методика має бути перевірена на конкретній воді, яку аналізують, оскільки зміна компонентів, їх співвідношення чи умов середовища може зумовити необхідність коригування в ході аналізу.

Чутливість методу має відповідати вимогам; висока чутливість потрібна лише в разі дуже малих проб води. Точність визначення хімічного складу води залежить від його сталості, вірно підбраного місця відбору проб, забезпечення умов їх зберігання, методики аналізу, селективності методу.

Методи аналізу води

Контактні методи. Проби води відбираються у певних місцях.

Дистанційні методи. Аналіз води проводиться за допомогою супутників, літаків акустичними, радіолокаційними, флуоресцентними, спектроскопічними та ін. методами. Так, за допомогою акустичних хвиль визначають температуру і солоність вод відкритого океану, а також глибину, оскільки швидкість звуку при 1°C температури води зростає на 3 м/с; при 1 г солоності – на 1,2 м/с; при 10^6 Па (10 атм) тиску – на 1,6 м/с. Спектрофотометричним методом ($\lambda=400\text{-}700$ нм) з повітря у 1960-ті роки були здійснені перші виміри кольору водного середовища. Дистанційним методом за утворенням і утримання піни вітром визначають силу шторму, оскільки при 3 балах кількість піни зростає, при 7 – лягає смугами, при 8 – вся акваторія вкривається піною. Дистанційні методи дають можливість визначити ступень нафтового забруднення Світового океану: площу покриття, товщину плівки, приблизний хімічний склад, просторово-часову динаміку цих показників. В інфрачервоній ділянці спектра коефіцієнти відбивання чистої і забрудненої нафтою поверхонь дуже різняться. Активні надвисокочастотні радіолокаційні методи виявляють плями вночі, в тумани, під час шторму в 2 бали. Надзвичайно чутливий метод аналізу – флуоресцентний – дає змогу виявити нафту за концентрації до 10^{-10} г в 1 л води.

Відбір проб ґрунту

Особливістю вивчення екологічного стану ґрунтів, на відміну від атмосфери і вод, є необхідність ранньої діагностики порушень: засолення, закисання, забруднення, зміни структурно-механічних характеристик.

Для ґрунтів характерна зональність — сусідні ділянки можуть мати різний хімічний склад, що зумовлено рослинністю, глибиною залягання ґрунтових вод, материнською породою, освітленістю тощо. Тому при аналізі ґрунтів відбирають середню пробу, що характеризує ґрунт на певній території.

Розташування точок відбору надзвичайно важливе для подальших досліджень. В ідеалі відбір зразків повинен відбуватись рівномірно по площі. Повністю рівномірна сітка точок відбору зразків не може бути використана, якщо вона збігається з рівномірно розташованими дренажними каналами, деревами або при стрічковому внесенні добрив. У цих випадках, із точки зору статистиків, доцільно вводити певний ступінь рандомізованості (випадковості) у точках розташування відбору зразків для врахування незакономірних варіацій. При повністю рандомізованому способі відбору бурові проби розташовують абсолютно випадково (рис. 2.1а), хоча не всі точки відбору можуть бути надалі проаналізовані через брак коштів. Кращим компромісом між закономірним і рандомізованим розташуванням точок відбору є розташування окремих точок відбору рандомізовано у межах однорідних умов, наприклад, ґрунтової відміни. Такий спосіб називається стратифікованим рандомізованим (рис. 2.1б), тоді точки відбору рандомізовано розташовані або у середині площі одного ґрунтового різновиду, або з однаковою історією. З кожної точки відбирають по 100-200 г ґрунту.

Глибина відбору зразків залежить від культури і тих показників, які збираються визначати. Зразки ґрунту для загальноприйнятих досліджень відбирають на глибині 0-20 см. Виняток становлять ті випадки, коли проводять дослідження вмісту мобільних показників - NO_3^- і SO_4^{2-} , для оцінки впливу рН на рухомість гербіцидів; для вивчення можливої міграції політантів вглиб по профілю ґрунту. Відбір зразків із меншої глибини, ніж вказано вище, або більшої (до 1,5 м) чітко вказано в методиці.

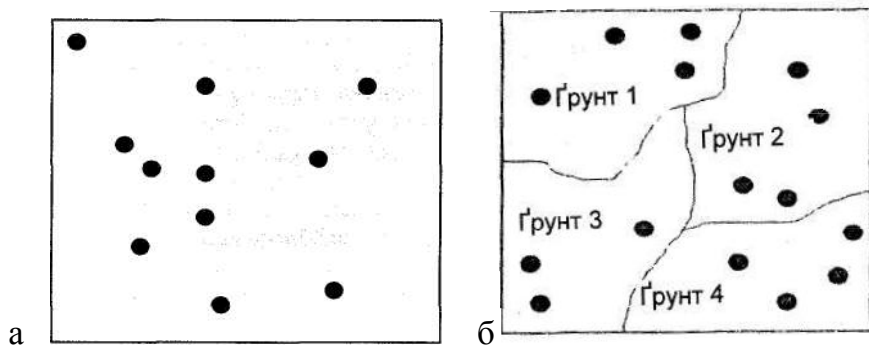


Рис. 2.1. Приклади способів відбору зразків

Вибір стратегії відбору зразків залежить від того, скільки зразків необхідно відібрати і яким способом. Ефективність відповіді на ці запитання полягає у врахуванні наступних положень:

- очікуваного коефіцієнта варіацій (C_V) показників, що будуть досліджуватись;
- інформації про характеристику місцевості;
- кількості специфічних ділянок (впливає на вибір методу відбору зразків);
- можливості використання різних методів відбору зразків;
- обмежень у часі, робочій силі, фінансовому забезпеченні.

Підготовка зразків до аналізу включає: змішування бурових проб для підготовки середнього зразка, транспортування зразка з поля до лабораторії, висушування, розмелювання, просіювання і зберігання у лабораторії.

Для відбору зразків ґрунту використовуються різноманітні пристрої - ґрунтові бури, шурфи, гідравлічні пробовідбірники, лопати і совки. Головна умова для використання тих чи інших приладів для відбору і змішування зразків - щоб вони не забруднювали ґрунт. Для цього треба подбати, щоб знаряддя були виготовлені з відповідного матеріалу.

У випадку опробування шурфів при малопотужних ґрунтових горизонтах застосовують метод задиркових проб - шляхом "задирки", тобто відбивання рівного шару ґрунту по всій його оголеній товщині шурфу.

При дослідженні ґрунтового розрізу зразки ґрунтів відбирають профільно-гніздовим методом. Для цього закладають шурф глибиною 2 м, а при високому заляганні ґрунтових вод - за їх рівнем; роблять детальний опис розрізу за стандартною шкалою кольорів; відбирають проби по вертикальній лінії і з дна шурфу, вирізуючи їх у формі кубика заввишки 8-12 см. З кожного генетичного горизонту відбирають проби масою 1 кг.

Відібрані бурові проби з ділянки дослідження змішують у чистому контейнері, бажано пластиковому, і добре перемішують. Надлишки ґрунту після цього відкидають. Зразки упаковують у поліетиленові або бавовняні мішечки (зазвичай зі світлої тканини, якщо немає побоювань попадання цинку з бавовняної тканини в зразок і перекручування результатів аналізу). Як

пакувальні матеріали використовують восковий папір або пергамент, алюмінієву фольгу, крім обгорткового паперу через небезпеку внесення бору. Мішечок нумерують, запис зазвичай роблять на приклеєному шматочку лейкопластиру.

До проб оформлюють паспорт із указівкою номера; дати; місця і глибини відбору; речовини (або речовин), що слід визначити; прізвища і посади осіб, що відібрали пробу.

Зразки ґрунту необхідно доставити у лабораторію як найшвидше, щоб запобігти змінам у концентрації речовин, які можуть відбутися до висушування. Доставлені у лабораторію зразки висушують при помірній температурі (біля 50°C), розмелюють, просівають, як правило, через сито з діаметром отворів 2 мм. У деяких випадках рекомендовано зберігати зразки у природно зволоженому стані, тому що у процесі висушування можуть відбуватися втрати. Це стосується визначення NO_3^- , коли зміни концентрації цієї сполуки можуть відбуватися і при зберіганні. При довготривалому зберіганні зразків в умовах природного зволоження і високої температури може відбуватись підвищення концентрації NO_3^- (за рахунок мінералізації органічних сполук азоту і нітрифікації). При зберіганні зразків природно зволжених у прохолодних умовах можливе зменшення вмісту NO_3^- (за рахунок процесів денітрифікації).

Методи аналізу ґрунтів

При хімічному аналізі ґрунтів широко використовують різноманітні витяжки – кислотні, сольові, водні. Витяжкою з ґрунту називають суму сполук, які розчинені у розчиннику, яким впливають на ґрунт. Розчинником може бути вода, а також розчини лугів, кислот та солей.

За ступенем розчинності можна виділити наступні групи хімічних сполук ґрунту:

1. До легкорозчинних сполук відносять хлориди натрію, магнію та кальцію; бікарбонати натрію, кальцію та магнію; карбонати натрію; сульфати натрію та магнію; нітрати, нітроти та деякі інші. Сполуки цієї групи легко розчиняються в дистильованій воді. В таблиці 2.3. наведені дані про

розчинність у воді деяких солей розповсюджених у ґрунтах. Крім перелічених мінеральних солей, у воді розчиняються деякі органічні сполуки (водорозчинна частина гумусу).

2. Середньорозчинні сполуки погано розчиняються у воді, але добре – у слабких розчинах кислот. До цієї групи відносяться карбонати кальцію та магнію, сульфати кальцію та частково гідроксиди заліза. Ці сполуки розчиняються у воді в 1000 разів гірше за легкорозчинні сполуки. Карбонати кальцію та магнію та сульфат кальцію добре розчиняються в соляній кислоті (концентрація 5-10%); велика концентрація кислоти негативно відображається на розчинності сульфату кальцію. Гідроксиди заліза розчиняються в 5-10% соляній кислоті гірше, ніж карбонати та сульфати.
3. Деякі хімічні сполуки не розчиняються ні у воді, ні у слабких кислотах, але добре розчиняються у лугах. Прикладом цих сполук є гумінові кислоти та їх солі, аморфний оксид кремнію та деякі інші утворення. Ці сполуки зазвичай розчиняються 10% розчином соди або 1 н. розчином їдкого натру.

Таблиця 2.3. Розчинність деяких мінеральних солей у воді при 20⁰С

Солі	Концентрація (г/л)
Легкорозчинні солі	
NaCl	264,9
MgCl ₂	353,0
CaCl ₂	427,0
Na ₂ SO ₄	161,0
MgSO ₄	262,0
Na ₂ CO ₃	178,0
Важкорозчинні солі	
CaSO ₄	2,0
CaCO ₃ (в залежності від вмісту CO ₂ в повітрі)	0,06-0,09

Основними хімічними методами, що використовуються, є екстракція і отримання рівноважних сумішей. Інші полягають у хімічному або термальному окисленні (для визначення органічної речовини ґрунту). Хімічна екстракція майже завжди проводиться зі зразками, що були попередньо висушені, розмелені і просіяні. Для більшості аналізів ґрунтів процес полягає у відборі маленької порції - наважки, яка представляє весь зразок (від 1 до 10 г або мл). Наважку переносять у екстракційну посудину (колба, склянка, екстракційна пляшечка), додають відомий об'єм (від 10 до 100 мл) екстрагенту, перемішують точно визначений період часу (від 10 хв. до кількох годин), фільтрують і аналізують фільтрат за показниками, що цікавлять експериментатора.

Хімічні властивості ґрунтів не завжди можна визначити за допомогою екстракції. Інший широко вживаний метод - встановлення рівноваги. За вимогами цього методу, до наважки ґрунту додають розчин, суспензію перемішують короткий період часу і проводять вимірювання певних показників у суспензії. Такий підхід використовують для визначення рН ґрунту, потреби у вапнуванні і кількості розчинних солей. У деяких лабораторіях використовують титриметричні методи для визначення кислотності. При цьому кислоти попередньо вилучають із ґрунту дією розчину нейтральних солей (1М КСl) і титрують кислотні екстракти (наприклад, 0,1М NaOH). Методи визначення органічної речовини ґрунту походять від реакцій вологого озолення за кількістю вуглецю, який може бути окислений $K_2Cr_2O_7$. Інша можливість - окислення при високій температурі (360°C) для визначення втрати маси проби за рахунок втрати органічної речовини.

Достатньо часто для аналізування готують водну витяжку з наважки ґрунту. Водна витяжка дає уявлення про вміст у ґрунті водорозчинних органічних та мінеральних речовин, які складаються у своїй більшості з простих солей. Солі, які розчинні у воді, можуть бути шкідливими. За ступенем шкідливості їх можна розташувати, як: Na_2CO_3 - $NaHCO_3$ - $NaCl$ - $CaCl_2$ - Na_2SO_4 - $MgCl_2$ - $MgSO_4$. Вміст Na_2CO_3 (навіть 0,005%) викликає загибель рослин у засоленому ґрунті. У кислих заболочених та торф'яно-болотних ґрунтах шкідливим для рослин є надлишок вмісту водорозчинних сполук заліза (II), марганцю, алюмінію. Аналіз водних

витяжок при визначені причини засоленості ґрунтів доповнюють аналізом ґрунтових вод. У таблиці 2.4. дана класифікація ґрунтів за вмістом токсичних солей.

Таблиця 2.4. Класифікація ґрунтів за їх засоленістю

Ступінь засоленості	Тип засоленості (масові долі %)			
	Хлоридний	Сульфатно-хлоридний	Содово-хлоридний та хлоридно-содовий	Содово-сульфатний та сульфатно-содовий
Незасолені ґрунти	0,03	0,05	0,10	0,15
Слабко-засолені ґрунти	0,10-0,30	0,05-0,12	0,10-0,15	0,13-0,20
Середньо-засолені ґрунти	0,10-0,30	0,12-0,35	0,15-0,30	0,25-0,35
Сильно-засолені ґрунти	0,30-0,60	0,35-0,70	0,30-0,50	0,35-0,60
Дуже сильно засолені ґрунти	0,60	0,70	0,50	0,60


Фізичні методи зазвичай використовують для недеструктивних аналізів і дистанційних методів. У лабораторних аналізах дуже важко виділити чисто фізичні або хімічні методи, тому що найчастіше об'єктом дослідження є залежність між хімічними (концентрацією) і фізичними властивостями. Тому було б правильніше оцінювати більшість лабораторних методів аналізу ґрунтів як фізико-хімічні.

Дистанційними методами користуються для отримання оперативних даних про температуру, вологість, засоленість, вміст гумусу у вертикальному розрізі ґрунту, товщину снігового покриву, стан рослинності.

Радіоактивність, визначена аерометадами, характеризує тип ґрунту: для чорноземних і каштанових ґрунтів вона вища, ніж для лісових і підзолистих; концентрація радіонуклідів зростає при збільшенні частки глинистої фракції.

Інформація, отримана дистанційними методами, дає змогу визначити не лише стан ґрунтів, а й стан посівів: біомасу, площу покриття ґрунтів рослинністю, полягання, захворюваність, пошкодження шкідниками, забур'яненість, ступінь розвитку рослин.

РОБОТА № 1 Розрахунок оптимального об'єму повітря при відборі проб та результатів аналізу.

 **Мета роботи** – сформувати практичні навички розрахунку оптимального об'єму повітря при відборі проби для аналізування.

Принцип методу. Розрахунок оптимального об'єму повітря при відборі проби враховує чутливість методу, значення ГДК певної речовини, відібраний об'єм проби.

Матеріали та обладнання. Аспіратор, скляночки з пробками.

Хід роботи

Розрахунок оптимального об'єму повітря. Відбір проб припускає повне вловлювання аналізуючої речовини з повітря, при цьому кількість цієї речовини повинна бути достатньою для його надійного визначення певним методом аналізу. Мінімальна концентрація речовини, яка підлягає чіткому та надійному

визначенню, залежить від кількості повітря, яке пропущене при відборі проб крізь поглинаючу систему. Аспірація зайвих та недостатніх об'ємів повітря приводить до зниження достовірності аналізів.

Розрахунок об'єму повітря (V_0 , л), який доцільно протягнути при відборі проби, провести за наступною формулою:

$$V_0 = \frac{a \cdot V}{\frac{1}{2} \cdot C_0 \cdot V_1} \quad (2.1)$$

a – чутливість застосованого методу, мкг

$\frac{1}{2} C_0$ – половина гранично-дозволеної концентрації речовини, мг/м³

V – загальний об'єм проби, мл

V_1 – об'єм проби, який відібрали для аналізу, мл

Так як проби повітря для аналізу було відібране при різних температурах та тиску, то необхідно об'єм отриманого повітря привести до нормальних умов.

Приведення об'єму повітря до нормальних умов здійснюється у відповідності до закону Бойля-Маріотта та Гей-Люссака:

$$V_0 = \frac{V_1 * 273 * P}{(273 + t) * 760} \quad (2.2)$$

V_1 – об'єм досліджуваного повітря, л

P – барометричний тиск на час відбору проби, мм рт.ст.

t – температура повітря на час відбору проби, °С

Розрахунок результатів аналізу. Більшість з відібраних проб може бути транспортовано до лабораторій і тільки деякі з них повинні бути проаналізовані на місці. Це вказано у методиках. Для транспортування проби перенести з поглиначів до скляночок і щільно зачиняють пробкою. Фільтри також

рекомендується перенести до скляночок. Строки зберігання проб для кожної речовини різні. Загальні правила – не відкладати аналіз.

Речовина, яку досліджують для хімічного аналізу, відокремлюється від фільтруючого матеріалу розчинником; у деяких випадках саме на фільтрі проходять усі операції, які вказані у методиці.

Для розрахунку концентрації досліджуваної речовини у повітрі в мг/м³ (X) застосувати наступні формули:

$$X = \frac{A * B}{C * V_0} \quad (2.3)$$

де А – кількість речовини, яку знайшли у аналізуючому об'ємі, мкг

В – загальна кількість аналізуючого розчину, мл

С – кількість аналізуючого розчину, яку відібрали для аналізу, мл

V₀ – об'єм аналізуючого повітря, який доведено до нормальних умов, л

$$X = \frac{A}{V_0} \quad (2.4)$$

де, А – кількість речовини, яку знайшли в загальному об'ємі аналізуючого розчину, мкг

V₀ – об'єм аналізуючого повітря, який доведено до нормальних умов, л

$$X = \frac{A * B * 1000}{C * V_0} \quad (2.5)$$

де, А – кількість речовини, яку знайшли у аналізуючому об'ємі, мг

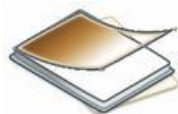
В – загальна кількість аналізуючого розчину, мл

С – кількість аналізуючого розчину, яку відібрали для аналізу, мл

V₀ – об'єм аналізуючого повітря, який доведено до нормальних умов, л


$$X = \frac{A * 1000}{V_0} \quad (2.6)$$

де, А – кількість речовини, яку знайшли у всьому аналізуючому об'ємі, мг
V₀ – об'єм аналізуючого повітря, який доведено до нормальних умов, л.



Записати хід роботи в лабораторному журналі та зробити висновки за розрахунками результатів аналізу проб в повітрі.

РОБОТА № 2 Підготовка проби води для аналізу на вміст шкідливих речовин у водоймах

 **Мета роботи:** навчитися відбору проб води у водоймах для визначення в них шкідливих речовин.

Матеріали та обладнання. Цеберка, хімічні скляні склянки, лійка, хромова суміш, дистильована вода.

Хід роботи

Ретельно вимиваємо скляний посуд, для відбору проби води, хромовою сумішшю, після чого промиваємо спочатку водопровідною, а потім дистильованою водою.

Перед відбором проби посуд 2-3 рази промиваємо водою, яку беремо для досліджень (для достовірності результатів відбираємо одночасно по 2 проби).

Вибираємо місце для відбору проби води. Поруч з місцем відбору проби води не повинно бути ні якого сміття, а вода не повинна бути каламутною. Пробу води обережно зачерпуємо (без перемішування) цеберкою. Цеберка повинна бути чистою і застосовуватися тільки для відбору проб води.


Посуд заповнюємо водою повністю (за допомогою лійки) таким чином, щоб не залишалось повітря, і закриваємо щільно пробкою.

Готуємо супровідну документацію з даними:

- номер проби,
- дата відбору (рік, місяць, число, час),
- джерело і його місцезнаходження,
- місце відбору (відстань від поверхні води і від берега),
- тривалість,
- метеорологічні умови (температура повітря, сила і напрям вітру, опади у день і за 10 днів до відбору),
- температура води,
- прізвище, хто робив відбір.

Записати хід роботи в лабораторному журналі та зробити висновки з методики підготовки проби води для аналізу.

РОБОТА № 3 Підготовка середньої проби ґрунту.

 **Мета роботи** – навчитися відбирати середню пробу повітряно-сухого ґрунту методом квартування та готувати її для аналізу.

Принцип методу. Метод підготовки проби ґрунту базується на перемішування, перемеленні та переведенні первинної середньої проби методом квартування до зразка, що відповідає вимогам наважки аналізованого матеріалу.

Матеріали та обладнання. Терези, сито, шпатель, фарфорова ступка з пестиком, фільтрувальний папір, конічні колби, лійки, склянки, вода дистильована кип'ячена.

Хід роботи

Більшість аналізів проводять зі зразками ґрунту у повітряно-сухому стані. Тому первинну пробу ґрунту висипати на піддон рівним шаром, вилучити сторонні домішки (листя, кору, грудки, коріння, сміття). Описати структуру ґрунту (розсипчастий, грудкуватий, кам'янистий тощо) та його склад (наявність і кількість сторонніх включень, переважаючий тип). Залишити ґрунт для висихання.

Пробу повітряно-сухого ґрунту висипати рівним шаром в 1-2 см на аркуш паперу і надати форму прямокутника, поділити його на чотири прямокутники або чотири трикутники (рис. 2.2) і два з них відкинути, а два з'єднати, перемішати і знову зменшити пробу методом квартування до 300—500 г. Ґрунт зважити.

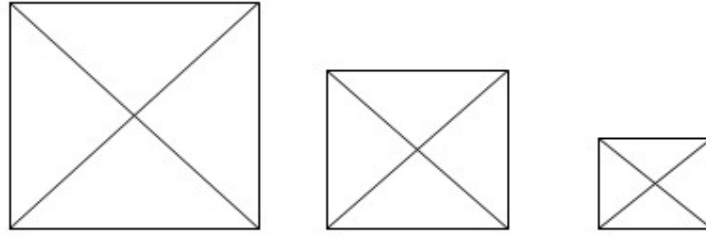
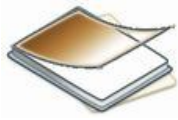


Рис 2.2. Квартування проби ґрунту.

Порції ґрунту розтирати дерев'яним шпателем у фарфоровій ступці і просіювати крізь сито з отворами 1 мм. Частину ґрунту, що залишилася на ситі, зважити і визначити її вміст у відсотках від загальної маси ("ґрунтовий скелет").


ґрунт, який пройшов крізь сито, називають "дрібноземом" і використовують для аналізу. Просіяний зразок зберігати у паперових пакетах.

Для приготування водної витяжки 100 г ґрунту перенести до склянки на 750-1000 мл, додати п'ятикратний об'єм дистильованої води, вільної від вуглекислого газу. Склянку закрити пробкою та збовтати 5 хвилин. При дослідженні засолених ґрунтів проводити збовтування протягом 2 годин з послідовним відстоюванням на протязі доби або тільки збовтуванням протягом 6 годин. Витяжку фільтрувати. Фільтрат повинен бути прозорим.



Записати хід роботи в лабораторному журналі, описати структуру та склад ґрунту, отримати водну ґрунтову витяжку та зробити висновки про методи підготовки ґрунту для аналізу.

РОБОТА № 4 Визначення радіаційного забруднення території радіометрами різних типів

 **Мета роботи:** Навчитися працювати з радіометрами різних типів, та визначати з їх допомогою рівень радіаційного забруднення навколишнього середовища.

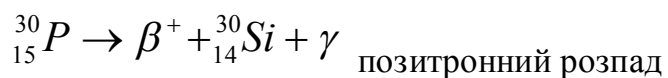
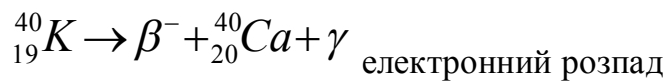
Принцип методу. Метод базується на реєстрації радіометрами виникаючого іонізаційного струму під дією випромінювання. Метод дозволяє вимірювати рівень радіаційного фону в місцях проживання і праці населення, контролю радіаційної чистоти території, поверхні ґрунту тощо.

Матеріали та обладнання. Радіометри КРБ-1, КРА-1, СРП-68-01.

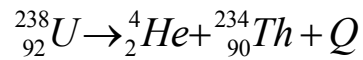
Випромінювання радіоактивних речовин може бути трьох видів: α , β і γ .

γ -промені: електромагнітні хвилі, аналогічні рентгенівським. Здатні проникати через різноманітні матеріали. Становлять основну небезпеку для людей, бо іонізують клітини організму.

β -промені: уявляють собою потік електронів. Швидкість їх руху інколи досягає швидкості світла. Проникаюча здатність менша, ніж у γ -променів, але іонізуюча дія у сотні разів більша.



α -промені: потік ядер атомів гелію, характеризується дуже високою іонізуючою дією, і тому дуже небезпечні у разі проникнення всередину організму. Область розповсюдження у повітрі – 10 см, тому одяг та засоби індивідуального захисту їх повністю затримують.



Основні методи виявлення і вимірювання іонізуючих випромінювань:

✓ *фотографічний метод* засновано на впливі іонізуючих випромінювань на світлочутливий шар фотоплівки, щільність потемніння якої пропорційна дозі опромінення.

✓ *хімічний метод* ґрунтується на здатності іонізуючих випромінювань спричиняти хімічні зміни деяких речовин, що супроводжується появою нового забарвлення розчину цих речовин.

✓ *сцинтиляційний метод* використовує явище світіння деяких речовин під впливом іонізаційних випромінювань. Кількість спалахів пропорційна інтенсивності випромінювання.



Рис. 2.3. Набір радіометричних приладів випромінювань.

✓ *іонізаційний метод* використовує явище іонізації атомів речовин під впливом іонізаційного випромінювання, внаслідок якого електрично-нейтральні атоми розпадаються і утворюються іони. В сучасних дозиметричних приладах найбільш розповсюджений іонізаційний метод знаходження та вимірювання іонізуючих

Основними елементами дозиметрів-радіометрів є приймальний пристрій, підсилювач іонізаційного струму, вимірювальний прилад, перетворювач струму, джерело живлення.

Приймальний пристрій складається з іонізаційної камери і газорозрядного лічильника.

Іонізаційна камера – це заповнений газом замкнутий простір з двома ізолюваними один від одного електродами, корпус камери вкритий зсередини шаром струмопровідної речовини. Під дією іонізаційного випромінювання деякі молекули газу втрачають електрони і стають позитивно зарядженими іонами, які під впливом електричного поля переміщуються, і в ланцюгу камери виникає іонізуючий струм. Величина цього струму пропорційна величині радіоактивного випромінювання. Вимірювач потужності дози (рентгенметр) призначений для вимірювання рівнів γ -радіації і радіоактивної зараженості різноманітних предметів γ -випромінюванням. Крім того, приладом можна виміряти і рівень β -випромінювання.

Хід роботи

Порядок роботи з радіометром КРБ-1:

Перед роботою в положенні УСТ НУЛЯ встановити нульове показання приладу. Якщо стрілка приладу відхиляється в положення ПРОВ. ПИТАННЯ вліво від мітки «0» необхідно замінити акумулятори.

Компенсацію показань від γ -фону проводити ручкою УСТ.НУЛЯ, для чого необхідно закрити заглушкою робоче вікно. Періодичну перевірку проводити за контрольним β -джерелом.

Порядок роботи з радіометром КРА-1:

Радіометр КРА-1 призначений для вимірювання α -забруднення поверхонь. Діапазон вимірювання від 1 до 10^4 розп./хв.см².

Перед вимірюванням в положенні УСТ.НУЛЯ встановити нульове показання приладу. Якщо стрілка приладу відхиляється в бік положення ПРОВ.ПИТАНИЕ вліво від мітки «0», необхідно замінити акумулятори.

Порядок роботи з радіометром СРП-68-01:

Перемикач режиму роботи встановити в положення «Вykl». Відвернути гвинти, відкрити кришку батарейного відсіку і встановити комплект елементів живлення, звертаючи увагу на додержання правильної полярності підключення елементів згідно з маркуванням на елементі.

Перемикач режиму роботи перевести в положення «Бат» і перевірити напругу живлення (8-15 В). Якщо напруга менша за 8 В, необхідно замінити елементи живлення.

Перемикач режиму робіт перевести в положення «5В». Вихідна напруга стабілізатора повинна бути $5 \pm 0,03$ В.

Перемикач режиму перевести в положення «5с» або «2с». Притуливши блок детектування до контрольного джерела ^{60}Co перевірити показання приладу, які повинні відповідати величині, що записана в паспорті або свідоцтві про держперевірку приладу.

Допускається введення в результати вимірювань поправочного коефіцієнту, який визначається за формулою:

$$K = P_{\text{кc}} / P_{\text{кр}} \quad (2.7)$$

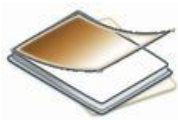
де $P_{\text{кc}}$ – показання від контрольного джерела, зафіксованого в свідоцтві про держперевірку;

$P_{\text{кр}}$ – показання від контрольного джерела, виміряного до початку роботи.

Перевірити платолічильну характеристику ФЕУ, для чого, не змінюючи положення контрольного джерела на блоці детектування, натиснути кнопку «Контр». Показання приладу при цьому повинні зберегтися в межах 90% від початкового.

Для вимірювання потужності експозиційної дози γ -фону детектор розміщують вертикально на відстані 80-100 см від поверхні землі. Послідовно перемикаючи діапазони вимірювань від 3000 до 30 мкР/год визначити діапазон вимірювань на якому стрілка амперметра займає середнє положення шкали. Записати показники 10 вимірювань через кожні 10 с і підрахувати середнє значення.

Після закінчення вимірювань встановити вихідні положення органів управління «3000 мкР/год» і «Вікл».



Записати хід роботи в лабораторному журналі, описати будову та принцип роботи радіометрів. Зробити висновки про рівень радіоактивного забруднення досліджуваної території або об'єктів довкілля.



КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Назвіть фактори, які впливають на правильність відбору проб повітря.
2. Перелічити поглинаючі прилади, які застосовують для відбору проб повітря.
3. Моделі поглинаючих приладів Ріхтера та їх особливості.
4. Що таке індекс забрудненості атмосфери.
5. Відбір аерозолів та твердих домішок з використанням фільтрів АФА.
6. Назвіть основні методи аналізу повітря.
7. Як розрахувати оптимальний об'єм повітря для відбору проб?
8. Як розрахувати результати аналізів проб повітря?
9. Будова ротаметру та визначення швидкості аспірації повітря.
10. Від яких чинників залежать хімічні та фізичні властивості води?
11. Правила відбору проб води.

- 12.Методи відбору проб води.
- 13.Який зв'язок між об'ємом проби води і її хімічним аналізом на конкретний інгредієнт?
- 14.Чи існують спеціальні посудини для відбору проб води?
- 15.Як готують посуд для відбору проби води?
- 16.Способи консервування проб води.
- 17.Способи підготовки проб води.
- 18.Для чого необхідне концентрування води?
- 19.Методи концентрування проб води.
- 20.Як усувають домішки з проб води?
- 21.Чи є усунення механічних домішок води хімічним аналізом?
- 22.Як фізичними методами позбутися домішок у воді?
- 23.Методи аналізу води.
- 24.Що таке зональність ґрунту?
- 25.Способи відбору проб ґрунту.
- 26.Що поєднує метод квартування і метод „конверта” і в чому їх відмінність?
- 27.Від чого залежить вибір стратегії відбору зразків ґрунту?
- 28.Класифікація хімічних сполук ґрунту по розчинності.
- 29.Методи підготовки ґрунту до аналізу.
- 30.Водна витяжка з ґрунту.
- 31.Зразки ґрунту у повітряно-сухому стані.
- 32.Методи аналізу ґрунтів.



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Агрохімічний аналіз: Підручник /М. М. Городній, А. П. Лісовал, А. В. Бикін та ін. / За ред. М. М. Городнього. – 2-ге видання. – К.: Арістей, 2005. – 476 с.
2. Анализ окружающей природной среды: Межвуз. сборник / Отв. ред. А.А. Туманов. – Горький: ГГУ, 1990. – 148 с.

3. Аналітична хімія для аграрних спеціальностей (хімічний аналіз): Посібник / В.А. Копілевич, В.Є. Косматий, Л.В. Войтенко та ін. – К.: Вид-во НАУ, 2002. – 295 с.
4. Аналітична хімія природного середовища: Підручник / Б.Й. Набиванець, В.В. Сухан, Л.В. Калабіна. – К.: Либідь, 1996. – 304 с.
5. Афанасьев Ю.А., Фомин С.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды. Уч. пособие в 2 – х частях. – М.: Изд-во МНЭПУ, 1998.
6. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С. Практикум із загальної екології. – К.: Либідь, 1997.
7. Богобоящий В.В., Чурбанов К.Р., Палій П.Б., Шмандій В.М. Принципи моделювання та прогнозування в екології: Підручник. – Київ: Центр навчальної літератури, 2004. – 216 с.
8. Бойчук Ю.Д., Солошенко Е.М., Бугай О.В. Екологія і охорона навколишнього середовища: Навчальний посібник. – 3-тє вид., випр. і доп. – Суми: ВТД „Університетська книга”; К.: Видавничий дім „Княгиня Ольга”, 2005. – 302 с.
9. Гайдукова Н.Г., Кошеленко Н.А., Сидорова Н.Н. Лабораторный практикум по физико-химическим методам анализа: Учебное пособие. – Краснодар: КГАУ, 1993. – 227 с.
10. Контроль за выбросами в атмосферу и работой газоочистных установок на предприятиях машиностроения / Н.Г. Булгакова, Л.С. Василевская, Л.Я. Градус и др. – М.: Машиностроение, 1984.
11. Кучеренко М.Є. Сучасні методи біохімічних досліджень / М.Є. Кучеренко, Ю.Д. Бабенко, В.М. Войціцький. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 422 с.
12. Лабораторний та польовий практикум з екології / За ред. В.П. Замостяна, Я.П. Дідуга. – К.: Фітосоціоцентр, 2000.
13. Мельничук С.Д., Мельничук Д.О., Мельникова Н.М., Вовкотруб М.П. Основні методи та прилади лабораторних досліджень: навчальний посібник для вищих навчальних закладів аграрного профілю за спеціальністю ветеринарна медицина. – Нац. аграр. ун-т. – К.: НАУ. – 2004. – 104 с.

14. Охрана окружающей среды: Учебн. для техн. спец. вузов / С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков и др. Под ред. С.В. Белова. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.
15. Полюжин І. Фізико-хімічні методи аналізу стану об'єктів навколишнього середовища. Матеріали до лекційного курсу та практичних занять. – Львів: Вид-во Держ. ун-ту „Львівська політехніка”, 1997. – 345 с.
16. Русин Г.Г. Физико-химические методы анализа в агрохимии. – М.: Агропромиздат, 1990. – 303 с.
17. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. Часть 1. – М.: Гидрометеиздат, 1984.
18. Сониасси Р. Анализ объектов окружающей среды. Инструментальные методы. – М.: Мир, 1993. – 80 с.
19. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды / Л.А. Кульский, И.Т. Гороновский, А.М. Когановский, М.А. Шевченко. – В 2 ч. – К.: Наук. думка, 1980. – 1206 с.
20. Федорова Г.В. Практикум з біогеохімії для екологів: Навчальний посібник. – Київ: „КНТ”, 2007. – 288 с.
21. Хмельницкий Р.А., Бродский Е.С. Масс-спектрометрия загрязнений окружающей среды. – М.: Химия, 1990. – 184 с.
22. Юинг Г. Инструментальные методы химического анализа: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 608 с.



РОЗДІЛ 3

ЕКОЛОГІЧНА ХІМІЯ АТМОСФЕРИ

Будова атмосфери

Атмосфера - газова оболонка, що оточує небесне тіло. Її характеристики залежать від розміру, маси, температури, швидкості обертання й хімічного складу даного небесного тіла, а також визначаються історією його формування починаючи з моменту зародження. Атмосфера Землі утворена сумішшю газів, яку називають повітрям.

Атмосфера Землі - це робоче тіло «теплової машини» планети. Вона характеризується найбільшою рухливістю своїх складових. Тому будь які різкі зміни складу атмосфери, що пов'язані з потраплянням або стоком головних газових складових, поширюються навколо земної кулі зі значними швидкостями. І це стосується як природних змін складу атмосфери (вулканічні виверження й т.п.), так і антропогенних її забруднень. Крім того, атмосфера перебуває в безперервному обміні з біосферою і є безпосереднім або опосередкованим, через гідросферу, постачальником сонячної енергії для всього живого (крім анаеробних мікроорганізмів). От чому атмосферу варто розглядати як найбільш важливу для життя й для людства складову частину навколишнього середовища.

Атмосфера має зональну будову. Нижня її частина до висоти приблизно до 80 – 120 км добре перемішується та називається гомосферою. Щільність цієї частини зменшується з висотою, зберігаючи однорідність хімічного складу. У межах гомосфери виділяють три шари, що розрізняються по характері температурного режиму. Нижній шар – тропосфера - має основне значення для життя на Землі (становить 80 % маси атмосфери). Верхня границя тропосфери – тропопауза, відділяє її від середнього шару – стратосфери. Тропопауза в полюсів розташовується на висоті 8–10 км, а у екватора –16–18 км. До тропопаузи, по мірі

збільшення висоти, температура сягає майже 0°C. Верхній шар гомосфери вище стратопаузи - мезосфера (до висоти 80-90 км). У її межах температура знову знижується зі збільшенням висоти.

Вище гомосфери через турбопаузу залягає потужна гетеросфера, де сили гравітації переважають над перемішуванням. У гетеросфері по мірі збільшення висоти, шар молекулярного Нітрогену змінюється шаром атомарного Оксигену, а потім Гелієвим шаром і, нарешті, шаром Гідрогену (екзосфера), що на висоті порядку 10000 км поступово переходить у космос.

Хімічні компоненти атмосфери та їх ефекти

У хімічному складі атмосфери, розрізняють *головні* компоненти (N_2 , O_2), *другорядні* (Ar , CO_2); *мікрокомпоненти* (Ne , He , Kr , Xe , H_2) та *ксенокомпоненти* (CH_4 , N_2O , O_3 , Rn). Також, хімічні складові компоненти атмосфери можна підрозділити на три групи: *постійні*, *змінні й випадкові*. До першої відносять O_2 , N_2 та інертні гази. Вміст цих складових частин практично не залежить від того, у якому місці земної кулі взята проба сухого повітря. До змінних компонентів відносять вуглекислий газ і водяну пару. Так, вміст водяної пари у тропіків досягає до 3%, у полюсів – $2 \cdot 10^{-5}$ %. З висотою вміст водяної пари зменшується. Вміст випадкових складових частин залежить від місцевих умов: поблизу металургійних заводів до повітря часто бувають домішані помітні кількості сірчастого газу, а у місцях, де відбувається розпад органічних залишків - аміаку й т.д. Крім різних газів, у повітрі завжди містить більша або менша кількість пилу.

Основний хімічний склад атмосфери на висоті 100-200 км залишається азотно-кисневим, вище 600 км - гелієво-водневим.

До ксенокомпонентів відносять речовини, що перебувають у змінних кількостях і є тимчасовими домішками, надходження яких пов'язане з вулканічними виверженнями, життєдіяльністю біосфери, з виробничою й побутовою діяльністю людини. Більша частина ксенокомпонентів у підвищених концентраціях впливає на біосферу, тому вони розглядаються як забруднювачі навколишнього середовища.

Таблиця 3.1. Хімічний склад „чистого повітря”

Компоненти	Вміст, %	
	За об'ємом	За масою
N ₂	78,08	75,53
O ₂	20,94	23,14
Ar	0,93	1,28
CO ₂	0,033	0,05
Ne	0,0018	0,001
He	0,0005	0,00007
Kr	0,001	0,00003
CH ₄	0,00015	0,00008
N ₂ O	0,00005	0,00008
H ₂	0,00005	0,000003
O ₃	0,000045	0,00007

Таблиця 3.2. Причини появи в атмосфері деяких домішок та їх типові концентрації

Компонент	Основні джерела забруднення середовища	Концентрація *
Карбону оксид (IV) CO ₂	Розклад органічної речовини, випарки океанів, спалення палива	320 у всій тропосфері
Карбону оксид (II) CO	Розклад органічної речовини, промислові процеси, спалення палива	0,05 у незабрудненому повітрі, 1-50 у містах
Нітрогену оксид (II) NO	Електричні розряди, робота двигунів внутрішнього згорання, спалення органічної речовини	0,01 у незабрудненому повітрі, 0,2 у промислових містах
Сульфуру оксид (IV) SO ₂	Вулканічні гази, лісові пожежі, діяльність бактерій, спалення палива, виплавка металів із руд та інші промислові процеси	0,001 у незабрудненому повітрі, 0,1-2,0 у повітрі великих міст
Озон O ₃	Електричні розряди, дифузія зі стратосфери, фотохімічний смог	0,01 у незабрудненому повітрі, 0,5 у повітрі промислових міст

Метан CH_4	Розклад органічної речовини, розведення великої рогатої худоби, втрата природного газу	1-2 у всій тропосфері
Вуглеводні C_xH_y	Автомобільні вихлопи, спалення органічної речовини, втрата природного газу	3 у повітрі промислових міст

До числа ксенокомпонентів відносять і пилові частки. По оцінці різних авторів, антропогенний пил (результат спалювання твердого й рідкого палива, пил металургійних, хімічних, цементних підприємств та ін.) становить від 5 до 45 % загальної кількості пилу, принесеного до атмосфери з всіх джерел.

Наявні в атмосфері ксенокомпоненти викликають різні ефекти та часто діють сумісно (таблиця 3.3.).

Таблиця 3.3. Антропогенні забруднювачі атмосфери і пов'язані з ними зміни (за В.А. Вронским, 1996)

Явища в атмосфері	Хімічні компоненти атмосфери							
	CO	CO ₂	CH ₄	NO ₂	NO	SO ₂	фреони	O ₃
Парниковий ефект		+	+		+	-	+	+
Руйнування озону							+	
Кислотні дощі				+		+		
Фотохімічний смог				+				+
Зниження прозорості атмосфери				+		+		
Послаблення самоочищення атмосфери	+				-			-

Примітка. (+) - посилення ефекту; (-) - зниження ефекту.

Незважаючи на значну концентрацію Нітрогену в атмосфері, його колообіг можливий у вигляді певних хімічних сполук. Сполуки Нітрогену у тропосфері представлені в основному оксидами, аміаком, солями амонію, нітратною кислотою та нітратами. Найбільш стійкими є нітрогену оксиди (I, II, IV), а нестійкі в умовах тропосфери оксиди (III, V).

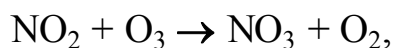
Емісія Нітрогену до атмосфери відбувається в процесі вулканічної діяльності, під час грозових розрядів в атмосфері, горіння біомаси, спалювання палива.

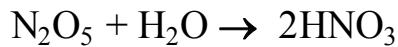
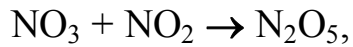
Атмосферний Нітроген акумулюється й фіксується спеціалізованими мікроорганізмами, які молекулярний Нітроген перетворюють до NH_3 і NH_4^+ . Фіксувати нітроген здатні такі види мікроорганізмів, як вільноживучі аеробні бактерії роду *Azotobacter*, роду *Clostridium*, бульбочкові бактерії бобових рослин *Rhizobium*, синьо-зелені водорості. Інші групи бактерій, навпроти, беруть участь в окислюванні, нітрифікації NH_3 і NH_4^+ до NO_2^- , а потім – до NO_3^- . Щороку цим шляхом до ґрунтів переноситься близько $17,5 \times 10^{10}$ кг Нітрогену. Один квадратний метр поля, яке засіяне бобовими (наприклад, соєю), забезпечує фіксацію 10 - 30 г Нітрогену на рік. Третя група бактерій-анаеробів (рід *Pseudomonas*) відновлює нітрит- або нітрат-іони до молекулярного Нітрогену, або N_2O . Це процес денітрифікації. Підраховано, що завдяки денітрифікації з 1 га ґрунту в атмосферу надходить 50–60 кг Нітрогену за рік. Інша частина Нітрогену (у вигляді NH_3) звільняється при розкладанні органічних залишків. Але врівноважені процесу колообігу Нітрогену порушуються втручанням людини.

Промисловість споживає таку кількість нітрогену, яку фіксували живі організми до введення сучасної агротехніки. Сьогодні світова промисловість дає до 2000 млн. т фіксованого Нітрогену. До цього додамо розширені посіви бобових. Тому процеси потрапляння Нітрогену до ґрунту не врівноважуються процесами денітрифікації.

Для сполук Нітрогену в атмосфері характерні реакції, які спрямовані на окислення за участі реакційноздатних часток (рис.3.1). Для оксидів нітрогену властиві реакції фотодисоціації, взаємодії з синглетним Оксигеном та радикалами, що обумовлює набір взаємоперетворень між оксидами.

Більшість реакцій приводить до утворення нітратної кислоти в атмосфері. Відомо декілька механізмів – реакція радикала OH^* з NO_2 :
 $\text{OH}^* + \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$ та механізм утворення нітратної кислоти, що йде через реакцію NO_2 з озоном з утворенням радикала NO_3 :





Основна частина утвореної нітратної кислоти виводиться з тропосфери з атмосферними осадками у вигляді розчину та солей.

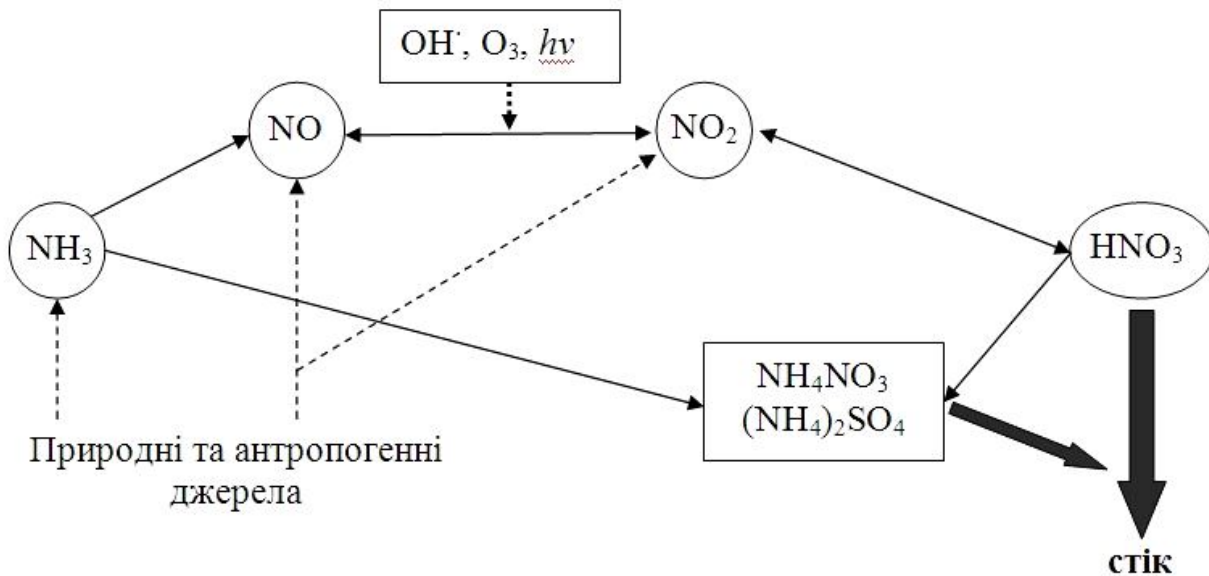


Рис.3.1. Атмосферний цикл сполук нітрогену.

З Нітрогеном пов'язаний ряд важливих проблем, безпосередньо дотичні стану навколишнього середовища.

1. Проблема забруднення атмосфери через окислення Нітрогену.
2. Використання Нітрогену атмосфери в процесах техногенезу.
3. Забруднення атмосфери й ґрунту продуктами переробки атмосферного Нітрогену.

Техногенне надходження оксидів Нітрогену в тропосферу відбувається при спалюванні твердого й рідкого палива. Це приводить до підвищення окисної здатності атмосфери, збільшенню кислотності опадів, перевищенню вмісту нітратів у водах районів забруднення. У списку найбільш важливих забруднювачів, що рекомендуються для міжнародного контролю, нітрогену оксиди поміщені на п'ятому місці.

Не менш серйозну проблему для навколишнього середовища представляє й порушення сформованого балансу азоту в атмосфері через використання його для промислових і сільськогосподарських потреб (виробництво добрив).

Незважаючи на низьку концентрацію вуглекислого газу в атмосфері, геохімічна роль цього газу винятково важлива. Причому, на відміну від Оксигену, основна маса CO_2 (98 %) розчинена у Світовому океані, а тільки 2% перебуває в атмосфері.

У процесі фотосинтезу щорічно з атмосфери вилучається величезна маса CO_2 (до 300 млрд. т вуглекислого газу). Темп настільки високий, що весь вуглекислий газ атмосфери повністю споживається рослинами менш чим за 30 років. Але діють протилежні процеси, завдяки яким Карбон повертається до атмосфери – дихання рослин і тварин, розкладання органічної речовини, тобто має місце біологічний цикл вуглецю в навколишнім середовищі. Величезна кількість CO_2 виходить з атмосфери при утворенні карбонатів, хімічним і біохімічним шляхом (вапняки, крейда). Завдяки похованню органічної речовини й карбонатів в осадових породах (вугілля, нафта, вапняки) із цього колообігу втрачається величезна кількість Карбону. Компенсація цих втрат іде за рахунок «мінеральних» джерел (вулканічний процес, кислотне розкладання карбонатів, вуглекисле дихання зони метаморфізму).

Кількість CO_2 у повітрі непостійна. Вчені вважають, що 2 - 3 млрд років тому вуглекислий газ був основним у складі атмосфери. Але значна його кількість повернулася у земну кору, коли утворилися моря і океани, а також була поглинута зеленими рослинами.

За останні два сторіччя спостерігаємо різке зростання об'ємів потрапляння до атмосфери техногенного вуглекислого газу. Тільки при згоранні палива щороку в атмосферу виділяється не менше 10^{10} т вуглекислого газу. З розвитком промисловості кількість викидів цього газу збільшиться і якщо не будуть вжиті ефективні заходи проти забруднення, то через 10 - 20 років викиди становитимуть 40 - 43 млрд т на рік.

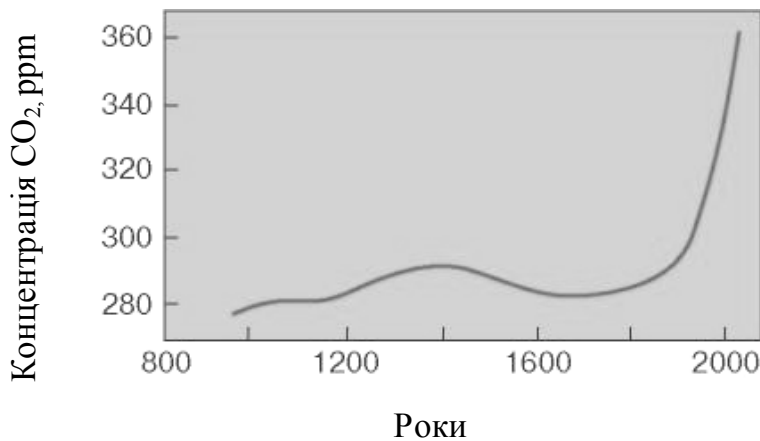
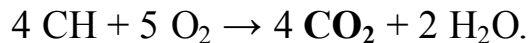
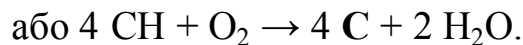
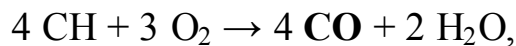


Рис. 3.2. Зміни концентрації CO₂ в атмосфері Землі протягом останніх 1000 років.

Звичайний процес спалювання палива описується за реакціями:



При нестачі Оксигену



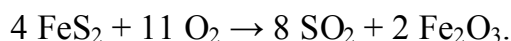
Концентрація вуглекислого газу постійно зростає. На думку Каллендера середня концентрація CO₂ в атмосфері становила 274 млн.⁻¹ в XIX в. і зросла до 325 млн.⁻¹ до 1935 р., тобто на 18,6 %, обумовивши ріст середньоглобальної температури на 0,33 °С. Зростання концентрації вуглекислого газу призведе до того, що поверхня Землі перестане охолоджуватись і почне перегріватись, як ґрунт у парнику („парниковий ефект”). Атмосфера пропускає до Землі сонячне проміння, яке нагріває поверхню, а інфрачервоне теплове випромінювання, що відбивається від поверхні, поглинається вуглекислим газом. І це призведе до зростання температури повітря і зміни клімату в глобальному масштабі. Таке потепління викличе зміщення природних зон, внаслідок танення льодовиків у полярних районах підніметься рівень води Світового океану, зміняться обриси материків, окремі території зникнуть під водою та ін.

диметилсульфід ((CH₃)₂S), карбонілсульфур (COS), сульфїтна (H₂SO₃) та сульфатна (H₂SO₄) кислоти. Сполуки сульфуру можуть потрапляти до атмосфери двома основними шляхами: природною та антропогенною емісією.

Традиційно вважалося, що анаеробні бактерії, які відновлюють сульфати до сульфїдів, є джерелом сірководню у атмосфері. Проте, було доведено, що більша частина H₂S йде на утворення нерозчинних сульфїдів та не потрапляє до атмосфери. Вірогідно, що ґрунтові мікроорганізми виділяють метилмеркаптан (CH₃SH) та диметилсульфід, які й розглядають як головне джерело Сульфуру в атмосфері.

Сірчистий газ відносять до первинних забруднювачів. Потрапляє він до атмосфери при вулканічних виверженнях і при окислюванні H₂S, а також сульфїдних руд. Але ці природні джерела не створюють його значних концентрацій в атмосфері. Більшу небезпеку становить антропогенний сірчистий газ. На окремих ділянках (містах, регіонах промислових комплексів) його концентрація досягає небезпечних величин для населення, що мешкає в цих регіонах.

Так, у 1976 році до 65% від загальної емісії сульфуру в атмосферу приходилося на антропогенні джерела, 95% з яких складав сульфуру диоксид. Джерелом сполук Сульфуру при антропогенній діяльності є процеси спалювання вугілля, нафти, діяльність металургійних підприємств та заводів по виробництву сульфатної кислоти, паперу. Сульфур входить до складу природного палива (1-6%) та залишається у продуктах переробки нафти – мазуті (0,1 – 2%). Пірит, що міститься у вугіллі при спалюванні утворює сульфуру диоксид за реакцією:



Промислові викиди Сульфуру у вигляді SO₂ за даними Еткінса (1991) становлять 200 Мт/рік, а природна емісія – 300 Мт/рік.

Вміст сульфур диоксиду та сульфатів в атмосфері змінюється в залежності від географічної широти та наявності індустриальних центрів. Так, на 12% території Європи, яка відноситься до екологічно чистої вміст сульфур диоксиду становив 0,35 мкг/м³, тоді як на найбільш забруднених територіях (14%) – до 8 мкг/м³.

Таблиця 3.4. Вміст Сульфуру в паливах (Андруз, 1999)

Паливо	S, %
Кокс	1,5 - 2,5
Дизельне паливо	0,3 - 0,9
Вугілля	0,2 - 0,7
Горючі масла	0,4 - 0,5
Бензин	0,1
Гас	0,1

Сульфур надходить до атмосфери у сполуках з проміжним ступенем окислення -2 та +4 й тому під дією окислювачів може відновлюватися до +6, утворюючи сірчану кислоту та її солі (рис. 3.4). Утворення H_2SO_4 можливо, як у газовій фазі, так й у рідкокрапельному середовищі. Процеси окислення диоксиду сульфуру значно прискорюються за наявності оксидів нітрогену або вуглеводнів. Вагомий внесок до прискорення окислення Сульфуру дають оксиди феруму, алюмінію, хрому, які присутні у повітрі. Як було встановлено в останні роки, в процесі окислення SO_2 у рідкій фазі активну участь приймають вільні радикали. Розчиняючись у краплях вологи гідроксильний або гідропероксильний радикали переходять до пероксиду водню який і окислює SO_2 до SO_4^{2-} .

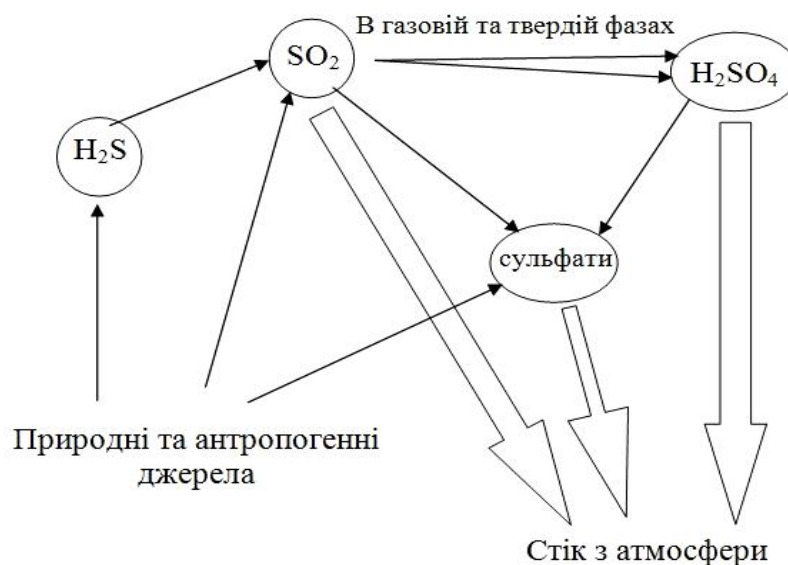


Рис. 3.4. Атмосферний цикл сполук сульфуру

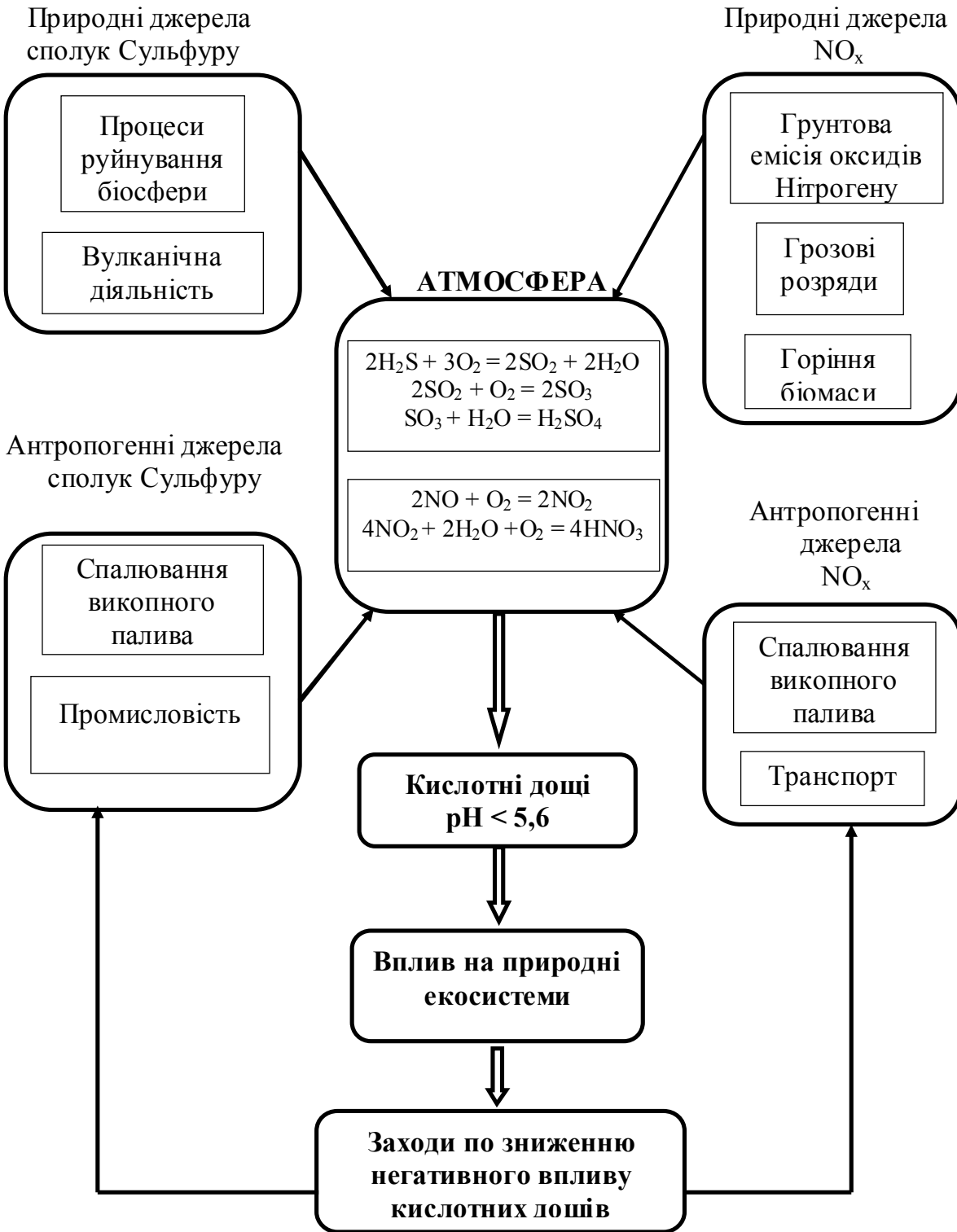


Рис. 3.5. Схема утворення кислотних дощів в атмосфері.

Сірчистий газ не тільки безпосередньо пригнічує життєдіяльні функції організмів, але з водою він утворить сульфатну кислоту. Остання легко вимивається з атмосфери дощами, але це породжує проблему кислотних дощів

(рис. 3.5). Дослідженнями доведено, що сульфати атмосфери більш шкідливі для людини, чим неокислений сірчистий газ. Основна частина шкідливих речовин повітря поглинається листям рослин, а потім переноситься до інших органів. Атмосферні опади посилюють ступінь проникнення шкідливих речовин у рослину. Ступінь токсичності атмосферних забруднювачів для різних рослин різний. Наприклад SO₂ на ягідники діє дуже сильно, тоді як на соняшник, картоплю порівняно слабо.

Загальновизнаною є роль озону як природного фільтру, що перешкоджає проникненню до нижніх шарів атмосфери УФ-випромінення.

У поверхні Землі вміст озону складає 20-60 мкг/см³ і може змінюватися в залежності від місцевості. У земної поверхні озон утворюється головним чином при грозових розрядах і окислюванні деяких органічних речовин.

Загальний його вміст в атмосфері відповідає шару газу товщиною приблизно в 3 мм (при нормальному тиску). Озоновий шар зосереджений на висотах від 7-8 км у полюсів і 17-18 км біля екватора до 50 км. Озон утворюється з Оксигену під дією ультрафіолетових променів Сонця з довжиною хвилі до 185 нм. Більш довгі хвилі (максимумом дії 255 нм) викликають, навпаки, розпад озону. Процеси утворення та руйнування озону знаходяться в рівновазі. Механізм фотохімічного утворення та руйнування озону називають **циклом Чепмена (1930)**:

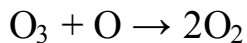
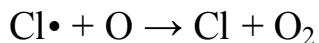
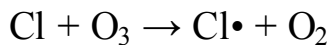


З кінця 70-х років минулого сторіччя відмічено поступове руйнування озонового шару. Причиною є проникнення до стратосфери озоноруйнівних сполук (ОРС). Загальна увага до проблеми антропогенного впливу на озonosферу Землі була притягнута після опублікування в середині 1974 р. статті Шервуда Роуланда та Маріо Моліни з Каліфорнійського університету в Берклі, у якій викладалася гіпотеза про участь у руйнуванні стратосферного озону хлорфторвуглеродів (chlorofluorocarbons, CFC). Основні положення цієї гіпотези можна сформулювати у формі наступних тез.

1. CFC є винятково антропогенними забруднюючими компонентами, природні джерела цих сполук відсутні.

2. В умовах тропосфери CFC дуже стійкі й не піддаються яким-небудь процесам розкладання. Єдиний шлях їх видалення – повільне перенесення до стратосфери.

3. У стратосфері CFC піддаються розкладанню під дією УФ радіації Сонця з виділенням атомів хлору, які атакують молекули озону, руйнують їх і утворюють радикал Cl. Останній взаємодіє з виникаючим при фотолізі молекул O₂ атомарним киснем, у результаті чого знову утворюється активний хлор. Таким чином, атоми хлору виконують роль каталізатора, оскільки вони не витрачаються в процесі, у загальному виді описуваному наступними рівняннями реакцій:



4. Обумовлене цими процесами зменшення змісту озону в стратосфері приведе до збільшення рівня небезпечної УФ-радіації (285-315 нм) на земній поверхні.

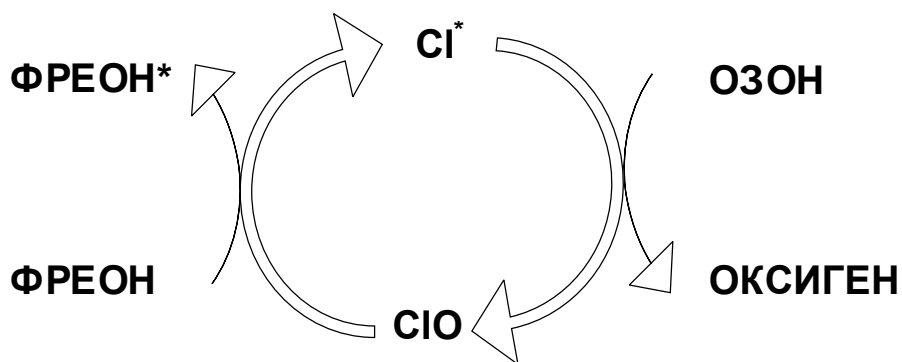


Рис.3.6. Схема руйнування озону фреонами.

Хлорфторвуглероди використовували для знежирення різних поверхонь і матеріалів, для заповнення аерозольних упакувань, у холодильних установках і кондиціонерах. У силу специфіки технічного використання більша частина

хлорфторвуглеродів дуже швидко потрапляла до атмосфери (до 90% їх надходить до атмосфери протягом 1-2 років після виробництва). До 1 січня 1994 р. було вироблено 8,523 млн. т CFCl_3 і 11,061 млн. т CF_2Cl_2 .

Висловлювалася думка, що практично вся ця кількість фреонів рано чи пізно виявиться в атмосфері й у результаті циркуляційних процесів значна частина CFC, перейде до стратосфери. Щороку кількість фреонів у земній атмосфері збільшується на 8-9%. Під впливом такої кількості фреонів загальний зміст озону в атмосфері зменшиться на 18%, а в нижній стратосфері навіть на 40%; глобальна приземна температура зросте на 0,12 - 0,21⁰С. Строк існування різних ХФВ в атмосфері від 74 до 111 років, а їхній стік становить близько 1%. Розрахунковим шляхом доведено, що за цей час один атом хлору здатний перетворити до Оксигену 100 тис. молекул озону.

До ксенокомпонентів атмосфери відносять метан та деякі органічні сполуки. Метан - найбільш важливий представник органічних речовин в атмосфері. Його концентрація істотно перевищує концентрацію інших органічних сполук. Збільшення вмісту метану в атмосфері сприяє посиленню парникового ефекту. В наш час загальна кількість метану в атмосфері оцінюється у межах 4600-5000 Тг.

Природним його джерелом є органічна речовина, що розкладається за умови нестачі Оксигену (рис. 3.7). Процес цей іде в ґрунтах, болотах, у шарах опаду і осадових породах. У родовищах природного газу метан становить до 90 %, у газах нафтових родовищ - порядку 75 %, у вугільних - 96 %.

Частина метану в біосфері окисляється особливими видами бактерій з утворенням CO_2 і H_2O . В атмосфері метан в результаті ланцюга фотохімічних та каталітичних реакцій окислюється до вуглекислого газу.

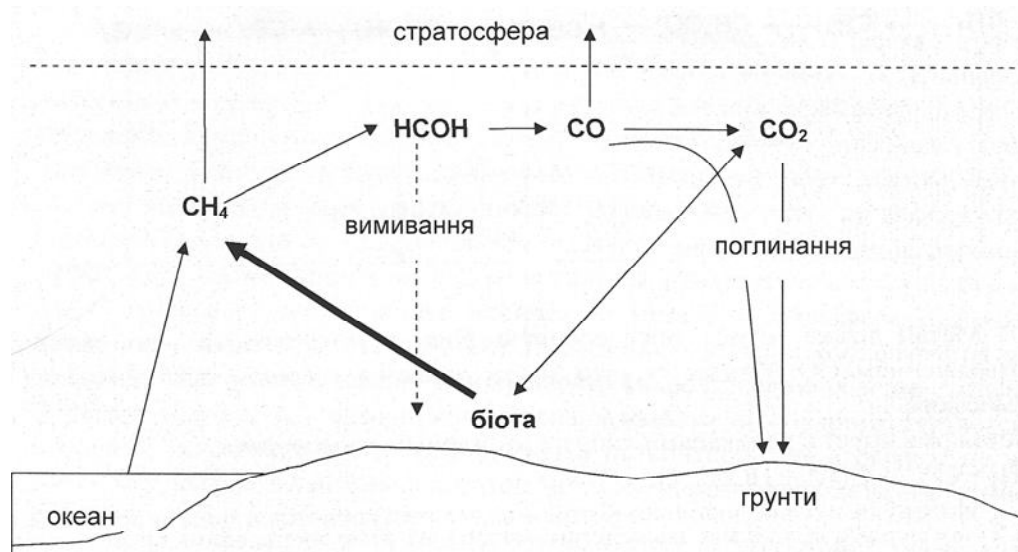


Рис. 3.7. Атмосферний цикл метану.

Вміст більш важких газоподібних вуглеводів (етану, пропану й ін.) мізерний, хоча їх більше в газах нафтових родовищ (до 17 %) і газових (до 3 %).

Джерелом техногенних вуглеводів у навколишньому середовищі є двигуни внутрішнього згорання. Щорічно з вихлопними газами в атмосферу надходять десятки млн. т вуглеводів. У цих газах переважають найбільш токсичні граничні вуглеводні – пентан, гексан, - вміст яких не повинний перевищувати припустиме в 3 мг/м^3 . Свій внесок вносять і промислові підприємства, і спалювання відходів.

Метан, вуглекислий газ, фреони відносять до так званих парникових газів. Час життя парникових газів в атмосфері достатньо довгий. Так, якщо навіть повністю припиниться викид фреонів, то й через 100 років їхня концентрація буде становити третю частину сучасної (табл. 3.5).

За прогнозами до 2010 р. щорічні викиди CO_2 у світі збільшаться на 10 млрд. т, тобто складуть приблизно 150 % сумарних викидів в 1991 р., тому концентрація CO_2 в атмосфері не стабілізується, а зростає.

До зростанню концентрації CO_2 значний внесок вносить зведення лісів. Розрахунки показують, що зведення лісів зі швидкістю $13,8 \cdot 10^3 \text{ км}^2/\text{рік}$ еквівалентно викиду $261 \cdot \text{Мт C}/\text{рік}$ у вигляді CO_2 (Fearnside, 1997).

Таким чином, не можна вважати ріст концентрації CO_2 в атмосфері обумовленим винятково антропогенними факторами.

Таблиця 3.5. Спостережувані тренди концентрації основних парникових газів в атмосфері (Кондратьєв, 1999)

Концентрації	CO ₂	CH ₄	Фреон-11	Фреон-12	N ₂ O
Доіндустріальна	280 млн ⁻¹	0,79 млн ⁻¹	0	0	288 млрд ⁻¹
Сучасна	354 млн ⁻¹	1,717 млн ⁻¹	280 трил ⁻¹	484 трил ⁻¹	310 млрд ⁻¹
Щорічний ріст за 1980-1990 р.	1,6 млн ⁻¹ (0,5 %)	0,15 млн ⁻¹ (0,9 %)	10 трил ⁻¹ (4 %)	17 трил ⁻¹ (4 %)	8 млрд ⁻¹ (0,25 %)
Час життя ПГ, років	50–200	10	65	130	150

Загальний рівень техногенного забруднення атмосфери досягає близько 1 млрд. т. аерозолів і газових викидів і 300-500 млн. т пилу. Ця кількість поки що становить невелику частину всієї маси атмосфери. Але інтенсивність забруднення зростає, а основна маса забруднювачів зосереджена в нижніх шарах атмосфери, концентруючись у районах нагромадження промисловості та транспорту.

Проблема забруднення атмосфери ксенокомпонентами полягає не стільки в утворенні атмохімічних аномалій, які носять частіше локально-регіональний характер, скільки у потраплянні токсикантів в результаті вимивання з атмосфери до гідро- та літосфери, що обумовлює забруднення даних геосфер. Навколишнє середовище достатньо легко нейтралізує наслідки природного забруднення, проте антропогенне навантаження викликає необоротні процеси у здатності атмосфери до самоочищення.

Очищення газів від аерозолів і шкідливих компонентів

В умовах сучасного зростання і бурхливого розвитку промисловості велика увага приділяється її екологічній обґрунтованості, а саме проблемі очищенню й утилізації відходів.

У газоподібних промислових викидах шкідливі домішки можна розділити на дві групи:

- а) зважені частки (аерозолі) твердих речовин - пил, дим; рідин – туман,

б) газоподібні й пароподібні речовини.

Наприклад, підприємства хімічної промисловості характеризуються великим розмаїттям токсичних газових викидів, перелік яких наведено у таблиці нижче.

Таблиця 3.6. Характерні викиди до атмосфери основних виробництв хімічної промисловості

Виробництво	Шкідливі викиди в атмосферу
Кислот:	
- нітратної	NO, NO ₂ , NH ₃
- сульфатної	NO, NO ₂ , SO ₂ , SO ₃ , H ₂ SO ₄ , Fe ₂ O ₃ (пил)
- хлоридної	HCl, Cl ₂
- фосфатної (фосфору)	P ₂ O ₅ , H ₃ PO ₄ , HF, фосфогипс (пил)
- оцтової	CH ₃ CHO, CH ₃ COOH
Добрив:	
- складних	NO, NO ₂ , NH ₃ , HF, H ₂ SO ₄ , P ₂ O ₅ , HNO ₃ , пил
- карбаміду	NH ₃ , CO, (NH ₂) ₂ CO (пил)
- аміачної селітри	CO, NH ₃ , HNO ₃ , NH ₄ NO ₃ (пил)
- аміачної води	NH ₃
- суперфосфату	H ₂ SO ₄ , HF, пил
- хлориду кальцію	HCl, H ₂ SO ₄ , CaCl ₂ (пил)
- хлористого вапна	Cl ₂ , CaCl ₂ (пил)
Ацетону	CH ₃ CHO, (CH ₃) ₂ CO
Аміаку	NH ₃ , CO
Метанолу	CH ₃ OH, CO
Диоксиду титану	TiO ₂ , FeO, Fe ₂ O ₃
Ацетилену	C ₂ H ₂ , сажа
Каталізаторів	NO, NO ₂ , пил
Штучних волокон	H ₂ S, CS ₂

У цей час, коли безвідхідна технологія перебуває в періоді становлення й повністю безвідхідних підприємств ще не існує, основним завданням

газоочищення служить доведення вмісту токсичних домішок у газових викидах до гранично-допустимих концентрацій (ГДК), встановлених санітарними нормами. У Додатку (таблиці 1) вибірково наведені ГДК деяких атмосферних забруднювачів.

До атмосфери надходить велика кількість пилу, газів, металів та їх окислів, різних органічних речовин. Для захисту атмосфери від забруднення в теперішній час розроблена і випробувана в промисловості велика кількість різних методів очищення газів від технічних забруднень: аерозолів, NO_x, SO₂, H₂S, NH₃, оксиду карбону, різних органічних і неорганічних речовин.

Очищення газів від аерозолів.

Методи очищення за основним принципом можна розділити на:

- *механічне очищення,*
- *електростатичне очищення,*
- *очищення за допомогою звукової й ультразвукової коагуляції.*

Механічне очищення газів включає *сухі й мокрі* методи. До *сухих* методів відносяться:

- 1) гравітаційне осадження;
- 2) інерційне й відцентрове пиловловлення;
- 3) фільтрація.

У більшості промислових газоочисних установках комбінується кілька прийомів очищення від аерозолів, причому конструкції очисних апаратів досить численні.

Гравітаційне осадження засноване на осадженні зважених часток під дією сили ваги при русі запиленого газу з малою швидкістю без зміни напрямку потоку. Процес проводять у відстійних газоходах і пилоосаджувальних камерах. Гравітаційне осадження дієво лише для великих часток діаметром більше 50-100 мкм, причому ступінь очищення становить не вище 40-50%.

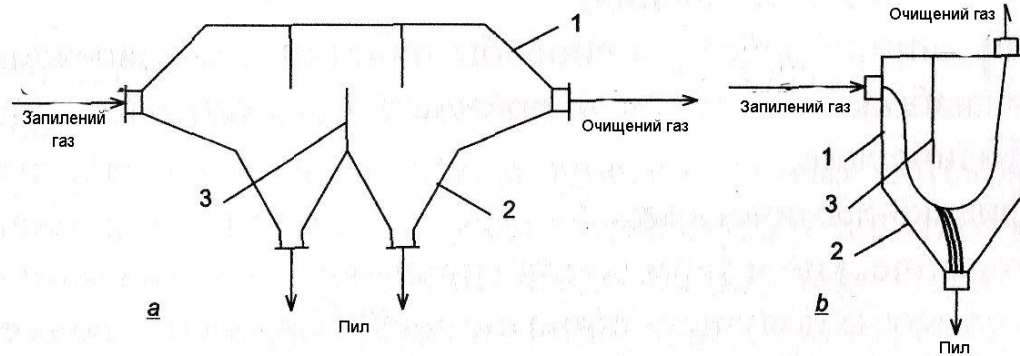


Рис. 3.8. Пилоловлюючі апарати. а) пилоосаджуюча камера, б) інерційний пиловловлювач; 1-корпус, 2-бункери, 3-перетинка.

Інерційне осадження засноване на здатності зважених часток зберігати первісний напрямок руху при зміні напрямку газового потоку. Серед інерційних апаратів найбільше часто застосовують жалюзійні пиловловлювачі з більшим числом щілин (жалюзі). Ступінь очищення залежно від дисперсності часток становить 20-70%. Інерційний метод можна застосовувати лише для грубого очищення газу.

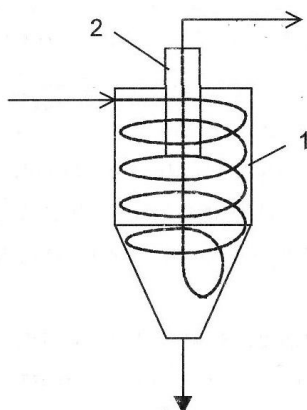


Рис. 3.9. Схематична будова циклону:

1 – корпус,
2 – вихлопна труба.

Відцентрові методи очищення газів засновані на дії відцентрової сили, що виникає при обертанні газового потоку в очисному апараті або при обертанні частин самого апарату. Як відцентрові апарати пилоочищення застосовують циклони різних типів. Для часток з $d = 5 \div 30$ мкм ступінь очищення знижується до 80%, а при $d = 2 \div 5$ мкм вона становить менш 40%.

Фільтрація заснована на проходженні газу, що очищається, через різні фільтруючі тканини (бавовна, вовна, хімічні волокна, скловолокно й ін.) або через інші фільтруючі матеріали (кераміка, металокераміка, пористі перетинки з пластмаси й ін.). Залежно від фільтруючого матеріалу розрізняють тканинні фільтри (у тому числі рукавні), волокнисті із зернистих матеріалів (кераміка, металокераміка, пористі пластмаси).

Мокре очищення газів від аерозолів засновано на промиванні газу рідиною (звичайною водою) при можливо більше розвиненій поверхні контакту рідини із частками аерозолу й можливо більш інтенсивному перемішуванні газу, що очищається, з рідиною. Цей універсальний метод очищення газів є найпоширенішим прийомом заключної стадії механічного очищення. В апаратах мокрого очищення застосовують різні прийоми розвитку поверхні зіткнення рідини й газу.

- *Вежі з насадкою* (насадочні скрубери)
- *Зрошувані циклони* (відцентрові скрубери)
- *Пінні апарати*
- *Скрубери Вентурі* (див. рис. 3.14)

Основний недолік всіх методів *мокрого* очищення газів від аерозолів — це утворення більших об'ємів рідких відходів (шламу).

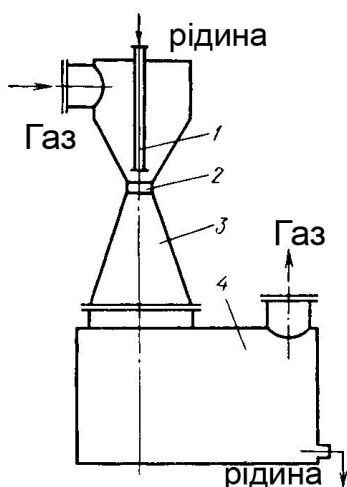
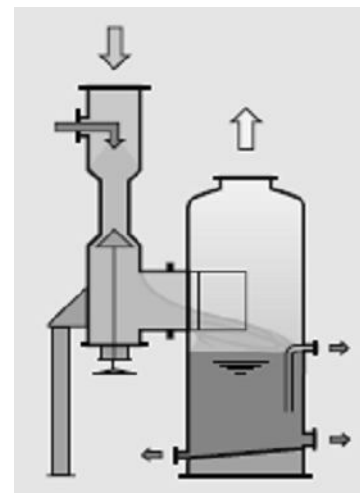
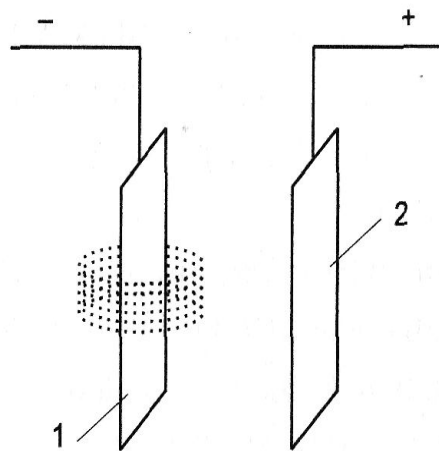


Рис. 3.10. Реактор повного змішування – скрубер Вентурі:

- 1 – сопло;*
- 2 – горловина;*
- 3 – камера змішування;*
- 4 – розділова камера*



Електростатичне очищення газів служить універсальним засобом, придатним для будь-яких аерозолів, включаючи тумани кислот, і при будь-яких розмірах часток. Метод заснований на іонізації й зарядці часток аерозолію при проходженні газу через електричне поле високої напруги, створюване короніруючими електродами. Осадження часток відбувається на заземлених осаджувальних електродах. Ступінь очищення від аерозолів –досягає 99,9% при $d > 1$ мкм. Недолік цього методу - великі витрати на спорудження й вміст очисних установок і значна витрата енергії на створення електричного поля.



*Рис. 3.11. Схематична будова електрофільтру:
1 – короніруючий електрод,
2 – осаджувальний електрод.*

Звукова й ультразвукова коагуляція, а також *попередня електризація* поки мало застосовуються в промисловості й перебувають в основному в стадії розробки. Вони засновані на укрупненні аерозольних часток, що полегшує їхнє вловлювання традиційними методами.

Очищення газів від пароподібних і газоподібних домішок. Гази в промисловості звичайно забруднені шкідливими домішками, тому очищення широко застосовується на заводах і підприємствах для технологічних і санітарних (екологічних) цілей. Промислові способи очищення газових викидів від газо- і пароподібних токсичних домішок можна розділити на три основні групи:

- 1) абсорбція рідинами;
- 2) адсорбція твердими поглиначами ;
- 3) каталітичне очищення.

У менших масштабах застосовуються *термічні методи* спалювання (або дожигання) горючих забруднень, спосіб *хімічної взаємодії домішок* із сухими поглиначами й *окислювання домішок озоном*.

Абсорбцією називають процес поглинання газів або парів, з газових або паро-газових сумішей, рідкими поглиначами (*абсорбентами*). Газ, що поглинається називають абсорбтивом.

Якщо абсорбтив з абсорбентом не вступає в хімічну реакцію, а тільки розчиняється в ньому, таку абсорбцію називають фізичною. У більшості випадків фізична абсорбція оборотна. Зворотний процес називають десорбцією.

Якщо абсорбтив реагує з абсорбентом, такий процес називають хемосорбцією. При хемосорбції можливе утворення сполук, що мають практичне значення. Абсорбційні процеси мають широке застосування в різних галузях промисловості для очищення атмосферних газових викидів від SO₂, SO₃, H₂S, CO₂, NH₃, HF та інших компонентів. Деякі типові системи газ-рідина, що мають промислове значення представлені в табл.

Таблиця 3.7. Системи газ-рідина, що використовуються в промисловості

Газові компоненти	Абсорбент
Карбон діоксид, дигідроген сульфід	Етаноламіни, калій і натрій карбонати, аміак, натрій і калій гідроксиди, калій фосфат
Гідроген	Натрій гідроксид
Гідроген фторид	Аміак, диметиланілін, кальцій гідроксид
Аміак	Вода
Нітроген діоксид	Вода
Гідроген ціанід	Натрій гідроксид
Карбон (II) оксид	Тетраамінкупрат (II) гідроксид

Контакт між газом і рідиною здійснюється в абсорбційних колонах (абсорберах) наступними способами:

- пропусканням газу через колону з насадкою, яка зрошується рідиною;

- пропусканням газу через колону, яка заповнена розпиленою рідиною;
- барботуванням пухирців газу через шар рідини;
- пропусканням газу над шаром рідини.

Вибір типу абсорбера залежить від складу газової суміші, температури, тиску, розчинності газів у рідинах. Швидкість процесу абсорбції залежить від парціального тиску газу, площі контактування газу з абсорбентом. У випадку хемосорбції швидкість процесу зростає. На рис. 3.12 представлена схема протиточної абсорбційної установки з послідовним сполученням абсорберів.

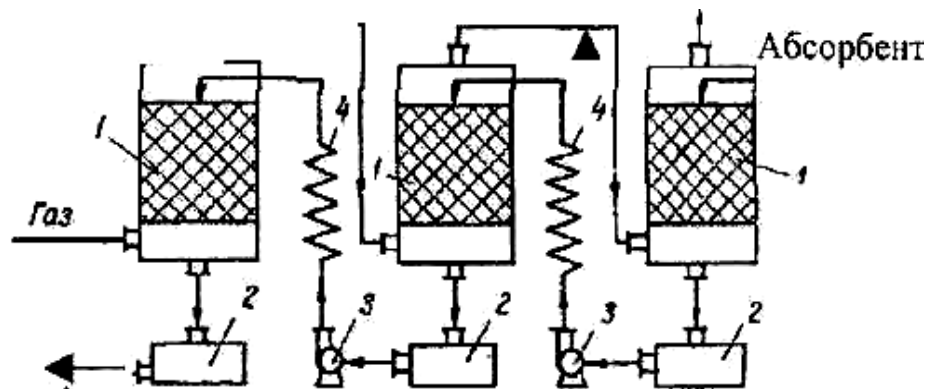


Рис. 3.12. Схема протиточної абсорбційної установки

1 - абсорбери, 2 - ємності для розчину, 3 - насоси, 4 - холодильники.

Неочищений газ поступає в нижню частину колони абсорбера 1, що зрошується абсорбентом. Частково очищений газ поступає на подальше очищення в наступну колону.

Очищений газ викидається в атмосферу. Абсорбент подається за допомогою насосів у напрямку проти ходу газу, починаючи з останньої колони і проходячи поступово до першої. Насичений абсорбент направляється на регенерацію. Розчинення газу супроводжується виділенням тепла, тому після кожної колони абсорбент охолоджується в холодильниках 4.

Більш ефективним є барботажні (тарілчаті) абсорбери. На рис. 3.13 показана схема такої колони.

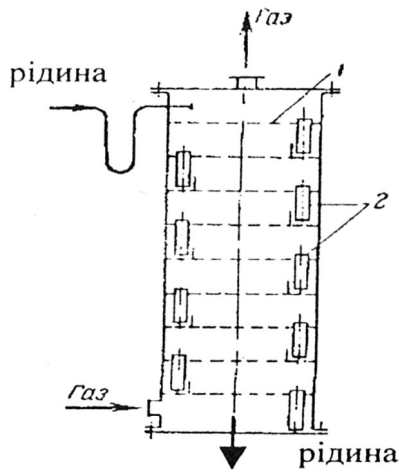


Рис. 3.13. Тарільчата колона зі зливними пристроями.

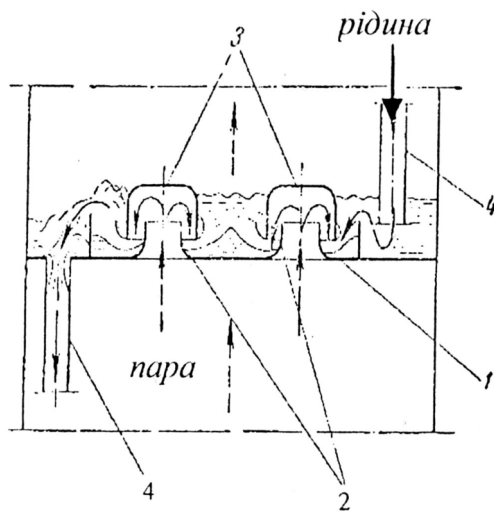


Рис. 3.14. Схема роботи ковпачкової тарілки:

- 1-тарілка,
- 2-газові патрубки,
- 3-ковпачки,
- 4-зливні труби.

Рідина поступає на верхню тарілку 1, зливається поступово з тарілки, через пристрій 2 видаляється з нижньої частини колони. Газ поступає в нижню частину колони і проходить поступово через отвори або ковпачки кожної тарілки, барботуючи через шар рідини. Очищений газ видаляється у верху колони. На рис. 3.14 показана схема роботи ковпачкової тарілки.

За допомогою абсорбційних колон забруднений газ очищується і викидається в атмосферу. У результаті абсорбції утворюється розчин окремих газів в абсорбенті або розчин певного продукту у випадку хемосорбції. Відпрацьований абсорбент необхідно регенерувати, тобто виділити з нього розчинений газ або утворений продукт. Це здійснюють з використанням зниження тиску над абсорбентом, підвищенням температури. Процес називають десорбцією. У результаті розчинені гази чи продукти видаляють для подальшої переробки або використання, а очищений абсорбент повертається в цикл на абсорбцію.

Прикладом безвідхідної абсорбційно-десорбційної циклічної схеми може служити поглинання карбон диоксиду з газів, що відходять, розчинами моноетаноламіну з наступною регенерацією поглинача при десорбції CO_2 . На рис. 3.19 наведена схема абсорбції CO_2 у пінних абсорберах; десорбція CO_2 проводиться також при пінному режимі. Установа безвідхідна, тому що чистий карбон диоксид після скраплення передається споживачеві у вигляді товарного продукту.

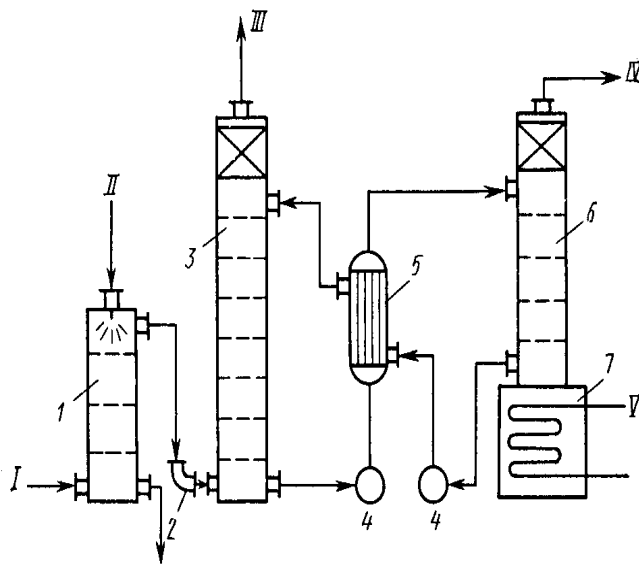


Рис. 3.15. Схема абсорбційної очистки газів від CO_2 з отриманням товарного диоксиду карбону:

- 1 - холодильник;*
- 2 - повітродувка;*
- 3 - пінний абсорбер;*
- 4 - насос;*
- 5 - теплообмінник;*
- 6 - пінний десорбер;*
- 7 - кип'ятильник десорберу;*
- I - газ на очистку;*
- II - вода;*
- III - очищений газ;*
- IV - диоксид карбону споживачу;*
- V - пара*

Можна навести приклади, коли абсорбція приводить безпосередньо до одержання готового продукту або напівпродукту:

- одержання мінеральних кислот (абсорбція SO_3 у виробництві сульфатної кислоти, абсорбція оксидів нітрогену при виробництві нітратної кислоти);
- одержання солей (абсорбція оксидів нітрогену лужними розчинами з одержанням нітрит-нітратних лугів, абсорбція водяними розчинами вапна або вапняку з одержанням сульфату кальцію);
- інших речовин (абсорбція NH_3 водою для одержання аміачної води й ін.).

Адсорбційний метод є одним з найпоширеніших засобів захисту повітряного басейну від забруднень. Тільки в США введені й успішно експлуатуються десятки тисяч адсорбційних систем.

Адсорбція - процес поглинання одного або декількох компонентів газової суміші твердою речовиною - **адсорбентом**. Компонент, що поглинається називається **адсорбатом** або адсорбтивом. Зворотний процес - виділення газу з твердої речовини називають **десорбцією**. Адсорбцію поділяють на фізичну і хімічну (хемосорбція).

Фізична адсорбція викликана взаємним притяганням молекул адсорбату й адсорбенту під дією сил Ван-дер-Ваальса.

Хімічна адсорбція супроводжується хімічною реакцією між складовими газової суміші з адсорбентом з утворення хімічних зв'язків. Різновидністю фізичної адсорбції є заповнення пор адсорбенту рідиною, що утворюється в результаті конденсації парів.

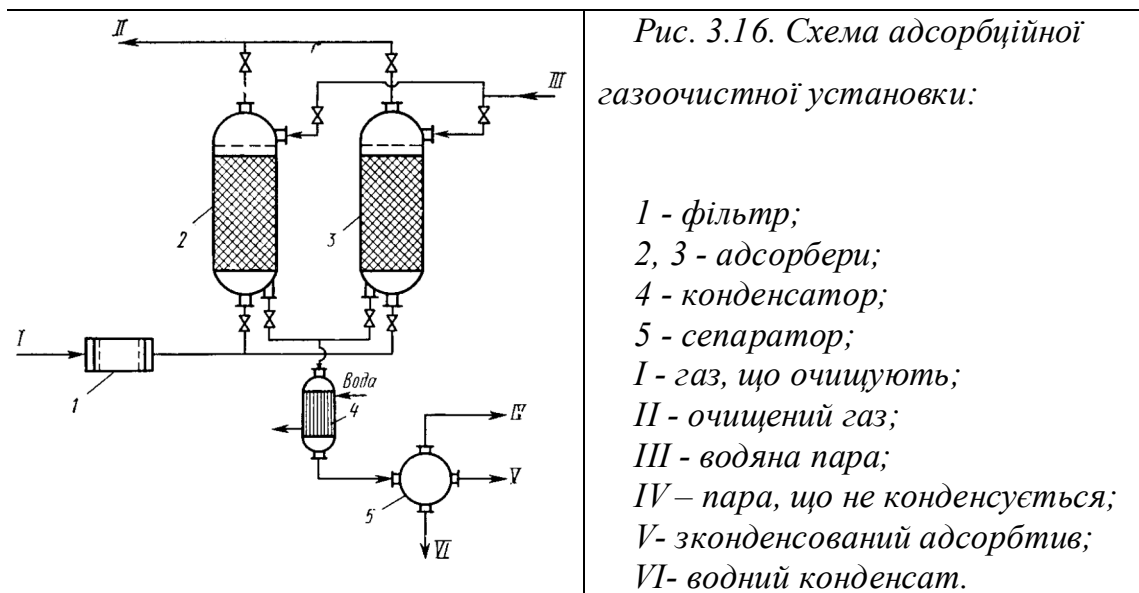
В якості адсорбентів використовують пористі тверді речовини з великою питомою поверхнею.

Промисловість використовує самі різноманітні адсорбенти природного і штучного походження. Серед них: активоване вугілля, силікагелі, цеоліти та інші. Активоване вугілля одержують шляхом термічної обробки різних карбоновмісних речовин (дерево, кістки) і видаленням смолистих речовин, а також введенням активаторів (цинк хлориду, кислот, лугів та ін.). Питома поверхня активованого вугілля 800-1700 м/г. Воно добре поглинає пару органічних речовин, сульфур диоксид та інші гази.

Силікагелі являють собою продукти обезводнення гелю силікатної кислоти. Вони використовуються в основному для осушення газів. Цеоліти - синтетичні або природні мінерали - алюмосилікати, що мають переважно мікропори. Їх поглинаюча здатність дуже велика, тому їх широко використовують не тільки для процесів очищення, але й для процесів розділення сумішей на окремі компоненти.

Можна виділити наступні основні способи здійснення процесів адсорбційного очищення:

- Після адсорбції проводять десорбцію й вилучають вловлені компоненти для повторного використання. Таким способом вловлюють різні розчинники, сірковуглець у виробництві штучних волокон і ряд інших домішок.
- Після адсорбції домішки не утилізують, а піддають термічному або каталітичному дожиганню. Цей спосіб застосовують для очищення газів, що відходять, хіміко-фармацевтичних і лакофарбових підприємств, харчової промисловості й ряду інших виробництв. Даний різновид адсорбційного очищення економічно виправданий при низьких концентраціях забруднюючих речовин і (або) багатоконпонентних забруднювачів.
- Після очищення адсорбент не регенерують, а піддають, наприклад, похованню або спалюванню разом з міцно хемосорбованим забруднювачем. Цей спосіб придатний при використанні дешевих адсорбентів.



Другою стадією адсорбційної очистки газів є регенерація відпрацьованого адсорбенту - десорбція.

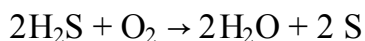
Каталітичні методи очищення газів засновані на реакціях у присутності твердих каталізаторів, тобто на закономірностях гетерогенного каталізу. У результаті каталітичних реакцій домішки, що перебувають у газі, перетворюються в інші сполуки, тобто на відміну від розглянутих методів домішки не вилучають з газу, а трансформують в нешкідливі сполуки, присутність яких припустима у

вихлопному газі, або трансформують до сполук, що легко видаляються з газового потоку.

Є декілька методів каталітичного перетворення домішок при очистці газових викидів:

1. Окислення домішок (вуглеводнів, спиртів, а також інших органічних речовин та окисли вуглеводу) до нешкідливих продуктів – CO_2 та H_2O .
2. Окислення домішок (хлорорганічних речовин, окислів азоту, сірчистого газу) до необхідних продуктів (Cl_2 , HNO_3 , H_2SO_4).
3. Відновлення домішок до нешкідливих продуктів (наприклад, NO в N_2).
4. Відновлення домішок до необхідних продуктів (наприклад, SO_2 в S).
5. Розкладання домішок до нешкідливих продуктів.

Розглянемо, наприклад, очистку повітря від сірководню – сильної нервово–токсичної отрути. Найбільш розповсюдженим є метод окислення H_2S . Спочатку сірководень перехоплюється будь-яким абсорбентом (водні розчини Na_2CO_3 , K_2CO_3 , NH_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ та інші), а потім поглинений H_2S каталітично окислюють киснем повітря з утворенням елементарної сірки:



Головним недоліком цього методу є відносно низький ступень очистки від H_2S (50 – 60%) та утворення в багатьох випадках речовин типу ціаністих, які сильніші за отруйними властивостями ніж сам сірководень.

Більш широке застосування знайшов метод Клауса, який також засновано на окисленні H_2S киснем повітря до сірки. Окислення проводять у дві стадії: термічної та каталітичної. У термічній стадії ведуть полум'яне окислення H_2S стехіометричними кількостями кисню при температурах 300 – 1350⁰С. При цьому частина H_2S окислюється до SO_2 . У каталітичній стадії йде реакція між H_2S та SO_2 на таких каталізаторах, як боксит або окис алюмінію, при температурі 220 – 250⁰С.

Головний прогрес в зменшенні відходів сірчистого ангідриду до атмосфери набув за рахунок розробки та впровадження принципово нового способу отримання сірчаної кислоти методом каталітичного рідиннофазного окислення

сірчистого газу при підвищених температурах, які дозволяють довести ступінь перехоплення SO₂ до 100%:



Важливою особливістю нового методу є можливість використання як бідних газів теплових станцій та підприємств чорної металургії, які містять 0,1 – 1,0% сірчистого газу, так і концентрованого (майже до 100%) сірчистого ангідриду. Новий метод отримання сірчаної кислоти повністю відокремлює шкідливі впливи на біосферу.

Термічний дожиг являє собою метод знешкодження газів шляхом термічного окислювання різних шкідливих речовин, головним чином органічних, у практично нешкідливі або менш шкідливих, переважно CO₂ і H₂O. Звичайні температури дожигу для більшості сполук лежать в інтервалі 750-1200 °C. Застосування термічних методів дожигу дозволяє досягти 99%-ний очищення газів.

Озонні методи застосовують для знешкодження димових газів від SO₂ та NO_x і дезодорації газових викидів промислових підприємств. Введення озону прискорює реакції окислення NO до NO₂ і SO₂ до SO₃. Після утворення NO₂ і SO₃ до газу вводять аміак і виділяють суміш комплексних добрив, що утворюються (сульфату й нітрату амонію).

Біохімічні методи очищення засновані на здатності мікроорганізмів руйнувати й перетворювати різні сполуки. Розкладання речовин відбувається під дією ферментів, які виробляються мікроорганізмами в газовому середовищі, що очищається. Біохімічну газоочистку проводять в біофільтрах або в біоскруберах.

Плазмохімічний метод заснований на пропусканні через високовольтний розряд повітряної суміші зі шкідливими домішками. Основні напрямки по застосуванню даного методу йдуть по видаленню SO₂, NO_x і органічних сполук. Використання аміаку, при нейтралізації SO₂ і NO_x, дає на виході після реактору порошкоподібні добрива (NH₄)₂SO₄ і NH₄NH₃, які фільтруються.


Плазмокatalітичний метод використовує два відомих методи – плазмохімічний і кatalітичний. Установки, що працюють на основі цього методу,

складаються із двох компонентів. Першій - це плазмохімічний реактор (озонатор), де забруднювачі руйнуються й переходять у нешкідливі сполуки, аж до CO_2 і H_2O , другий - каталітичний реактор, де залишки забруднюючих речовин (активні радикали, збуджені атоми й молекули), не знищені в плазмохімічному реакторі, руйнуються на каталізаторі завдяки глибокому окислюванню Оксигеном.

Фотокаталітичний метод зараз широко вивчається й розвивається. Базується на окисленні органічних сполук з використанням каталізаторів на основі TiO_2 , які опромінюються ультрафіолетом. Відомі побутові очисники повітря японської фірми «Daikin» вже використовують цей метод.



РОБОТА № 5 Визначення вмісту моно- та диоксиду карбону, сульфур диоксиду та оксидів нітрогену в повітрі.

 **Мета роботи** – навчитися визначати концентрацію CO та CO_2 , сульфур диоксиду та оксидів нітрогену в повітрі за допомогою газоаналізатору.

Принцип методу. Метод заснований на вимірюванні концентрації неорганічних сполук в повітрі робочої зони за допомогою переносного універсального газоаналізатору УГ-2 лінійно-колористичним методом.

Матеріали та обладнання. Універсальний газоаналізатор УГ-2 з набором індикаторних трубок на CO та CO_2 , сульфур диоксиду, нітрогену оксиди.

Принцип роботи УГ-2. До комплекту УГ-2 входить повітрянозбірний прилад з набором індикаторних трубок. Принцип дії газоаналізатору базується на протягуванні через індикаторну трубку чітко визначеного об'єму повітря. Повітрянозбірний прилад за рахунок розрядження, що виникає при розтягуванні гумового сифону, протягує повітря через індикаторну трубку. Даний газоаналізатор простий у роботі, має невеликі розміри. Тривалість одного вимірювання сягає не більше 8 хвилин. До недоліків даного газоаналізатору слід віднести інерційність вимірювань та залежність чутливості методу від об'єму дослідної проби повітря. Основні характеристики газоаналізатору УГ-2 наведені у таблиці.

Таблиця 3.8. Основні характеристики УГ-2.

Газ, що аналізують	Діапазон вимірювання концентрацій, мг/м ³	Об'єм проби повітря, мл	Час відбору проби, хв..
Нітрогену диоксид	0-50	325	5
	0-50	150	3
Сірководень	0-30	300	5
	0-300	30	2
Сульфуру диоксид	0-30	300	5
	0-200	60	3
Карбону диоксид	0-1500	400	8
Карбону монооксид	15-120	220	8
Аміак	0-1400	256	6
Хлор	0-15	350	7
	0-80	100	4
Бензин (пари)	0-1000	300	7

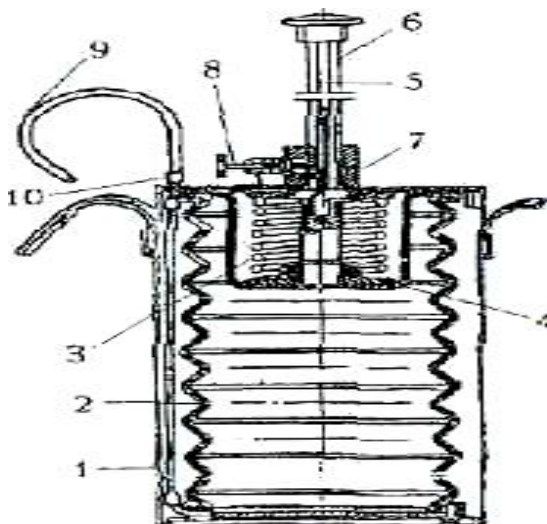


Рис. 3.17. Пристрій для відбору повітря в газоаналізаторі УГ - 2

- 1 - корпус;
- 2 - сифон;
- 3 - пружина;
- 4 - кільце розпірне;
- 5 - канавка з двома заглибинами;
- 6 - шток;
- 7 - втулка;
- 8 - фіксатор;
- 9 - гумова трубка;
- 10 - штуцер.

Хід роботи

Індикаторні трубки витримати декілька хвилин доки вони набудуть температури навколишнього середовища. Відкрити кришку газоаналізатора, відвести фіксатор і встановити шток, щоб наконечник фіксатора ковзав по канавці штока, над якою вказаний об'єм 300 см³. Натиском руки на головку штока стиснути сифон до тих пір, доки кінець фіксатора не попаде у верхнє заглиблення в канавці штока. Відкрити індикаторну і фільтрувальні трубки, відломивши їх кінці відкривачем. Приєднати індикаторну трубку до приладу немаркованим кінцем, до іншого кінця трубки фільтрувальну трубку. При натисканні однією рукою на шток, другою відвести фіксатор. Всмоктавши необхідний об'єм повітря, від'єднати індикаторну трубку. Прикласти її до відповідної шкали, сумістити з нульовою позначкою стовпчика індикаторного порошку біля маркірованого кінця. Зняти показання за межею порошку, який змінив забарвлення. Повторити виміри ще два рази. За результат взяти середнє арифметичне значення з трьох вимірів.



Записати хід роботи в лабораторному журналі, замалювати будову газоаналізатору УГ-2 та зробити висновки про вміст CO та CO₂, диоксиду сульфуру та оксидів нітрогену в повітрі.

**РОБОТА № 6 Оцінка ступеня забрудненості атмосферного повітря
відпрацьованими газами на ділянці магістральної вулиці (за
концентрацією CO).**

☐ Мета роботи – виробити практичні навички при оцінці ступеню забрудненості атмосферного повітря відпрацьованими газами на ділянці магістральної вулиці (за концентрацією CO).

Принцип методу. Метод заснований на розрахунках ступеню забрудненості повітря на ділянці вулиці з урахуванням факторів оточуючого середовища.

Матеріали та обладнання. Екліметр, анемометр, психрометр.

Хід роботи

Ступінь забрудненості повітря автотранспортом залежить не лише від інтенсивності руху, вантажності машин, кількості та характеру викидів, але й від типу забудови, рельєфу місцевості, напрямку вітру, вологості і температури повітря. Тому всі ці особливості слід зазначити.

Ухил визначають візуально чи з допомогою екліметра, швидкість вітру – анемометром, вологість повітря – психрометром, вміст CO, пилу, оксидів нітрогену і сульфуру, вуглеводнів визначають за стандартними методиками.

Зазначають наявність насаджень, які поглинають пил та інші забруднюючі речовини, зменшують шумове навантаження, регулюють мікроклімат (вміст вологи, кисню, вуглекислого газу, іонів, фітонцидів). Усі ці впливи різних чинників під час визначення концентрації CO враховує формула:

$$K_{CO} = (A + 0,01 \cdot N \cdot K_m) \cdot K_a \cdot K_H \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_N \quad (3.1)$$

де A – фонове забруднення атмосферного повітря ($\Phi=0,5 \text{ мг/м}^3$),

N – сумарна інтенсивність руху автомобілів на ділянці вулиці (од./год),

K_m – коефіцієнт токсичності автомобілів за викидами в повітря CO ,

K_A – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості,

K_H – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення атмосферного повітря оксидом карбону, залежно від величини поздовжнього нахилу,

K_C – те саме відносно швидкості вітру,

K_B – те саме відносно вологості повітря,

K_N – коефіцієнт збільшення забрудненості атмосферного повітря оксидом карбону біля перехресть.

Коефіцієнт токсичності автомобілів визначають як середньозалежний для потоку автомобілів за формулою:

$$K_m = P_i \cdot K_m' \quad (3.2)$$

де P_i – склад руху, частки одиниці,

K_m' – коефіцієнт, який визначають за таблицею:

Тип автомобіля	Коефіцієнт K_m'
Важкий вантажний (мікроавтобус)	2,3
Середній вантажний	2,9
Легкий вантажний	0,2
Автобус	3,7
Легковий	1,0

Значення коефіцієнта K_A , що враховує аерацію місцевості, визначають за таблицею:

Тип місцевості за ступенем аерації	K_A
Транспортні тунелі	2,7
Транспортні галереї	1,5
Магістральні вулиці і дороги з багатоповерхневою забудовою з обох боків	1,0
Вулиці та дороги з одноповерхневою забудовою	0,6
Міські вулиці та дороги з однібічною забудовою, набережні, високі насипи	0,4
Пішохідні тунелі	0,3

Для магістральної вулиці $K_A=1$

Значення коефіцієнта K_H , що враховує забруднення СО відповідно до величини повздовжнього нахилу вулиці, визначають за таблицею:

Повздовжній ухил, град	Коефіцієнт K_H
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Коефіцієнт K_C , що враховує швидкість вітру на вміст СО в повітрі, визначають за таблицею:

Швидкість вітру, м/с	Коефіцієнт K_C
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

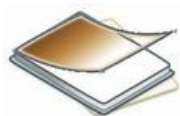
Коефіцієнт K_B (враховує вплив відносної вологості повітря на концентрацію СО) поданий у таблиці:

Відносна вологість повітря, %	Коефіцієнт K_B
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75
40	0,60

Значення коефіцієнта K_{Π} для різних перехресть наведені в таблиці:


Тип перехрестя	Коефіцієнт K_{Π}
Регульоване перехрестя:	
Світлофорами звичайне	1,8
Світлофорами регульоване	2,1
Саморегульоване	2,0
Нерегульоване:	
Зі зниженою швидкістю	1,9
Кільцеве	2,2
З обов'язковою зупинкою	3,0

Підставив значення наведених коефіцієнтів, обчислюють концентрацію монооксиду карбону на певній ділянці магістралі за різних метеорологічних умов або на ділянках з різною забудовою.



Зробити висновки, які чинники більше, а які менше впливають на забрудненість повітря монооксидом карбону, що міститься у викидах автотранспорту.

РОБОТА № 7 Визначення карбону монооксиду за реакцією з нітратом аргентуму.

 **Мета роботи** – навчитися визначати вміст CO у повітрі фотоколориметричним методом.

Принцип методу. Метод заснований на відновленні аміачних розчинів нітрату аргентуму монооксидом карбону з наступним колориметричним визначенням забарвлених розчинів. Чутливість методу - 0,1 мг в аналізуємому об'ємі.

Матеріали та обладнання. Аргентуму нітрат (0,05 % розчин). Аміак (25 % розчин). Натрію гідроксид (0,5 % розчин). Силікагель.

Поглиняльний розчин. До 100 мл 0,05 % розчину нітрату аргентуму додають 0,5 мл 25 % розчину аміаку.

Градуйована піпетка (5 мл). Поглиняльні прилади Полежаєва. Піпетки на 1, 2, 5, 10 мл. Колориметричні пробірки. Аспіратор.

Прилад для отримання монооксиду карбону. Колба ємністю 250 мл, крапельна лійка, пісочна баня, гумові трубки, трійники, промивні склянки на 50 мл, очисна колонка. Сульфатна кислота концентрована ($\rho=1,84$ г/мл), мурашина кислота, натрію гідроксид (30 % та 10% розчини), лужний розчину гідросульфіту натрію (див. нижче), хлорид кальцію гранульований, гідроксиду калію (0,1н розчин), нітрат аргентуму (0,15н розчин), розчин пірогалолу.

Хід роботи

Відбір проб повітря. Повітря в об'ємі 5 - 6 л протягнути зі швидкістю 0,5 л/хв через два послідовно з'єднаних поглиняльних приладу Полежаєва, які містять по 10 мл аміачного розчину нітрату аргентуму. Для усунення домішок

альдегіду та сірководню у повітрі - перед поглинальними приладами поміщають гофровану трубку з силікагелем і поглинальний прилад з 10 мл 0,5 % розчину NaOH.

Проведення аналізу. Дослідний розчин з кожного поглинального приладу окремо перелити до колориметричних пробірок і помістити у киплячу водяну баню на 5 хв. з моменту закипання. Після охолодження порівняти інтенсивність забарвлення проб з паралельно підготовленою стандартною шкалою в колориметричних пробірках.

Для побудови шкали користуватися градуйованою піпеткою, до якої відібрати з приладу 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 мл, що відповідає 0,125; 0,25; 0,375; 0,5; 0,625; 0,75 мг монооксиду карбону. Потім злити поглинальний розчин до колориметричної пробірки і довести об'єм до 10 мл поглинальним розчином. Всі пробірки стандартної шкали і проби помістити в киплячу водяну баню на 5 хв. з моменту закипання. Розчини стандартної шкали стійки протягом 3 діб.

Розрахунок.

$$C = \frac{a \cdot 1000}{V_0} \quad (3.3)$$

де a - кількість речовини, що визначена в усьому об'ємі дослідженого розчину, мкг;

V_0 – об'єм дослідженого повітря, який приведено до нормальних умов, л.

Для приведення об'єму повітря до нормальних умов використовують рівняння газового стану.

$$\frac{V_0 p_0}{T_0} = \frac{V_p}{T} \quad (3.4)$$

де V_0 – об'єм повітря при н. у., мл;

p_0 – парціальний тиск повітря при н. у., який дорівнює 101,3 кПа;

T_0 – температура, 273 К;

V – об'єм гідрогену при даних умовах, мл;

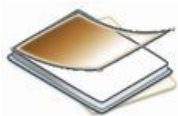
p – парціальний тиск повітря при умовах досліду, який дорівнює $p_{\text{атм}} - h$, кПа;

T – температура повітря при проведенні досліду, К.

Отримання монооксиду карбону. До перегінної колби ємністю 250 мл налити близько 100 мл концентрованої сульфатної кислоти та закрити пробкою з отвором, до якого щільно вставити крапельну лійку на 50 мл з відтягнутим і двічі зігнути кінцем. Колбу з вмістом обережно нагріти на пісчаній бані до 80 - 110° С, потім по мірі охолодження ввести з лійки по краплях мурашину кислоту.


Газ, що виділяється проходить до очисної системи, яка складається з промивних склянок на 50 мл і очисної колонки. До однієї з промивних склянок помістити 20 мл 30 % розчину гідроксиду натрію, до другої - 20 мл лужного розчину гідросульфату натрію (2 г гідросульфату розчинити в 10 мл води і додати 10 мл 10 % розчину гідроксиду натрію). Очисну колонку наповнити гранульованим хлоридом кальцію. Перші порції газу випустити через третю промивну склянку для поглинання монооксиду карбону для запобігання забруднення ним повітря лабораторії. Цю склянку заповнити сумішшю з 10 мл 0,1н розчину гідроксиду калію, 10 мл 0,15н розчину нітрату аргентуму і 10 мл розчину пірогалолу.

Очисна колонка і остання промивна склянка з'єднані між собою двома трійниками таким чином, щоб між обома кінцями кожного трійника мав проходити монооксид карбону по гумовій трубці. Від другого кінця трійника відбирати необхідні кількості монооксиду карбону.

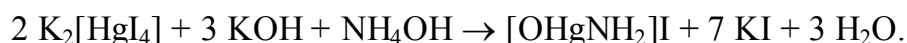


Запишіть хід проведення досліду до лабораторного журналу, складіть рівняння реакції утворення CO з мурашиної кислоти та реакції відновлення аміачного розчину нітрату аргентуму монооксидом карбону, замалюйте прилад та зробіть висновок про вміст CO у дослідному повітрі.

РОБОТА № 8 Методика визначення концентрації аміаку колориметричним методом з реактивом Несслера.

 **Мета роботи** – навчитися визначати вміст аміаку в повітрі робочої зони фотоколориметричним методом.

Принцип методу. Метод заснований на вимірюванні оптичної густини забарвлених розчинів, що утворюються при взаємодії аміаку з реактивом Несслера за реакцією:



Оптична густина забарвлених розчинів вимірюється на фотоелектроколориметрі. Методика призначена для визначення концентрації аміаку в промислових викидах в діапазоні 2 - 2000 мг/м³. Похибка не перевищує 10 % при вірогідності 95%.

Матеріали та обладнання. Фотоелектроколориметр (ФЭК); колби 2-1000-2, 2-25-2; піпетки, 1-10-2, 1-2-2; сульфатна кислота (0,01н. розчин, чда); реактив Несслера, чда; вода дистильована; мікрокомпресор МК-Л; циліндр мірний 25 мл; термометр ртутний скляний лабораторний; терези лабораторні; поглиначі з фільтрами Шотта.

Хід роботи

Побудова калібрувального графіку. Для приготування розчину «А» 3,147г хлориду амонію розчиняють у воді в мірній колбі ємністю 1 л та доводять об'єм розчину до мітки, 1 мл розчину містить 1 мг аміаку.

Для приготування розчину «Б» відбирають піпеткою 10 мл розчину «А» і вносять до мірної колби ємністю 1 л; доводять розчин до мітки водою; 1 мл розчину «Б» містить 0,01 мг аміаку. Розчин «Б» готують в день проведення аналізу. До 5

мірних колб ємністю 25 мл вносять 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 мл розчину «Б». Додають воду так, щоб до мітки залишалося 2-5 мл, потім додають 1 мл реактиву Несслера, доводять водою до мітки та перемішують. Через 10 хвилин визначають оптичну густину розчинів в кюветі 50 мм, на світлофільтрі № 4 ($\lambda = 450$ нм). Розчином порівняння служить дистильована вода. За результатами вимірювань будують калібрувальну залежність оптичної густини розчину (вісь ординат) від кількості аміаку (мг) в пробі (вісь абсцис).

Відбір та аналіз проб. В поглинальну склянку з фільтром Шотта заливають 10 мл 0,01 н розчину сульфатної кислоти та 1 мл реактиву Несслера. Досліджуване повітря зі швидкістю 10 л/хв протягом 2-3 хвилини протягують через прилад, який містить поглинальний розчин. Спостерігають появу жовтого забарвлення поглинального розчину. Через 15 хвилин вміст поглинача переносять до мірної колби ємністю 25 мл і доводять водою до мітки. Вимірюють оптичну густину розчину при $\lambda = 450$ нм.

Розрахунок. Концентрацію аміаку (C , мг/м³) розраховують за формулою:

$$C = \frac{m \cdot 1000}{V_0}, \quad (3.5)$$


де m - кількість аміаку в пробі (мг) Б, що відповідає визначеній оптичній густині розчину;

V_0 – об'єм газової проби, приведений до нормальних умов, л.



Запишіть хід проведення досліду до лабораторного журналу, рівняння реакції взаємодії аміаку з реактивом Несслера та зробіть висновок про вміст аміаку в дослідному повітрі.

РОБОТА № 9 Спосіб індикації та кількісного визначення хлору в повітряному середовищі.

 **Мета роботи** – сформувати практичні навички у визначенні вмісту хлору у повітрі робочої зони.

Принцип методу. Спосіб полягає в тім, що визначення хлору здійснюються шляхом просмоктування аналізованого повітря через активований солянокислим розчином силікагель, уловлюванням парів хлору на даному сорбенті й змочуванням наповнювача 0,02% водно-ацетоновим розчином ароматичного аміну (о-толідину) з ампули й фіксації появи забарвлення на наповнювачі в результаті взаємодії речовини, що визначають з редокс індикатором.

Метод призначається для оцінки глибин поширення парів хлору при аваріях і місцях його зберігання, при проведенні екологічної експертизи навколишнього середовища.

Матеріали та обладнання. *Активованій силікагель марок КСК або КСМ (Ø зерен 0,2 мм), розчин хлоридної кислоти (0,15н.), водно-ацетоновий розчин о-толідину (0,02%), дистильована вода.*

Аспіратор, індикаторна трубка, фотоелектроколориметр (КФК-2).

Хід роботи

Для виявлення хлору в досліджуваному повітрі може бути використана індикаторна трубка, загальний вид якої представлений на рисунку.

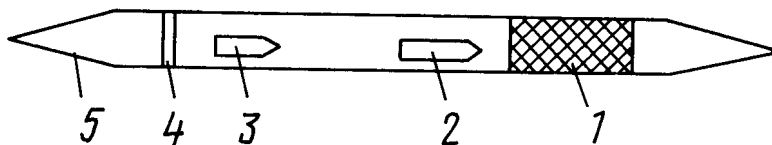


Рис. 3.18. Будова індикаторної трубки.

1. Наповнювач (абсорбент) - індикаторний активований силікагель 0,2 г, відкритопористий попередньо оброблений 0,15 н розчином соляної кислоти.
2. Ампула з 0,3 мл водно-ацетонового розчину ред-окс індикатору (о-толїдином).
3. Ампула з розчинником (дистильована вода) для змочування силікагелю перед аспірацією досліджуваного повітря.
4. Маркування.
5. Корпус трубки.

Протягування повітря через індикаторну трубку роблять за допомогою аспіратору.

Перед проведенням аналізу індикаторну трубку розкрити, вставити немаркованим кінцем у голівку аспіратору. Потім розбити верхню ампулу (3) і 3-4 рази струсити. Прокачати повітря (10-15 хитань при більших концентраціях і 30-40 хитань при концентраціях менш $1 \cdot 10^{-3}$ мг/л). Загальний об'єм аналізованого повітря при більших концентраціях хлору повинен бути не менш 1,0 - 1,5 л, при малих концентраціях – 3 - 5 л. Через 30-40 сек. розбити другу ампулу (2) і також струснути 3 - 4 рази. Після чого контролювати візуально появу через 1-2 хв. рожевого забарвлення на наповнювачі. Забарвлення наповнювача зрівняти з малюнками (еталон забарвлення) на етикетці й кількісно визначити концентрацію хлору в досліджуваному повітрі.

При необхідності кількісного визначення хлору в пробах можна проводити в розчинах. Для цього після протягування повітря через сорбент (наповнювач), попередньо змочений дистильованою водою, проводять екстракцію в солянокислий розчин (0,15 н розчин хлоридної кислоти) і дистильовану воду, потім додають реагент (0,02% водно-ацетоновий розчин о-толїдину) у наступній послідовності: 5 мл екстракту + 0,3 мл реагенту. Потім суміш перемішують і

витримують 3-5 минут. Після чого проводять фотометрирування при довжині хвилі 435 нм. Пробу, оптична щільність якої вище максимального стандарту, розбавляють дистильованою водою й проводять повторне визначення. Забарвлення стійке протягом 10-15 годин.

У таблиці наведена експериментально отримана залежність інтенсивності забарвлення (оптична щільність) продуктів реакції від концентрації хлору.

Таблиця 3.9. Значення екстинції продуктів реакції стандартних розчинів хлору за даним методом

Стандарти, мг/мл	$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Екстинція, D	0,011	0,024	0,047	0,118	0,212	0,425	0,738	1,735

Розрахунок результатів аналізу проводять по формулі:

$$C = \frac{C_0 \cdot P \cdot V_{np}}{V} \quad (3.6)$$

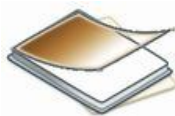
де

C_0 - концентрація хлору, знайдена по калібрувальному графіку, мг/л;

P - кратність розведення;


V_{np} - об'єм аналізованої проби, мл;

V - об'єм протягнутого через наповнювач (сорбент) повітря, л.



Записати хід роботи у лабораторний журнал, замалювати будову індикаторної трубки та зробити висновки про вміст хлору у досліджуваному повітрі.

РОБОТА № 10 Визначення аерозолію сульфатної кислоти в присутності сульфатів.

 **Мета роботи** – виробити практичні навички визначення вмісту аерозолів сульфатної кислоти в повітрі в присутності сульфатів.

Принцип методу. Метод базується на виділенні йоду при взаємодії сульфатної кислоти з йодид-йодатною сумішшю та фотометричному визначенні кислоти за жовтим забарвленням розчину. Чутливість методу становить 0,2 мг/м³. Сульфати і домішки газоподібних кислотних оксидів, які не затримуються фільтром АФА, не заважають визначенню сульфатної кислоти.

Матеріали та обладнання. *Калію йодид (3 % розчин). Калію йодат (1 % розчин). Стандартні розчини сульфатної кислоти (1 та 0,1 мг/мл). Перший розчин готують з 0,1 н H₂SO₄ (20,4 мл концентрованої H₂SO₄ розводять водою до об'єму 100 мл), другий (робочий) отримують з першого десятиразовим розведенням.*

Фільтри АФА-10 або АФА-ХА-18. Порцелянові чашки. Мірні колби ємністю 250, 100 і 50 мл. Колориметричні пробірки. Піпетки на 1, 2, 5 мл. Патрони для фільтрів. Електроаспіратор. Фотоелектроколориметр.

Хід роботи

Відбір проб повітря. Повітря об'ємом 50 л зі швидкістю 10 - 15 л/хв протягнути через патрон з фільтром АФА-10 або АФА-ХА-18.

Проведення аналізу. Після відбору проби фільтр перенести до порцелянкової чашки, змочити краплями спирту і 2-3 рази промити гарячою водою по 5 мл. У

випадку використання фільтрів АФА-ХА-18 змочування спиртом не потрібне. Промивну рідину злити в окремі пробірки і довести об'єм до 5 мл. Після обробки фільтра з пробою і холостого фільтра в пробірки внести по 1 мл розчину йодату калію і 0,5 мл розчину йодиду калію, струсити і через 10 хв. порівняти інтенсивність жовтого забарвлення розчину зі стандартною шкалою за допомогою фотоелектроколориметра (табл. 3.8).

Таблиця 3.10. Шкала для визначення сульфатної кислоти

Реактив	Номер стандарту							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Стандартний розчин, з вмістом 0,1 мг/мл, мл	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
Дистильована вода, мл	5	4,9	4,8	4,7	4,6	4,4	4,2	4,0
Йодат калію, мл	1	1	1	1	1	1	1	1
Йодид калію, мл	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Вміст сульфатної кислоти,	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10

Робочі розчини профотометрувати на ФЕК та виміряти їх оптичну густину при $\lambda = 364$ нм і товщині шару рідини у кюветі 0,3 см. Побудувати калібрувальний графік. Фотометрирування робочих розчинів та дослідної проби проводять проти холостої проби.

Розрахунок. Концентрацію аерозолі сульфатної кислоти в повітрі (мг/м^3) розраховують за формулою:

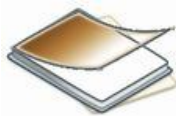
$$X = \frac{(a + b + c) \cdot 1000}{V_0} \quad (3.7)$$

де a - вміст сульфатної кислоти в першій пробірці, мг;

b - вміст сульфатної кислоти в другій пробірці, мг;


c - вміст сульфатної кислоти в третій пробірці, мг;

V_0 – об'єм дослідного повітря, приведений до нормальних умов, л.



Запишіть хід проведення досліду до лабораторного журналу, складіть рівняння реакції відновлення йоду у присутності сульфатної кислоти, побудуйте калібрувальний графік та зробіть висновок про вміст H_2SO_4 у дослідному повітрі.

РОБОТА № 11 Визначення сумарного вмісту органічних речовин газохроматографічним методом.

 **Мета роботи.** Ознайомитись з принципом роботи полум'яно-іонізаційного детектора та визначити сумарний вміст органічних речовин в перерахунку на органічний Карбон.

Принцип методу. Сумарне визначення органічних речовин у повітрі, в перерахунку на органічний Карбон базується на загальному детектуванні полум'яно- іонізаційним детектором (ПД).

Матеріали та обладнання. Носій нерухомої фази - хромосорб В, дисперсність 0,25 - 0,35 мм, промитий хлоридною кислотою та 5% спиртовим розчином КОН.

Нерухома фаза - дибутилфталат у кількості 30% (за масою) від носія нерухомої фази. Хлоридна кислота, концентрована ($\rho=1,19$ г/мл). Калію гідроксид. Метиловий спирт, х. ч. Нітроген - газ-носіє, розхід 50 мл/хв. Гідроген, розхід 80 л/хв. Стиснуте повітря, розхід 200 мл/хв.

Газовий хроматограф з полум'яно-іонізаційним детектором. Мікрошприц і шприци на 1мл. Електроаспіратор.

Камера, об'ємом біля 100 л, що має два отвори для введення речовин за допомогою мікрошприца і відбору проб за допомогою електроаспіратора. Для створення рівномірної концентрації в камері встановлюється вентилятор.

Хроматографічна колонка - трубка з нержавіючої сталі довжиною 0,5 м і внутрішнім діаметром 0,3 см.

Принцип роботи ПІД.

ПІД - універсальний чутливий детектор, вперше описаний Мак-Вільямом і Д'юаром в 1958 р. Принцип дії ПІД заснований на вимірі електропровідності водневого полум'я, що різко зростає при потраплянні до нього незначних кількостей органічних речовин.

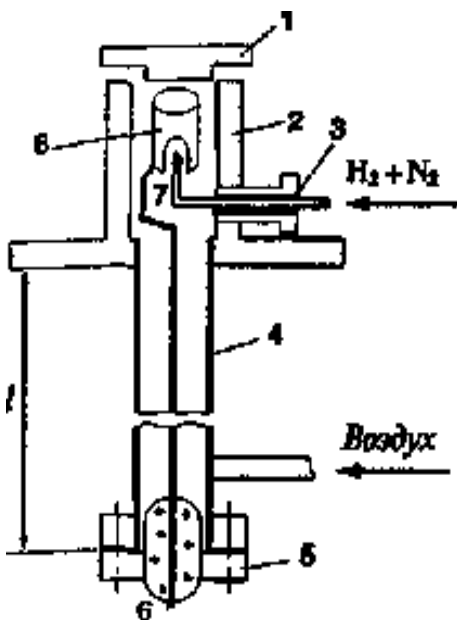


Рис. 3.19. ПІД з виносним ізолятором.

1 - кришка;

2 - корпус;

3 - ізолятор;

4 - термостат;

5 - фланець;

6 - виносний ізолятор;

7 - пальник;

8 - анод;

L - довжина виносного ізолятора

(близько 200 мм).

Для горіння використовується газ Гідроген. Газ-носій (Нітроген), що надходить у детектор з колонки, є прекрасним електроізолятором, але провідність його істотно зростає завдяки іонам, що утворюються при горінні органічних сполук у водневому полум'ї.

Елюат (у струмі нітрогену) змішується в детекторі з Гідрогеном і надходить до сопла пальника (7), до якої одночасно подається очищене повітря. Горіння відбувається між електродами (7 і 8), на які подається напруга порядку 100-300 В. При згорянні органічних речовин у полум'ї утворюються заряджені йони, а напруга, що подається на електроди змушує йони рухатися від одного електрода до іншого. Таким чином, виникає іонний струм, що вимірюється електрометром і після посилення реєструється на хроматограмі у вигляді піків.

Відгук ПД пропорційний числу атомів Карбону в молекулі, причому цей відгук змінюється при переході від одного класу органічних сполук до іншого не дуже значно. Зразок хроматограми отриманої при роботі ПД представлено на рис.

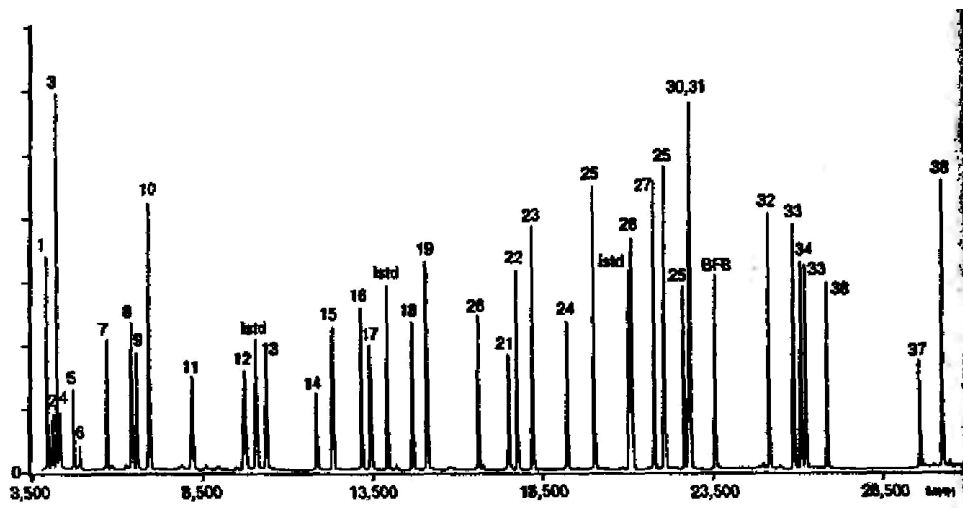


Рис. 3.20. Зразок хроматограми літких органічних сполук, забруднюючих міське повітря, отриманий на капілярній колонці з ПД (1- фреон- 12, 2 -хлорметан; 3 - фреон 114; 4 - вінілхлорид; 5 - бромметан; 6 - етилхлор; 7 - фреон 11; 8 - 1,1-дихлоретилен; 9 - метиленхлорид; 10 - фреон 113; 11- 1,1-дихлоретан; 12 - 1,2-дихлоретилен; 13- хлороформ; 14 - 1,2-дихлоретан, 15 - метилхлороформ; 16 - бензол; 17 - тетрахлорид карбону; 18 - 1,2 дихлорпропан; 19 - трихлоретилен; 20 - цис-1,3-дихлорпропен; 21- транс-1,3-дихлорпропен; 22 - 1,1,2-трихлоретан; 23 - толуол; 24 - 1,2-диброметан; 25 - тетрахлоретилен; 26 - хлорбензол; 27 - етилбензол; 28 - м,п - ксилоли; 29 - стирол; 30 - 1,1,2,2-тетрахлоретан; 31 - о-ксилол; 32 - 1,3,5-триметилбензол; 33 - 1,2,4-триметилбензол; 34 - 1,3-дихлорбензол; 35 - 1,4-дихлорбензол; 36 - 1, 2 дихлорбензол; 37 - 1,2,4-трихлорбензол; 38 - гексахлорбутадиєн.)

Полум'яно-іонізаційний детектор застосовують для визначення слідових кількостей забруднюючих речовин в навколишньому середовищу, для виявлення в повітрі й воді небезпечних для здоров'я людини домішок поліциклічних ароматичних сполук, багато з яких є канцерогенними речовинами. За допомогою ПІД можна виявити в біосубстратах і такі небезпечні речовини, як наркотики.

Недоліком ПІД вважається його низька селективність при проведенні аналізу певної сполуки в складній суміші.

Підготовка колонки. 100 г Носія замочити на добу з концентрованою хлоридною кислотою, потім промити дистильованою водою до нейтральної реакції й висушити 3 години при 200°C. Потім обробити на протязі 2,5 години 5% розчином гідроксиду калію в метанолі, промити дистильованою водою до нейтральної реакції й знову висушити 3 години при 200°C. Потім 12,7 мл дибутилфталату розчинити в ацетоні (250 мл) і до розчину додати 75г носія. Суміш нагріти на водяній бані при перемішуванні до утворення гомогенної суспензії. Нагрівання проводити до повного видалення розчинника. Газохроматографічну колонку наповнити отриманим матеріалом при безперервному різкому постукуванні, не досипаючи до верху 1 см та помістити у робоче положення в термостат хроматографу. Пропустити Нітроген при 100° С протягом 10 годин. Дана колонка гарантує видалення Оксигену повітря від присутніх у ньому вуглеводнів.

Хід роботи

Відбір проб повітря. Відбір проби проводити в газові піпетки об'ємом 0,5 мл або поліетиленові мішки об'ємом у декілька літрів.

Проведення аналізу. За допомогою шприців із газових піпеток або поліетиленових мішків відібрати 10 мл повітря і ввести пробу до газового хроматографу. Після цього уважно спостерігати за пером самописця. Перший пік на хроматограмі утворює Оксиген повітря проби, при цьому рух пера

протилежний напрямленню, в якому виписуються піки органічних речовин. Після виходу з колонки Оксигену і повного вирівнювання нульової лінії на реєстраторі, включити перекидний клапан, що змінює напрям руху потоку газу - носія на протилежний. Далше визначити для кожної відібраної проби площі піків і за калібрувальним графіком розрахувати вміст органічної речовини в пробах. Калібрувальний графік будувати для пентану, створивши необхідну його концентрацію в камері. Дозування кількості пентану проводити мікрошприцем. Відбір проби повітря, що вміщує пентан, здійснювати шприцем на 1 мл з гумової трубки, що продувається за допомогою електроаспіратора через 5 хвилин після вводу в камеру речовини. Кількість введеного в камеру пентану розрахувати за його густиною ($\rho=0,626$ г/мл) і об'ємом камери таким чином, щоб у 1 см^3 повітря знаходилось 0,05 мкг. Калібрувальний графік побудувати у вигляді залежності площі піка від об'єму проби повітря (0,1 - 1 мл), введеного з камери. Площа піка для проби органічного Карбону, що дорівнює 0,005 мкг, умовно приймається за 1 см (для різних приладів можуть бути різні величини). Дані занести в таблицю. За даними калібрувальної таблиці побудувати графік залежності площі піку від кількості органічного Карбону в пробі.

Таблиця 3.11. Калібрувальна таблиця

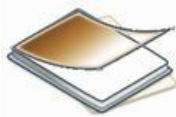
Об'єм проби повітря, мл	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
Кількість пентану, мкг	0,005	0,010	0,015	0,020	0,030	0,040	0,050
Вміст Карбону, мкг	0,0042	0,0084	0,0125	0,0167	0,0250	0,0334	0,417
Площа піка, см ²	0,84	1,68	2,50	3,34	5,0	6,68	8,35

Розрахунок. Сумарну концентрацію (мг/м^3) органічних речовин в повітрі в перерахунку на Карбон розрахувати за формулою:

$$C = \frac{m \cdot 100}{V_0} \quad (3.8)$$


де: m – кількість органічного Карбону в пробі, мкг

V_0 – об'єм відібраної проби повітря після приведення до нормальних умов, л.



Запишіть хід проведення досліду до лабораторного журналу, розрахуйте сумарний вміст органічних речовин в перерахунку на органічний Карбон.

РОБОТА № 12 Явища адсорбції та абсорбції.

 **Мета роботи** – закріпити теоретичні знання, навчитися методам очищення газів від аерозолів і шкідливих компонентів, дослідити явища адсорбції та абсорбції.

Дослід 1. Дослідження адсорбції сірководню активованим вугіллям.

***Матеріали та обладнання.** Активоване вугілля. Сульфід феруму. Хлоридна кислота (1 н. розчин). Нітрат плюмбуму (0,5 н. розчин).*

Мікроколба, штатив лабораторний, газовідвідна трубка з відігнутих кінцем, мікрошпатель, фільтрувальний папір.

Хід роботи

Мікроколбу закріпити на лабораторному штативі та газовідвідну трубку на $1/3$ об'єму заповнити активованим вугіллям. До мікроколби внести 3-4 мікрошпателя подрібленого сульфїду феруму та на $1/4$ її об'єму залити хлоридною кислотою. Не закриваючи мікроколбу пробкою, піднести до отвору фільтрувальний папір попередньо зволожений розчином нітрату плюмбуму. Після цього закрити мікроколбу пробкою з газовідвідною трубкою та потримати зволожений розчином нітрату плюмбуму фільтрувальний папір біля її кінця де виходить газ, що пройшов через шар активованого вугілля.



Записати хід досліду у лабораторний журнал та скласти рівняння реакції сульфїду феруму з хлоридною кислотою та сірководню з нітратом плюмбуму. Пояснити, чому фільтрувальний папір не почорнів після того як газ проходив через шар активованого вугілля?

Дослід 2. Дослідження адсорбції речовин з розчинів.

Матеріали та обладнання. Розчини лакмусу або фуксину. Деревинне вугілля. Сульфат магнію (2 н. розчин). Гідроксид натрію (0,1 н. розчин). Йодид калію (0,1 н. розчин). Хлорна вода. Дистильована вода. Скляна лійка, пробірки, штатив лабораторний, мікрошпатель, фільтрувальний папір.

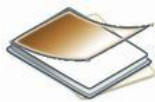
Хід роботи

А) Адсорбція барвників.

В скляну лійку покласти фільтрувальний папір, змочити його водою та щільно прижати до стінок лійки. Закріпити лійку у лабораторному штативі та внести на фільтр 7-10 мікрошпателів порошку деревинного вугілля. Взяти $1/4$ частину пробірки розчину лакмусу або фуксину та профільтрувати його через шар вугілля до чистої пробірки. Спостерігати зміну забарвлення розчинів.

Б) Адсорбція йоду гідроксидом магнію.

До пробірки внести декілька крапель розчину сульфату магнію й таку ж кількість 0,1 н. розчину гідроксиду натрію. Додати 2-3 краплі 0,1 н. розчину йодиду калію з хлорною водою. Спостерігати побуріння осаду гідроксиду магнію.



Записати хід досліду до лабораторного журналу та скласти рівняння реакції отримання гідроксиду магнію та взаємодії йодиду калію з хлорною водою. Пояснити який процес мав місце при фільтруванні розчинів барвників через шар вугілля? Пояснити чим обумовлене побуріння осаду гідроксиду магнію? Яка речовина адсорбувалася гідроксидом магнію?

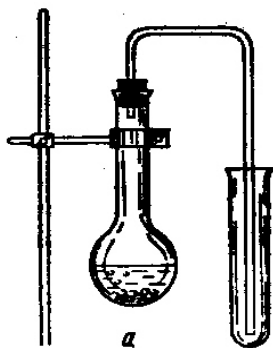
Дослід 3. Дослідження абсорбції газів розчинами.

Матеріали та обладнання. Мрамур або крейда. Сульфат амонію. Гашене вапно. Хлоридна кислота (2н. розчин). Гідроксид кальцію (2н. розчин). Дистильована вода.

Спиртівка або сухе пальне, пробірки, фарфоровий тигель, скляна паличка, мікроколба, шпатель, піпетка, пробка, газовідвідна трубка. Лакмусовий папір.

Хід роботи

А) Абсорбція вуглекислого газу.



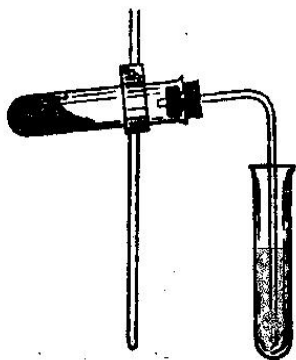
Зібрати прибор для отримання вуглекислого газу, зображений на малюнку. В пробірку (мікроколбу) вмістити декілька кусочків мрамру або крейди і додати до $\frac{1}{2}$ об'єму розчин хлоридної кислоти. Швидко зачинити пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої опустити у пробірку.

Налити до пробірки $\frac{1}{4}$ її ємкості вапнякової води і пропускати вуглекислий газ до утворення білого осаду. Продовжувати пропускання CO_2 до повного розчинення осаду.

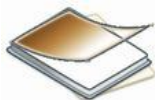


Записати хід досліду до лабораторного журналу та написати рівняння взаємодії оксиду карбону (IV) з вапняковим молоком, враховуючи, що утворюються карбонат кальцію, а в надлишку CO_2 – гідрокарбонату кальцію. Зробити висновки про абсорбційні властивості вапнякової води по відношенню до оксиду карбону (IV).

Б) Абсорбція аміаку.



Помістити до фарфорового тиглю 3-4 мікрошпателю сульфату амонію і гашене вапно. Скляною паличкою ретельно перемішати суміш та невелику її кількість перенести до пробірки (близько $\frac{1}{2}$ об'єму). Пробірку закріпити у штативі та закрити газовідвідною трубкою, кінець якої опустити до конічної пробірки з водою (див. малюнок). Суміш нагрівати 3-5 хв., пропускаячи аміак крізь воду, після чого пробірку з отриманим розчином залишити та закрити пробкою. Перевірити лакмусовим папером реакцію середовища розчину аміаку у воді.



Описати явища, що спостерігаються до лабораторного журналу, написати рівняння реакцій отримання аміаку, реакцій взаємодії аміаку з водою. Вказати реакцію розчину аміаку, пояснити.



КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Охарактеризуйте хімічний склад атмосфери Землі.
2. Поняття про постійні та змінні компоненти атмосфери.
3. Назвіть джерела надходження органічних речовин до атмосфери та їх хімічні реакції.
4. В чому полягають особливості глобального атмосферного циклів Сульфуру та Нітрогену?
5. Поясніть можливість утворення монооксиду нітрогену при роботі двигунів внутрішнього спалювання?
6. Охарактеризуйте первинні та вторинні забруднювачі атмосферного повітря.
7. Які методи використовують для визначення хімічних забруднювачів повітря?
8. Дайте пояснення стосовно причин та механізмів утворення кислотних дощів.
9. Охарактеризуйте негативний вплив кислотних дощів на рослинний, тваринний світ, ґрунти. Міри по зниженню впливу кислотних дощів.
10. В чому полягають причини послаблення озонового шару та виникнення озонових дірок?
11. Проаналізуйте організацію контролю за станом атмосфери.
12. Які існують методи очищення промислових газових викидів від твердих часточок, шкідливих компонентів.
13. Приведіть хімічні реакції, що лежать в основі очищення газових викидів в атмосферу.
14. Які міжнародні конвенції та угоди спрямовані на захист атмосфери від забруднення?
15. Які прилади використовують для відбору проб повітря?
16. Які технологічні операції враховуються для відбору проб на підприємствах?
17. Який вплив оказує забруднене повітря на живі організми, ґрунти та воді басейни?
18. Як проводиться аналіз вмісту моно- та діоксиду карбону, сульфур діоксиду та оксидів нітрогену в повітрі за допомогою УГ-2?

19. Які фактори оточуючого середовища враховують при розрахунку ступеню забрудненості повітря на ділянці вулиці?
20. На чому базується метод визначення карбону монооксиду за реакцією з нітратом аргентуму?
21. Як проводиться аналіз вмісту хлору в повітрі?
22. В чому полягають особливості визначення вмісту аерозолів сульфатної кислоти в повітрі?
23. В чому полягає суть визначення органічних речовин методом газової хроматографії?
24. Охарактеризуйте принцип роботи та будову полум'яно-іонізаційного детектора.
25. Яка різниця між показниками гранично-допустима концентрація та гранично-допустимий викид?
26. На які групи поділяють промислові викиди, що містять шкідливі речовини?
27. Які речовини мають найнижчі значення середньодобових ГДК?
28. Які існують методи очищення газів від аерозолів?
29. На чому базуються методи інерційного та відцентрового пиловловлювання?
30. Проаналізуйте які методи очищення газів від аерозолів більш ефективні: мокрі або сухі?
31. Поясніть принцип роботи електрофільтру?
32. Що називають абсорбцією, адсорбцією та десорбцією?
33. Які речовини використовують на практиці в якості абсорбентів?
34. На яких принципах базується вибір типу абсорбера?
35. Від яких факторів залежить швидкість процесу абсорбції?
36. Опишіть схему протivotочної абсорбційної установки.
37. В чому полягають переваги застосування абсорбційно-десорбційної циклічної схеми при очищенні газових викидів?
38. В чому різниця між процесами фізичної та хімічної адсорбції?
39. Які адсорбенти природного та штучного походження використовують у промисловості?
40. Опишіть схему адсорбційної газоочисної установки.

41. Які хімічні перетворення відбуваються при каталітичному очищенні газів?
42. Опишіть методи термічного дожигу, озонні, плазмохімічні, фотокаталітичні методи очищення газів від атмосферних забруднювачів.
43. Які використовують методи очищення повітря від домішок диоксиду сульфуру, сірководню, диоксиду вуглецю?



ЗАДАЧІ

1. Розрахуйте, яка концентрація CO у приміщенні, якщо при пропусканні повітря об'ємом 2 л через оксид йоду (V) утворилося 0,036 мг йоду.

Відповідь: $3,55 \cdot 10^{-7}$ моль/л.

2. Щорічно в атмосферу в результаті антропогенної емісії виділяється близько 70 млн. т. SO₂. Скільки тонн 100 % сульфатної кислоти теоретично можна одержати з цієї кількості диоксиду сульфуру?

Відповідь: 107 млн. т.

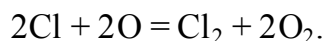
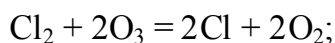
3. Встановлено, що в атмосфері великого міста міститься 0,26 % озону (за об'ємом при н.у.). Скільки молекул озону приходить на кубічний метр такої атмосфери при температурі 26°C и тиску 760 мм. рт. ст.?

Відповідь: 2,94 л

4. Вміст чадного газу у відпрацьованих газах двигуна автомашини з нейтралізатором згідно зі стандартами Євро-2 не повинне перевищувати 0,5 % по об'єму. Чи відповідає режим роботи двигуна зазначеній нормі, якщо при пропусканні 25 л вихлопних газів (що містять по об'єму CO₂ удвічі більше, ніж CO) через 12,0 мл 10 % розчину гідроксиду натрію відбулося повне насичення розчину?

Відповідь: 0,67 %

5. Аерокосмічні кораблі багаторазового використання типу «Спейс Шаттл» небезпечні для озонового шару. При запуску одного такого корабля ракетні прискорювачі на висотах до 50 км викидають в атмосферу 187 тонн хлору. 1 Молекула хлору здатна знищити $1 \cdot 10^5$ молекул озону. Взаємодія протікає по реакціях:



Розрахуйте, скільки тонн озону зруйнує такий викид хлору, якщо врахувати, що в реакціях бере участь весь хлор.

Відповідь: 12643200 т озону.

6. Теплоелектростанція працює на кам'яному вугіллі, що містить 0,9 % Сульфуру й 8,5 % неспалених домішок. Екологи визначили, що над станцією середньодобовий об'єм хмарності становить 20 км^3 , а вміст сульфатної кислоти в хмарах $0,256 \text{ мг/м}^3$. Вважаючи станцію єдиним забруднювачів атмосфери, визначити, скільки тонн шлаків вивозиться з її на смітник щодня.

Відповідь: 18,9 т.

7. При аналізі на вміст аерозолі сульфатної кислоти в атмосферному повітрі були отримані наступні дані: швидкість аспірації повітря 6 л/хв, час аспірації - 15 хв., вміст сульфатної кислоти в пробі 40 мкг. Умови відбору проб: фільтри АФА ХА, електроаспіратор, температура - 20°C , тиск 769 мм рт. ст. Визначити концентрацію аерозолі сульфатної кислоти в досліджуваному повітрі. ПДК туману сульфатної кислоти - 1 мг/м^3 .

Відповідь: $0,47 \text{ мг/м}^3$.

8. Визначення оксиду карбону в атмосферному повітрі засновано на відновленні монооксидом карбону аміачних розчинів оксиду аргентуму й наступному колориметричному визначенні забарвлених розчинів. При аналізі проби повітря отримані наступні дані: вміст СО склав 0,75 мг; швидкість відбору

проби - 0,5 л/хв; час аспірації - 12 хв.; температура повітря - 19,5°C; атмосферний тиск - 745 мм рт. ст. Розрахувати ступінь забруднення повітря, якщо ПДК для СО - 20 мг/м³.

Відповідь: 0,13 мг/м³.

9. Для визначення максимальної разової концентрації аміаку досліджуване повітря зі швидкістю 1 л/хв протягом 30 хв. протягували через поглинальний прилад, що містить 6 мл 0,02н сульфатної кислоти. За калібрувальним графіком, концентрація аміаку в пробі склала 0,8 мкг. Розрахувати максимальну разову концентрацію аміаку в досліджуваному повітрі, якщо відбір проби проводився при 25°C й тиску 770 мм. рт. ст.

Відповідь: 0,0285 мг/м³.

10. Після дезінфекції розчином хлорного вапна був проведений аналіз повітря на вміст у ньому хлору. Для цього 40 м³ повітря, забрудненого хлором, пропустили через нагрітий розчин йодиду калію, маса якого зменшилася на 73,2 мг. Знайдіть концентрацію хлору в повітрі й визначите, чи є небезпечним його вміст для здоров'я людей (ПДК хлору дорівнює 1 мг/м³). Реакція протікала за рівнянням: $\text{Cl}_2 + 2\text{KI} = 2\text{KCl} + \text{I}_2$.

Відповідь: 0,39 мг/м³

11. За рік у біосфері в результаті біологічної фіксації утворюється 92 млн. т зв'язаного Нітрогену, втрати його внаслідок денітрифікації становлять 82 млн. т. Розрахуйте, скільки заводів із продуктивністю аміаку 1500 т/добу фактично підмінюють біосинтез.

Відповідь: 22 заводу.

12. Дерево при максимальній інтенсивності фотосинтезу здатно перетворити до вуглеводів приблизно 50 г вуглекислого газу за добу. Який об'єм Оксигену (н.у.) виділяє гай з 500 дерев за цей час?

Відповідь: 12,7 м³.



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Андруз Дж., Бримблкумб П., Джиколз Т., Лисс П. Введение в химию окружающей среды. – М.: Мир, 1992.- 272 с.
2. Бримблкумб П. Состав и химия атмосферы. — М. : Мир, 1988. — 351 с.
3. Быховская М.С., Гинзбург С.Я., Хализова С.Д. Методы определения вредных веществ в воздухе, М.: Медицина, 1966. - 594 с.
4. Вигдорович В. И. Химия и экология атмосферы: Учеб. пособие для студентов хим. фак. ун-тов. - Тамбов : ТГУ, 1998. - 156 с.
5. Власенко В.М. Каталитическая очистка газов. – К.: Техника, 1973. – 199 с.
6. Гальперин В.И. Защита атмосферы от пылегазовых выбросов горно-химических предприятий. - М.: Недра, 1984. - 117 с.
7. Горелик Д.О., Конопелько Л.А. Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выбросов. Аэроаналитические измерения. - М.: Изд-во стандартов, 1992.
8. Другов Ю.С. Экологическая аналитическая химия. – М. - 2000. – 432 с.
9. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. - Л.: Гидрометеоиздат, 1984.
10. Лейте В. Определение загрязнений воздуха в атмосфере и на рабочем месте / Пер. с нем. под ред. А.П. Коузова. – Л.: Химия, 1988. – 344с.
11. Кузнецов И.К, Троицкая Т.М. Защита воздушного бассейна от загрязнений вредными веществами химических предприятий. - М.: Химия, 1979. - 344 с.
12. Кузнецов В. А., Тарасова Н. П. Химия атмосферы: [Учеб. пособие]. - М.: МХТИ, 1987. - 64 с.
13. Лозановская И.Н., Орлова Д.С., Садовникова Л.К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. - М.: Гидрометеоиздат, 1998.
14. Методы анализа загрязнений воздуха / Другов Ю.С., Беликов А.Б., Дьякова Г.А., Тульчинский В.М. – М.: Химия, 1984 . – 384 с.
15. Мизун Ю.В., Мизун Ю.Г. Озонные дыры и гибель человечества. – М.: Вече, 1998. - 534 с.

- 16.Набиванець Б.Й., Сухан В.В., Калабіна Л.В. Аналітична хімія природного середовища.-К.: Либідь, 1996. - 304 с.
- 17.Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности (Основы энвайронменталистики). - Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2000.
- 18.Поташников Ю.М. Утилизация отходов производства и потребления. Учебное пособие. – Тверь.: Издательство ТГТУ, 2004. - 107 с.
- 19.Перегуд Е.А., Горелик Д.О. Инструментальные методы контроля загрязнения атмосферы. Л.: Химия, 1981. - 356 с.
- 20.Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г., Мизити А.. Введение в экологическую химию: Учебное пособие. - М.: Высшая школа, 1994. - 400 с.
- 21.Тарасова Н.П. Дисперсные системы в атмосфере: Учебное пособие. - М.: Хронос совместно с ВЦ РХТУ, 1994. - 60 с.
- 22.Унифицированные методы определения атмосферных загрязнений./ Под ред. Сидоренко Г.И. - М.: СЭВ, 1976. - 264 с.
- 23.Фюлленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию / Пер. с нем. А. В. Очкина; под ред. К. Б. Заборенко. – М.: Мир, 1997. – 232 с.
- 24.Хімія та екологія атмосфери: Навчальний посібник / Б.М. Федішин та ін.; За ред. Б.М. Федішина. – К.: Алерта, 2003. – 272с.
- 25.Шаприцкий В.Н. Защита атмосферы в металлургии. - М.: Металлургия, 1984. - 215 с.
- 26.Якість вимірювань складу та властивостей об'єктів довкілля та джерел їх забруднення (збірник КНД). – Київ: Мінекобезпеки, 1997. – 662 с.
- 27.Hites, R. A. Elements of environmental chemistry / Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Canada, 2007.

РОЗДІЛ 4

ЕКОЛОГІЧНА ХІМІЯ ГІДРОСФЕРИ

Загальна характеристика гідросфери

Гідросфера — водна оболонка Землі, що являє собою сукупність океанів, морів, поверхневих вод суші і криги, які разом становлять близько 71% земної поверхні, а також підземних вод. Основна маса гідросфери (близько 94% об'єму) зосереджена у морях і океанах, друге місце займають підземні води, третє — сніг і крига. Води суші становлять частку відсотка від загального об'єму гідросфери (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 Водні ресурси в гідросфері

Водні ресурси	Об'єм води, тис. км ³	% до загального об'єму
Загальні запаси води на континентах:	8300	0,623
Прісні озера	123	0,008
Солоні озера і внутрішні моря	100	0,007
Річки	1,23	0,001
Вода в ґрунті і підґрунті	65	0,004
Підземні води до глибини 800 м	30749	2,2
Підземні води більших глибин	30749	2,2
Льодовики і льодові покриви	28500	2,05
Вода в атмосфері	12,7	0,001
Океани	1246502	93,2
Вся гідросфера	1345101,93	100

Гідросфера тісно пов'язана з іншими геосферами Землі – атмосферою і літосферою. Вода на Землі знаходиться в безперервному русі. Колообіг води об'єднує всі частини гідросфери, утворюючи в цілому замкнену систему: океан-атмосфера-суша і зазвичай перебуває в них одночасно в трьох агрегатних станах – рідкому, твердому і газоподібному. На великих висотах в атмосфері і в космосі зберігається тільки тверда вода або окремі її молекули, а в надрах Землі вона спочатку переходить у пароподібний, а потім у „плазмовий”, а ще глибше – в хімічно зв'язаний стан (за рахунок перебігу реакцій гідратації з багатьма речовинами).

Вважають, що вода з'явилася на поверхні нашої планети 3—3,5 млрд років тому у вигляді парів, внаслідок дегазації мантиї. По мірі розвитку життя вода збагачувалася Оксигеном. Сучасний вміст розчинених твердих речовин і газів у воді – результат тривалої еволюції гідросфери. Нині світові запаси води на Землі становлять 1386 млн м³, з них прісних вод лише 35 млн, більше двох третин цієї кількості знаходиться у твердому стані — льодовики Арктики, Антарктиди і зони вічної мерзлоти.

У рідкому стані більша частина запасів прісної води — 10,5 млн м³, з них менше 3 % - зосереджено в річках, озерах і водосховищах, які і є традиційними джерелами водопостачання.

Серед малих складових поверхневих вод найбільша маса води зосереджена в озерах.

Озера – це маленькі моделі океану з точки зору руху вод, а за концентрацією та набором розчинених речовин озера ближчі до підземних вод. Дуже солоні озера найчастіше безстічні: вода річок і льодовиків приносить розчинені речовини, які при випаровуванні накопичуються в озері. У деяких озерах вода буває в 10 разів солоніша, ніж вода океанів.

Болота - проміжна ланка між озерами і підземними водами. Болота – головні пастки органічного Карбону. У них відбувається його накопичення і поховання. Значною є роль болот в регуляції гідрологічного режиму.

Річки - на відміну від озер і болот – швидкі транспортери води. Річки регулярно оновлюють гідросферу, повна заміна води відбувається 1 раз на 30 тис.

років. За час існування нашої планети вода Світового океану і підземної гідросфери пройшла через річки більше 100 тис. разів.

Зона інтенсивного підземного водообміну знаходиться на глибині 300-500 м (верховодка і підземні води). Швидкість руху води тут невелика і повний обмін із поверхневими водами може досягати століть. Нижче, на глибині 1,5-2 км, водообмін ще повільніший через зменшення пористості порід. Середні темпи відновлення запасів води складають тут десятки – сотні тисяч років, ще глибше водообмін може відбуватися за мільйони років.

У межах перших сотень метрів від поверхні мінералізація складає близько 1% (1 г солей на 1 л) з переважанням гідрокарбонатного аніону, глибше мінералізація зростає до 3,5%, тут багато сульфатних аніонів, ще глибше мінералізація перевищує 3,5%, склад підземної води наближається до складу морської води, збільшується концентрація іонів хлору.

У зоні інтенсивного водообміну підземні води містять кисень і азот, глибше з'являються сірководень і метан, ще глибше – вуглекислий газ і водень. У підземних водах на глибині від 1 до 4 км міститься до 1000 см³/л газів, а в океані тільки до 20 см³/л. Загальна маса газів, розчинених у глибинних водах, наближається до маси атмосфери Землі.

Підземні води містять величезну кількість розчинених органічних речовин.

Життя на Землі зародилося у воді. Вона стала первинним середовищем для еволюції органічного світу і входить до складу всіх живих істот. Вчений Дж.Бернар зробив припущення, що життя зародилося в зоні морського прибою – на межі трьох сфер (літосфери, гідросфери і атмосфери). За хімічним складом морська вода, де розвивалося первинне життя, дуже близька до складу людської крові (табл.4.2).

Вода у великій або малій кількостях входить до складу всього живого. Будь-який організм не може існувати без неї. Наприклад, організм людини вміщує близько 75 % води, хребетних — 60—65 %, риб — близько 80 %, водоростей — 95—99 %, рослин суші — 50—75 %, та втрата ними 10-20% води приводить до їх загибелі.

Таблиця 4.2 Хімічний склад води Світового океану і крові людини

Хімічний елемент	Частка від суми розчинених солей (у %)	
	у воді Світового океану	у крові людини
Хлор	55,0	49,3
Натрій	30,6	30,0
Оксиген	5,6	9,9
Калій	1,1	1,8
Кальцій	1,2	0,8

Для нормального здійснення функцій організму людини необхідно близько 2л води на добу. За 70 років життя людини через тканини її організму проходить понад 50 т води.

Фізичні та хімічні властивості води

Яка хімічна сполука може бути простішою, ніж вода - H_2O ? Два атоми Гідрогену сполучені з одним атомом Оксигену.

При аналізі звичайної води встановлено, що насправді це суміш декількох різновидів води, які є сполуками нуклідів Оксигену і Гідрогену. Крім звичайного Гідрогену (H) у природі зустрічається Гідроген з масовим числом 2 (дейтерій D) і ще важчий — з масовим числом 3 (третій T). У Оксигену, крім звичайного, з відносною атомною масою 16, виявлено ще два важчих нукліди з відносними атомними масами 17 і 18.

Теоретично може існувати 42 ізотопних різновиди води, з яких лише 7 є стійкими, тобто нерадіоактивними. Однак, поки що в природі виявлені не всі з них. На 99,73 % гідросфера складається із звичайної води. Решта води -важка, до складу молекул якої входять важкі ізотопи Оксигену і Гідрогену.

За властивостями важка вода істотно відрізняється від звичайної (табл. 4.3.).

Мабуть, усі особливості води визначаються властивостями елементів, які її утворюють: Оксигену і Гідрогену. Гідроген - елемент, який не має жодної заповненої, а отже, стійкої, електронної оболонки.

Таблиця 4.3 Деякі константи звичайної H_2O і важкої D_2O води

Показник	Вода	
	звичайна	важка
Відносна молекулярна маса	18	20
Температура замерзання, °C	0	3,8
Температура кипіння, °C	100	101,43
Густина при 20°C, г/см ³	0,9982	1,1056
Максимальна густина за температури, °C	4	11,6

Оксиген і Гідроген активно з'єднуються між собою з утворенням стійкої молекули. В зв'язку із різкою різницею електронегативностей між Гідрогеном та Оксигеном, електронна густина зміщується до Оксигену у разі чого атоми набувають часткового заряду, а молекула води стає полярною. За допомогою електростатичних сил з'являється можливість утворення додаткового міжмолекулярного зв'язку (водневого) між атомом Гідрогену однієї молекули та Оксигеном - іншої.

Дещо абстрактною просторовою схемою її будови є тетраедр з двома частково позитивними і двома частково негативними зарядами у вершинах тетраедра. В центрі таких фігур розміщене ядро атома Оксигену, на двох сусідніх вершинах тетраедра — позитивно заряджені атоми Гідрогену, а на двох інших — негативно заряджені електрони (рис. 4.1). Отже, молекула води кутова і полярна (дипольний момент $\mu=1,84D$).

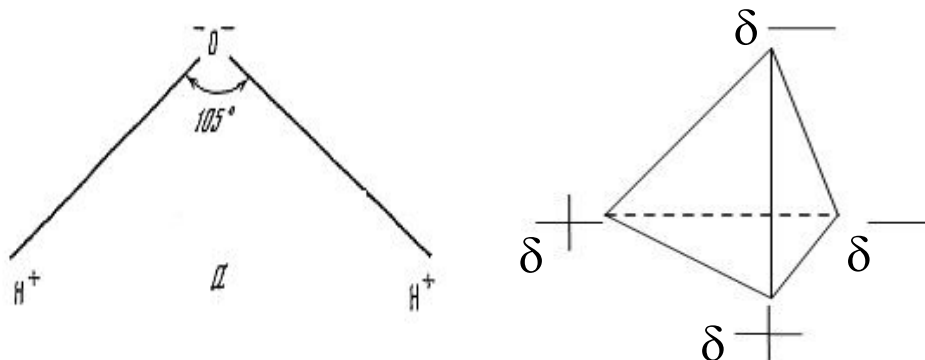


Рис. 4.1. Варіанти будови молекули води.

Молекулярна маса пароподібної води дорівнює 18 і відповідає її найпростішій формулі. Однак молекулярна маса рідкої води, що визначається шляхом вивчення її розчинів в інших розчинниках виявляється більше, високою. Це свідчить про те, що в рідкій фазі відбувається асоціація молекул води, тобто з'єднання їх у більше складні агрегати. Це підтверджується й аномально високими значеннями температур плавлення й кипіння води. Асоціація молекул води викликана утворенням між ними водневих зв'язків.

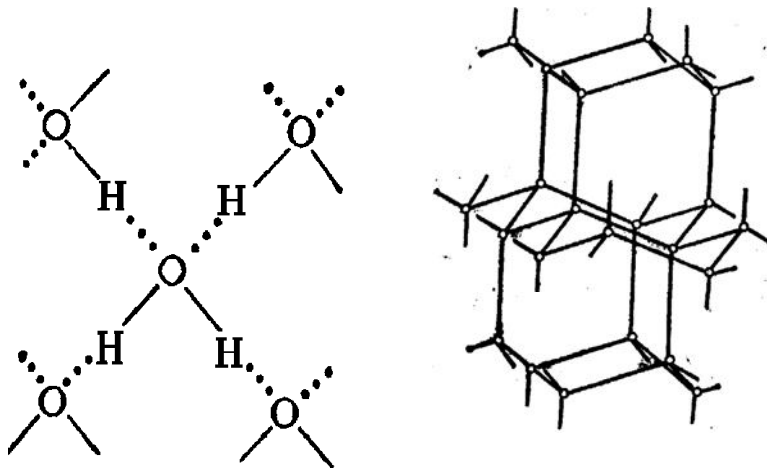


Рис. 4.2 Схеми утворення водневих зв'язків у твердій фазі води.

Велике значення в житті природи має й той факт, що вода має аномально високу теплоємність [4,18 Дж/(г*К)], Тому у нічний час, а також при переході від літа до зими вода остигає повільно, а вдень або при переході від зими до лету так само повільно нагрівається, будучи, таким чином, регулятором температури на земній кулі.

Незважаючи на велику різницю електронегативностей ΔE_H Оксигену і Гідрогену ($\Delta E_H = 3,5 - 2,1 = 1,4$), зв'язок між цими атомами в молекулі води досить міцний (енергія зв'язку 461 кДж/моль). Тому вода погано дисоціює на йони і є слабким електролітом ($K_{дис} = 1,8 \times 10^{-16}$). Молекулу води дуже важко зруйнувати, тому вода може існувати за умов різноманітних і дуже сильних впливів, наприклад у Космосі і в мантії Землі.

Діелектрична проникність рідкої води становить 81. Отже, якщо вмістити у воду полярну молекулу, йонний асоціат, кристал (сукупність протилежних

зарядів), сила їхнього міжйонного притягання зменшиться у 81 раз (відносно вакууму). Вода є полярним розчинником, у якому багато речовин розчиняється, а також дисоціює на йони. Є дуже мало розчинників, полярність яких перевищує полярність води (це пероксид гідрогену, сульфатна кислота, фтороводень, ціановодень та ін.). Однак внаслідок великої реакційної здатності ці сполуки як розчинники майже не використовуються, тому вода є унікальним розчинником.

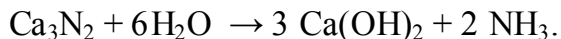
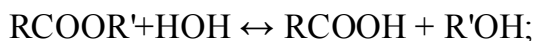
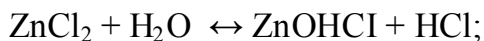
Вода має максимальну густину за температури 4°C. На відміну від більшості інших речовин, густина яких під час охолодження зростає, густина води зменшується. Ця аномальна властивість води має велике біологічне значення. Завдяки їй неглибокі водойми не промерзають взимку до дна і в них зберігається життя, тому що щільність криги менша за густину рідкої води, вона спливає на поверхню й утворює теплонепроникний шар.

Ймовірно, що в кризі усі молекули води сполучені між собою в ажурну ґратку, відстань між атомами Оксигену в якій більша за розміри поодинокі молекули, тобто вона пронизана "дірками" або "пустотами". Під час танення криги й подальшого підвищення температури така "крижана" структура поступово руйнується, і поряд з каркасом, який частково зберігається, з'являються незв'язані молекули води, які можуть заповнювати ці "дірки". Описана гіпотеза добре, пояснює аномалію криги — її меншу щільність порівняно з рідкою водою (як відомо, інші рідини під час тверднення утворюють речовину завжди більшої густини, ніж густина вихідної рідини, тому вона тоне в останній). Вода веде себе, так само, як і інші рідини, зменшуючись в об'ємі під час охолодження і збільшуючи свою густину до досягнення найбільшої густини (0,999973 г/см³) за температури 3,98°C. Однак, у разі подальшого її зниження, вода починає розширюватись (густина 0,999841 г/см³ за 0°C) й особливо сильно збільшує свій об'єм під час перетворення на кригу (густина 0,9168 г/см³).

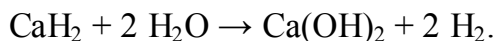
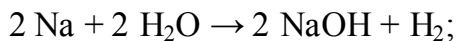
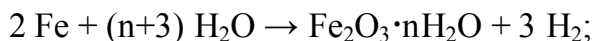
У хімічному аспекті вода — досить активний реагент за рахунок наявності двох неподілених пар електронів на атомі Оксигену та полярності молекул її можна розглядати як продукт взаємодії йонів H⁺ і OH⁻ (вода — амфоліт, оскільки утворює ці йони у процесі дисоціації), які є носіями кислотних і основних

властивостей водних розчинів. Тому чиста вода має нейтральну реакцію середовища ($\text{pH} = 7$; йонний добуток води 10^{14}).

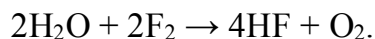
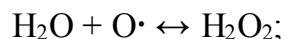
За рахунок здатності води утворювати донорно-акцепторні і водневі зв'язки існують численні міжмолекулярні та комплексні сполуки: гідрати ($\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; $\text{NH}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), кристалогідрати ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), аквакомплекси ($[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{SO}_4$, $[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]$). За участю полярних молекул води відбуваються процеси електролітичної дисоціації електролітів, гідролізу, гідратації, реакції обміну та розкладання різних органічних і неорганічних сполук, наприклад:



Вода виявляє слабкі окиснювальні властивості за рахунок атома Гідрогену у вищому ступені окиснення іона H^+ . За високих температур і наявності каталізаторів вода окислює Карбон, метан, оксид карбону (II), Ферум, Фосфор, за звичайних умов - лужні і лужноземельні метали, гідриди металів:



Вода має також слабкі відновні властивості за рахунок наявності в її молекулі атома Оксигену в нижчому ступені окиснення (іона O^{2-}). Під дією сильних окисників - атомарного кисню, фтору — вода окислюється:



Речовини H_2O_2 , O_3 , OF_2 — продукти окиснення води, до складу молекул яких входить Оксиген у різних ступенях окиснення (-1, 0, +2).

Багато реакцій відбувається лише за наявності слідів води (взаємодія лужних металів з хлором, ланцюгова реакція водню з хлором тощо).

Колообіг води та її баланс на планеті

На планеті відбувається постійне перенесення води з одного місця до іншого, у масштабі всієї планети, головним чином між океаном і сушею. При цьому змінюється агрегатний стан води, що дозволяє підтримувати рівновагу між сумарним випаровуванням і випаданням опадів на планеті. Вода з речовинами, які містяться в ній, випаровується і повітряними течіями переноситься на десятки, сотні та тисячі кілометрів. Випадаючи у вигляді опадів, вона сприяє руйнуванню гірських порід, робить їх доступними для рослин та мікроорганізмів, розмиває поверхневий ґрунтовий шар і, разом із розчиненими органічними частками, потрапляє в океани та моря. Підраховано, що з поверхні Землі тільки за 1 хв випаровується 1 млрд т води і стільки ж випадає у вигляді опадів.

Загальна кількість води у поверхневих оболонках Землі - земній корі, за даними академіка О. П. Виноградова, становить 1 трлн 600 млрд т. Кількість води, яка захоплюється фотосинтезуючими організмами, становить щорічно 837 млрд т. Період повного обертання всієї води у процесі утворення живої речовини 1,9 млн років.

Водний баланс Землі дозволяє уявити, що величезний процес колообігу води є первинною основою оцінки ресурсів планети. Для океанічної частки колообігу найхарактерніше випаровування вологи, у процесі якого безперервно відновлюється вміст водяної пари в атмосфері. Більше 86% вологи надходить до атмосфери за рахунок випаровування з поверхні океану і менш як 14% — за рахунок випаровування з суші.

Важлива риса океанічної частки колообігу води — перенесення великих мас морських вод. При цьому кількість води, яка щороку переноситься течіями чотирьох океанів, характеризує інтенсивність внутрішнього океанічного водообміну під впливом течій. Є дані про те, скільки років у середньому необхідно для того, щоб усі води кожного з океанів змінились. У Світовому океані для цього потрібно близько 60 років; найменш інтенсивний водообмін Тихого океану (більше 100 років), для Індійського океану потрібно близько 50 років, для Атлантичного і Північного льодовитого океану — 40 років.

Зовсім інша активність обміну, на 3—5 порядків вище, характерна для прісних вод. Особливо інтенсивний водообмін у річках. Обмін руслових річкових вод здійснюється кожні 11 діб, або 32 рази на рік. Якщо врахувати, що з річками зв'язані більша частина озер і всі водосховища, на активність обміну поверхневих вод суші буде близько 7 років. Висока активність обміну річкових вод — це позитивна властивість, завдяки якій забезпечуються основні потреби людства у воді.

Що стосується ґрунтової вологи, то оскільки вона найбільш пов'язана з атмосферними процесами і, головним чином, підлягає сезонним коливанням, її зміна відбувається протягом року.

Циркуляція води між Світовим океаном і сушею — важлива частка в підтримці життя організмів на Землі; є основною умовою взаємодії рослин і тварин із неживою природою. Крім того вода в геологічному колообігу — величезна трансформуюча сила, яка призводить до поступового руйнування літосфери, перенесення її складових у моря й океани.

Колообіг води в природі — це безперервний процес руху та обміну водою між складовими частинами гідросфери (рис. 4.2.). Колообіг був спричинений процесами, які розпочалися в надрах нашої планети після її утворення. Головним рушієм колообігу, джерелом його енергії є енергія Сонця і сила гравітації.

У процесі випаровування з водної поверхні під дією сонячної енергії вода надходить до атмосфери. Вологе повітря підіймається вгору, де водяна пара конденсується з утворенням хмар. Завдяки охолодженню вода з атмосфери повертається на суходіл або в океан (море) у вигляді опадів (дощ, сніг, град) та зрідка роси — в разі конденсації водяної пари на холодних поверхнях.

Океан — основний споживач сонячної енергії. Якби він тільки нагрівався, не віддаючи теплоту, то, вочевидь, швидко б википів. Проте в океані зберігається рухомий баланс між надходженням і витратою теплоти. Близько 7% отриманої від Сонця теплоти океан витрачає на нагрівання атмосфери (у процесі теплообміну з нею), 42% — на власне випромінювання (так само, як випромінює кожне нагріте тіло).

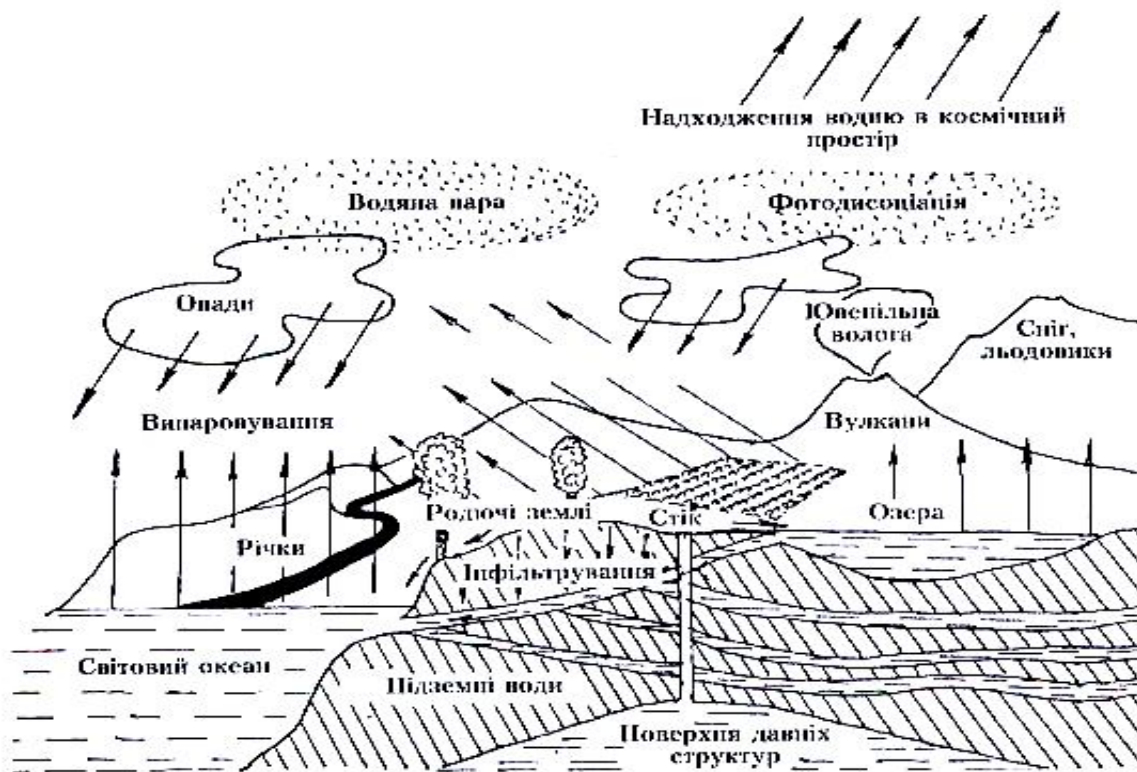


Рис. 4.3. Колообіг води в природі.

Решта теплоти витрачається на підтримання колообігу води, тобто на її випаровування: $\sim 0,5 \times 10^{15}$ т води за рік, що майже вдвічі перевищує сумарну масу усіх озер світу і може вкрити планету шаром води в 1 м. Тобто за добу з поверхні Світового океану випаровується стільки само води, скільки її міститься в руслах річок усього світу. Легко обчислити, що приблизно за 3000 років уся сучасна маса гідросфери повністю випаровується, тобто інтенсивність обміну або відтворення води в ній за рахунок випаровування дуже велика. З часу останнього зледеніння (10 тис. років тому) гідросфера не менш ніж тричі пройшла через пароподібний стан в атмосфері, а за період існування Землі — декілька мільйонів разів.

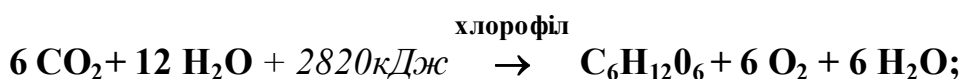
Молекули води, що випаровуються, потрапляючи в атмосферу, формують атмосферну складову гідросфери. Концентрація водяної пари в атмосфері змінюється від 0,2% біля полюсів до 2,6% біля екватора і швидко зменшується з висотою. На висоті 1,5 - 2 км вона зменшується наполовину, тобто 50% вологи міститься в нижчому шарі атмосфери. З висотою температура повітря знижується, тому на деякій висоті водяна пара досягає насичення і конденсується (так званий

рівень конденсації). Хмари, які містять воду або кристали криги, іноді простежуються на великих висотах: до 18 км — перисті хмари, до 20-30 км — перламутрові, до 80 км — сріблясті хмари. Процес "випаровування — конденсація — атмосферні опади" не є тривалим — в атмосфері вода затримується в середньому на 8-9 діб. Основна маса атмосферних опадів припадає на поверхню Світового океану — 75-77%, або $\sim 0,45 \times 10^{15}$ т, що відповідає шару води в океані завтовшки 1,25 м. Над континентами випадає 23-25% атмосферних опадів, що відповідає шару води на суходолі завтовшки 0,85 м. У зоні помірних і високих широт маса опадів переважає масу води, що там випарувалася (в екваторіальних зонах здебільшого навпаки).

Частина океанічної вологи, що випарувалася і була віднесена потоками повітря до суходолу, включається у колообіг води на суходолі, де вже випаровується з поверхні водойм — річок, озер, боліт, з поверхні зволоженого ґрунту, з рослин, які перекачують її крізь кореневу систему з ґрунту (так званий процес транспірації води рослинним покривом). Вкритий рослинністю суходіл іноді може випаровувати більше води, ніж водна поверхня. Наприклад, береза в помірних широтах випаровує за добу 20 л води, евкالیпт — до 150 л.

Культура, яка продукує 20 т рослинної маси (сира маса) з 1 га, поглинає як мінімум 2000 т води.

Роль фотолізу молекул води під час асиміляції хлорофілом у процесі фотосинтезу мізерна при транспірації води.



Для відщеплення Гідрогену, який переходить до складу 5 т сухої рослинної маси, потрібно лише 3 т води, тобто трохи більше 0,15 % загальної маси води, яку поглинає культура.

На суходолі неодноразово випадають опади і частково випаровуються, тобто виникають місцеві колообіги. Загалом вода, яка випала на суходіл, інфільтрується, випаровується і стікає. Інфільтрування особливо важливе для

наземних екосистем, оскільки забезпечує ґрунт вологою, яка нагромаджується у верхніх його шарах, багатих на Гумус. У процесі інфільтрування вода надходить до водоносних горизонтів і підземних вод. Стік поповнює втрати води від випаровування та інфільтрування. Поверхневий стік і ресурси підземних водоносних шарів забезпечують живлення водних потоків, які повертають воду до гідросфери.

Особливо підкреслимо, що в своєму колообігу вода багаторазово проходить крізь природні фільтри. Вода, яка інфільтрується в ґрунт, природно розділяється на три частини. Перша частина затримується у ґрунтових порах у вигляді капілярної, слабко- і міцнозв'язаної води, а згодом випаровується з поверхні ґрунту, до якої вона "підтягується" в разі підсушування верхнього горизонту ґрунтів у спекотні бездощові періоди. Друга частина води крізь рослинний фільтр транспірується в атмосферу. Третя частина води стікає (інфільтрується) під дією сили гравітації по сполучених порах підґрунтового шару і потрапляє в резервуари підземної води.

Якби підземні води тільки поповнювалися, нікуди не стікаючи, то дуже швидко їхні резервуари виявилися б переповненими і вода виступила на земну поверхню. Так нерідко і трапляється, коли водотривкий шар ґрунту залягає неглибоко. У місцях, де випаровування незначне, утворюються перезволожені ділянки ґрунту чи навіть болота. Однак частіше водотривкі породи мають нахил або ж вода може рухатися у водотривких шарах під дією гідростатичного напору, оскільки такі шари є ніби системою сполучених посудин, коли підвищення рівня в одній з посудин спричинює переміщення води в іншій. Часто такою "посудиною" з нижчим рівнем води є річкове русло, яке перетинає водоносний шар, тому підземна вода зливається з шару в річку і переходить до розряду річкової води.

До русла річки з водоносного шару надходить зовсім не та вода, яка щойно випала у вигляді дощу десь у водозборі річки або надійшла з танучого снігу. Нерідко вік цієї води досягає десятків, а то й сотень років, оскільки шлях молекул води від земної поверхні крізь ґрунтові, піщані, глинисті фільтри до водоносного горизонту, який може залягати на глибині в десятки і сотні метрів, довгий, як і шлях до місця дренажування в русло ріки (середній період затримки води в

активній зоні підземних вод становить близько 300 років). Частина річкового стоку, яка надходить в океан, попередньо пройшовши фільтр підземних вод, становить третину загального річкового стоку.

Звичайно, існують і дуже глибокі неактивні зони підземних вод, які безпосередньо не зв'язані з річками. Однак і до них за багато років просочуються поверхневі води. Частина з цих глибинних вод вступає у водообіг лише внаслідок тектонічних рухів земної кори, вони пробиваються до поверхні Землі (іноді впродовж тисяч і мільйонів років) у вигляді термальних і мінеральних джерел.

Вода, яка потрапляє до озер (з опадами, стоками і частково з підземних шарів), теж проходить крізь своєрідний "озерний фільтр". Вода, яка випаровується з поверхні озер, поповнює атмосферну складову гідросфери. Безстічні озера пов'язані, в основному, з колообігом через випаровування й обмін з підземними водами. Річки, які витікають з озер, включають до свого стоку воду, істотно перероблену в озері (озерні рослини, наприклад, безперервно фільтрують воду крізь свою поверхню).

Льодовики — ще один своєрідний фільтр-консервант, крізь який проходить вода гідросфери. Виникнення льодовиків — це наслідок колообігу води за деяких особливих термодинамічних умов на поверхні Землі, а саме за умов зледеніння нашої планети. Цикл "розростання зледеніння — відступ" триває ~ 100 тис. років (кульмінація останнього етапу розростання спостерігалася всього 10 тис. років тому). В період кульмінації зледеніння змінюється співвідношення складових гідросфери, оскільки частина океанічної води "перекачується" в льодовикові покриви, об'єми яких збільшуються в 2—3 рази, а рівень океану падає на 100—200 м. Розрахунки свідчать, що за повний цикл "розростання — відступ" льодовикові утвори пропускають крізь себе весь об'єм гідросфери.

І, нарешті, розглянемо ще один фільтр, крізь який у процесі колообігу проходить вода. Цей фільтр — біосфера. Маса води, яка міститься в біосфері, оцінюється в $1,1 \times 10^{12}$ т, тобто близько половини тієї маси, що є в руслах річок. Біосфера перекачує крізь себе воду з дуже високою інтенсивністю. Біосферний фільтр є складним і багатоступінчастим. Потужні наземні рослинні системи транспірації схарактеризовано вище. В океані водорості утворюють листові

поверхні ще в ширшому діапазоні, ніж на суходолі, — до 100 м^2 і більше на 1 м^2 площі дна. Одноклітинні водорості займають близько 1 м^2 поверхні на 1 м^3 води. У Світовому океані воду крізь себе перекачують практично всі організми — від китів і коралових рифів до планктону і пікопланктону. За сучасними підрахунками, морські організми, з урахуванням пікопланктону, щорічно перекачують крізь себе об'єм води, який дорівнює двом об'ємам води Світового океану.

У біосферному фільтрі працює також складний фільтр фотосинтезу, коли вода розкладається, а її складові разом з вуглекислим газом використовуються для побудови тіл організмів. Усю масу гідросфери фотосинтезуючі живі організми можуть розкласти приблизно за 5—6 млн років, а інші організми (деструктори) приблизно за такий самий термін відновлюють втрачену воду з відмерлої органічної маси.

Каскад біологічних фільтрів пропускає всю гідросферу за період часу від 0,5 року до мільйонів років. Тому можна стверджувати, що гідросфера, про яку йдеться, — це продукт живих організмів, середовище, яке вони створили самі для себе.

Отже, біосфера, незважаючи на мізерний об'єм води, що міститься в ній, є наймогутнішим і найскладнішим фільтром гідросфери на Землі. Це природно, оскільки для створення кожного грама біомаси вищі рослини повинні випаровувати близько 100 г води.

Продовжує існувати і так званий геологічний колообіг води. Частина води океану витрачається на гідратацію (хімічне зв'язування, або серпентинізацію) порід ложа океану, однак через зони зміщення ця вода в геологічному масштабі часу знову включається в гідросферу і бере участь у звичайному колообігу.

Існують також інші, частково гіпотетичні, джерела поповнення запасів води в гідросфері: це окиснення метану у верхніх шарах атмосфери; захоплення протонами, що залітають в атмосферу Землі з потоком космічних променів, електронів, внаслідок чого утворюються атоми Гідрогену, які далі реагують з киснем з утворенням молекул води; космічний пил і метеорити, речовина комет тощо. Маса гідросфери продовжує зростати також за рахунок мантійних вод, які

надходять з надр Землі в райони рифових зон і вулканізму (до 1 км³ за рік). Колообіг води — винятково важливе явище, оскільки він і тільки він забезпечує суходіл прісною водою, яка весь час відтворюється.

Використання водних ресурсів

Вода характеризується складом та властивостями, які визначають її придатність для конкретних видів водокористування.

Водокористування – це використання водних об’єктів для задоволення потреб населення та об’єктів господарської діяльності.

Водокористування класифікується за такими ознаками:

- за цілями водокористування – господарсько-питне, комунально-побутове, промислове, сільськогосподарське, для потреб енергетики, для рибного господарства, для водного транспорту та лісосплаву, для лікування та курортних потреб тощо;

- за об’єктами водокористування – поверхневі, підземні, внутрішні та територіальні морські води;

- за способом використання – з вилученням води та з її поверненням, з вилученням води без повернення, без вилучення води;

- за технічними умовами водокористування – з застосуванням технічних споруд, без застосування споруд.

У залежності від цілей водокористування джерела водопостачання поділяють на дві категорії.

До I категорії відносяться водні об’єкти, що використовуються як джерела централізованого або нецентралізованого господарсько-питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості.

До II категорії відносяться водні об’єкти для культурно-побутових цілей і ті, що знаходяться в межах населених пунктів.

Вимоги щодо складу та властивостей води регламентуються в залежності від категорії водних об’єктів.

Оцінка якості води дається за ознаками, які вибираються та нормуються в залежності від виду водокористування. Один з показників води вважається лімітуючим. Лімітуючою вибирають ознаку, що характеризується найменшою нешкідливою концентрацією речовини у воді. Узагальнена числова оцінка якості води дається за індексом, який є сукупністю основних показників за видами водокористування. Якість, склад та властивості води у водоймах регламентуються гігієнічними вимогами та санітарними нормами.

Для гігієнічної оцінки води використовують такі показники:

- кількість завислих речовин;
- кількість плаваючих речовин;
- температура;
- водневий показник рН;
- мінеральний склад;
- розчинений кисень;
- біологічно повне споживання кисню (БПК);
- хімічне споживання кисню (ХСК);
- наявність збудників захворювань;
- кількість лактоз опозитивних кишкових паличок (ЛКП);
- кількість каліфагів у бляшкоутворюючих одиницях;
- наявність життєздатних яєць гельмінтів та найпростіших кишкових;
- кількість хімічних речовин.

Для санітарної оцінки води використовуються такі показники:

- гранично допустимі концентрації речовин у воді;
- орієнтовно допустимі рівні речовин у воді (ОДР);
- лімітуючі ознаки шкідливості (санітарно - токсикологічний, загально - санітарний, органолептичний з розшифруванням його властивостей: запаху, впливу на колір, утворення піни та плівки, надання присмаку);
- клас небезпеки речовин.

Хімічні речовини у воді поділяються на класи небезпеки: I клас - надзвичайно небезпечні; II клас - високонебезпечні; III клас — найнебезпечніші.

Віднесення шкідливих речовин до класу небезпеки залежить від їх токсичності, кумулятивності, здатності викликати віддалені ефекти, від виду лімітуючого показника шкідливості.

Таблиця 4.4 Гігієнічні вимоги до складу та властивостей води

Показники складу та властивостей води	Критерії водокористування	
	Для господарсько-питного водопостачання	Для купання, спорту та відпочинку населення
Завислі речовини	Вміст завислих речовин не повинен збільшуватися більше, ніж на:	
	0,25 мг/дм ³	0,75 мг/дм ³
Плаваючі домішки	На поверхні водойми не повинно бути плаваючих плівок, плям мінеральних масел та скупчень інших домішок	
Запахи	Вода не повинна набувати невластивих їй запахів інтенсивністю більше 1 бала	
Колір	Не повинно виявлятися в стовпчику	
	20 см	10 см
Температура	Літня температура води внаслідок спуску стічних вод, не повинна підвищуватися більше, ніж на 3 °С, порівняно з середньомісячною	
Водневий показник	6,5	8,5
Мінеральний склад	Не повинен перевищувати за сухим залишком 1000 мг/дм ³ , в тому числі хлоридів – 350 мг/дм ³ , сульфатів – 500 мг/дм ³	
Розчинений кисень	Не має бути менше, як 4 мг/дм ³ у будь-який період року в пробі, взятій о 12 годині дня	
БПК	Не має перевищувати при 20 °С	
	3,0 мг O ₂ /дм ³	6,0 мг O ₂ /дм ³
ХСК	Не має перевищувати	
	15,0 мг O ₂ /дм ³	30,0 мг O ₂ /дм ³
Збудники захворювань	Вода не повинна містити збудників захворювань	
Лактоз опозитивні кишкові палички	Не більше 10000 в 1 дм ³	Не більше 5000 в 1 дм ³
Каліфаги у бляшкоутв. одиницях	Не більше 100 в 1 дм ³	Не більше 100 в 1 дм ³
Життєздатні яйця гельмінтів	Не повинні міститися в 1 дм ³	
Хімічні речовини	Не мають міститися в концентраціях, що перевищують ГДК або ОДР	

У залежності від ступеня забруднення водні об'єкти бувають допустимого, помірного, високого та надзвичайно високого ступенів забруднення. Це слід враховувати при організації водоспоживання (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 Показники забруднення для водних об'єктів I та II категорій

Ступінь забруднення	Органолептичний режим		Токсикологічний режим	Санітарний режим			Бактеріологічний режим	Індекс забруднення
	Запах, присмак, бал	ГДК Ступінь перевищення	ГДК ступінь перевищення	БСК ₂₀ , мг/дм ³		Розчинений Оксиген, мг/дм ³	Число лактозо позитивних кишкових паличок в 1 дм ³	
				I	II			
Допустимий	2	1	1	3	6	4	Менше $1 \cdot 10^4$	0
Помірний	3	4	3	6	8	3	$1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^5$	1
Високий	4	8	10	8	10	2	$1 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^6$	2
Надзвичайно високий	>4	>8	>10	>8	>10	1	Більше $1 \cdot 10^6$	3

З метою раціонального використання води запроваджено норми споживання води на мешканця та на умовну одиницю продукції, характерну для підприємств кожної з галузей промисловості. У районах з обмеженими водними ресурсами слід дотримуватися водогосподарського балансу, який передбачає порівняння водокористування з потенційними ресурсами водних басейнів.

Велику кількість води споживають теплові та атомні електростанції. На 1 млн кВт потужності теплові станції витрачають 1,2-1,6 км³ води на рік, а атомні - в 1,5-2 рази більше.

До найбільш водоемких галузей промисловості належать хімічна і целюлозно-паперова промисловості, чорна і кольорова металургія. Так, на виробництво 1 кг паперу витрачається 100 л води, на 1 т сталі — 25 тис. л.

Ще більший споживач води — сільське господарство. На 1 га посівів кукурудзи за вегетаційний період витрачається близько 3 тис. т, пшениці — 1,5, капусти — 3, рису — до 20 тис. т води.

У тваринництві при виробництві 1 т м'яса витрачається 20 тис. м³ води. На підприємствах переробки сільськогосподарської продукції на виробництво 1 кг вершкового масла використовують 10 л, а на виробництво 1 т цукру -100 л води.

Значна кількість води витрачається і при підтриманні санітарно-гігієнічних умов на фермах: для життя тварин, очищення приміщень і їх дезінфекції, підготовки кормів, миття посуду, апаратури тощо. Так, при механізованому доїнні, на напоювання, миття приміщень, тварин і апаратури на одну голову потрібно 115 л води, свинарнику-комбінаті з їдальнею на одну свиноматку - 234 л на добу.

Обсяги використання води величезні. Внаслідок стрімкого росту населення і розвитку продуктивних сил забезпечення людства водою стало важливою економічною і екологічною проблемою.

За характером використання води системи водопостачання поділяються на прямоточні, послідовні, оборотні, підживлювальні.

Прямоточна вода використовується у виробничому процесі один раз, після чого скидається у водоймища або у каналізацію.

Послідовно використана вода споживається в декількох технологічних процесах.

Оборотна вода використовується у виробництві багатократно, з періодичним або безперервним її очищенням. На добре обладнаних підприємствах показник ступеня оборотного та послідовного водопостачання складає 30–90%. При цьому слід враховувати і те, що споруди водооборотних систем в 10 разів дешевше, ніж будівництво очисних установок відповідної потужності.

Навколо водозабору або іншого джерела водопостачання влаштовуються зони санітарної охорони, в яких встановлюється особливий режим охорони вод

від забруднення хімічними речовинами та шкідливими біологічними організмами, а також стічними водами.

Зона санітарної охорони поділяється на дві – три підзони. Перша підзона – строгого режиму з огороженнями, а інколи і зі спеціальною охороною. Ця зона обсаджується лісовими насадженнями, тут забороняється будувати, випасати худобу, будь-який вид діяльності, який може зумовити забруднення води.

Друга підзона має обмеження за видами діяльності, що спричиняють забруднення, здатні проникнути у водозабір, у ній забороняється розташовувати склади паливно-мастильних матеріалів, тваринницькі ферми, застосовувати добрива.

Третя підзона – попереджувальна. У ній також обмежуються види діяльності, що викликають забруднення води.

Забруднення води

У результаті інтенсивного використання людством водних ресурсів відбуваються значні кількісні і якісні зміни в гідросфері. Кількісні зміни полягають у тому, що в певних районах змінюються кількість води, придатної для господарських потреб, водний баланс, режим річок тощо. Якісні зміни зумовлені тим, що більшість річок і озер є не лише джерелом водопостачання, а й тими басейнами, куди скидають промислові, сільськогосподарські й господарсько-побутові стоки. Це призвело до того, що нині на Землі вже практично не залишилося великих річкових систем з гідрологічним режимом і хімічним складом води, не спотворених діяльністю людей.

Хімічне забруднення води відбувається внаслідок надходження у водойми з стічними водами різних шкідливих домішок неорганічної (кислоти, мінеральної солі, луги тощо) й органічної природи (нафта й нафтопродукти, миючі засоби, пестициди тощо). Зі зрошуваних земель щороку вимивається близько 6 млн т солей. До 2010 р. можливо збільшення цієї маси до 14 млн т (щорічне використання пестицидів та значних доз мінеральних добрив збільшує мінералізацію та забруднення води). Більшість з них є токсичними для мешканців

водойм. Це - сполуки арсену, свинцю, ртуті, купруму, кадмію, хрому тощо. В тканині деяких риб концентрація отрути може в тисячу разів перевищувати її концентрацію у воді, що небезпечно для птахів, тварин і людей.

Дуже небезпечним джерелом для водоймищ є нафтопродукти. Нафта – ворог номер один у сучасному забрудненні морів і океанів. Не дивлячись на ряд міжнародних угод, забруднення гідросферою нафтою прогресує. Розрахунки показують, що літр нафти, розлитої по поверхні моря, поглинає розчинений кисень із 400 тис. літрів морської води. Одна тонна нафти, розтікаючись по поверхні води, може покрити плівкою акваторію в 10 квадратних кілометрів.

Нафтова плівка на поверхні океанів - це не тільки спотворені береги, гинучи морські мешканці, водоплаваючі птахи. Це – зменшення кількості кисню в атмосфері в результаті забруднення і загибелі планктону.

Згубно впливають на стан водойм стічні води, що містять розчинені органічні речовини або суспензії органічного походження. Більшість цих речовин сприяє зниженню кисню у воді. Осідаючи на дно водойм, органічні суспензії замулюють його й затримують або повністю припиняють життєдіяльність донних організмів, які беруть участь у самоочищенні.

Основними постачальниками органічних речовин у стічних водах є підприємства целюлозно-паперової промисловості, нафтопереробні заводи, великі тваринницькі комплекси тощо.

Кількість хімічних забруднювачів води постійно зростає. У 1992 році їх зафіксовано вже 959 різновидів. Про шкідливу долю багатьох з них ми нині лише здогадуємося, оскільки вони мають пролонгований вплив, тобто їх дія виявляється в наступних поколіннях живих істот і полягає в появі шкідливих мутацій, генетичних розладах тощо (табл. 4.6, 4.7).

Фізичне забруднення води пов'язане із зміною її фізичних властивостей – прозорості, вмісту суспензій та інших нерозчинних домішок, радіоактивних речовин і температури.

Таблиця 4.6 Ступінь токсичності деяких забруднювачів для ряду водних організмів

Хімічний елемент	Планктон та інвертовані личинки	Ракоподібні	Моллюски	Риби
Соли важких металів				
Купрум	+++	+++	+++	+++
Плюмбум	-	+	+	+++
Цинк	+	++	++	++
Меркурій	++++	+++	+++	+++
Кадмій	-	++	++	++++
Неорганічні речовини				
Хлор	-	+++	++	+++
Роданід	-	++	+	++++
Цианід	-	+++	++	++++
Флуор	-	-	+	++
Сульфід	-	++	+	+++

Примітка: Ступінь токсичності: — відсутній; + дуже слабкий;

++ слабкий; +++ сильний; ++++ дуже сильний.

Суспензії (пісок, намул, глинисті частки) потрапляють у водойми головним чином за рахунок поверхневого змиву дощовими водами з с/г полів. Багато суспензій потрапляє у водотоки з діючих підприємств гірничодобувної промисловості та ін. Тверді частки різко знижують прозорість води, пригнічують процеси фотосинтезу водяних рослин, забивають зябра риб та ін.

Особливу небезпеку для всього живого становлять радіоактивні домішки, що потрапляють у водойми завдяки викидам АЕС.

Теплове забруднення водойм спричинене спуском у водойми теплих вод від різних енергетичних установок. У річках, які знаходяться поряд ТЕС і АЕС, порушуються умови нересту риб, гине зоопланктон, риби уражуються хворобами й паразитами. Слід додати, що наприклад, АЕС скидають у водойми воду, нагріту до 45⁰С.

Біологічне забруднення водного середовища полягає у надходженні до водойм із стічними водами різних видів мікроорганізмів, рослин і тварин (віруси, бактерії, грибки, черви), яких раніше тут не було. Багато з них є хвороботворними

для людей, тварин і рослин. Забруднювачі: комунально-побутові стоки, підприємства шкірообробної промисловості, м'ясокомбінати, цукрові заводи та ін.

Таблиця. 4.7 Вплив хімічних забруднювачів на здоров'я людей і тварин

Забруднювачі	Джерела	Вплив на здоров'я
Пестициди, ДДТ	Інсектициди	Рак, пошкодження печінки, ембріонів, яєць птахів
Нафтопродукти, бензин	Розчинники, лікарські препарати	Головні болі, втрата координації, лейкемія, ушкодження кісткового мозку
Вінілхлориди	Виробництво пластиків	Рак легенів, печінки, депресія центральної нервової системи
Дюксин	Гербициди	Рак, уроджені дефекти, хвороби шкіри
Важкі метали, свинець	Фарби, бензини	Нейротоксикація, головні болі, подразливість, зниження розумової діяльності дітей, пошкодження нирок, печінки
Кадмій	Виробництво Zn, батареюк, міңдобрив	Рак у тварин, пошкодження печінки, нирок

Особливої гостроти біологічне забруднення водойм набуває в місцях масового відпочинку людей. Через поганий стан каналізаційних і очисних споруд останніми роками міське керівництво Одеси, Маріуполя та інших міст на узбережжі Чорного й Азовського морів неодноразово закривало пляжі, бо в морській воді були виявлені збудники таких небезпечних хвороб як – вірусний гепатит, дизентерія, холера.

Джерел забруднення океану дуже багато. Вони поділяються за місцем виникнення, а також на наземні, атмосферні та морські, за часовою ознакою — на

постійні (такі як випаровування і вимивання забруднених речовин з атмосфери, скид із суші, експлуатаційні скиди з суден та ін.) і випадкові (унаслідок аварій танкерів і інших суден, катастрофічних розливів під час добування нафти, унаслідок воєнних дій). Вони поділяються на точкові (надходять від колекторів стічних вод, морських суден і платформ, унаслідок аварій) і зливні (від сільськогосподарських угідь, урбанізованих територій).

Залежно від поширення розрізняють локальні забруднення (радіусом приблизно 10 км), субрегіональні (радіусом приблизно 100 км), регіональні, які охоплюють море або значну частину океану (радіусом приблизно 1000 км) і глобальні (охоплюють весь Світовий океан).

Основні проблеми Світового океану:

1. Видобування визначених видів біологічних ресурсів та їх вплив на колообіг органічної речовини в океані та порушення зв'язків, що склалися. Усе життя або більша його частина переважної кількості найцінніших риб проходить у прибережних водах. Забруднення моря, особливо у прибережних зонах, призводить не тільки до зменшення видів і популяцій, а й захворювань риб.

2. Експлуатація мінеральних ресурсів у шельфі. Будівельні, наливні роботи призводять до зниження і деградації природних ландшафтів.

3. Вплив гідробудівництва на річки, які впадають у море, океан.

4. Вплив інтенсивного судноплавства.

5. Вплив плаваючих бурових установок.

6. Розвиток рекреаційних комплексів.

7. Екологічні проблеми, пов'язані з війнами та впливом військово - промислового комплексу.

Охорона водних ресурсів

Проблема охорони водних ресурсів має довгу історію. Ще Петро I приймав заходи по охороні води.

До заходів, що знижують забруднення водного середовища біосфери, належать такі:

- створення маловодної або безвідходної технології промислового виробництва із замкненими водозворотними схемами, які включають проміжне очищення або охолодження води й утилізацію відходів;

- удосконалення технологічних процесів для зниження обсягів відходів із захороненням у земних надрах зневоднених або концентрованих розчинів забруднювачів;

- використання різних методів очищення стічних вод, забруднених промисловими і побутовими відходами;

- зниження надмірної хімізації сільськогосподарського виробництва і лісового господарства, головним чином за рахунок розширення області застосування і збільшення ефективності, біологічних та інших агротехнічних заходів, що забезпечують захист рослин від шкідників, хвороб і бур'янів;

- удосконалення конструкцій танкерів, експлуатації річкового і морського флотів, технології морського видобування нафти, реалізація заходів по очищенню акваторій морських і річкових портів від нафтозабруднювачів.

Важливим напрямом охорони вод є створення на промислових об'єктах безстічного водозабезпечення. Воно має два напрями.

Перший — включає традиційні технічні прийоми і методи скорочення водоспоживання і охорони водних джерел від забруднення промисловими стічними водами, які можуть бути використані при створенні безстічних систем. Насамперед це відноситься до зворотного водопостачання і повітряного охолодження, а також до всіх наявних методів очищення і глибокого очищення стічних вод (механічної, біохімічної, електродіалізу, термічної обробки тощо). Сюди ж можна віднести і створення роздільної каналізації для стічних вод різного складу; кооперування промислових об'єктів для передачі використаних вод від споживачів з більш високими вимогами до якості вод, до споживачів з більш низькими вимогами; необхідність підвищення технічної культури виробництва, яка виключає аварійні викиди, втрати і витрати за рахунок несправного обладнання; організацію прибирання приміщень.

Другий напрям об'єднує технологічні рішення, визначені тільки специфікою виробництва, характером переробної сировини і продукції, що виробляється. В

цьому випадку скорочення водоспоживання і зменшення кількості забруднених у виробництві вод досягає за рахунок інтенсифікації виробничих процесів, максимального виходу продукції і мінімальної кількості відходів, переходу на нову технологію із заміною водомістких процесів безводними або маловодними, за рахунок скорочення технологічних стадій, збільшення потужності виробничих агрегатів, комплексного використання сировини, очищення стічних вод у місцях їх утворення, повного видалення всіх компонентів з виробничих вод, впровадження систем управління і контрольно-вимірювальних приладів тощо.

Прогресивність нових технологічних систем водозабезпечення визначається тим, наскільки в них зменшилося порівняно з раніше діючими водоспоживання і кількість стічних вод та їх забруднення.

Крім державного контролю, стан води контролюється підприємствами, які використовують воду та скидають стоки у водоймища. На підприємствах при заводських або спеціальних лабораторіях є пости, обладнані необхідною апаратурою для проведення аналізів. При проведенні контролю за станом вод та стоків використовуються фізичні, хімічні, біологічні та органолептичні методи.


Фізичні методи використовуються для визначення прозорості, каламутності, кількості завислих часток та провідності води і стоків.

Кількість завислих часток визначається за допомогою мембранних та паперових фільтрів, через які пропускається проба об'ємом 100—500 мл. Прозорість, каламутність визначаються за допомогою приладів або органолептичним порівнянням взірців.

Хімічні методи використовуються для визначення кислотності, лужності у воді металів, солей, органічних та синтетичних речовин.

Бактеріальний аналіз виконується за спеціальними методиками в лабораторіях санітарно-епідеміологічних станцій. Заслуговує на увагу контроль забрудненості за допомогою бактеріо-біотестування. Деякі бактерії при появі забруднень починають світитися. Чим більше у воді токсичних речовин, тим сильніше світяться бактерії.

РОБОТА №13. Визначення органолептичних властивостей та кольоровості води.

 **Мета роботи.** Навчитися визначати органолептичні показники та кольоровість води і набути навички для оцінки її екологічного стану.

Матеріали та обладнання. фотоелектроколориметр ФЭК-56, аналітичні терези; скляна лійка, широкогорла колба місткістю 200 мл; беззольний паперовий фільтр, мірні колби на 100 мл - 12 шт. і на 1 л - 2 шт.; 13 циліндрів на 100 мл; циліндр Геннера, кристалізатор діаметром 25 см і заввишки 50 см; сифон для відбору суспензії; агатова ступка; шриффт Снеллена; $K_2Cr_2O_7$, $CoSO_4 \cdot 7H_2O$, концентрована сульфатна кислота, глина, гексаметафосфат натрію $(NaPO_3)_6$ для стабілізації суспензії; проби води.

Органолептичними показниками називаються такі властивості води, які можуть бути визначені за допомогою органів відчуття дослідника навіть за зовнішнім виглядом проби води.

Колір - це природна властивість води, яка має різні відтінки, що пов'язано із об'ємом, глибиною водойми, наявністю певних організмів, іонів металів і т.д. За кольором найчастіше і називають водойми, напр., темно-синій колір води Чорного моря пов'язують із специфічними оптичними властивостями води та великою глибиною моря; жовта через домішки глини вода Жовтої ріки в Китаї; червоні корали, що надають кольоровість воді, дали назву Червоному морю. Води Уралу коричневі через надлишок іонів Fe^{3+} , йодована вода термальних джерел ($78^{\circ}C$) м. Хайдусобосло в Угорщині насиченого темно-коричневого кольору через надлишок окиснених форм Мангану і Феруму. Воді можуть надавати зелене забарвлення синьо-зелені водорості, а червоне - багрянки, червоні водорості, колір яких обумовлений пігментом фікоеритрином. Відтінки гами кольорів від

жовтуватого до коричневого надають воді гумусові речовини, що надходять у воду з розмитим ґрунтом.

Визначення кольоровості роблять за наступними методиками.

Таблиця 4.8 Шкала кольоровості води

Номер відтинка води за шкалою	Колір води	Номер відтинка води за шкалою	Колір води
I, II	Синій	XIII, XIV	Зеленувато-жовтий
III, IV	Блакитний	XV, XVI	Жовтий
V, VI	Зеленувато-блакитний	XVII, XVIII	Коричнювато-жовтий
VII, VIII	Блакитно-зеленуватий	XIX, XX	Жовтувато-коричневий
IX, X	Зелений		
XI, XII	Жовто-зелений	XXI	Коричневий

1. Існує стандартна шкала з 21 пробірки, заповнених розчинами від синьо-жовтого № 1-11 до жовто-коричневого кольору № 12-21, з якими порівнюють колір води, взятої з водойм.

2. Кольоровість води визначають візуальним або колориметричним методом у градусах, порівнюючи пробу води за дихроматно-кобальтовою шкалою, яку готують самостійно в лабораторних умовах. Для приготування шкали еталонних розчинів змішують у співвідношеннях відносно даних табл. 4.9 розчин 1 суміш солей 0,0875 г $K_2Cr_2O_7$, 2 г $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ і 1 мл концентрованої H_2SO_4 ($\rho=1,82$ г/см³) в 1 л розчину та розчин 2 – 1 мл конц. H_2SO_4 в 1 л розчину. Пробу води порівнюють з кольором приготовлених стандартів і характеризують кольоровість в градусах.

Таблиця 4.9 Шкала кольоровості

Розчин 1, мл	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
Розчин 2, мл	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	86	84
Градуси кольоровості	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80

Вода при кольоровості 20^0 вважається безбарвною – це є еталоном її кольоровості.

4. При фотоколориметричному визначенні кольоровості води вимірюють її оптичну густина з різними світлофільтрами, а на спектрофотометрі - за різними довжинами хвиль. Довжина хвилі світла, яка максимально поглинається водою, є її характеристичною кольоровістю.

Таблиця 4.10 Довжина хвиль світла і видимі кольори

λ , нм	Колір поглинання	Додатковий колір	λ , нм	Колір поглинання	Додатковий колір
400-450	Фіолетовий	Жовто-зелений	560-575	Жовто-зелений	Фіолетовий
450-480	Синій	Жовтий	575-590	Жовтий	Синій
480-490	Зелено-синій	Жовтогарячий	590-605	Жовтогарячий	Зелено-синій
490-500	Синьо-зелений	Червоний	605-730	Червоний	Синьо-зелений
500-560	Зелений	Пурпуровий	730-760	Пурпуровий	Зелений

Видимий колір розчину є додатковим до кольору випромінювання, який поглинається. Додатковими називають мішані або спектральні кольори, які взаємно доповнюють один одного до білого.

При використанні води для господарсько-питного водоспоживання колір не повинен спостерігатися в стовпчику води висотою 20 см, а для вод побутового призначення — в стовпчику висотою 10 см.

Прозорість. Ступінь прозорості води визначається висотою стовпа рідини в см, крізь який виразно видно спеціальний шриффт Снеллена з лініями завтовшки 0,5-1 мм і висотою 2 мм. Вода для питного водопостачання повинна мати прозорість не менш як 30 см, річкові води можуть мати прозорість 25 см. Наявність зависей, їх кількість і ступінь дисперсності часток визначають прозорість.

У водоймах визначають прозорість за допомогою диска Секкі - металевого диска діаметром 20 см, який поділений на 4 сектори, два з них пофарбовані чорною і два - білою фарбою. Диск занурюють у воду на тросику з поділками метричної шкали, поки він не стане невидимим, і записують глибину. Потім

піднімають, і коли його стане видно, записують показник глибини. Повторюють 3 рази і розраховують середню величину, яка і є прозорістю.

Смак і присмак. Розрізняють 4 основні види смаку: солоний, зумовлений наявністю NaCl; кислий, зумовлений надлишком карбонатної кислоти, звичайний смак мінеральних вод; гіркий — смаком магній сульфату; солодкий. Усі інші відчуття називають присмаками (напр., рибний, хлорний, металевий). Інтенсивність смаку оцінюють за 5-тибальною шкалою (табл. 4.11.).

Таблиця 4.11 Шкала інтенсивності смаку і запаху

Інтенсивність, бали	Інтенсивність запаху, смаку	Інтенсивність, бали	Інтенсивність запаху, смаку	Інтенсивність, бали	Інтенсивність запаху, смаку
0	Смаку, запаху немає	2	Слабкий	4	Сильний (виразний)
1	Дуже слабкий	3	Помітний	5	Дуже сильний

Запах. Запах води викликають леткі речовини, що пахнуть — продукти метаболізму гідробіонтів, біохімічного розкладання органічних речовин, компонентів стічних вод. Запах встановлюється після визначення смаку, при 20 - 25°C і 60°C і характеризується відповідно до таблиці 4.12.

Крім природних запахів, для сучасних вод характерні запахи штучного походження, напр., бензиновий, камфорний, фенольний, хлорний, які класифікують як хімічні і лікарські запахи. Інтенсивність запаху визначається за п'ятибальною шкалою (табл. 4.11). Інтенсивність запаху питної води при 20°C і 60°C має бути в межах до 2 балів.

Концентрація визначуваної речовини в розчині при максимальному розбавленні, коли запах ще відчувається, носить назву **порогової концентрації**.

Таблиця 4.12 Види запаху (за А.М. Никаноровим)

Шифр	Класифікація запаху	Аналог і/або джерело	Шифр	Класифікація запаху	Аналог і/або джерело
A	Ароматний, пряний	Гвоздика, лаванда, лимон	Cs	Сірчистий	Гідрогенсульфур
Ae	Огірковий	Synuga	D	Неприємний	
У	Бальзамічний, квітковий	Герань, ірис, ваніль	Df	Рибний	Uroglenopis
Bg	Геранієвий	Asterionella	Dp	Гнойовий	Anabaena
Bn	Настурцієвий	Aphanizomatnon	D₃	Гнильний	Застояні стічні води
	Солодкуватий	Coelosphaerium	E	Землистий	Сира земля
	Фіалковий	Mallomonas	G	Торф'яний	Торф
C	Хімічний	Промстічні води		Трав'янистий	Залежана трава
З	Хлорний	Хлор	M	Затхлий	Пріла солома
Ch	Вуглеводневий	Стоки нафтопромислових заводів	Mm	Цвілевий	Сирий підвал
Cm	Лікарський	Феноли, іодоформ	V	Овочевий	Корені овочів

Каламутність води — величина, обернена прозорості, яка характеризує вміст зависей менш ніж 2 мг/л. Її визначають за допомогою турбідиметра.

Турбідиметрія - вимірювання інтенсивності світлопоглинання (точніше, непроникність світла) твердими частинками (суспензії). Для турбідиметричних вимірювань також можуть бути використані фотоелектроколориметри або спектрофотометри. Аналіз полягає у вимірюванні оптичної густини (D) аналізованої води відносно дистильованої і знаходження концентрації завислих часток (c) за графіком залежності $D = f(c)$, саме якою і визначається каламутність у мг/л. Зазвичай використовують видиме світло і кювети з робочою довжиною 5 см. Для побудови калібрувального графіка готують каолінову суспензію з $c = 1$ мг/мл, стабілізовану натрій гексаметафосфатом.

Хід роботи

Дослід 1. Визначення кольоровості води.

Приготувати *розчини 1*: 0,0875г $K_2Cr_2O_7$, 2г $CoSO_4 \cdot 7H_2O$, 1мл концентрованої H_2SO_4 ($\rho=1,82г/см^3$) в 1л розчину і *розчин 2*: 1 мл концентрованої H_2SO_4 ($\rho=1,82 г/см^3$) в мірній колбі на 1 л довести водою до риски.

Приготувати серію стандартних розчинів за табл. 4.9 в колбах на 100 мл: налити розчин 1, долити до риски розчином 2, перемішати.

а) Для візуального визначення пробу і стандарти по 100 мл вилити до циліндрів і, дивлячись згори униз, знайти забарвлення стандарту, в якому колір співпадає з кольором проби.

б) У випадку інструментального методу визначити оптичні густини стандартів на ФЕК або на спектрофотометрі у кюветі з довжиною 1 см в порівнянні з дистильованою водою. Будувати калібрувальний графік залежності градусів кольоровості від оптичної густини.

Перед аналізом води її пробу фільтрувати, відкидаючи перші порції фільтрату, а потім виміряти оптичну густину проби води і за графіком знайти кольоровість. Якщо вона перевищує 80° , пробу води розвести, а результат графічних визначень після повторних вимірювань помножити на кратність розведення.

Дослід 2. Визначення прозорості води.

Досліджувану воду налити до висоти 30 см у циліндр з плоским дном. Циліндр встановити на підставці над спеціальним шрифтом Снеллена або іншим, напр., сформувані хрест (лінії завтовшки 1 мм), таким чином, щоб відстань між дном циліндра і шрифтом була 4 см. Згори крізь шар води, розглядаючи шрифт в прохідному світлі, його читати, доливаючи або відливаючи воду, максимальний стовпчик якої дозволяє відрізнити шрифт. Отримана висота характеризує прозорість проби води.

Дослід 3. Визначення смаку і присмаку води.

Ці показники визначають за відсутністю підозри на токсичність води. Перед аналізом воду треба підігріти до $25^\circ C$. Набирати до рота 20 мл, не ковтаючи,

тримати 3 - 5 с, після чого промити ротову порожнину дистильованою водою. Невеликий об'єм води нагріти до 60°C і знову визначити смак.

Дослід 4. Визначення запаху води.

100 мл досліджуваної води при 20⁰С налити до широкогорлої колби закрити притертою пробкою, ретельно струсити, відкрити і визначити наявність, характер та інтенсивність запаху. Нагрівати 100 мл води до 60 — 65⁰С і також аналізувати запах.

Дослід 5. Визначення каламутності води.

При концентрації зависі > 50 мг/л об'єм проби - 0,5 л, при < 50 мг/л - 1 л.

100 г глини розтерти в агатовій ступці з дистильованою водою, змиваючи в кристалізатор, який потім заповнити дистильованою водою, перемішати і залишити відстоюватися. Через 1 годину верхній шар води висотою 2 см відібрати сифоном - ця суспензія має розмір частинок менше 0,05 мм.

Суспензію відфільтрувати на паперовому фільтрі, висушити при 105°C і знову розтерти в агатовій ступці. Її наважку масою 1 г розтерти з дистильованою водою, змиваючи в мірну колбу місткістю 1 л з налитим 0,1% розчином стабілізатору, об'ємом 200 мл. Об'єм довести до риски водою і отримати суспензію з концентрацією глини 1 мг/мл. В мірних колбах на 100 мл готувати розбавлені стандартні суспензії з концентрацією завислих часточок 1, 2, 5, 10, 20, 40, 60 мг/л. Наприклад, 1 мл суспензії піпеткою перенести в мірну колбу і довести до 100 мл дистильованою водою. Отримана суспензія має $c = 10$ мг/л.

Вимірювання величин оптичних густин розведених розчинів здійснити на ФЕК в кюветі довжиною 5 см для малих концентрацій (до 10 мг/л), а для більших концентрацій — 2 см. Результати занести до таблиці. Потім побудувати калібрувальний графік. Для цього на осі абсцис відкласти концентрації стандартних розчинів, на осі ординат - відповідні їм оптичні густини стандартів.

Виміряти оптичну густину проби води і за графіком визначити концентрацію завислих часточок в мг/л, тобто каламутність.

Результати усіх органолептичних показників та кольоровості записують у таблицю:


Вода Суспензія С, мг/л D	Кольоровість		Прозорість		Смак і присмак		Запах	Каламутність	
	1	2	5	10	20	40	60	Проба води	D = С, мг/л =



Запишіть хід проведення дослідів до лабораторного журналу та зробіть висновок про органолептичні властивості досліджуваної води та дайте оцінку її екологічного стану.



РОБОТА № 14. Визначення вмісту кисню в пробі води.

 **Мета роботи:** Навчитися визначати вміст кисню в пробі води методом Вінклера.

Принцип методу Вінклера: засновано на здібності гідроксиду Mn (II) окислюватися у лужному середовищі до гідроксиду Mn (IV), кількісно зв'язуючи при цьому Оксиген. У кислому середовищі гідроксид Mn (IV) знов переходить до Mn (II), окислюючи при цьому еквівалентну зв'язаному кисню кількість йоду. Йод, який при цьому виділився визначають тіосульфатом натрію.

Матеріали та обладнання. киснева склянка, колби для титрування, піпетки, розчини хлориду мангану, йодиду калію, сульфатної кислоти (1:1), сечовини (40%

розчин), тіосульфату натрію (0,01н розчин), крохмалю (0,2% розчин свіжеприготовлений).

Однією з основних вимог до якості води є вміст у ній розчиненого кисню. Шкідливу дію чинять усі забруднювачі, які сприяють зменшенню кількості кисню у воді (поверхнево – активні речовини, феноли, нафта та нафтопродукти, інші органічні речовини).

Аеробні бактерії за допомогою кисню окислюють у воді органічні речовини. Останні є для них субстратом та задовольняють їхні енергетичні потреби. Унаслідок процесів окиснення органічні рештки перетворюються в окислені форми – CO_2 , H_2O , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} .

Однак іноді ці окислювальні реакції настільки знижують кількість розчиненого у воді кисню, що аеробні бактерії вже не можуть існувати у такому середовищі. Тоді окислювальні реакції здійснюються за допомогою анаеробних бактерій. Останні розкладають органічні речовини до CH_4 , NH_3 та ін. Продукти розкладу в цьому випадку токсичні для гідробіонтів і мають приємний запах.

Кількість розчиненого кисню, яка необхідна для перетворення всіх органічних рештків, у воді називають **біологічним споживанням кисню** (БСК). Цей показник характеризує наповнення води органічними забруднювачами.

П'ятидобова проба БСК (БСК_5) — це стандартна проба в гідрологічних лабораторіях на якість води. Під час проведення цього аналізу воду розбавляють насиченою повітрям дистильованою водою для того, щоб забезпечити надлишок кисню. Далі вимірюють концентрацію розчиненого кисню в одержаному розчині, потім витримують розчин протягом п'яти діб при температурі 20°C і знов вимірюють концентрацію кисню. БСК_5 - це маса кисню, яка витрачається на окислення органічних речовин (як правило, БСК_5 становить $3/4$ повної БСК). БСК_5 питної води не більше $0,0015$ г кисню на 1 л води, у каналізаційних стічних водах БСК_5 становить від $0,1$ до $0,5$ г/л.

Хід роботи

До кисневої склянки, яка заповнена до верху водою, що аналізують, додають 2 мл розчину $MnCl_2$. Для цього повну піпетку занурюють до самого дна кисневої склянки, потім відкривають верхній кінець та повільно виймають піпетку. Іншою піпеткою додають до проби 2 мл лужного розчину йодиду калію. Кінчик піпетки занурюють тільки під шийку кисневої склянки. Склянку дуже обережно закривають так, щоб під пробкою не утворювалось бульбашок повітря. При цьому з склянки виливається 4 мл аналізуючої води, тобто стільки, скільки додали до склянки розчинів. Зачинену пробкою склянку декілька разів перехиляють для змішування в ній розчинів. Після випадіння осаду додають 10 мл сульфатної кислоти для фіксації кисню. В результаті осад розчиниться та слід додати 0,15 мл 40% розчину сечовини. Титрування тіосульфатом натрію проводять у колбі на 500 мл. Коли забарвлення перейде до світло-жовтого, додаємо 2 – 3 мл крохмалю та титруємо до знебарвлення.

Розрахунок:

$$X = \frac{a \cdot N \cdot 8 \cdot 1000}{V_1 - V_2} \quad (4.1),$$

де a – об'єм розчину тіосульфату натрію, який пішов на титрування, мл;

N – нормальність розчину тіосульфату натрію, моль/л;

V_1 – загальний об'єм кисневої склянки, мл;

V_2 – загальний об'єм розчинів, які додавали до кисневої склянки, мл;

8 – еквівалент Оксигену.

У відсотках:

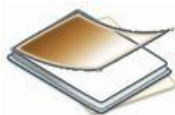
$$y = \frac{C_1 \cdot 100}{C_2} \quad (4.2),$$

де C_1 – розрахована концентрація Оксигену, мг/л;

C_2 – рівноважна концентрація, яку беремо з таблиці 4.13.


Таблиця 4.13 Рівноважні концентрації для температур води, визначені при відборі проб з поправкою на атмосферний тиск та на вміст у пробі розчинених солей

Температура, С ⁰	Розчинений кисень, мг/л									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	14,65	14,61	14,57	14,53	14,49	14,45	14,41	14,37	14,33	14,29
1	14,25	14,21	14,17	14,13	14,09	14,05	14,02	13,98	13,94	13,90
2	13,86	13,82	13,79	13,75	13,71	13,68	13,64	13,60	13,56	13,53
3	13,49	13,46	13,42	13,38	13,35	13,31	13,28	13,24	13,20	13,17
4	13,13	13,10	13,06	13,03	13,00	12,96	12,93	12,89	12,86	12,82
5	12,79	12,76	12,72	12,69	12,66	12,52	12,59	12,56	12,53	12,49
6	12,46	12,43	12,40	12,36	12,33	12,30	12,27	12,24	12,21	12,18
7	12,14	12,11	12,08	12,05	12,02	11,99	11,96	11,93	11,90	11,87
8	11,84	11,81	11,78	11,75	11,72	11,70	11,67	11,64	11,61	11,58
9	11,55	11,52	11,49	11,47	11,44	11,41	11,38	11,34	11,33	11,30
10	11,27	11,24	11,22	11,19	11,16	11,14	11,11	11,08	11,06	11,03
11	11,00	10,98	10,95	10,93	10,90	10,87	10,85	10,82	10,80	10,77
12	10,75	10,72	10,70	10,67	10,65	10,62	10,60	10,57	10,55	10,52
13	10,50	10,48	10,45	10,43	10,40	10,38	10,36	10,33	10,31	10,28
14	10,26	10,24	10,22	10,19	10,17	10,15	10,12	10,10	10,08	10,06
15	10,03	10,01	9,99	9,97	9,95	9,92	9,90	9,88	9,86	9,84
16	9,82	9,79	9,77	9,75	9,73	9,71	9,69	9,67	9,65	9,63
17	9,61	9,58	9,56	9,54	9,52	9,50	9,48	9,46	9,44	9,42
18	9,40	9,38	9,36	9,34	9,32	9,30	9,29	9,27	9,25	9,23
19	9,21	9,19	9,17	9,15	9,13	9,12	9,10	9,08	9,06	9,04
20	9,02	9,00	8,98	8,97	8,95	8,93	8,91	8,90	8,88	8,86
21	8,84	8,82	8,81	8,79	8,77	8,75	8,74	8,72	8,70	8,68
22	8,67	8,65	8,63	8,62	8,60	8,58	8,56	8,55	8,53	8,52
23	8,50	8,48	8,46	8,45	8,43	8,42	8,40	8,38	8,37	8,35
24	8,33	8,32	8,30	8,29	8,27	8,25	8,24	8,22	8,21	8,19
25	8,18	8,16	8,14	8,13	8,11	8,11	8,08	8,07	8,05	8,04
26	8,02	8,01	7,99	7,98	7,96	7,95	7,93	7,92	7,90	7,89
27	7,87	7,86	7,84	7,83	7,81	7,80	7,78	7,77	7,75	7,74
28	7,72	7,71	7,69	7,68	7,66	7,65	7,64	7,62	7,61	7,59
29	7,58	7,56	7,55	7,54	7,52	7,51	7,47	7,48	7,47	7,45
30	7,44	7,42	7,41	7,40	7,38	7,37	7,35	7,34	7,32	7,31



Запишіть хід проведення дослідів до лабораторного журналу, розрахуйте вміст кисню у пробі та зробіть висновок про якість досліджуваної води.

РОБОТА № 15. Визначення вільного залишкового хлору титруванням метиловим оранжевим.

 **Мета роботи:** Засвоїти методику визначення вільного хлору у пробі питної води за допомогою титрування з метиловим оранжевим.

Принцип методу: Метод базується на окисленні вільним хлором метилового помаранчевого, на відміну від хлорамінів, окислювальний потенціал яких недостатній для руйнування метилового оранжевого.

Матеріали та обладнання. Колби на 100-500 мл, бюретки, хлоридна кислота концентрована ($\rho=1,19 \text{ г/см}^3$), метиловий оранжевий (парадиметиламино-азобензолсульфокислий натрій), вода дистильована.

Хід роботи:

До 100 мл аналізуємої води додаємо 5 крапель концентрованої хлоридної кислоти та швидко титруємо розчином метилового оранжевого до появи рожевого кольору.

Вміст вільного залишкового хлору (X), мг/л, розраховуємо за формулою:

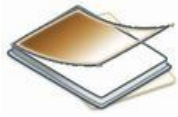
$$x = \frac{0,04 + (u \cdot 0,0217) \cdot 1000}{V} \quad (4.3)$$

де u – кількість 0,005% розчину метилового оранжевого, яка пішла на титрування, мл;

0,0217 – титр розчину метилового оранжевого;


0,04 – емпіричний коефіцієнт;

V – об'єм води, який взяли для дослідження, мл.



Запишіть хід проведення дослідів до лабораторного журналу та зробіть висновок про вміст вільного залишкового хлору в пробі досліджуваної води.

РОБОТА № 16. Визначення мінералізації води.

 **Мета роботи.** Засвоїти методи визначення мінералізації води. Знайти вміст мінеральних речовин в пробі води.

Мінералізація води - це сумарна кількість розчинених у ній мінеральних речовин, яка виражається або загальною мінералізацією, або сухим залишком, або густиною. Загальна мінералізація є сумою компонентів мінеральних речовин, визначених за допомогою аналізів. Сухий залишок отримують при випаровуванні певного об'єму води, висушуванні з подальшим гравіметричним визначенням. Загальну мінералізацію і сухий залишок виражають для прісних і солонуватих вод у мг/л, г/л, для розсолів - у г/л або г/кг. Одиницею останнього способу виразу концентрації є проміле (від лат. pro mille - за тисячу), 1‰ - тисячна частка числа.

Для лабораторного визначення використовують гравіметрію, однак на промислових об'єктах користуються кондуктометричним методом визначення мінералізації.

Матеріали та обладнання. Сушильна шафа, аналітичні терези, муфельна піч, водяна баня; фарфорова чашка діаметром 10 см, ексікатор, скляна лійка,

скляна паличка, беззольні паперові фільтри "синя стрічка", розчин Na_2CO_3 , ($C=10$ мг/л); проби води.

Хід роботи

Дослід 1. Метод визначення вмісту розчинних у воді речовин. У попередньо прожарену, охолоджену в ексикаторі і зважену фарфорову чашку вміщують точно відміряний і профільтрований об'єм проби води. Чашку встановлюють на водяну баню і випарюють насухо. Потім переносять у сушильну шафу і висушують при 105°C до сталої маси, охолоджуючи в ексикаторі. Вміст сухого залишку розраховують за формулою:

$$X_1 = \frac{(m - m_T) \cdot 1000}{V}, \text{ мг/л} \quad (4.4)$$

де m і m_T - маси фарфорової чашки із залишком і порожньої, відповідно, мг; V - об'єм аналізованої проби води, мл; 1000 - коефіцієнт для перерахунку об'єму в літрах.

При гідролізі хлоридів кальцію і магнію, а також внаслідок їх гігроскопічності, вода діє як реагент, і результат аналізу буде завищений. Крім того, кристалогідрати сульфатів цих катіонів важко відщеплюють воду. З метою усунення цих ймовірних похибок експерименту існує більш точна методика.

Дослід 2. Метод з використанням соди (Na_2CO_3). При додаванні Na_2CO_3 хлориди і сульфати магнію і кальцію утворюють важкорозчинні карбонати. При врахуванні кількості добавки, можна отримати більш точний показник мінералізації. Для приготування розчину 10 г Na_2CO_3 (безводного, х.ч.) висушеного при 200°C (3 год) зважують на аналітичних терезах і переносять до мірної колби на 1 л, доводять об'єм до риски. До проби води (250 – 300 мл) вносять піпеткою розчин Na_2CO_3 , щоб маса доданої соди перевищувала вдвічі масу очікуваного сухого залишку. Встановлено, що для прісних вод такий об'єм

дорівнює 25 мл і містить 250 мг Na_2CO_3 . Після випаровування обробка проби аналогічна методу в досліді 1. Розрахунок виконують за формулою:

$$X_2 = \frac{(m - m_T - m_c) \cdot 1000}{V}, \text{ мг/л} \quad (4.5)$$

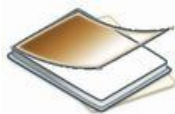
де m і m_T - маси фарфорової чашки із залишком і порожньої, відповідно, мг;
 m_c - маса доданого Na_2CO_3 , мг, V - об'єм аналізованої проби води, мл.

Дослід 3. Визначення залишку після прожарювання. Після закінчення експерименту за методом наведеним в Досліді 2, чашку с сухим залишком вміщують в муфельну піч і прожарюють при 600°C до сталої маси. Після цієї обробки масова концентрація сухого залишку фактично дорівнює вмісту неорганічних солей, оскільки при прожарюванні органічні речовини, які теж могли завищити результат аналізу, розклались. Обчислення результату ведуть за формулою :

$$X_3 = \frac{(m - m_0) \cdot 1000}{V}, \text{ мг/л} \quad (4.6)$$

де m_0 і m - маси фарфорової чашки із залишком після і до прожарювання, відповідно, мг;

V - об'єм аналізованої проби води, мл.



Запишіть хід проведення дослідів до лабораторного журналу. Результати експерименту зафіксуйте у таблиці і обчисліть похибки експерименту визначення мінералізації природної води:

а) середнього результату (X);

б) відхилення окремих вимірювань від середнього (d);

в) стандартного відхилення (середня квадратична помилка, s);

г) стандартного відхилення середнього результату (S_x);

д) ймовірний результат з ймовірністю 95%.

Зробіть висновок про рівень мінералізації досліджуваної проби води та точність методів дослідження.

РОБОТА № 17. Визначення загальної твердості води.

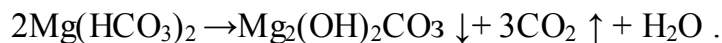
 **Мета роботи:** Засвоїти методику визначення загальної твердості води.

Закріпити навички титриметричного аналізу та обробки результатів в ньому.

Твердість води - сукупність властивостей води, які обумовлені наявністю у ній катіонів Ca^{2+} (кальцієва твердість) і Mg^{2+} (магнієва твердість).

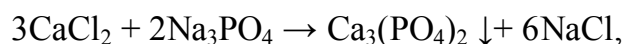
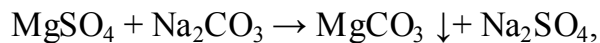
Джерело загальної твердості - гірські породи вапняків, доломітів, які при контакті з водою розчиняються. Антропогенне джерело — стічні води підприємств.

Розрізняють *карбонатну*, або *тимчасову* і *некарбонатну*, або *сталу* твердість. Карбонатна - усувна твердість, від неї можна позбутися за рахунок кип'ятіння води і руйнування кальцій і магній гідрокарбонатів з утворенням осадів карбонатів та гідроксокарбонатів:



Проте повністю позбутися карбонатної твердості неможливо, тому що магній гідроксокарбонат є в значній мірі розчинним.

Некарбонатна (стала) твердість обумовлена наявністю розчинених кальцій та магній сульфатів, хлоридів, силікатів, нітратів, фосфатів. Від неї можливо усуватися тільки хімічним шляхом, тобто обробкою води осаджуючими солями, наприклад:



(або більш складними методами).

Суму концентрацій Ca^{2+} і Mg^{2+} називають загальною твердістю і розраховують за формулою:

$$T = \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{20.04} + \frac{[\text{Mg}^{2+}]}{12.16} \text{ ммоль екв/л}, \quad (4.7)$$

де масові концентрації іонів $(1/2 \text{Ca}^{2+}) = 20, 04$ мг/л і $(1/2\text{Mg}^{2+}) = 12,16$ мг/л відповідають 1 ммоль екв/л загальній твердості. Твердість води в Україні виражають у моль-екв/м³ або ммоль йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} в 1 л води, тобто карбонатна твердість відповідає тій частині цих іонів, яка еквівалентна аніонам HCO_3^- а некарбонатна - аніонам SO_4^{2-} , NO_3^- і ін. В інших країнах для виразу твердості використовують т. зв. *градуси* твердості: 1 d° твердості (Німеччина) відповідає 0,01 г СаО в 1 л води, тобто 0,357 ммоль екв/л або 17,86 мг СаСО₃ на 1 л води. Американський градус твердості, 1° = 1 мг/л СаСО₃ у воді. Таким чином, 1 моль/м³ твердості дорівнює 2,804 d° (німецьких) або 50,05 американських градусів.

Природні води за твердістю розрізняють на наступні типи:

Дуже м'яку	0 - 1,5 ммоль екв/л;
м'яку	1,5 - 3,0 ммоль екв/л;
середньо-тверду	3,0 - 4,5 ммоль екв/л;
досить тверду	4,5 - 6,5 ммоль екв/л;
тверду	6,5 - 11 ммоль екв/л;

дуже тверду > 11 ммоль екв/л.

Підвищена твердість сприяє посиленому утворенню накипу в парових котлах, трубах, побутових опалювальних приладах і металевому посуді, що значно знижує інтенсивність теплообміну, призводить до великої витрати палива і перегріву металевих поверхонь. Твердість збільшує витрати мила для прання і миття, оскільки частина мила утворює з катіонами Ca^{2+} нерозчинні осаді солей вищих карбонових кислот. Внаслідок осадження цих солей на тканинах погіршуються їх якість. У воді з високою твердістю погано розварюються овочі та м'ясо через те, що Ca^{2+} утворює нерозчинні осаді з білками харчових продуктів.

Вода з надлишком Mg^{2+} є дуже гіркою, тому вміст катіонів магнію не повинен перевищувати 100 мг/л. Загальна твердість питної води, аби запобігти погіршенню її органолептичних властивостей, має бути не більш як 7 ммоль екв/л, а твердість понад 10 ммоль екв/л вважається небезпечною для здоров'я людини. При усіх недоліках твердої води вона має одну перевагу: дія отруйних неорганічних сполук у водоймах із твердою водою (>20 мг/л CaCO_3) виявляється при вищих концентраціях токсичних речовин, ніж у водоймах із м'якою водою, наприклад, CdCl_2 -73,5 мг/л і 0,6 мг/л; BeSO_4 - 20,3 і 0,14 мг/л, відповідно.

Найменш твердою вода є в північних річках і ставках тайги і тундри 0,1 - 0,2 ммоль екв/л, найбільш твердою - підземна вода, вода океанів, морів - до 100 ммоль екв/л. Існує багато методів усунення твердості води: вапняний, вапняно-содовий, содово-натронний, фосфатний, іонообмінний тощо. Для визначення загальної твердості ($T_{\text{ЗАГ}}$) використовують метод титрування розчином трилону Б, (комплексону III) в лужному середовищі в присутності індикатора еріохрому чорного Т. В присутності іншого індикатора - мурексиду - визначають кальцієву твердість (T_{Ca}) (комплекс з Ca^{2+} має червоне забарвлення). Магнієву твердість знаходять за різницею:

$$T_{\text{Mg}} = T_{\text{ЗАГ}} - T_{\text{Ca}} \quad (4.8)$$

Принцип методу. Метод заснований на зв'язуванні іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} при титруванні жорсткої води розчином комплексону III з утворенням

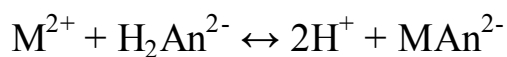
внутрикмплексної сполуки. В присутності іонів жорсткості Ca^{2+} та Mg^{2+} еріохром забарвлюються у червоний колір, у відсутності – у синій.

Матеріали та обладнання. Мікробюретка, вимірювальна піпетка на 50 мл, конічні колби місткістю 250 мл — 2 шт. і 100 мл — 1 шт., циліндр місткістю 25 мл; робочий розчин комплексону III ($C=0,025$ моль/л); розчин еріохрому чорного Т або суха суміш цієї речовини з NaCl у співвідношенні 1:200; амонію хлорид (20% розчин), аміаку (20% розчин), проба води.

Хід роботи

До конічної колби місткістю 100 мл відбирають за допомогою мірного циліндра по 20 мл 20% розчинів аміаку і амоній хлориду, доводять дистильованою водою до риски. Заповнюють бюретку робочим розчином солі динатрій етилендіамінтетрацетату (ЕДТА, комплексон III, трилон Б), який має велику комплексоутворюючу здатність. У воді аніон цієї солі має склад подвійного біполярного йону.

Реакцію комплексоутворення за участю ЕДТА і двозарядного іона металу можна записати як загальне рівняння:



Вимірювальною піпеткою відбирають до колби для титрування 50 мл аналізованої води і додають 2 мл буферного розчину. В якості індикатору вносять 3-4 краплі еріохрому чорного Т або сухої індикаторної суміші. Титрують суміш у колбі розчином ЕДТА до переходу червоного забарвлення у синє із зеленуватим відтінком. Наприкінці титрування титрант додають дуже повільно: 1 крапля за 3 - 5 с. Після відліку показання з бюретки слід додати ще 1 краплю титранту, аби переконатися, що забарвлення не змінюється. Титрування треба повторити не

менш 5 разів, щоб результати 4-х вимірювань не відрізнялись більш 0,04 мл. Запишіть результати в робочий зошит.

Твердість визначають згідно з законом еквівалентів, але виражають результат в ммоль екв/л:


$$T_{\text{ЗАГ}}(1/2M^{2+}) = \frac{2C(\text{ЕДТА}) \cdot V(\text{ЕДТА})}{V_1(\text{H}_2\text{O})} \cdot 1000 \quad (4.9)$$

де $c(\text{ЕДТА})$ і $V(\text{ЕДТА})$ - концентрація і середній об'єм трилону Б, відповідно;
 $V_1(\text{H}_2\text{O})$ - об'єм води для аналізу.



Запишіть хід досліду до лабораторного журналу, результати запишіть в таблицю, обчисліть середній результат вимірювань об'єму, відхилення окремих вимірювань від середнього результату; середнє квадратичне відхилення; стандартне відхилення середнього результату; ймовірний результат з ймовірністю 99%. Зробіть висновок про твердість досліджуваної води. До якого типу твердості вона відноситься?

РОБОТА № 18. Визначення забруднюючих домішок нафти у воді.

 **Мета роботи.** Набути і систематизувати знання про властивості біогенного елемента Карбону і його участі в біопроеесах і кругообігу. Засвоїти методикy визначення нафти у воді і методи очищення (екстракція, перегонка, колоночна хроматографія) з перспективою використання знань і умінь в практичній діяльності еколога.

Нафта (від тюрк. *neft*) - масляниста на дотик, майже чорного кольору з буруватим відливом рідина, легша за воду, $\rho = 0.79 - 0.97 \text{ г/см}^3$, нерозчинна у воді, має слабку флуоресценцію. За хімічним складом нафта - складна суміш вуглеводнів різної молекулярної маси, головним чином рідких вуглеводнів, у яких розчинені тверді і газоподібні. Зазвичай це граничні вуглеводні ряду метану, циклоалкани, ароматичні вуглеводні, що мають різне співвідношення в залежності від родовища, незначна кількість олефінів. Крім того, нафта містить кисневі, сірчисті і азотисті органічні сполуки, нафтеніві кислоти. Переробкою нафти отримують цінні нафтопродукти.

Первинна переробка нафти полягає в її перегонці. Перегонку здійснюють на нафтопереробних заводах після видалення побічних газів (температура кипіння до 40°), газова фракція містить нормальні і розгалужені алкани $C_1 - C_4$. При перегонці нафти утворюються світлі нафтопродукти: петролейний ефір, або газолін ($50 - 70^\circ\text{C}$); бензин ($70 - 120^\circ\text{C}$); лігроїн ($120 - 150^\circ\text{C}$); гас ($150 - 230^\circ\text{C}$); газойль ($230 - 300^\circ\text{C}$); соляріві олії ($> 300^\circ\text{C}$); залишок - мазут, що переганяють під зниженим тиском для запобігання розкладанню і виділяють мастила -

веретенне, машинне, циліндрове. З мазуту деяких сортів та мастил одержують вазелін і парафін. Гудрон - використовують для асфальтового покриття.

Вторинна переробка нафти - крекінг, розщеплення вуглеводнів. Будучи безцінною сировиною для хімічної, полімерної, нафтопереробної промисловості, необхідною для сучасного транспорту, більш за те - лікувальним препаратом (знаменита нафталанова нафта), нафта є небезпечним поллютантом довкілля. Забруднення водойм нафтою веде до загибелі риб і птахів, збідненню флори і фауни, знижує вміст розчиненого кисню і рН води, змінює газовий і температурний режим водойм, призводить до накопичення токсичних нафтових кислот. Встановлено токсичний і, деякою мірою, наркотичний вплив нафти на організм, враження серцево-судинної та нервової систем, а також канцерогенний ефект конденсованих вуглеводнів типу бенз[а]пірену.

Нафтопродукти перебувають в природних водах у різних міграційних формах: розчиненій, емульгованій, сорбованій на твердих частинках завислих речовин і донних відкладеннях, у вигляді плівки на поверхні. В результаті міграції нафти проходить перерозподіл між основними формами міграції і зменшення її вмісту в плівці в результаті випаровування, хімічного, біохімічного, а також мікробіологічного окиснення. Відомо більш як 200 видів бактерій і грибів, які з різною швидкістю і вибірковістю утилізують вуглеводні.

Оцінка забруднення нафтою берегів і водойм є дуже важливою. Зараз розроблені методи аналізу, що дозволяють оцінити нафтове забруднення. До них відносяться *диференційні* (мас-спектрометрія, газорідинна хроматографія) і *інтегральні* методи (ультрафіолетова й інфрачервона спектроскопія, люмінесценція, рефрактометрія, гравіметричний метод). В лабораторних умовах успішно застосовують гравіметрію для кількісного визначення із чутливістю 0.3 мг/л.

ГДК нафти у воді - 0,3 мг/л, багатосірчистої - 0,1 мг/л; вод рибогосподарського використання - 0,05 мг/л.

Гравіметричний метод включає застосування декількох способів поділу речовин: екстракцію, перегонку, колоночну адсорбційну хроматографію і основні лабораторні заходи - нагрівання, висушування, фільтрування і зважування.

Принцип методу. Метод базується на екстракції нафти з води органічним розчинником, послідуною хроматографічною сепарацією нафтопродукту та гравіметричним визначенням загального вмісту нафти у пробі.

Матеріали та обладнання. Аналітичні терези; алонж, бюкс, конічна колба місткістю 100 мл, скляна лійка для фільтрування, круглодонна колба місткістю 250 мл, колонка хроматографічна, холодильник, ділільна лійка, насадка Вюрца; проба забрудненої нафтою води; діалюміній триоксид Al_2O_3 , безводний, прожарений 6 год при $500^\circ C$; натрію сульфат Na_2SO_4 , прожарений; гексан, х.ч.

Хід роботи

Екстракція нафти. Для екстракції до пробки доливають екстрагент - гексан (із розрахунку 20 мл на літр води). Закривши колбу пробкою, протягом 10 - 15 хв. ретельно збовтують вміст, переливають у ділільну лійку, закривають пробкою і знову збовтують, періодично випускаючи пару, що утворилася, дають відстоятися. Спостерігають поділ водяного і гексанового шарів. Відокремлюють нижній водяний шар, зливаючи крізь кран ділільної лійки до вихідної колби. Верхній гексановий шар виливають через верхній отвір ділільної лійки до чистої колби місткістю 100 мл з притертою пробкою. Екстракцію повторюють три рази, після чого водяний шар відкидають, а гексановий екстракт сполучають з гексаном, яким обмили стінки ділільної лійки і колби, що містила пробу.

Висушують гексановий екстракт за допомогою прожареного осушувача Na_2SO_4 (із розрахунку 1 г осушувача на 50 мл рідини) не менш як 12 год.

Фільтрують екстракт крізь паперовий фільтр у круглодонну колбу для відгону розчинника. Невеликою кількістю гексану обполіскують осушувач, і розчин відфільтровують до тієїж колби.

Переганяють розчин екстракту з метою відгону розчинника і його концентрування. Перегонку здійснюють на водяній бані доти, поки в перегінній колбі не залишиться 3-4 мл екстракту.

Хроматографічний поділ. Після остигання приступають до хроматографічного поділу характерних для нафти неполярних сполук від полярних домішок. Процес здійснюють методом колоночної хроматографії, використовуючи як адсорбент (нерухому фазу) Al_2O_3 , а як елюент, тобто розчинник для вимивання (елюювання) заданої речовини або суміші речовин однакової природи, - гексан. В верхню частину колонки на поверхню сорбенту виливають нафтовий екстракт, обмивають колбочку гексаном по 2 мл 3 рази і також заливають в колонку. Після проходження екстракту до колонки заливають елюент, спостерігаючи, аби поверхня сорбента була постійно вкритою гексаном (відсутність елюенту призводить до розкришення адсорбенту, проникнення повітря і порушення хроматографічного поділу.) Безбарвний елюат з колонки збирають у попередньо зважений бюкс.

Після випарювання екстракту, підсушування до досягнення постійної маси в ексикаторі, його зважують на аналітичних терезах.

Розрахунок вмісту нафтопродуктів (X , мг/л) виконують за формулою:

$$X = \frac{P_E - P_T}{V}, \text{ мг/л} \quad (4.10)$$

де P_E - маса бюкса з екстрактом, мг; P_T — маса порожнього бюкса; V — об'єм взятої проби води, л.



Запишіть хід дослідження до лабораторного журналу, обчисліть вміст нафти у пробі та порівняйте результат аналізу з величиною ГДК і зробіть висновок відносно забруднення досліджуваної води нафтою.

**РОБОТА № 19. Визначення синтетичних поверхнево-активних речовин
(СПАР) у стічних водах
(Визначення аніон-активних препаратів)**

 **Мета роботи:** виявити домішки аніон-активних препаратів у стічних водах.

Метиленовий синій у хлороформі не розчиняється. У наведеному варіанті методу екстракцію вказаної комплексної сполуки хлороформом проводять спочатку в лужному середовищі (буферний розчин, рН=10), а потім об'єднані хлороформні екстракти промивають кислим розчином метиленового синього. Таким подвійним екстрагуванням усувають дію хлоридів, нітратів, роданідів і білків, які заважають виявленню аніон-активних СПАР.

Визначенню заважають сульфіди, які відновлюють метиленовий синій, але їх вплив може бути усунено попереднім окисненням пероксидом водню.

Принцип методу: заснованим на тому, що аніон-активні СПАР утворюють із метиленовим синім комплексні асоціати, розчинні у хлороформі з утворенням розчинів синього забарвлення.

Матеріали та обладнання. Фосфатний буферний розчин. Розчиняють 10 г ч.д.а. двозаміщеного фосфату натрію (безводного) в дистильованій воді, доводять до рН=10 додаванням розчину їдкого натру, розбавляють розчин дистильованою водою до 1 л і перемішують.

Метиленовий синій. Кислий розчин. Розчиняють 0,35 г метиленового синього в 500 мл дистильованої води, додають 6,5 мл концентрованої сірчаної кислоти

(ч.д.а.) і розбавляють розчин дистильованою водою до 1 л. Нейтральний розчин. Розчиняють 0,35 г метиленового синього в дистильованій воді і розбавляють розчин дистильованою водою до 1 л.

Хлороформ, ч. д. а.

Стандартний розчин миючої сполуки (сульфанолу). Розчиняють 0,100 г миючої речовини в дистильованій воді і розбавляють розчин до 1 л. Відібравши 10 мл розчину, розбавляють його дистильованою водою до 100 мл. В 1 мл отриманого розбавленого розчину буде знаходитись 0,01 мг миючої речовини.

Хід роботи

Відбирають такий об'єм аналізованої стічної води, щоб у ньому містилося від 20 до 300 мкг миючої речовини, яка визначається. Якщо у 100 мл стічної води є менше, ніж 20 мкг СПАР, відбирають відповідно більший її об'єм і випарюють до об'єму, меншого за 100 мл.

Відібрану порцію проби переносять у ділильну лійку об'ємом 200-250 мл, розбавляють дистильованою водою до 100 мл, додають 10 мл фосфатного буферного розчину, 5 мл нейтрального розчину метиленового синього і 15 мл хлороформу. Обережно збовтують упродовж 1 хв. і дають відстоятись 1 хв. для розшарування рідини. Потім зливають шар хлороформу в іншу ділильну лійку такого самого об'єму, в яку попередньо наливають 110 мл дистильованої води і 5 мл кислого розчину метиленового синього.

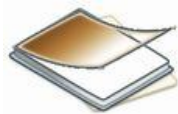
Вміст другої лійки збовтують так само, як і вміст першої, дають рідині розшаруватись і зливають нижній хлороформний шар через маленьку лійку, у якій попередньо розташовують тампон вати, змочений хлороформом, у мірну колбу об'ємом 50 мл.

Потім у першу лійку наливають ще 10 мл хлороформу і повторюють описані вище операції. Екстракцію проводять ще один раз порцією хлороформу 10 мл і один раз 5 мл. Всього в мірній колбі повинно зібратися близько 40 мл хлороформних екстрактів. Доливають вміст колби до мітки хлороформом перемішують. Забарвлений хлороформний розчин переносять у кювету

фотоколориметру з товщиною шару 3 см і вимірюють його оптичну густину, розташували у другу кювету розчин холостого досліджуваного, для якого беруть 100 мл дистильованої води. Виміри проводять із червоними світлофільтрами ($\lambda=650$ нм).


Результат визначення знаходять за калібрувальним графіком, для побудови якого відбирають порції: 2; 5; 10; 15; 20; 25; 30 мл стандартного розчину міючої речовини, розбавляють кожну порцію дистильованою водою до 100 мл і продовжують, як вказано в процесі аналізу.

Метод дуже чутливий, молярний коефіцієнт світлопоглинання 22×10^3 .



Запишіть хід дослідження до лабораторного журналу, встановіть значення вмісту СПАР у пробі води і зробіть висновок відносно забруднення досліджуваної води синтетичними поверхнево-активними речовинами.

РОБОТА № 20. Якісне визначення іонів важких металів у стічних водах.

 **Мета роботи:** виявити за допомогою якісних реакцій наявність іонів важких металів у стічних водах.

Дослід 1. Виявлення іонів Плюмбуму.

Принцип методу. Методи базуються на виявленні іонів плюмбуму в досліджуваній воді за допомогою якісних реакцій із родизонатом натрію, дитизоном, йодидом калію, ацетатом купруму та нітритом калію.

Матеріали та обладнання: проба води, родизонату натрію (0,2% розчин), буферний розчин ($pH = 2,8$), розчин дитизону в хлороформі, йодиду калію (0,5% розчин), хромату калію (5% розчин), купруму ацетат (1% розчин), оцтової кислоти (30% розчин), кристалічний нітрит калію, фільтрувальний папір, предметне скло, штатив із пробірками, піпетки, пальник, сірники.

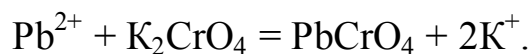
Хід досліді

1. *Реакція з родизонатом натрію.* На фільтрувальний папір наносять краплю досліджуваної води і додають краплю свіжоприготовленого 0,2 % розчину родизонату натрію. За наявності іонів Плюмбуму на папері з'являється синя пляма або синє кільце родизонату плюмбуму. При додаванні до плями буферного розчину ($pH = 2,8$) вона набуває яскраво-червоного забарвлення.

2. *Реакція з дитизоном.* У маленьку пробірку вносять 1-2 краплі досліджуваного розчину і додають 2 краплі розчину дитизону в хлороформі. Суміш ретельно збовтують. Зміна зеленого забарвлення шару органічного розчинника на оранжево-червоне свідчить про наявність Плюмбуму в досліджуваній воді.

3. *Реакція з йодидом калію.* У пробірку вносять 0,5 мл досліджуваної води і кілька крапель 0,5% розчину йодиду калію. За наявності іонів плюмбуму в досліджуваному розчині утворюється жовтий осад PbI_2 . Після нагрівання вмісту пробірки цей осад розчиняється, а після охолодження — з'являються кристали жовтого кольору у вигляді пластинок.

4. *Реакція з хроматом калію.* До 0,5 мл досліджуваної води додають 3-5 крапель 5% розчину хромату калію, який дає з іонами плюмбуму оранжево-жовтий осад:



5. *Реакція з ацетатом купруму та нітритом калію.* На предметне скло наносять 2-3 краплі розчину досліджуваної речовини, яку випарюють на невеликому полум'ї досуха. Після охолодження предметного скла на сухий залишок наносять 1-2 краплі 1%-го розчину ацетату купруму та знову випарюють досуха. На сухий залишок наносять 2-3 краплі 30% розчину оцтової кислоти. На край одержаної плями наносять 1-2 кристалики нітриту калію. Утворення чорних або коричневих кристалів, які мають форму кубів, свідчить про наявність сполук Плюмбуму в досліджуваному розчині.

Дослід 2. Виявлення іонів Кадмію.

Принцип методу. Методи базуються на виявленні іонів кадмію в досліджуваній воді за допомогою якісних реакцій із сульфідом натрію, бруцином і бромідом калію, піридином і бромідом калію.

Матеріали та обладнання: проба води, гідроксиду натрію (2,5 н. розчин), сульфід натрію (5% розчин), розчин бруцину в 1 н. сульфатній кислоті, броміду калію (5% розчин), піридин, предметне скло, штатив із пробірками, піпетки, пальник, сірники.

Хід досліду

1. *Реакція з сульфідом натрію.* До 1 мл досліджуваної води краплями додають 2,5 н. розчин гідроксиду натрію до досягнення рН=5 (за універсальним індикатором) і 3-4 краплі 5% свіжеприготовленого розчину сульфід натрію. Утворення жовтого осаду свідчить про наявність іонів кадмію.

Якщо результат реакції на кадмій з сульфідом натрію негативний, подальше дослідження на наявність іонів кадмію не проводять. Якщо результат реакції позитивний, додатково перевіряють розчин на наявність іонів кадмію, застосовуючи описані нижче реакції.

2. *Реакція з бруцином і бромідом калію.* 2-3 краплі досліджуваної води наносять на предметне скло і випарюють досуха. На сухий залишок наносять краплю насиченого розчину бруцину в 1 н. розчині сульфатної кислоти і краплю 5% розчину броміду калію. За наявності іонів кадмію в розчині утворюються безбарвні призматичні кристали, зібрані у вигляді сфероїдів.

3. *Реакція з піридином і бромідом калію.* На предметне скло наносять 2-3 краплі досліджуваної води, яку випарюють досуха. На сухий залишок наносять краплю піридину і краплю 5% розчину броміду калію. За наявності іонів кадмію в розчині утворюються безбарвні призматичні кристали, зібрані у вигляді сфероїдів.

Дослід 3. Виявлення іонів Купруму.

Принцип методу. Методи базуються на виявленні іонів купруму в досліджуваній воді за допомогою якісних реакцій з тетрароданомеркуроатом амонію, гексаціанофератом (II) калію і піридин-роданідним реактивом.

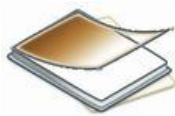
Матеріали та обладнання: досліджувана вода, сульфату цинку (5% розчин); розчин тетрароданомеркуроату амонію (змішують 5 г хлориду ртуті (II) і 5 г роданіду амонію та суміш розчиняють у 60 мл води); гексаціаноферату (5% розчин), піридин-роданідний реактив (змішують однакові об'єми 50% йодного розчину піридину і 20 % водного розчину роданіду амонію); хлороформ, штатив з пробірками, піпетки.

Хід досліду

1. *Реакція з тетрароданомеркуроатом амонію.* До 0,5 мл досліджуваної води додають кілька крапель 5% розчину сульфату цинку і кілька крапель розчину тетрароданомеркуроату амонію. За наявності іонів купруму випадає рожево-ліловий або фіолетовий осад.

2. *Реакція з гексаціанофератом (II) калію.* До 0,5 мл досліджуваної води додають 2 краплі 5% розчину гексаціаноферату (II) калію. За наявності іонів купруму випадає червоно-бурий осад.

2. *Реакція з піридин-роданідним реактивом.* У пробірку вносять 0,5 мл досліджуваної води, до якого краплями додають 1-2 мл піридин-роданідного реактиву. При цьому утворюється осад (або каламуть), до якого додають 2 мл хлороформу, і суміш збовтують. За наявності іонів купруму хлороформовий шар забарвлюється в смарагдово-зелений колір.



Запишіть хід дослідів до лабораторного журналу, складіть рівняння проведених якісних реакцій і зробіть висновок про наявність у досліджуваній пробі стічної води іонів важких металів.

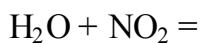
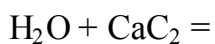
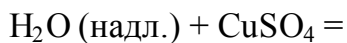


КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Вкажіть ізотопний склад молекули води.
2. Які особливості розподілу атомів і електронів молекули води в мікро просторі визначають її асиметрію і полярні властивості?
3. Що зумовлює надзвичайну стійкість молекули води?
4. Грунтуючись на уявлення про двоструктурну модель молекули води, поясніть аномальні властивості води і криги.
5. Чому вода є кращим розчинником, ніж інші речовини?
6. Як пояснити аномально високі температури кипіння і кристалізації води?

Наведіть схеми утворення міжмолекулярних зв'язків у воді.

7. Складіть рівняння хімічних реакцій:



8. Дайте визначення поняттю „гідросфера”.
9. Назвіть складові гідросфери. Яка частка гідросфери представлена на Землі прісною водою?
10. В якому стані може існувати вода в надрах Землі?
11. Схарактеризуйте механізми дії колообігу води в природі.
12. Які природні фільтри води є на Землі?
13. Що таке „геологічний колообіг води”?
14. Яку роль відіграє вода в біосфері?
15. Що таке „водокористування”?
16. За якими ознаками класифікують водокористування?
17. Які види забруднення води Ви знаєте?

18. Яка кількість доступної прісної води припадає на одного жителя Землі? Обчисліть цей показник для України.
19. Які галузі є найбільшими споживачами води і якими питомими показниками характеризуються в них витрати води?
20. Які потенційні можливості економії і раціонального використання води є в промисловості, аграрному секторі, комунальному господарстві, побуті?
21. За якими вимогами регламентується якість, склад та властивості води у водоймах?
22. Дайте визначення поняттю „біологічна потреба кисню”.
23. Назвіть основні проблеми Світового океану.
24. Як контролюється стан води на підприємствах?
25. Що таке „зона санітарної охорони”?
26. Назвіть заходи, що знижують забруднення водного середовища біосфери.
27. Запах проб води зумовлений: а) нафтою, б) нафтопродуктами, в) тиною. Які з них природного, а які штучного походження?
28. Чи існує залежність між теплопереносом і наявністю завислої речовини?
29. Як впливають завислі часточки і колір води на проникнення сонячних променів у водойму?
30. Що впливає на колір води?
31. Як в експедиційних умовах вимірюють прозорість води?
32. Чи піддаються міграції такі показники, як колір води, каламутність, запах?
33. Як впливає каламутність, прозорість, кольоровість води на реакцію фотосинтезу водоростей?
34. Що таке мінералізація води?
35. Розставте в порядку зростання мінералізації такі води: мінеральна вода "Трускавецька", річкова вода, морська вода (Чорне море), дистильована вода, океанічна вода, морська вода (Червоне море), вода озера Байкал.
36. Що таке твердість води?
37. Які види твердості води розрізняють?

38. Яку функцію виконують множники 2 і 1000 в формулі розрахунку твердості води?

39. Спираючись на рівняння взаємодії катіонів Ca^{2+} або Mg^{2+} з трилоном Б, поясніть, в якому середовищі треба проводити реакцію. Чому при проведенні титрування було додано буферний розчин?

40. Яка твердість має назву "залишкова"?

41. Розгляньте класифікацію вод за параметром твердості.

42. Наведіть основні рівняння усунення твердості води.

43. Чому є небезпечним забруднення водою нафтою?



ЗАДАЧІ

1. Визначити добові витрати хлору на хлорування води у місті з мільйонним населенням, якщо витрачання води на одного мешканця 350 л, а норма витрат хлору 2×10^{-4} г/л.

Відповідь: 70 кг.

2. Скільки літрів морської води потрібно обробити, щоб отримати 10^8 кг бромиду, якщо концентрація бромиду 0,67 г/кг або $8,3 \times 10^{-4}$ моль/л.

Відповідь: $1,5 \times 10^{13}$ л.

3. Кислотні дощі потрапляють до ґрунту та руйнують нерозчинні сполуки металів, наприклад оксиди. Таким чином, важкі метали в надлишкових кількостях потрапляють до води, а потім до крові тварин та людини, при цьому визивають різні хвороби та масову гибель риб. До складу глини входить 10-40% оксиду алюмінію. Яка кількість алюмінію опиниться у воді, якщо разом з опадами випало 10 т сульфатної кислоти?

Відповідь: 1,837 т.

4. Вміст фосфору у морській воді становить 0,07 г фосфору на 10^6 г води. Якщо увесь цей фосфор знаходиться у вигляді фосфат-іонів, то яка буде молярна концентрація фосфату?

Відповідь: $2,3 \times 10^{-6}$ моль/л.

5. Всі річки Земної поверхні щорічно приносять до Світового океану 4×10^5 г розчинних солей. Яку долю у % за масою складає це щорічне надходження від повної кількості солей, що розчинені у океані? Об'єм води Світового океану 1,35 млрд. км³, солоність води Світового океану 35 г/кг, тобто 3,5%. Густина морської води прийняти за 1 кг/м³.

Відповідь: 0,00846%.

6. Фтор потрапляє до організму людини з продуктами харчування та водою. У деяких районах вміст фтористих солей у питній воді у перерахунку на фторид натрію складає 2 мг/л. Якщо рахувати, що людина у середньому споживає за добу 2 л води, розрахуйте скільки фтору поступає щодоби до організму людини? Напишіть рівняння дисоціації фториду натрію і вкажіть в якому вигляді фтор потрапляє до організму. До чого може призвести надлишок фтору у організмі?

Відповідь: 1,8 мг.

7. Хімкомбінат по виготовленню азотних добрив через поломку головного конвеєру допустив викид нітрату амонію до сусіднього озера. Залишаться живими чи ні вухасті окуні, які живуть в озері, якщо відомо, що зкинули 30 т нітрату амонію, а об'єм озера – 5 тис. л. Токсична концентрація нітрату амонію для вухастих окунів складає 800 мг/л.

Відповідь: 6×10^6 мг/л.

8. Визначити молярну концентрацію хлору у воді, якщо для його видалення з води об'ємом 1 м^3 потрібно розчину тіосульфату натрію об'ємом 500 мл ($C=0,1$ моль/л).

Відповідь: 2×10^{-4} моль/л.

9. Для визначення кисню, розчиненого у воді, відібрали дві проби. В першу склянку місткістю 200 мл (робочий дослід) додали 1,00 мл MnCl_2 та 3,00 мл лужного розчину йодид-йодатної суміші; до другої – місткістю 180 мл (контрольний дослід) – 1,00 мл MnCl_2 , 3,00 мл $\text{KI} + \text{KIO}_3 + \text{KOH}$ та 5,00 мл HCl (густина 1,19 г/мл). Після відповідних маніпуляцій на титрування йоду у робочому досліді було витрачено 8,76 мл та 1,40 мл розчину тіосульфату натрію у контрольному досліді $T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/\text{O}_2)=0,000260$ г/мл. Розрахуйте вміст кисню, розчиненого у воді, в мг/л за нормальних умов.

Відповідь: 9,75 мг/л.

10. Для визначення сульфат-іонів пробу води обробили катіонітом. На титрування 100 мл отриманої води після відповідної обробки було витрачено 12,2 мл 0,1 н розчину нітрату свинцю $K[\text{Pb}(\text{NO}_3)_2] = 0,8875$. Розрахувати вміст сульфат-іонів у дослідній воді в мг/л.

Відповідь: 519,7 мг/л.

11. Для визначення вільного діоксиду вуглецю на титрування 200 мл води було витрачено 1,8 мл 0,01 н ($K=0,9930$) розчину їдкого калію у присутності фенолфталеїну. Розрахувати вміст CO_2 у досліджуваній пробі у мг/л.

Відповідь: 2,18 мг/л.

12. У скільки разів за добу рослина елодея канадська масою 200 кг може знизити концентрацію гідрокарбонату кальцію у водоймі об'ємом 1000 м^3 , якщо 100 кг цієї рослини за 10 годин осаджує 2 кг вуглекислого кальцію? Початкова рівноважна концентрація $[\text{CO}_2]=30$ мг/л.

Відповідь: у 1,2 рази.

13. На титрування 200 мл води у присутності фенолфталеїну було витрачено 2,20 мл розчину їдкого натру ($T=0,000363$ г/мл). Скільки мг диоксиду карбону містилося у 1 л досліджуваної проби води?

Відповідь: 1,99 мг/л.



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Безбородов А.А., Еремеев В.Н. Физико-химические аспекты взаимодействия океана и атмосферы. Киев: Наукова думка, 1984. – 192с.
2. Гончаренко М.С., Бойчук Ю.Д. Екологія людини: Навчальний посібник / За ред. Н.В. Кочубей. – Суми: ВТБ „Університетська книга”; К.: Видавничий дім „Княгиня Ольга”, 2005. – 394 с.
3. Гончарук В.В. Питна вода – проблема // Наук. світ. – 2002. – №7.
4. Дуднікова І.І. Екологія і безпека життєдіяльності: Термінологічний словник-довідник / Передм. Ю.С. Шемшученка. – К.: Вища шк., 2005. – 247 с.
5. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М., Брик М.Т., Гвоздик П.І., Князькова Т.В. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
6. Зилов Е.А. Химия окружающей среды: Учебное пособие. – Иркутск: Иркут. ун-т, 2006. – 148 с.
7. Камінський Б.Т., Камінський Д.Б., Федішин Б.М. Хімія води і водних розчинів / За ред. Б.Т. Камінського. – Житомир: ЖІТІ, 2000. – 419 с.
8. Карнаухов О.І., Мельничук Д.О., Чеботько К.О. Загальна та біонеорганічна хімія. – К.: Фенікс, 2002. – 578с.; - Вінниця: Нова книга, 2003. – 544 с.

9. Кумачов А.И., Кузьменок Н.М. Глобальная экология и химия / Науч. ред. В.В. Свиридова. – Минск: Университетское, 1991. – 184 с.
10. Микитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Высш. школа, 1980. – 424 с.
11. Разделение элементов и изотопов в геохимических процессах. Под ред. Щербины В.В. М.: Наука, 1979. – 232 с.
12. Руководство по методам химического анализа морских вод / Под ред. С.Г. Орадовского. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 208 с.
13. Руководство по методам химического анализа поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 542 с.
14. Савенко В.С. Химия водного поверхностного микрослоя. Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 184 с.
15. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. Часть 1. – М.: Гидрометеиздат, 1984.
16. Хорн Р. Морская химия. М.: Мир, 1972. – 399 с.
17. Хьюз М. Неорганическая химия биологических процессов / Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 414 с.



РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГІЧНА ХІМІЯ ЛІТОСФЕРИ

Загальні відомості про літосферу

Літосфера - це зовнішня тверда оболонка Землі, що включає всю земну кору й частину верхньої мантії Землі й складається з осадкових, вивержених і метаморфічних порід.

До складу літосфери входить суходіл, який займає 29,2 % (148 млн км²) поверхні Землі і включає ґрунти різної категорії та корисні копалини на поверхні й у надрах. Близько 10% суші займають льодовики (Антарктида, Гренландія та ін.). Сільськогосподарськими угіддями зайнято 33,1% поверхні Землі, 30,1% - лісами і 36,8% площі припадає на гори, тундру, болота, пустелі, промислові об'єкти та населені пункти. Загальна площа орних земель становить близько 1,5 млрд га (приблизно 11% площі суші).

Екологічне значення літосфери величезне. По-перше, на її поверхні живе більшість рослинних і тваринних організмів, у тому числі й людина. По-друге, верхня тонка оболонка літосфери на материках це ґрунти, що забезпечують умови життя для рослин і є основною умовою для отримання продуктів харчування людей. По-третє, літосфера є джерелом отримання корисних копалин енергетичної сировини, руд металів, мінеральних добрив, будівельних матеріалів тощо.

У межах літосфери періодично відбувались і відбуваються екологічні процеси (виверження вулканів, землетруси, зсуви, селі, обвали, ерозія земної поверхні), які мають величезне значення для формування екологічних ситуацій в певних ділянках планети, а іноді призводять до глобальних екологічних

катастроф. Нижня межа літосфери нечітка й визначається за різким зменшенням в'язкості порід, збільшенням їхньої щільності й іншими геофізичними характеристиками. Товщина літосфери на континентах і під океанами різниться й становить відповідно 25-200 і 5-100 км. Найглибші шахти, пройдені людьми, сягають глибин 3-4 км, найглибша в світі свердловина (пройдена на Кольському півострові) досягла глибини 12 км. Про стан і будову більш глибоких зон літосфери нам відомо лише на основі побіжних методів, таких як сейсмо- та електророзвідка, гравіметрія тощо.

Потужність верхньої її частини - земної кори досягає 30-70 км під континентами і 5-20 км під океанами. Під ними на материках лежить гранітний горизонт (породи, що його складають за своїми фізичними властивостями подібні до граніту), а ще глибше - більш твердий базальтовий горизонт, фізичні властивості якого нагадують базальт. Разом вони складають материкову земну кору (Табл. 5.1.).

*Таблиця 5.1 Основні відомості про земну кору
(За Роновим А.Б., Ярошевським А. А.)*

Типи земної кори	Обсяг, 10^6 км ³	Середня товщина, км	Середня щільність, г/см ³	Маса 10^{24} г
Континентальний тип	6500	43,6	2,78	18,07
Субконтинентальний тип	1540	23,7	2,79	4,30
Океанічний тип	2170	7,3	2,81	6,09
Земна кора в середньому	10210	20,0	2,79	28,46

Відомо, що за своєю структурою літосфера неоднорідна. Виділяють магматичні породи, що утворюються при застиганні розплавленої магми. До цих порід відносять граніти, базальти, порфіри, діабазити тощо. Магматичні породи складають 95% літосфери, проте мають незначну роль на земній поверхні. Метаморфічні породи утворюються з осадкових і магматичних порід в результаті дії на них високих температури і тиску. До метаморфічних порід належать сланці,

гнейси, мармури, кварцити. Осадкові породи утворюються з метаморфічних та магматичних порід в результаті процесів вивітрювання і вкривають більшу частину поверхні суші. Якщо кларки елементів гранітного шару встановлено чітко, то знання про середній вміст елементів базальтового шару досить гіпотетичні (рис 5.1.)

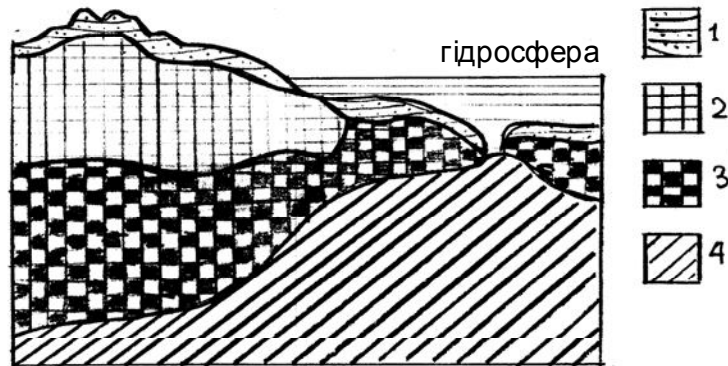


Рис.5.1 Структура літосфери. (1- осадкові породи, 2 – гранітні породи, 3- базальтові породи, 4 – верхня мантія).

Практично половина твердої земної кори складається з одного елементу – Оксигену. На другому місці стоїть Силіцій, а на третьому Алюміній. Сумарний вміст цих елементів та Феруму, Магнію, Мангану, Кальцію, Натрію, Калію, Титану, Гідрогену складає 99,48%. Решта елементів займає менш ніж 1 %. Вміст більшості елементів в земній корі не перебільшує 0,01-0,0001%. Такі елементи в геохімії прийнято називати – *рідкими*.

Основну масу магматичних порід складають так звані первинні мінерали: кварц, польові шпати, амфіболи, піроксени, слюди. Первинні мінерали відрізняються різноманітністю хімічного складу і кристалічною будовою, а тому і різняться стійкістю до вивітрювання. В основі кристалічної структури первинних силікатних мінералів лежить силікатно-оксигеновий тетраедр.

Первинні мінерали руйнуються в умовах гіпергенезу, що приводить до утворення вторинних мінералів (алюмо- і ферисилікати). На швидкість руйнування первинних мінералів впливають ряд факторів, таких як власні

структурні особливості мінералу, температура, рН, вологість, умови виносу продуктів вивітрювання, діяльність живих організмів.

У геосферах Землі-літосфері, гідросфері та атмосфері відбувається безперервний геологічний кругообіг речовин, викликаний внутрішніми (ендогенними) та зовнішніми (екзогенними) геологічними процесами. Внаслідок глибинних ендогенних процесів тектонічні рухи піднімають, опускають і зминають у складки цілі блоки земної кори, формуючи рельєф земної поверхні. Поверхневі екзогенні процеси-геологічна діяльність вітру, текучих вод та льодовиків, а також викликані гравітаційними силами зсуви, обвали та осипи намагаються знівелювати, вирівняти цей рельєф. Виступи рельєфу поступово руйнуються, заглибини заповнюються новоутвореними осадовими відкладами. Крім того, розломами з глибин Землі піднімається розплавлена магма, яка застигає на поверхні або біля поверхні Землі у вигляді магматичних порід. Ці породи, що є нестійкими у поверхневих умовах, вивітрюються, всушаються у хімічні реакції з водою, Оксигеном, вуглекислим газом гідросфери та атмосфери, перетворюються на нові осадові породи, що відкладаються знов на поверхні Землі екзогенними процесами.

Грунт та його фізико-хімічні властивості

Грунт - це складна поліфункціональна, полідисперсна, гетерогенна, відкрита чотирифазна структурна система в поверхневій частині кори вивітрювання гірських порід, що володіє родючістю і є комплексною функцією гірської породи, організмів, клімату, рельєфу та часу. На наш погляд, саме це визначення найбільш узагальнене та сучасне. Термін "відкрита система" використаний у термодинамічному розумінні й показує, що грунт знаходиться в стані постійного обміну речовиною й енергією з навколишнім середовищем. Грунт володіє ієрархічною організацією, в якій можна розрізнити декілька структурних рівнів. Під організмами ми розуміємо всю біоту та продукти її функціонування органічного походження, і зокрема людину, яка на сьогодні є потужною геологічною силою.

Ґрунт, поряд з рослинами (фітоценоз), тваринними організмами (зооценоз), мікроорганізмами (мікробоценоз), а також ґрунтовими водами та атмосферним повітрям (кліматом), є компонентом екосистеми (рис. 5.2).

Ґрунт розміщується між літосферою, атмосферою й гідросферою, він формує особливу геосферу - *педосферу*, або ґрунтовий покрив Землі, а також є компонентом біосфери - області поширення життя на Землі. Ґрунт є особливим біокосним тілом природи, тобто таким, що складається як із живої частини (організми), так і з неживої (породи, мінерали, іони тощо).

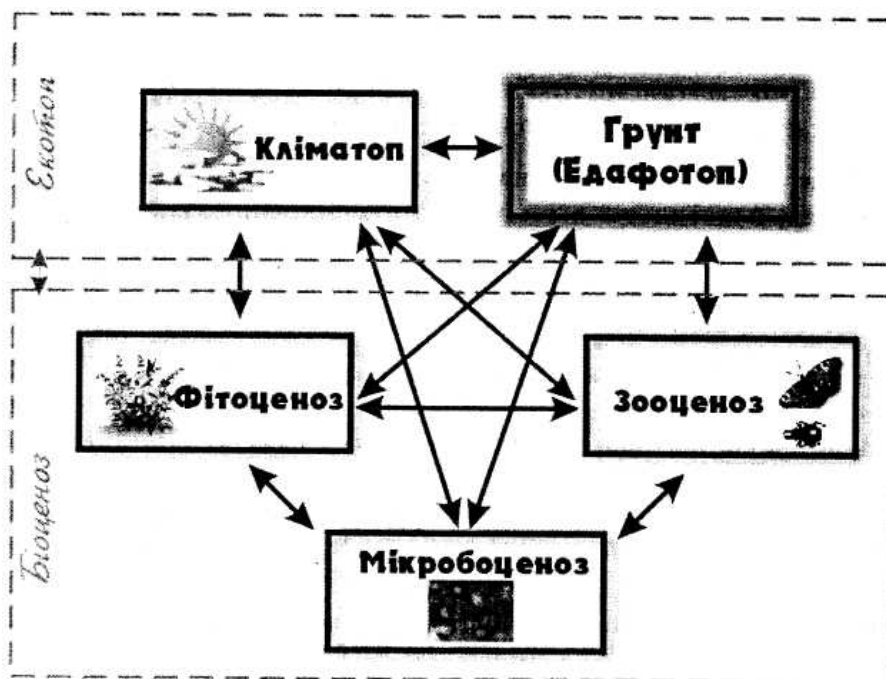


Рис. 5.2. Місце ґрунту в біогеоценозі

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 живих істот частину або все своє життя проводять у ґрунті, розпушуючи його та удобрюючи. Це мікроорганізми, найпростіші, черв'яки, вищі тварини, зокрема риучі.

Функції ґрунту:

1. утримання рослин та забезпечення їх живлення;
2. зв'язування і утримання багатьох хімічних елементів;

3. мінералізація органічних решток;
4. формування стоку та хімічного складу вод на суші;
5. регулювання хімічного складу атмосфери і природних вод;
6. місце проживання чисельних видів тварин;
7. участь у колообігу хімічних елементів;
8. гуміфікація — перетворення опаду рослин, решток мертвих рослин і тварин детритофагами і редуцентами;
9. руйнування біологічно активних шкідливих речовин;
10. нейтралізація алелопатично активних інгібіторів, що полегшує сумісне існування рослин в екосистемах;
11. утворення складних біогеоценозів з рослинами і тваринами.

Найважливіша особливість ґрунту — родючість, тобто забезпечення рослин усім необхідним для їх росту і розвитку.

Родючість ґрунтів визначається:

1. щільністю;
2. материнською породою;
3. вмістом гумусу;
4. концентрацією біогенних макро- і мікроелементів;
5. тепловим режимом;
6. хімічним складом ґрунтового повітря;
7. багатством живої речовини;
8. відсутністю забруднюючих речовин, шкідників та збудників захворювань рослин.

Усі процеси, що відбуваються в ґрунті, тісно взаємопов'язані. Оптимальною є щільність ґрунту 1 г/см^3 ; вже при $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$ погіршуються умови для росту коріння газо- і водообміну, існування риючих тварин. Важка техніка, що працює на полях переущільнює ґрунти, змінюючи не лише їх структури і 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 тощо).

Підвищення температури від 10 до 25°C збільшує надходження поживних речовин; при охолодженні ґрунту нижче за 10°C уповільнюється поглинання рослинами в першу чергу сполук нітрогену і фосфору.

Ґрунт характеризується різноманіттям біохімічних та геохімічних процесів. У ґрунті містяться хімічні елементи, які характерні для геологічного розвитку певного району. Під впливом життєдіяльності тварин та рослин ці хімічні елементи енергійно перерозподіляються. Тому ґрунт є складною, багатофазною та багатокомпонентною системою, яка містить в тих чи інших кількостях усі хімічні елементи таблиці Д.І. Менделєєва (табл. 5.2).

Таблиця. 5.2 Середній склад літосфери та ґрунтів у відсотках

Елементи	Літосфера (А.П. Віноградов)	Ґрунт (А.П. Віноградов)
O	47,00	49,00
Si	29,50	33,00
Al	8,05	7,13
Na	2,50	0,63
Fe	4,65	3,80
Ca	2,96	1,37
Mg	1,87	0,60
K	2,50	1,36
Ti	0,45	0,46
C	0,0023	2,00
P	0,093	0,09
N	0,0019	0,10
Mn	0,10	0,085
S	0,047	0,085
F	0,065	0,02
Cl	0,017	0,01
Ba	0,065	0,05
Sr	0,034	0,03

Cr	0,0083	0,02
V, Zr	0,0017	0,03
Ni, Cu, Li, Zn, Ce, Nb, Co, Y, La, Pb, Th	Містяться у кількостях тисячних долей відсотка кожний	
решта хімічних елементів	Містяться у кількостях менших за тисячні долі відсотка кожний	

Перерозподіл хімічних елементів відбувається в результаті:

1. вимивання (вилуження) з ґрунту;
2. осадження у вигляді малорозчинних карбонатів, сульфідів, фосфатів, силікатів, гідроксидів тощо;
3. включення до складу мінералів;
4. адсорбції компонентами ґрунту (ґрунт має високу вбирну здатність завдяки наявності ґрунтового вбирного комплексу, який діє як йонообмінник і завдяки якому ґрунт називають геохімічним фільтром, що міцно утримує катіони важких металів, перешкоджаючи їх надходженню в підземні води).

Ґрунт складається з трьох фаз: твердої, рідкої і газоподібної. Всі фази ґрунту перебувають у постійній взаємодії, між ними безперервно відбуваються реакції обміну і поглинання. Найбільші рухливість і мінливість властиві газоподібній і рідкій фазам, порівняно з ними тверда фаза інертніша, але і в неї є активна частина - ґрунтові колоїди.

Рідка фаза ґрунту, або ґрунтовий розчин. Розчин різних сполук прийнято називати *ґрунтовим розчином*. Він перебуває у постійній взаємодії з твердою і газоподібною фазами ґрунту і коренями рослин. Елементи живлення рослини засвоюють із ґрунтового розчину. З ним пов'язано переміщення різних речовин по профілю ґрунту. Для життя рослин велике значення мають склад, концентрація і реакція ґрунтового розчину. Ці властивості залежать від типу ґрунту, біохімічних процесів у них, їх характеру та інтенсивності, складу поглинутих катіонів та аніонів, вмісту легкорозчинних солей. Залежно від типу ґрунту та ін. умов у ґрунтовому розчині можуть міститися аніони (HCO_3^- , OH^- , NO_3^- , H_2PO_4^- тощо) і катіони (H^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} тощо). Крім того, у ґрунтовому розчині

є розчинні гази: кисень, вуглекислий газ, аміак тощо. Для живлення рослин особливо важливими є такі іони ґрунтового розчину: K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- , SO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$.

До складу ґрунтового розчину входять мінеральні, органічні й органо-мінеральні речовини. Залежно від типу ґрунту в ньому можуть переважати органічні або мінеральні сполуки. У дерново-підзолистих, торфо-підзолистих, торфових ґрунтах ґрунтовий розчин збагачений органічними сполуками. У чорноземах вміст органічних і мінеральних сполук приблизно однаковий, у ґрунтах засушливих регіонів переважають мінеральні сполуки.

Із мінеральних солей у ґрунтовому розчині присутні нітрати, нітрити, гідрокарбонати, карбонати, хлориди, сульфати, фосфати (кальцію, магнію, натрію, калію, амонію). У болотних ґрунтах можуть міститися сполуки двовалентного Феруму, Алюмінію, Мангану. Із мінеральних сполук у колоїдному стані до складу ґрунтового розчину входять гідроксиди феруму, силікатної кислоти тощо (колоїдна частина невелика, вона становить від 1/20 до 1/4 сухого залишку). Із органічних сполук у ґрунтовому розчині можуть знаходитися цукри, органічні кислоти, білки, амінокислоти, а також гумусові кислоти та їхні солі.

За концентрацією ґрунтового розчину всі ґрунти поділяються на незасолені і засолені. Переважна більшість ґрунтів належить до незасолених, оскільки в них концентрація ґрунтового розчину невисока, сухий залишок не перевищує кількох грамів на 1 л розчину. Осмотичний тиск такого розчину не вищий за 100-300 кПа і не нижчий за осмотичний тиск клітинного соку рослин.

Засолені ґрунти мають високу концентрацію солей, сухий залишок солей становить десятки і сотні грамів на 1 л розчину. Осмотичний тиск у такому розчині може підвищуватись до 1-2 МПа і більше. При цьому рослини не можуть використовувати елементи живлення. Якщо розчин містить соду і хлорид натрію, то ріст і розвиток рослин уповільнюються із-за їх шкідливості.

Ґрунтовий розчин має різну реакцію, вона називається *активною*, або *актуальною*. Реакція ґрунтового розчину визначається співвідношенням у ньому водневих і гідроксильних іонів і залежить від вмісту кислот і солей (кислих і лужних). Якщо перші переважають над другими, то реакція кисла, при

зворотному співвідношенні - лужна, при однаковому вмісті - нейтральна. Грунтовий розчин із нейтральною реакцією має $pH=7$. Із кислотою - $pH<7$, із лужною - $pH>7$. Реакція різних ґрунтових розчинів може бути сильнокислою (верхові болота, підзолисті ґрунти), кислотою (дерново-підзолисті ґрунти, сірі опідзолені), нейтральною (чорноземи, каштанові ґрунти), сильнолужною (солонці, особливо содові).

Для розвитку рослин і мікроорганізмів велике значення має сталість реакції ґрунтового розчину, тобто відсутність різких зміщень її в бік підвищення (зниження) кислотності чи лужності. Здатність ґрунтів і ґрунтового розчину протидіяти зміні реакції називається *буферністю*. Буферність ґрунтового розчину порівняно з буферністю ґрунту невелика. Однією з найпоширеніших буферних систем у ґрунтовому розчині є суміш слабких кислот і їхніх солей (наприклад, $H_2CO_3 + Ca(HCO_3)_2$). Подібну роль може відігравати також система, яка складається з органічних кислот та їхніх солей.

Ґрунтове повітря - важливий і необхідний компонент ґрунту. Повітря у ґрунті займає частину пор, які не зайняті водою, тому його вміст залежить від загальної пористості і вологості ґрунту. Ця залежність, у свою чергу, - зумовлюється типом ґрунту, його структурою і станом.

Ґрунтове повітря є основним джерелом кисню для коренів рослин, а також для ґрунтових аеробних мікроорганізмів, активність яких можлива при вільному доступі повітря. З діяльністю корисних аеробних мікроорганізмів пов'язано утворення у ґрунті поживних речовин для рослин. При нестачі кисню у ґрунтовому повітрі розвиваються анаеробні мікроорганізми, які викликають відновлювальні процеси (денітрифікацію, утворення шкідливих оксидів феруму, мангану тощо).

Ґрунтове повітря відрізняється від атмосферного підвищеним вмістом CO_2 і дещо меншим - кисню: в атмосферному повітрі CO_2 міститься 0,03%, а в ґрунтовому повітрі – 0,1-1,5%. Збільшення вмісту CO_2 і зміна його кількості пов'язані з біохімічними процесами: диханням коренів, життєдіяльністю мікроорганізмів і витратою кисню для окисно-відновних процесів при розкладанні органічної речовини ґрунту. При збільшенні вмісту CO_2 у ґрунтовому

повітрі погіршується проростання насіння. Високі концентрації CO₂ згубно діють на розвиток кореневої системи рослин.

Між ґрунтовим і атмосферним повітрям відбувається безперервний обмін, результатом якого є вирівнювання складу повітря. Це явище називається *газообміном у ґрунті*. З швидшим і повнішим обміном створюються сприятливіші умови у ґрунті для життя культурних рослин. Деяке поповнення атмосферного повітря вуглекислим газом підсилює процес фотосинтезу, що сприяє підвищенню врожаю. Взаємодія ґрунтового повітря з твердою і рідкою фазами ґрунту відбувається безперервно. Ґрунти у значних кількостях і найбільш інтенсивно поглинають водяну пару, з газів найактивніше поглинаються аміак, потім вуглекислий газ, кисень і відносно мало азот.

В практиці сільськогосподарського виробництва для створення сприятливого повітряного режиму у ґрунтах використовують різноманітні прийоми обробітку: оранку, боронування, культивуацію тощо. На важких безструктурних ґрунтах поліпшення повітряного режиму в період вегетації рослин досягається різними видами розпушування, що проводиться з метою знищення ґрунтової кірки. Систематичне внесення у ґрунт органічних добрив сприяє поліпшенню повітряного режиму, підсиленню газообміну при тимчасовому і постійному надлишковому перезволожені. Вміст повітря у ґрунті можна також підвищити, вживаючи заходів щодо їх осушення.

Тверда фаза ґрунту складається з мінеральних і органічних сполук. Інші елементи (мікро- та ультрамікроелементи) містяться в незначних кількостях (від кількох тисячних до мільйонних часток відсотка).

Майже половина твердої фази припадає на кисень, оксиди, гідроксиди мінералів. Азот майже повністю входить до складу органічних сполук, вуглець, сірка, фосфор і водень - як до складу органічних, так і мінеральних. Всі інші елементи містяться в різних сполуках мінеральної частини ґрунту. Органічні сполуки представлені у ґрунті, в основному, гумусом та рослинними і тваринними рештками. Вміст органічних речовин, у тому числі і гумусу, в орному шарі різних ґрунтів сильно змінюється.

У чорноземах значно більше гумусу, ніж у дерново-підзолистих ґрунтах і сіроземах, і вниз по профілю ґрунту його кількість зменшується повільніше.

Органічна частина ґрунту - це дуже складний комплекс різноманітних органічних речовин, які поділяються на дві групи:

1) негуміфіковані органічні речовини рослинного або тваринного походження;

2) органічні речовини специфічної природи - гумусові, або перегнійні.

До групи негуміфікованих органічних речовин переважно входять відмерлі, але ще не розкладені або напіврозкладені рослинні, а також тваринні рештки, які є у ґрунті, тіла мікроорганізмів.

За даними І. В. Тюріна, на окультурених ґрунтах кожного року на 1 га утворюється 2-8 т рослинних решток, на їх частку в дерново-підзолистих ґрунтах припадає 7-8%, а в чорноземах - 1-2% всієї кількості органічних речовин орного шару. Маса бактерій у шарі ґрунту 0-20 см коливається від 0,7 до 2,7 т і може досягати 5-8 т на 1 га, що становить від декількох десятих до 1-2% запасу органічної речовини. У ґрунті містяться також у невеликих кількостях різноманітні індивідуальні органічні сполуки, які є проміжними продуктами розкладу рослинних решток, тіл мікроорганізмів і ґрунтових тварин - вуглеводи (клітковина, крохмаль, геміцелюлоза тощо), органічні кислоти, білкові та інші азотвмісні органічні речовини (амінокислоти, амідні тощо), жири, смоли, альдегіди, дубильні речовини, лігнін. На негуміфіковану частину припадає близько 10-15% загального запасу органічної речовини ґрунту. Ці органічні речовини відіграють важливу роль у життєдіяльності ґрунту і його родючості.

Вони є важливим джерелом поживних речовин для рослин тому, що відносно легко розкладаються у ґрунті. Елементи живлення, які вони містять (азот, фосфор, сірка та ін.), переходять у доступну для рослин мінеральну форму. Деяка частина їх, розкладаючись у ґрунті, перетворюється на складні органічні сполуки специфічної природи і є джерелом гумусоутворення.

Гумусові речовини це високомолекулярні азотовмісні сполуки специфічної природи. Частку їх становить 85-90% загальної кількості органічної речовини, що міститься у ґрунті. Вони поділяються на дві основні групи, які відрізняються за складом і властивостями: 1) гумінові кислоти; 2) фульвокислоти. Крім того виділяють і третю групу - гуміни.

Елементарний склад гумінових кислот різних типів ґрунтів такий, %: вуглець 52-62, кисень 31-39, водень 2,8-6,6, азот 3,3-5,1. Гумінові кислоти - це складні високомолекулярні сполуки ароматичної природи. Основна структурна одиниця їх складається з плоскої сітки циклічно полімеризованого вуглецю з бічними розгалуженими ланцюгами лінійно полімеризованого атому вуглецю. Останні несуть різні функціональні групи - гідроксильні, карбоксильні тощо.

До складу молекул гумінових кислот входять ароматичні, безазотисті та азотовмісні гетероциклічні шести- і п'ятичленні кільця. Наявністю у їх складі функціональних груп - фенольних гідроксильних, карбоксильних, метоксильних і карбонільних - визначаються властивості гумінових кислот і характер їх взаємодії з ґрунтом. Карбоксильні групи зумовлюють кислотні властивості і участь у процесах обмінного поглинання катіонів.

Водень цих груп здатний заміщуватися на різноманітні катіони з утворенням солей, гуматів. Гумати одновалентних катіонів (Na^+ , K^+ , NH_4^+) - розчинні у воді. У більшості ґрунтів із катіонів переважає кальцій, тому, в основному, утворюються гумати кальцію, які нерозчинні у воді і випадають у ґрунті у вигляді колоїдного осаду. Гумати магнію і тривалентних катіонів (Fe^{3+} і Al^{3+}) також нерозчинні у воді.

Сталим компонентом гумінової кислоти є азот, вміст якого коливається від 3,5 до 5,0%. При кислотному гідролізі гумінової кислоти близько половини його переходить у розчин. Частина азоту гумінової кислоти, що гідролізується, представлена не білками, а продуктами їх розкладу - пептидами та амінокислотами, які перебувають у формі нестійкої сполуки з ядром гумінової кислоти. Негідролізований азот у гуміновій кислоті (який становить 40-50% всієї його кількості) представлений, мабуть, Нітрогеном, який зв'язаний в ядрі її

молекули у гетероциклічній формі. Ця його частина найстійкіша проти мікробіологічного розкладу.

Фульвокислоти - це високомолекулярні оксикарбонові кислоти, до складу яких входить азот. Від гумінових кислот відрізняються світлішим кольором, більшою розчинністю у воді і мінеральних кислотах та здатністю до кислотного гідролізу. Їхній елементарний склад (за В. В. Пономарьовою) такий, %: Карбону - 45-48, Гідрогену - 5-6, Оксигену - 43-48, Нітрогену - 1,5-3,0. Фульвокислоти порівняно з гуміновими характеризуються меншим ступенем конденсованості, перевагою у їхній структурі бічних ланцюгів лінійно полімеризованого Карбону і меншою кількістю ароматичного Карбону. Як і гумінові кислоти, вони містять фенольні, гідроксильні, метоксильні і карбоксильні групи і здатні до обмінного поглинання катіонів. Кальцієві і магнієві солі фульвокислот (фульвати) розчинні у воді, їхні комплексні сполуки із залізом і алюмінієм також характеризуються високою рухливістю. Фульвокислоти більш рухливі. Азотні сполуки в їх молекулах зв'язані не так міцно і легше піддаються гідролізу. На частку Нітрогену фульвокислот припадає від 20 до 40% загального Нітрогену.

Гуміни ґрунтового гумусу (нерозчинні) близькі за природою до гумінових кислот, але міцніше зв'язані з мінеральною частиною ґрунту. Нітроген цієї фракції становить близько 20-30% загального Нітрогену ґрунту і є найстійкішим до розкладання мікроорганізмами.

Типи ґрунтів відрізняються не тільки за загальним вмістом гумусу, а й за його складом, тобто за співвідношенням гумінових кислот і фульвокислот, а також за їхніми властивостями. У гумусі дерново-підзолистих ґрунтів порівняно з гумусом чорноземів міститься більше фульвокислот і менше гумінових. Відношення останніх до перших у дерново-підзолистих ґрунтах становить 0,4-0,6, а в чорноземах - 1-1,5 і більше. У структурі гумінових кислот дерново-підзолистих ґрунтів, на відміну від чорноземів, переважають лінійно полімеризовані бічні ланцюги і значно менше сіток циклічно полімеризованого вуглецю. Тому вони характеризуються більшою дисперсністю, наближаючись за ознаками до фульвокислот. Ці ознаки зумовлюють вищу рухливість органічної речовини, в тому числі й азоту у дерново-підзолистих ґрунтах.

У ґрунтах лише незначна кількість гумусових речовин перебуває у вільному стані. Гумінові кислоти і фульвокислоти вступають у хімічну і колоїдно-хімічну взаємодію з мінеральною частиною ґрунту, утворюючи різноманітні органо-мінеральні сполуки. За даними І.В. Тюріна, гумусові речовини можуть перебувати у ґрунті у вигляді гуматів кальцію, магнію, натрію та гуматів і змішаних гелів з гідроксидами алюмінію, заліза, фосфору, кремнію. Крім того, вони здатні міцно зв'язуватися глинистими мінералами. Взаємодія гумусових речовин з мінеральною частиною ґрунту й утворення різних форм органо-мінеральних сполук відіграють важливу роль у закріпленні гумусу у ґрунті.

У ґрунті безперервно проходять процеси утворення і розкладу гумусу за рахунок надходження рослинних решток і їх мінералізації. Залежно від того, який із цих процесів переважає, і буде збільшуватись або зменшуватись загальна кількість гумусу у ґрунті. Систематичне використання органічних і мінеральних добрив сприяє не тільки підвищенню врожаїв сільськогосподарських культур, а й накопиченню запасів гумусу та азоту.

Хоча вміст органічної речовини у ґрунті відносно невеликий, вона відіграє дуже важливу роль у формуванні родючості ґрунту і живленні рослин. Це важливе джерело поживних елементів для рослин. У ній міститься майже весь запас Нітрогену, значна частина Фосфору і Сульфуру, а також невелика кількість калію, кальцію, магнію та ін. елементів.

Використання ресурсів літосфери та її забруднення

Гірські породи верхньої частини літосфери, що перебувають під впливом інженерно-господарської діяльності людей називають *геологічним середовищем*. З розвитком людського суспільства антропогенний вплив на геологічне середовище безперервно зростає. Цей вплив змінює природні геологічні процеси, перетворює їх на антропогенні (інженерно-геологічні) процеси, які пошкоджують навколишнє середовище. В сер. ХХ ст. людина, за визначенням В.І. Вернадського, стала найбільшою геологічною силою на нашій планеті. Господарська діяльність

людей порушила планетарний геологічний кругообіг речовин і почала викликати інженерно-геологічні процеси, подібні до природних і навіть потужніші за них.

Геологічне середовище є важливою частиною навколишнього середовища, з ним щільно пов'язані інші природні компоненти глобальної соціоекосистеми. Від складу та будови приповерхневої товщі гірських порід і рухів земної кори залежать особливості рельєфу земної поверхні. Гірські породи безпосередньо впливають на ґрунти і рослинний покрив, які на них розвиваються, а посередньо – також і на тваринний світ, клімат, тощо. З другого боку, рельєф, клімат та інші фізико-географічні умови впливають на стан геологічного середовища. Палеогеографічні умови, в яких відбувалося формування тієї чи іншої осадової породи, відобразились на її будові та механічному, мінералогічному і фазовому складі, від чого значною мірою залежать міцність та деформативність породи, тобто ті її властивості, які мають особливо важливе значення для інженерно-господарського освоєння геологічного середовища.

Геологічне середовище використовується людством у трьох напрямках: як джерело мінеральної сировини, необхідної для народного господарства; як місце нагромадження відходів виробництва і як основа для будівництва різноманітних будівель та інженерних споруд. Тому, найбільш негативно впливають на геологічне середовище гірничовидобувна і будівельна промисловість. Тільки 10% мінеральної сировини, що людина добуває з надр планети перетворюється на готову продукцію, решта 90% забруднює біосферу. Процес цей, на жаль, безперервно прискорюється. За 80 років від початку нашого сторіччя з надр Землі добуто більше корисних копалин, ніж за всю історію цивілізації. Через кожні 15 років обсяг видобутих корисних копалин подвоюється.

При нераціональному використанні геологічного середовища руйнується не лише це середовище, а й пов'язані з ним інші компоненти біосфери: ґрунтовий та рослинний покрив, поверхневі та підземні води, тощо. При цьому мають місце не лише процеси механічного руйнування та засмічення навколишнього середовища, але й геохімічного забруднення. Адже хімічні елементи в товщі нашої планети

розподілені нерівномірно. Живі організми пристосувалися до тих елементів, які найбільш поширені в приповерхневих шарах земної кори. Однак людська діяльність піднімає з глибин Землі величезні маси ендегенних мінералів, збагачених рідкісними для поверхні хімічними елементами – важкими металами, радіонуклідами тощо, навіть незначні концентрації яких небезпечні для живих організмів. Внаслідок видобутку, збагачення та переробки корисних копалин, нагромадження пустої породи та відходів виробництва відбувається концентрація цих шкідливих елементів на значних площах, що призводить до тяжких захворювань і навіть масової загибелі рослин, тварин та людей.

Значний негативний вплив на геологічне середовище має будівництво та експлуатація інженерних споруд. Суттєво порушують геологічне середовище і штучно викопані підземні порожнини: тунелі, гірничі виробки тощо.

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 склалися впродовж багатьох мільйонів років. А це врешті може призвести і вже частково призводить до незворотних катастрофічних змін у біосфері Землі.

За величиною зон та рівнем забруднення ґрунтів поділяється на *фонове, локальне, регіональне, глобальне*.

Фоновим вважається такий вміст забруднюючих речовин в ґрунті, який відповідає або близький до його природного складу.

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

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

Глобальними називають забруднення ґрунту, які виникають внаслідок переносу забруднюючої речовини на відстань більше 1000 км від будь-яких джерел забруднення.

Найбільш небезпечними для ґрунтів є хімічні забруднення, ерозія, засолення. За ступенем небезпеки хімічні речовини поділяються на три класи:

1 клас — високонебезпечні речовини;

2 клас — помірно небезпечні речовини;

3 клас — малонебезпечні речовини.

Клас небезпеки встановлюється за показниками. (табл. 5.3)

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

У сильнозабруднених ґрунтах кількість забруднюючих речовин в декілька разів перевищує ГДК. Вони мають низьку біологічну продуктивність та істотні зміни фізико-хімічних, хімічних та біологічних характеристик, внаслідок чого вміст хімічних речовин у вирощуваних культурах перевищує норми.

У середньозабруднених ґрунтах перевищення ГДК незначне, що не призводить до помітних змін його властивостей.

У слабкозабруднених ґрунтах вміст хімічних речовин не перевищує ГДК, але перевищує фон.

Таблиця 5.3 Показники та класи небезпеки хімічних речовин

Показник	Норми концентрації		
	1 клас	2 клас	3 клас
Токсичність, ЛД	До 200	200-1000	Понад 1000
Персистентність в ґрунті, міс.	Понад 12	6-12	Менше 6
ГДК в ґрунті, мг/кг	Менше 0,2	0,2-0,5	Понад 0,5
Персистентність в рослинах, міс.	3 і більше	1-3	Менше 1
Вплив на харчову цінність с/г продукції	сильний	помірний	немає

Для визначення ступеня забрудненості використовують такі характеристики:

1) коефіцієнт концентрації забруднення ґрунту:

$$k_i = \frac{C}{C_{cp}} \quad \text{або} \quad k_c = \frac{C}{C_{гдк}} \quad \text{де} \quad (5.1)$$

C — загальний вміст забруднюючих речовин;

C_{cp} — середній фоновий вміст забруднюючих речовин;

$C_{гдк}$ — граничнодопустима кількість забруднюючих речовин;

2) інтегральний показник поелементного забруднення ґрунту:

$$k_{ef} = \sum \frac{C_i}{C_{\phi i}} \quad (5.2)$$

де C_i — сума контрольованих забруднюючих речовин; $C_{\phi i}$ — сума фонового вмісту забруднюючих речовин;

3) коефіцієнт зворотної реакції ґрунтів на динаміку забруднення:

$$k_{\phi} = \frac{(A - A_{\phi})}{A_{\phi}}, \quad (5.3)$$

де A , A_{ϕ} — параметри, які контролюються у забрудненій і фоновій пробах.

За ступенем стійкості до хімічних забруднень та характером зворотної реакції ґрунти поділяються на дуже стійкі, середньостійкі, малостійкі. Ступінь стійкості ґрунтів до хімічних забруднень характеризується такими показниками, як гумусний склад ґрунту, кислотно-лужні властивості, окисно-відновлювальні властивості, катіонно-обмінні властивості, біологічна активність, рівень ґрунтових вод, частка речовин, що знаходяться в розчиненому стані.

При оцінці стійкості ґрунтів до хімічних забруднень слід враховувати показники, що характеризують короткотермінові (2—5 років), довготермінові (5-10 років) зміни ґрунтів та показники ранньої діагностики розвитку змін у ґрунтах.

Короткотермінові зміни властивостей ґрунтів діагностуються за динамікою вологості, величиною водневого показника рН, складом ґрунтових розчинів, диханням ґрунтів, вмістом поживних речовин.

Довготермінові зміни властивостей ґрунтів діагностуються за складом та запасом гумусу, відношенням вуглецю гумінових кислот до Карбону фульвокислот, втратами ґрунтів внаслідок ерозії, загальною лужністю, кислотністю, вмістом солей.

Нині на кожного мешканця планети припадає близько 0,4 га орної землі. Оскільки чисельність населення Землі постійно збільшується, то ця кількість невпинно зменшується. Ґрунти перерозподіляють значну кількість атмосферної вологи і таким чином регулюють водний баланс суші. Вони є біологічним фільтром і нейтралізатором багатьох антропогенних забруднень і здатні до самоочищення. Самоочищення рослин від токсикантів здійснюється як за рахунок їх транспірації з поверхні листя й стебел, так і завдяки щорічному листопаду, що може сприяти вторинному забрудненню ґрунту в місцях накопичення листя наприкінці періоду вегетації. Встановлено, що перед осіннім листопадом у листі міститься до 10 г Сульфуру на 1 кг сухої маси. Редуценти, переробляючи змертвіле листя, здатні утворювати сірку та її сполуки, що можуть мігрувати за допомогою ґрунтових вод, і газуватий галогенсульфід, який може знову повертатися в атмосферу.

Забруднення літосфери відбувається як природним шляхом, так і в результаті антропогенної діяльності. Під впливом природних процесів, які відбуваються в Космосі та земній корі і супроводжуються стихійними лихами (падіння метеоритів, землетруси, буревії, повені та ін.), руйнуються природні ландшафти, господарські будівлі, знищуються сільськогосподарські угіддя тощо. В результаті у величезній кількості гинуть представники флори й фауни, руйнуються господарські об'єкти, що призводить до значних матеріальних втрат.

Відходи, що утворюються внаслідок антропогенної діяльності, умовно поділяють на три категорії: промислові, сільськогосподарські й побутові. Основна маса промислових відходів утворюється на підприємствах таких галузей: гірничої й гірничо-хімічної (відвали порід, шлаки, «хвости» після збагачення та ін.); чорної металургії (шлаки, шлами, колошниковий пил та ін.); металообробної (стружка, браковані вироби, ливарні відходи та ін.); лісової й деревообробної промисловості (лісозаготівельні відходи, відходи лісопиляння та переробки деревини); енергетичного комплексу (шлаки, попіл, ядерні відходи та ін.); хімічної та суміжних галузей (фосфогіпс, галіт, цементний пил, пластмаса та ін.); харчової (шерсть, кістки та ін.), легкої й текстильної промисловості.

Останнім часом високими темпами зростає чисельність населення Землі, що призводить і до зростання споживання енергетичних та інших матеріальних природних ресурсів. Швидкість вилучення деяких з них істотно перевищує швидкість їх продукування, а екстенсивний спосіб їх освоєння, що триває, породжує величезні обсяги відходів, які надходять у навколишнє середовище.

Значні обсяги відходів утворюються в результаті промислової діяльності - виробництва кислот, мінеральних добрив, пігментів, металів тощо.

На кожну тонну калійних добрив утворюється 3-4 т галітових відходів, у яких переважно міститься хлорид натрію. У місцях видобутку калійних руд їх накопичилося близько 250 млн. т. Великотоннажним відходом виробництва фосфорних добрив є фосфогіпс. На кожну тонну виробленої екстракційної фосфатної кислоти утворюється 4,3-5,6 т фосфогіпсу.

У виробництві титанового пігменту на кожну тонну вироблюваного продукту утворюється понад 12 т сульфатних відходів у вигляді твердого сульфату феруму та відпрацьованих розчинів сульфатної кислоти. Під час збагачення мідних руд у відходи відправляють флотаційний сірчаний колчедан. Його використовують для виробництва сульфатної кислоти. Прожарювання сірчаного колчедану пов'язане з утворенням відходів колчеданного недогарку в кількості 0,75 т на 1 т піриту. Щороку його накопичується до 5 млн. т. Недогарки використовують не повністю, хоча вони містять до 55% оксиду феруму, а також кольорові та дорогоцінні метали і за вмістом Феруму наближаються до якісних руд. На заводах чорної

металургії країн СНД щороку утворюється близько 70 млн. т шлаків. Приблизно стільки ж шлаків і попелу утворюється на електростанціях. Для розміщення цієї маси відходів щороку виділяють 2000 га орних земель.

Значна кількість твердих відходів утворюється в нафтопереробному виробництві, коксохімії, органічному та нафтохімічному синтезах, у виробництві гумотехнічних виробів, пластмас та інших полімерних матеріалів. У нафтопереробній і нафтохімічній промисловості як відходи утворюються кислі гудрони (смолоподібні маси, що містять сульфатну кислоту, воду та різні органічні речовини в кількості від 10 до 93%). Щороку в країнах СНД їх утворюється понад 300 тис. т, а переробляється не більш як 28%.

На нафтопереробних заводах утворюються нафтові шлами (близько 0,007 т на 1 т перероблюваної нафти). Нині таких відходів у країнах СНД накопичилося понад 4 млн. т. У цих шламах міститься 10-56% нафтопродуктів, 30-85% води та 1,3-46 % твердих домішок.

Найбільшими відходами виробництва гумотехнічних виробів є невулканізовані та вулканізовані й гумотканинні матеріали, які утворюються десятками тисяч тонн. До цієї категорії відходів належать також спрацьовані покришки, конвеєрні стрічки та взуття. Так, у 1980 р. в колишньому СРСР вироблялося понад 70 млн штук покришок .

Виробництво пластмасової продукції супроводжується утворенням твердих технологічних відходів та відходів споживання. Особливо загрозливими для навколишнього природного середовища є відходи споживання пластмас, кількість яких щороку невпинно зростає. Так, за деякими даними, в 1976 р. у колишньому СРСР було вироблено 3 млн т полімерних виробів, більша частина яких потрапила до відходів. У 1980 р. в Англії до відходів потрапило близько 1,35 млн т пластмас, у США - близько 2,5 млн. т. Пластмаси характеризуються значною стійкістю в природних умовах, що призводить до істотного забруднення довкілля.

На металургійних заводах країн СНД щороку утворюється понад 70 млн. т металургійних шлаків і близько 20 млн. т шлаків із вмістом заліза до 50%.

Загалом на металургійних виробництвах на 1 т сталі утворюється 0,4 т відходів. У кольоровій металургії кількість відходів шлаків на 1 т металу

становить 10-200т. У відвалах шлаків країн СНД знаходиться понад 27 млн. т заліза, 335 тис. т міді й 2 млн т цинку. Шламові відвали свинцевих заводів містять понад 3 млн. т заліза, понад 900 тис. т цинку, 150 тис. т свинцю і 70 тис. т міді. Вміст окремих компонентів у відвальних шлаках вищий, ніж у видобуваних рудах, тому такі шлаки доцільно переробляти.

У промислових твердих і рідких відходах трапляються різні токсичні речовини, що несприятливо впливають на здоров'я людей та розвиток рослин і тварин. Так, у відходах металургійної промисловості наявні солі та оксиди феруму, кольорових і важких металів. Відходами машинобудування є металобрухт, вагранкові шлаки, травильні розчини та гальванічні стоки, в яких містяться ціаніди, Хром, Нікель, Ферум, Купрум, Цинк, Арсен, Берилій тощо. У виробництві пластмас і синтетичного волокна утворюються відходи бензолу, фенолу, метанолу, скипидару, кубові залишки - відходи целюлозно-паперової промисловості.

Спалювання кам'яного вугілля в теплоенергетиці пов'язане з утворенням значної кількості шлаків, попелу та сажі. На теплових електростанціях у країнах СНД щороку утворюється близько 70 млн. т відходів, які частково переробляють на будівельні матеріали. Відвали потужної електростанції займають 400-800 га родючих земель. У значних кількостях викидаються в атмосферне повітря оксиди сульфуру, нітрогену та радіонукліди, які врешті з атмосферними опадами потрапляють у ґрунти.

Відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згоряння містять значну кількість оксидів карбону, нітрогену, а також свинець та вуглеводні, які осідають на поверхні ґрунту. Вони потрапляють у рослини, далі через ланцюги живлення - в організми тварин і людини, викликаючи небажані наслідки. Радіоактивні речовини потрапляють у ґрунти під час видалення рідких і твердих відходів з промислових агрегатів, а також з опадами після ядерних вибухів та аварій на атомних електростанціях.

При бурінні свердловин часто використовують бурові розчини, до складу яких входять водорозчинні солі, органічні речовини та різноманітні обважнювачі, які забруднюють не лише земну поверхню в місцях буріння свердловин, а й

підземні водоносні і водопроникні горизонти. При бурінні глибоких свердловин інтенсивно забруднюється атмосферне повітря викидами отруйних газів двигунів бурових установок (близько 260 тис. м³ на добу).

Поверхневі розвідувальні виробки: шурфи, канали тощо активізують ерозійний процес, стимулюють яроутворення, яке вилучає із сільськогосподарської сфери значні площі родючих земель. Крім того, в місцях проведення геологорозвідувальних робіт ґрунтово-рослинний покрив, як правило, сильно пошкоджується транспортними засобами, забруднюється нафтопродуктами, засмічується виробничими та побутовими твердими відходами.

Підприємства гірничодобувної промисловості щороку утворюють 1 млн т відходів, 14 металургійних заводів накопичують 20 млн. т шлаків, а обсяг відходів вугільної промисловості перевищив 20 млрд т. У ряді промислових регіонів, особливо Донецько-придніпровському, майже вичерпані всі можливості розміщення відходів. Тут утворюється близько половини всіх промислових відходів України.

При видобутку корисних копалин діють ті самі фактори руйнування середовища, як і при геологорозвідувальних роботах, але в значно більших масштабах. На нафтопромислах ґрунти забруднюються на глибину 25см і більше. При підземному видобутку твердих корисних копалин підземні гірські виробки (штреки, штольні, тощо), як правило, залишаються незаповненими відпрацьованою породою і над ними починається осідання земної поверхні, що захоплює великі території. Це осідання часто супроводжується заболочуванням земель, яке виводить їх частково або повністю зі сфери природокористування. Крім того, при видобутку та збагаченні твердих корисних копалин, на поверхні землі накопичуються величезні маси гірських порід. Ці нагромадження техногенних відкладів у вигляді териконів або відвалів вилучають із природного кругообігу значні площі, псують навколишні ландшафти, а при розмиванні дощовими і талими водами, забруднюють навколишнє середовище шкідливими для живих організмів хімічними елементами. Особливо небезпечні нагромадження радіоактивних порід.

При видобутку корисних копалин відкритим способом геологічне середовище порушується виїмками гірських порід – кар'єрами, площа яких може досягати десятків квадратних кілометрів, а глибина сотень метрів. Руйнування геологічного і усього навколишнього середовища відбувається і при видобутку сірки методом її підземної виплавки.

Поблизу гірничо-металургійних комбінатів у радіусі 5 км спостерігається висока забрудненість ґрунтів важкими металами, в радіусі 20—50 км — менша. іноді виникають "технологічні пустелі", позбавлені гумусу й рослинності.

Значними забрудниками літосфери є житлово-комунальне господарство та військово-промисловий комплекс. Житлово-комунальне господарство здійснює інтенсивне будівництво житла, доріг та інших господарських об'єктів, що пов'язано з відчуженням родючих земель та утворенням величезної кількості будівельного сміття. Середовище забруднюють побутове сміття, харчові відходи, фекалії, непридатні предмети домашнього вжитку тощо.

Кількість побутових відходів невідмінно зростає. На кожного міського мешканця щороку утворюється 250-700 кг відходів. За оцінками спеціалістів, у містах світу щороку утворюється 400-500 млн т побутових відходів.

До складу побутових відходів входить 40% паперу й картону, 25 - харчових відходів, 8 - металу, по 5% - скла, шкіри, пластмас та гуми. На частку всіх інших відходів припадає 12%. Тільки в США щороку викидається понад 30 млрд. консервних бляшанок, 60 млрд. різних металевих місткостей. Обсяг сміття в Україні становить щороку приблизно 40 млн. м³, яке захоронюють на 656 міських звалищах площею 2650 га та спалюють на 4 заводах.

Значний обсяг забруднень потрапляє в ґрунти та водойми з тваринницьких ферм. В районах свино- і птахоферм природне середовище забруднюється продуктами розкладання й гниття екскрементів, шкідливими газами (аміак, гідрогенсульфід) та органічними кислотами. Проблему ефективної утилізації гною та стічних вод таких комплексів поки що не вирішено.

Внаслідок концентрації великої кількості тварин, незадовільного догляду й умов їх утримання, відсутності кваліфікованих лікарів і ліків часто відбувається масова загибель тварин. Виникають проблеми їх поховання, які пов'язані з

поширенням токсичних і небезпечних забруднень, виникненням епідемій. До тяжких наслідків призводять техногенні аварії, особливо ті, що пов'язані з виробництвом або транспортуванням токсичних хімічних речовин. Високі концентрації забруднюючих речовин, що потрапляють у довкілля, можуть спричинювати загибель усього живого на місці аварії.

Небезпечним є зменшення площі родючих ґрунтів. Ґрунти, що створювалися природою протягом тисячоліть, у результаті нераціональної господарської діяльності людей виснажуються загрозливими темпами.

Внаслідок розорювання, меліорації та широкомасштабного застосування в сільському господарстві хімічних препаратів (гербіцидів, інсектицидів тощо) ґрунти деградують та перенасичуються шкідливими речовинами, що містять сполуки Фосфору, Нітрогену, Фтору, Стронцію, Урану та ін. У ґрунтах світу нині нагромаджено близько 150 млрд. т азоту, накопичуються також метали (залізо, ртуть, мідь, цинк, хром, свинець та ін.). Ртуть потрапляє в ґрунт із пестицидами та промисловими відходами. Щороку неконтрольовані викиди ртуті становлять близько 5 тис. т. До 25 кг свинцю з кожної тонни видобутого потрапляє у вигляді відходів у навколишнє природне середовище. В результаті зменшуються площі орних земель та їх урожайність.

Внаслідок гірничодобувних робіт, промислової та житлової забудови, будівництва автомобільних і залізничних шляхів щороку втрачається до 70 тис. км² орної землі. За рахунок зрошення в усьому світі заболочується й засолюється від 30 до 80% земель, що призводить до втрат для сільського господарства 2-3 тис. км² ріллі. Кожні 10 років людство втрачає близько 7% верхнього шару ґрунту внаслідок вітрової та водної ерозії.

Ерозією називають порушення ґрунту й гірських порід потоками води або вітру, а також внаслідок механічного впливу. Ерозію поділяють на водну, вітрову (дефляцію), іригаційну, промислову, берегову та ін. Ерозія призводить до зниження родючості ґрунту, його порушення і в кінцевому випадку - до повного знищення. Залежно від характеру й швидкості процесу руйнування верхніх шарів ґрунту і материнської породи розрізняють геологічну та прискорену ерозію. Геологічна ерозія пов'язана з еволюцією Землі і відбувається повільно в

природних умовах, не завдаючи особливої шкоди родючості ґрунту. Прискорена ерозія зумовлена переважно антропогенною діяльністю. Вона може бути спричинена безконтрольним вирубуванням лісів, непомірним випасанням худоби, розорюванням схилів, ущільненням ґрунту під час обробітку, технологією вирощування польових культур, будівництвом трубопроводів та шляхів, незадовільною технологією меліоративних робіт тощо.

Щодня на Землі внаслідок ерозії втрачається 3200 га родючих ґрунтів. Внаслідок ерозії в ґрунтах зменшується вміст Фосфору, Нітрогену, Калію та мікроелементів. Під час пилових буревіїв з кожного гектара ріллі виноситься 30 кг азоту, 22 кг Фосфору і понад 30 кг Калію. Ерозія й засолення призводять до посухи та спустелювання земель. Усе це зумовлює зменшення врожайності та втрату родючих ґрунтів. Особливе занепокоєння викликає стан українських чорноземів. Україна має найбільші в світі запаси чорнозему, який є національним багатством. Освоєність земельного фонду в країні досягла 70%, чого не має жодна з промислово розвинених країн. Розораність сільгоспугідь становить понад 80%, тоді як у Європі - 31%, Африці - 9, Франції - 48, Угорщині - 37, Англії - 25, США - 20, Китаї - 8,2, Канаді - 2,4, Австралії - 1,2%. Внаслідок такої інтенсивної експлуатації земель в Україні з 33,3 млн. га орних земель 10 млн. га - еродовані, близько 17 млн. га мають підвищену кислотність. Відтворення ґрунтів відбувається в природі впродовж тривалого часу. Так, для утворення чорнозему завтовшки один метр у лісостеповій зоні України потрібно близько 7000 років. Отже, втрата ґрунтів є величезною загрозою для існування нових поколінь, що ставить під сумнів подальший розвиток нашої цивілізації.

Внаслідок антропогенної діяльності та посух відбувається спустелювання, що призводить до виснаження аридних та напіваридних екосистем. Спустелені території не самовідновлюються. Щороку площі пустель зростають на 60 тис. км², і до цього часу спустелено вже близько 5 млрд га. Активно розглядаються питання аридизації клімату на півдні України. Останнім часом на території колишнього СРСР спустелення відбулося в районі Аральського моря. В результаті значного зменшення річкового стоку рік Амудар'я й Сирдар'я внаслідок використання води для зрошення бавовникових плантацій на відстані

до 250 км від Аралу рівень ґрунтової води знизився на 5 м. Аральська катастрофа завершилася аридизацією клімату на південь від Аралу на 100-400 км. Цей наочний приклад екологічної катастрофи, яка була наслідком непродуманої господарської діяльності, має стати уроком і пересторогою для всього людства.

Якщо взяти до уваги той факт, що всі компоненти біосфери тісно пов'язані і взаємозумовлені, то стає очевидним, що непродумане й безконтрольне забруднення ґрунтів, повітря та природних вод ксенобіотиками, що здатні мігрувати трофічними ланцюгами і накопичуватися в живих організмах, може в кінцевому результаті призвести до незворотних змін, які загрожують існуванню людини як виду.

Як сказано в одній з доповідей ООН про стан земельних ресурсів світу, подальше існування нашої цивілізації поставлене під загрозу через широкомасштабну загибель родючих земель, що збільшується.

Нині охорона й раціональне використання земельних ресурсів – одна з найактуальніших проблем.

Охорона ґрунтів

У зв'язку з широкомасштабним руйнуванням, господарською діяльністю геологічного середовища все більш актуальною стає проблема його раціонального використання. Вона полягає з одного боку, у максимально повному вилученні і використанні мінеральної сировини при видобутку, збагаченні та переробці корисних копалин, а з другого – у зведенні до мінімуму шкоди, яку завдають ці процеси навколишньому середовищу. Максимально повне використання мінеральної сировини може бути досягнуто застосуванням нових прогресивних технологій, які дозволятимуть комплексно використовувати родовища корисних копалин, максимально повно добувати з порід і покривних товщ, які містять корисні речовини і допоміжні компоненти. Ефективне використання корисних копалин можливе за умов максимально повної утилізації залишкової породи, шлаків, шламів та інших відходів гірничо-видобувної та переробної промисловості для потреб будівництва, сільського господарства тощо.

Зокрема, на місці та в околицях ведення геологорозвідувальних та гірничовидобувних робіт слід уникати засмічення території побутовими та виробничими відходами, крім місць, спеціально відведених для нагромадження їх; здійснювати повний збір відходів буріння по кожному виду окремо; обов'язково засипати розвідувальні гірські виробки; оснащувати транспортні засоби гумовими гусеницями та пневмокатками, які завдають значно меншої шкоди ґрунтово-рослинному покриву; скидати у водойми шахтні та бурові води лише після повного очищення їх; переходити до безвибухових методів проходження гірських виробок; застосовувати мікробіологічні препарати для очищення ґрунтів від забруднень нафтопродуктами тощо.

Необхідно здійснювати рекультивацію земель на місці відпрацьованих відкритим способом родовищ корисних копалин. Це поняття охоплює весь комплекс робіт, спрямованих на відновлення родючості й народногосподарської цінності порушених земель. У вузькому розумінні рекультивація – це відновлення шару ґрунту, попередньо знятого з ділянок, де передбачається його механічне руйнування або сильне забруднення. Для того щоб уникнути осідання земель над підземними виробками при видобутку корисних копалин закритим способом, необхідно заповнювати їх після відпрацювання відходами видобутку мінеральної сировини (пустою породою). Ці заходи, крім основного ефекту, допомагають також запобігати додатковому забрудненню навколишнього середовища звалищами відпрацьованої гірської породи.

Для зниження концентрації радіонуклідів у сільськогосподарських рослинах можна використовувати різні прийоми, які розподіляються на дві великі групи: 1) загальноприйняті (традиційні) в агропромисловому виробництві заходи, спрямовані на збереження і збільшення родючості ґрунту, ріст урожайності, підвищення якості рослинницької продукції і одночасно сприяючі зменшенню переходу радіоактивних речовин із ґрунту в рослини; 2) спеціальні прийоми (видалення верхнього забрудненого радіоактивними речовинами шару ґрунту, глибока оранка з похованням забрудненого шару ґрунту, внесення в ґрунт спеціальних меліорантів, що зв'язують радіонукліди у важкодоступні для рослин форми та ін.), які іноді можуть призвести до визначеного зменшення врожайності

рослин і деякого погіршення родючості ґрунту. Аналогічним чином — на традиційні й спеціальні — можуть бути класифіковані і прийоми по технологічній обробці рослинницької продукції, що використовуються для зниження вмісту в ній радіоактивних речовин.

При сучасному стані сільськогосподарського виробництва складаються не досить сприятливі умови для збереження та підвищення вмісту гумусу в ґрунті: значно зменшилося застосування органічних добрив, порушується в окремих випадках технологія вирощування сільськогосподарських культур (зокрема, в Лісостепу і Степу проводять оранку навесні), сівозміни надмірно насичуються просапними культурами.

Зменшення втрат гумусу, стабілізації його вмісту можна домогтися шляхом впровадження таких заходів, як внесення органічних і мінеральних добрив та посів сидератів, багаторічних трав, залишення високої стерні зернових культур, соломи та ін. решток на полі, мінімалізація обробітку ґрунту, створення оптимального співвідношення культур у сівозмінах, застосування меліорантів (вапна, дефекату, гіпсу та ін.).

З метою очищення ґрунтів від нафти, нафтопродуктів використовують термічні, хімічні та біологічні методи. Відновлення ґрунтів, забруднених авіаційним бензином, проводять, нагріваючи ґрунт високочастотним електромагнітним випромінюванням до температури 150—160°C; при цьому видаляється 99% ароматичних і аліфатичних вуглеводнів. В Нідерландах очищення ґрунтів на території автозаправних станцій від бензину, дизельного палива і мастил проводять хімічним способом, використовуючи як окисник пероксид гідрогену. Біологічні методи впроваджують із використанням мікроорганізмів (метаноокислювальних і метанотрофних), рослин (деякі рослини з родини складноцвітих — айстри, стокротки, осот та ін. швидко очищають ґрунт від нафти). Але в кожному з останніх випадків, напевно, діє комплекс чинників: фізичних, хімічних та біологічних за участі не одного виду організмів, а їх угруповань.

Щоб уникнути руйнування геологічного середовища при будівництві, необхідно обов'язково виконувати весь комплекс інженерно-геологічних

розвідувань, щоб, залежно від конкретних інженерно-геологічних умов, правильно визначити характер фундаменту, висотність та інші особливості проєктованих будівель та споруд. Адже, навантаження на гірські породи не повинні перевищувати межу їхньої міцності та деформаційної стійкості. Особливо слід якнайповніше враховувати інженерно-геологічні умови при будівництві будівель та споруд у місцевостях з нерівною земною поверхнею, на просадочних й карстових породах тощо, щоб не викликати такі шкідливі геодинамічні процеси, як зсуви, обвали, просадки, карстово-провальні явища.

Функціонування промислових підприємств, транспорту та енергетичних установок викликає регіональне і навіть глобальне забруднення ґрунтів. Регіональне забруднення ґрунтів може викликатися кислотними дощами, що випадають поблизу великих промислових підприємств, які викидають в атмосферу шкідливі гази. Природні процеси (міграція, перетворення, розклад, вимивання, вивітрювання, сонячна радіація, клімат) сприяють самоочищенню ґрунтів. Захисна здатність ґрунтів щодо самоочищення має певні межі, які слід враховувати при організації виробничої та господарсько-побутової діяльності.

Основними характеристиками ґрунтів щодо самоочищення є час самоочищення та захисна спроможність ґрунтів, яка характеризує їх здатність суттєво знижувати токсичність забруднюючих речовин. Час самоочищення — інтервал, протягом якого відбувається зменшення масової частки речовини, що забруднює ґрунт, на 96% від початкового значення або до його фонового значення. Для самоочищення ґрунтів, а також для їх відновлення потрібно багато часу, витрати якого залежать від характеру забруднень та природних умов. Процес самоочищення ґрунтів триває від декількох днів до декількох років, а процес відновлення порушених земель — сотні років.

На сучасній стадії розвитку стосунків між людським суспільством та навколишнім середовищем, в умовах порушеної динамічної рівноваги глобальної соціоекосистеми, взаємодії суспільства та геологічного середовища неможливо оптимізувати, не беручи до уваги наслідків антропогенного впливу на інші середовища, без комплексного вивчення соціоекосистем як цілісних об'єктів.

Вплив забруднення ґрунтів на здоров'я людей та його нормування

У мінеральній частині ґрунтів присутні близько 50 елементів. Хімічні елементи знаходяться в ґрунті в окисленому стані або у вигляді солей.

З ґрунту хімічні речовини частково переходять в рослини, а з рослин з їжею потрапляють в організми тварин та людей. Хімічні мікроелементи мають велике значення для розвитку рослинного і тваринного світу, в тому числі й людини. Нестача або надлишок мікроелементів у ґрунті призводить до порушення обмінних процесів не лише у травоядних, але і м'ясоїдних тварин та в організмі людини. Це викликає ендемічні захворювання. Ґрунти мають здатність накопичувати радіоактивні речовини, які ушкоджують живі організми, а при потрапленні з їжею в організм тварин та людей, викликають захворювання різних органів.

Найбільш поширеними є забруднення ґрунтів канцерогенами типу поліциклічних ароматичних вуглеводнів. Основними джерелами канцерогенних забруднень є вихлопні гази двигунів автомобілів, тракторів, тепловозів, літаків, а також викиди котелень та промислових підприємств. Забруднення ґрунту канцерогенами фіксується на віддалі до 5 км від доріг та джерел викидів.

Патогенні мікроорганізми, які потрапляють у ґрунт та розмножуються в ньому, можуть бути збудниками інфекційних захворювань. До патогенних бактерій відносяться збудники таких інфекційних захворювань як сибірська виразка, газова гангрена, правець, ботулізм, холера, черевний тиф, дизентерія, бруцельоз, чума тощо. Забруднення ґрунтів патогенними організмами відбувається від тваринних та людських фекалій. Зараження тварин та людини патогенними мікроорганізмами спостерігається при вживанні неочищеної сирової рослинної, погано провареної тваринної їжі, шляхом контакту з зараженим ґрунтом, який є місцем існування та розмноження мух.


Особливу групу паразитарних хвороб, що поширюються через ґрунти, складають гельмінти (паразитні черв'яки). Таким чином, ґрунти можуть бути джерелом порушення здоров'я тварин та людей.

Важливими заходами щодо збереження ґрунтів є гігієнічне регламентування їхнього забруднення. Нормування хімічних речовин в ґрунтах розпочалося лише в 1976 році. Розроблено методичні рекомендації щодо встановлення ГДК хімічних речовин у ґрунтах. При цьому термін "граничнодопустима кількість (ГДК) речовин, що забруднюють ґрунти" означає частку хімічної речовини, що забруднює ґрунти, мг/м^3 , і не справляє прямої або опосередкованої дії, включаючи віддалені наслідки для навколишнього середовища та здоров'я людини.

Номенклатура регламентованих ГДК хімічних речовин в ґрунті складає декілька десятків найменувань. За ступенем шкідливості хімічні речовини за умови їх систематичного проникнення до ґрунту розташовуються в такій послідовності: пестициди та їх метаболіти, важкі метали, мікроелементи, нафтопродукти, сірчисті сполуки, речовини органічного синтезу тощо. Крім ГДК, як оціночний застосовується показник орієнтовно допустимої кількості забруднюючої ґрунту хімічної речовини (ОДК), який визначається відносно єдиного державного земельного фонду. Встановлюється номенклатура показників ґрунтів, яка застосовується при розробці нормативно-технічної документації з охорони ґрунтів від забруднень, а також при контролі стану ґрунтів.

Контроль стану ґрунтів здійснюється за спеціальними методиками санітарними лікарями, санітарно-епідеміологічними станціями, а контроль хімічних забруднень, які викликають підкислення та підлуження ґрунтів — агрохімічними лабораторіями, СЕС та органами охорони природи розрахунковим методом. Санітарна оцінка стану ґрунтів здійснюється за спеціальними показниками. За основний хімічний показник беруть санітарне число частка від ділення кількості ґрунтового білкового азоту в міліграмах в 100 г абсолютно сухого ґрунту до кількості органічного азоту в тих же одиницях, показником бактеріального забруднення ґрунту є титр кишкової палички та титр одного з анаеробів. Санітарно-гельмінтологічним показником ґрунту є число яєць гельмінтів у 1 кг ґрунту. Ентомологічний показник визначається за наявністю личинок та лялечок мух на $0,25 \text{ м}^2$ поверхні ґрунту.

РОБОТА № 21. Гравіметричний метод визначення вологості ґрунту.

 **Мета роботи.** Набути навички визначення вологості ґрунту гравіметричним методом аналізу.

Виходячи з теоретичної частини, вода є необхідною складовою ґрунту. Після відбору проби і опису структури ґрунту, необхідно оцінити його вологість у балах:

- ◆сухий, не холодить рук, пісок просипається - 1;
- ◆свіжий, злегка холодить руки, світлішає при висиханні - 2;
- ◆вологий, помітно холодить руки, значно світлішає при висиханні, пісок зчеплений водою, легко формується - 3;
- ◆сирий, сильно світлішає, висихаючи; на дотик холодний і сирий; глина і суглинок добре скатуються - 4;
- ◆мокрий, блищить, лисніє від плівки води, що вкриває ґрунт; при стисканні вичавлюється вода - 5.

Вологість є необхідною для забезпечення родючості ґрунтів: вода - необхідний компонент реакції фотосинтезу, її рослина одержує з ґрунту; у воді розчинені необхідні для життєдіяльності рослин поживні речовини - солі; вода забезпечує тургор листям; міграція хімічних елементів у ґрунті відбувається у водних розчинах і пов'язана з фізичними явищами їх випару і фільтрації.

Принцип методу. Метод заснований на зважуванні наважки проби ґрунту та її висушування до постійної маси.

Матеріали та обладнання. Бюкс, щипці, сушильна шафа, аналітичні терези, ексикатор, зразок ґрунту.

Хід роботи

У бюксі, з попередньо визначеною масою разом з притертою кришкою, зважують на аналітичних терезах із точністю до 0,0002 г приблизно 20 г проби повітряно-сухого ґрунту. Потім у сушильній шафі висушують відкритий бюкс з пробєю при 100-105°C впродовж 6 год. Бюкс виймають, закривають кришкою і вміщують в ексікатор для охолодження на 20-30 хв. Зважують закритий бюкс. Після зважування вміщують у сушильну шафу на 2 год. Висушують до постійної маси. Результати записують у таблицю:

Місце відбору і шифр проби ґрунту	Маса бюкса, г	Маса бюкса з ґрунтом до висушування, г	Маса проби ґрунту, г	Маса бюкса з ґрунтом після висушування, г	Маса абсолютної сухої речовини, г	Суха речовина, %	Вологість, %
№	$m_б$	$m_{гр}^1$	m_0	$m_{гр}^2$	$m_{гр}$	X	$\omega (H_2O)$

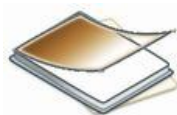
Сушу речовину (X) розраховують за формулою:

$$X = \frac{m_{гр} * 100}{m_0} \% \quad (5.4)$$

де $m_{гр} = m_{гр}^2 - m_б$; $m_0 = m_{гр}^1 - m_б$


Масову частку гігроскопічної води визначають за формулою:

$$\omega (H_2O) = 100 - X, \% \quad (5.5)$$



Записати хід роботи в лабораторному журналі, обчисліть масову частку гігроскопічної води у пробі ґрунту та зробити висновки про вологість ґрунту.

РОБОТА № 22. Визначення вмісту органічних речовин ґрунту методом гравіметрії.

 **Мета роботи.** Визначити вміст органічних речовин у ґрунті методом гравіметрії.

Органічна речовина утворюється і накопичується в ґрунті за рахунок розкладання рослинних і тваринних залишків і продуктів життєдіяльності організмів. У ґрунті у вигляді гумусу (від лат. humus - земля, ґрунт) - перегною, утримується до 15% органічної речовини.

Гумус — це темнозabarвлені високомолекулярні ароматичні речовини органічного походження, до складу яких входять гумінові кислоти, фульвокислоти, ульмін і гумін. Процес утворення гумусу за участю мікроорганізмів, вологи і кисню атмосфери носить назву *гуміфікації*. Гумус визначає родючість ґрунтів, тому що містить елементи живлення рослин, що після розкладання гумусу переходять у доступну для засвоєння форму. Вміст гумусу в різних ґрунтах: від 5% до 10% у чорноземах; у болотних ґрунтах досягає 20% і зменшується від поверхні вглиб.

Гумінові кислоти - органічні кислоти, чорного кольору, нерозчинні у воді і лугах, є стимуляторами росту рослин, входять до складу органічних добрив, однак їх склад точно невстановлений.

Фульвокислоти (від лат. fulvus - жовтий) — речовини полімерної природи, розчинні у воді і розчинах кислот, у сухому вигляді мають буро-жовтий колір, схильні до комплексоутворення, особливо з Fe (II).

Гумін (*гумусові кислоти*) - нерозчинний (у жодному розчиннику) залишок гумусу.

Хімічний склад гумусу визначається макроелементами С, Н, О, N, що входять до складу фенольних компонентів, гідроксильних, карбоксильних, карбонільних і ацетогруп. У значних кількостях в гумусі і ґрунтових розчинах містяться елементи S, P, K, Ca у мінеральній формі. Гумус багатий на мікроелементи за рахунок накопичення важких металів.

Принцип методу. Метод визначення органічної речовини ґрунту полягає в сухому прожарюванні зразка в муфельній печі, визначенні в ньому золи й органічної частини (яка розраховується у відсотках до сухого зразка). При прожарюванні ґрунту С, Н, О, N, S виділяються у вигляді газів карбон, нітроген, сульфур диоксидів і водяної пари. Нелеткий осад (зола), що залишається, складається з зольних елементів. Різниця між масою всього сухого зразка і зольним залишком складає масу органічної речовини ґрунту.

Матеріали та обладнання. Фарфорові тиглі, щипці, муфельна піч, аналітичні терези, ексікатор, абсолютно сухий зразок ґрунту (після виконання попередньої роботи); кальцію хлорид для ексікатора.

Хід роботи

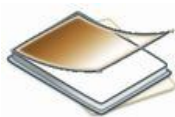
Зразок ґрунту, відібраний методом квартування і висушений до абсолютно сухого залишку, масою (m_r) 3-5 г поміщають у тарований фарфоровий тигель і ставлять у холодну муфельну піч, поступово доводячи температуру до 450°C. Більш висока температура може викликати втрати Фосфору, Калію і Натрію. Через 3 години тигель виймають з печі і поміщають у ексікатор. Після охолодження зважують. Повторне прожарювання проводять 15 хв і доводять до постійної маси тигля з пробою ґрунту. Результати записують у таблицю:

Місце відбору і шифр проби	Маса тигля з абсолютно сухим ґрунтом до прожарювання,	Маса тигля з золюю після прожарювання, г	Маса абсолютно сухого ґрунту,	Органічна речовина, %	Зола, %
№	$m_{гр}^I$	m_3^I	$m_{гр}$	X	ω_3

Вміст органічних речовин обчислюють за формулою:


$$X = \frac{(m_{гр}^I - m_3^I) * 100}{m_{гр}} \% \quad (5.6)$$

Масову частку золи (ω_3) визначають за різницею: $\omega_3 = 100 - X, \%$.



Записати хід роботи в лабораторному журналі, обчисліть масову частку органічних речовин у пробі ґрунту та зробити висновки про вміст гумусу в ґрунті.

РОБОТА № 23. Визначення рН ґрунтових витяжок методом потенціометрії.

 **Мета роботи.** Засвоїти потенціометричний метод визначення рН ґрунтових витяжок на йонометрі ЕВ-74.

Кислотність ґрунтів має велике значення для розвитку і росту рослинної біомаси, впливає на доступність засвоєння поживних речовин рослинами. Відносно фізико-хімічної міграції елементів і, особливо, важких металів, кислотність сприяє асиміляції ґрунтовим обмінним комплексом цих катіонів.

Для екологів важливо знати, що кислотні дощі знижують рН ґрунтів і ґрунтових вод, що прискорює міграцію йонів металів за рахунок посилення їх рухливості і, як наслідок, стає можливим отруєння тварин і людини важкими металами в ланцюгах споживання.

Визначення рН є особливо важливим для екологічної хімії при дослідженні зон, де кисле середовище змінюється на лужне, слаболужне - на різколужне, сильнокисле - на слабокисле, тобто природних умов, сприятливих для формування лужних бар'єрів. Іншими словами, виникнення бар'єру такого роду базується на стрибкоподібному зростанні рН. Однак, формування природних кислих ґрунтових розчинів, яке пов'язане з процесами окиснення, напр., сульфідних руд, також відбивається на величині рН.

У сучасній літературі є багато цікавих відомостей щодо зміни геохімічних умов під впливом сукупних факторів — природних і техногенних. Наприклад, кислі глеєві води в лужній обстановці, акумулюючи важкі елементи під впливом бактерій на межі *вода-нафта*, утворюють органічні кислоти, причому в такій кількості, що збагачуючись ними, води розчиняють карбонати. В умовах триваючої міграції значення рН підвищуються настільки, що це

супроводжується виникненням лужного бар'єру, вторинної карбонатизації і утворення каолінових глин.

У цьому аспекті для еколого - хімічних досліджень вивчення інших видів бар'єрів - кислих, випарних, біогеохімічних з характерними рН - це глобальні задачі. На прикладі ґрунтового профілю колючих солодій (тип ґрунтів помірного поясу) у Казахстані можна спостерігати безпрецедентну зміну рН на вкрай короткій відстані: від 5 - 6 на поверхні і до глибини 30 - 40 см і підвищення до 8 - 9 (!) - на глибині більш 40 см. Аніоногенні хімічні елементи Si, Ge, Mo, Y, Se, Zr концентруються на кислих бар'єрах. Зміни ґрунту, які пов'язані з випарними бар'єрами призводять до утворення содових концентратів із рН = 11(!). Вивчення змін рН ґрунту пояснює численні несприятливі екологічні ситуації, сільськогосподарські проблеми, що виникли, і біогеохімічні аномалії. У водних витяжках ґрунту можна визначити рН найпростішим методом за допомогою універсального індикаторного паперу.

Принцип методу. Метод базується на вимірювання величини потенціалу індикаторного електроду відносно електроду порівняння, значення якого залежить від концентрації іонів водню у розчині.

Матеріали та обладнання. Йоніметр ЭВ-74; хлоросрібний і скляний електроди; технохімічні терези; склянка для вимірів місткістю 50 мл; склянка місткістю 100 мл і конічна колба місткістю 100 мл з притертою пробкою для готування ґрунтового розчину; скляні палички; хімічна лійка; буферні суміші рН = 1,68 і рН = 9,18 для калібрування йоніметра; розчин KCl (C=1 моль/л); універсальний індикатор; проба ґрунту.

Хід роботи

Підготовка рН-метра до роботи. Підготовка виконується згідно з технічними вимогами приладу. Перед початком експериментальних вимірювань необхідно провести калібрування шкали і електроду за двома стандартними буферними

розчинами: 0,05 М розчином кислого фталевого калію $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ ($\text{pH} = 4$) і за 0,01 М розчином тетраборату натрію $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ($\text{pH} = 9,22$) при 20 С.

Для цього до одної поліетиленової пробірки внести 1 н. розчин хлоридної кислоти, а в другу – дистильовану воду.

Необхідно знати, що електрод повинний бути занурений у розчин на 0,5 см вище місця виходу азбестової нитки. Рівень розчину KCl в електроді повинний бути трохи нижче заливного отвору, але вище рівню розчину у пробірці.

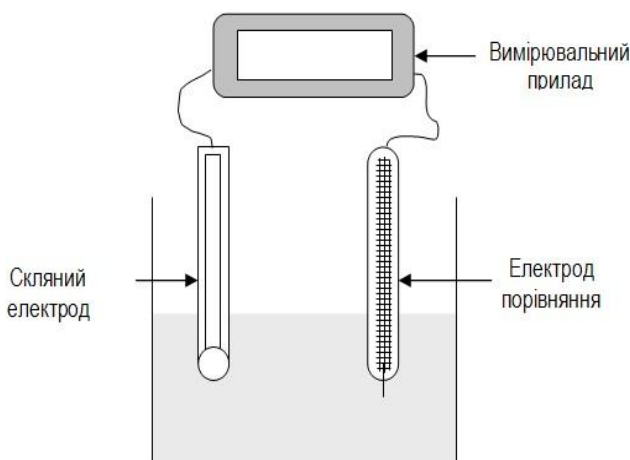


Рис. 5.3. Принципова схема потенціометра.

Занурити скляний електрод до розчину хлоридної кислоти і через 3-4 хв. витягнуть його та промити дворазовим зануренням у дистильовану воду. Надлишок води видаляють з електроду обережним торканням фільтрувального паперу. Після цього проводять калібрування буферними розчинами.

Приготування ґрунтового розчину. Для приготування ґрунтового розчину в конічну колбу місткістю 100 мл вносять 10 г ґрунту і заливають 50 мл дистильованої води і (класична пропорція приготування ґрунтових витяжок: 1:5, тобто наважка ґрунту і п'ятикратна кількість дистильованої води). Вода не повинна містити карбонатну кислоту або карбон діоксид, оскільки за їх наявності розчиняються кальцій і магній карбонати з утворенням розчинних гідрокарбонатів, які збільшують загальну лужність водної витяжки, спотворюючи результати вимірювань. Перемішують скляною паличкою, закривають колбу пробкою і струшують 10 хв. Потім витяжку фільтрують крізь сухий складчастий фільтр. Фільтр вміщують у лійку діаметром 15 - 20 см так, щоб його край був

нижчим за край лійки на 0,5 - 1 см. У протилежному випадку по ободку фільтра утвориться забарвлена облямівка солей ґрунту. Солі, що залишилися на фільтрі, змінюють результат визначення рН, оскільки їх концентрація у фільтраті знижується.

Перед зливанням витяжки на фільтр струсність колбу для змучування вмісту і, за можливістю, кількісно перенесіть ґрунт на фільтр. Потрапляючи на фільтр, важкі часточки ґрунту забивають пори фільтра, створюючи подвійний фільтрувальний шар і сприяють якійсь фільтрації з високою прозорістю фільтрату. Виливаючи суспензію ґрунту на фільтр, намагайтеся направити потік на стінку фільтра, аби не прорвати папір.

Водні ґрунтові витяжки аналізують відразу після їхнього одержання, тому що під впливом мікрофлори змінюються їх характеристики (лужність, окиснюваність) і склад.

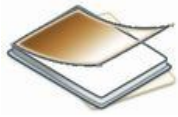
Правильно приготовлена витяжка повинна бути прозорою, перебувати в колбі з закритою пробкою, її об'єм повинен бути визначеним.

Проведення вимірювання. У склянку місткістю 50 мл відлийте з колби 30 - 40 мл фільтрату й занурте в нього електроди. Спочатку вимірюють наближене значення рН. Потім визначають достовірне значення рН. Вимірювання проводимо у відповідності до рекомендацій роботи з йономіром.

Закінчивши вимірювання, вимкніть прилад, електроди занурте в склянку з дистильованою водою.

а) Паралельно вимірюванню на йономірі проведіть визначення рН індикаторним методом. Для цього 1 мл фільтрату ґрунтової витяжки відливають у пробірку, занурюють смужку універсального індикаторного папірця в розчин, встановлюють рН, порівнюючи колір забарвленого паперового індикатора зі шкалою на футлярі індикаторного паперу.


б) Зважують 20 г ґрунту, переносять до конічної колби, доливають 50 мл 1 М розчину КСl, перемішують, закривають пробкою і залишають на добу. Визначають рН індикаторним методом за допомогою універсального паперового індикатора, за шкалою встановлюють рН.



Записати хід роботи в лабораторному журналі. Порівняйте результати, знайдіть відхилення експериментальних значень від істинного, даного викладачем, поясніть ймовірні причини похибок, обчисліть довірчий інтервал результату середнього визначення і зробіть висновок про метод аналізу і досягнення мети роботи.



РОБОТА № 24. Визначення вмісту сухого залишку ґрунту.

 **Мета роботи.** Засвоїти методику визначення сухого залишку ґрунту. Набути навички визначення типу засолення ґрунту та ступеню засоленості за сухим залишком.

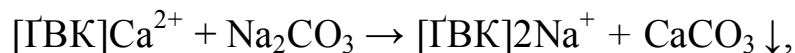
Вміст солей у ґрунті - важливий біогеохімічний фактор, що впливає на її родючість, рослинність, заселеність тваринами і птахами.

Будь-який ґрунт можна розглядати як гетерогенну, багатофазну систему, що складається з твердої (мінеральні й органічні компоненти), рідкої (ґрунтовий розчин), газової (ґрунтове повітря) і живої (ґрунтова флора і фауна) фаз.

Мінеральний склад ґрунтів складається в основному з кварцу (SiO_2) і алюмосилікатів - оксидів алюмінію і силіцію ($\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) у різних співвідношеннях. Тверда фаза ґрунтів складається з різномірних механічних часток. Від механічного складу ґрунтів залежить у значній мірі інтенсивність переносу і накопичення в ґрунті органічних і мінеральних сполук.

Підзолисті, дерново-підзолисті і сірі лісові ґрунти містять дуже мало водорозчинних мінеральних речовин, у чорноземних ґрунтах переважають $Mg(HCO_3)_2$ і $Ca(HCO_3)_2$; у солончаках, сіроземах, бурих і каштанових ґрунтах - надлишок мінеральних солей у вигляді хлоридів, сульфатів і гідрокарбонатів. Натрій карбонат, або сода, навіть при концентрації $5 \cdot 10^{-3}\%$ є згубною для рослин. Небезпеку становлять і підвищені концентрації хлоридів і сульфатів. До вмісту в ґрунтах магній і кальцій карбонатів, а також гіпсу рослини більш толерантні.

Максимально мінералізованими є солонці і солончаки. Своєрідність солонців визначають йони Na^+ , що складають п'яту частину всіх катіонів. Встановлено, що процес осолонцювання особливо енергійно йде при утворенні в ґрунтових водах карбонату натрію:



де, ГВК - ґрунтово-вбирний комплекс.

Солончакові ґрунти накопичують рекордну кількість солей: від 1 до 30%. Спеціальними дослідженнями В. А. Ковди виявлені провінції соленакопичення. Засолення пояснюють надходженням у верхні горизонти ґрунтів вод з підвищеним вмістом солей і їхнім концентруванням на випарному геохімічному бар'єрі, а також ненормованим зрошенням.

Загальне уявлення про вміст у ґрунтах водорозчинних мінеральних і органічних речовин може дати сухий залишок, який отримується після випарювання водної ґрунтової витяжки. Сухий залишок, що виражають у масових частках (%), може характеризувати ґрунт, напр., у незасолених ґрунтах його вміст становить 0,01 - 0,30%, а в солончаках для різного виду солей границі розширені від 0,2 до більш як 0,8%.

Принцип методу. Метод базується на проведенні якісних аналітичних реакцій на відкриття хлорид- або сульфат – аніонів для визначення типу засолення ґрунту та гравіметричного визначення сухого залишку у ґрунтовій витяжці.

Матеріали та обладнання. Сушильна шафа, аналітичні терези, фарфорова чашка діаметром 10 см, водяна баня, ексікатор, скляна лійка, скляна паличка, беззолні паперові фільтри, нітратна кислота (1:3), аргентуму нітрат ($C = 0,1M$); хлоридна кислота (10% розчин), барію хлорид (5% розчин); проби ґрунтів.

Хід роботи

З підготовленої проби ґрунту, масою 10 г, готують водну витяжку класичним методом і вже під час фільтрування судять про її мінеральний склад. Ґрунтові витяжки кислих і нейтральних ґрунтів, що містять багато розчинних солей, характерних для ґрунтового засолення без йонів Na^+ , фільтруються швидко. Навпаки, витяжки ґрунтів, бідних на мінеральні речовини і, особливо ті, що мають лужну реакцію, фільтруються повільно, через переважання колоїдних форм, що забивають пори фільтру.

Для вирішення питання про тип засоленості роблять якісну реакцію на наявність йонів Cl^- і SO_4^{2-}

а) *Проба на наявність Cl^- .* У мікропробірку вносять 2-3 краплі ґрунтової витяжки, підкислюють нітратною кислотою для звільнення від гідрокарбонатів, що заважають визначенню йонів хлору, додають 1 - 2 краплі розчину $AgNO_3$ і струшують. Якісна оцінка наявності Cl^- випадіння білого сироподібного осаду; його консистенція, легке скаламучення розчину або ряснота осаду свідчить про наявність або переважання хлоридного типу засоленості.

б) *Проба на наявність SO_4^{2-} .* У мікропробірку вносять 2-3 краплі ґрунтової витяжки, підкисляють 10% HCl для запобігання впливу гідрокарбонатів і карбонатів, здатних утворювати із солями барію нерозчинні осадки, і додають 2-3 краплі $BaCl_2$. Спостерігають випадіння кристалічного білого осаду і фіксують тип засоленості.

Зважують на аналітичних терезах фарфорову чашку, наливають до неї ґрунтовий розчин ($V_{ГР}$) і випаровують на водяній бані. Після закінчення вміщують чашку з залишком, який може бути в'язким, густим або твердим, до сушильної

шафи і витримують 3 год. при 105 °С. Потім вміщують до ексикатора і доводять до постійної маси.

Результати і спостереження експериментів заносять у таблицю, розраховують масову частку сухого залишку, і, відповідно до даних, встановлюють ступінь засоленості аналізованого ґрунту: вміст сухого залишку в несолоних ґрунтах знаходиться в межах 0,01 - 0,30%, більш 0,3% є характерним для солоних ґрунтів.

Розрахунок роблять за формулою:

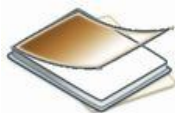
$$\omega = \frac{m_0 \cdot V_0}{10 \cdot V_{гр}} \cdot 100\% \quad (5.7)$$

де m_0 - маса сухого залишку;

V_0 - об'єм водної витяжки;


10 - маса наважки ґрунту;

$V_{гр}$ - об'єм витяжки, взятої для аналізу.



Записати хід роботи в лабораторному журналі. Запишіть рівняння проведених якісних реакцій та обчисли масову частку сухого залишку. Зробити висновок про тип та ступень засоленості ґрунту.

РОБОТА № 25. Визначення інтенсивності дихання ґрунту.

 **Мета роботи.** Засвоїти польову методику визначення інтенсивності дихання ґрунту за кількістю карбон діоксиду, який виділяється із ґрунту. Закріпити навички титрування.

Дихання є одним з основних процесів діяльності живих організмів. Він пов'язаний з окисненням органічних речовин до карбон діоксиду і води за участю Оксигену з виділенням енергії, яка використовується для здійснення життєвих процесів. Вільний нітроген азобактерії перетворюють на аміак, а як побічний продукт утворюється карбон діоксид. Цей процес представлено рівнянням:

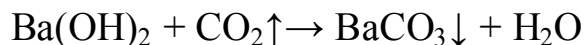


Крім того, продукти розпаду при диханні є вихідними субстратами для синтезу білків, жирів, вуглеводів і інших речовин.

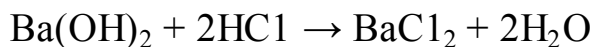
Визначення інтенсивності цього процесу є досить важливим для оцінки характеру біологічних процесів, що відбуваються в організмі. Що стосується ґрунту, то інтенсивність ґрунтового дихання є характеристикою біохімічних процесів, що відбуваються в ньому під впливом ґрунтової флори і фауни.

Для аналізу дихання системи можна використовувати ряд показників: поглинання Оксигену, виділення води, теплової енергії. Однією з найбільш часто застосовуваних характеристик ґрунтового дихання є кількість CO_2 , що виділився. Цей показник характеризує не тільки можливість додаткового збагачення приземного шару карбонатною кислотою, але й дозволяє судити про інтенсивність мікробіологічних процесів, що постійно відбуваються в ґрунті.

Принцип методу. Метод базується на поглинанні розчином луґу CO_2 , який виділяється з наступним титруванням.



За кількістю хлоридної кислоти, витраченої на титрування, розраховують кількість CO_2 , який виділився з ґрунту.



***Матеріали та обладнання.** Бюретка на 50 мл, вимірювальні піпетки на 10 мл, бюкси місткістю 30-40 мл із притертими кришками - 3 шт, склянки (банки) місткістю 1 л; розчин хлоридної кислоти (0,02 М); розчин барій гідроксиду (0,02 М); індикатор - 1% спиртовий розчин фенолфталеїну.*

Хід роботи

До бюксів, обідки кришок яких для герметичності змащено вазеліном, наливають за допомогою мірної піпетки 10 мл 0,02 М розчину барій гідроксиду ($\text{Ba}(\text{OH})_2$).

Бюкси з закритими кришками встановлюють на поверхні ґрунту (по 3 бюкси на майданчик з досліджуваним ґрунтом) і закривають літровими склянками або банками (їхні краї повинні входити в ґрунт на 1 см). Потім скляний купол обережно піднімають, відкривають бюкси, а посудини ставлять на місце, тобто накривають ними бюкси знову. Баритова вода у відкритих бюксах поглинає CO_2 , який виділяється ґрунтом.

Через точно встановлений час бюкси виймають, закривають кришками і проводять аналіз у лабораторії. Визначення проводять титриметричним методом, використовуючи хлоридну кислоту, у якості титранта, і заповнюють нею бюретку. Спочатку відтитровують 3 стандартні проби баритової води об'ємом по 10 мл до знебарвлення фенолфталеїну, знаходять середній об'єм HCl – $V_{\text{К.СЕР}}$. Об'єм представити з довірчим інтервалом результату середнього вимірювання з ймовірністю $P = 0,95$.

Титрування баритової води після дослідної експозиції (V_{HCl}) ведуть безпосередньо в бюксі, у присутності 1-2 крапель фенолфталеїну. При визначенні CO_2 необхідно дотримуватися наступних умов:

♦ бюкси мають бути відкритими під скляними посудинами протягом однакового за тривалістю часу, тому що від цього залежить величина поглинання барій гідроксидом;

♦ внутрішні діаметри усіх бюксів і їхня висота, а також внутрішні діаметри скляних посудин (банки або склянки) повинні бути однаковими.

Кількість карбон диоксиду, що виділився з ґрунту, виражають в абсолютних величинах. Для цього розраховують, яка маса CO_2 (у мг) виділяється на одиниці поверхні ґрунту за 1 годину. Необхідно враховувати площу ґрунту, накриту банкою.

Інтенсивність дихання розраховують за формулою:

$$I = \frac{0,44 \cdot (V_{K.CEP.} - V_{HCl}) \cdot 60}{t \cdot S}, \quad (5.8)$$

де I - інтенсивність дихання, мг $CO_2/m^2 \cdot год$;

0,44 - маса CO_2 , мг, яка еквівалентна 1 мл 0,02 моль/л $Ba(OH)_2$;

$(V_{K.CEP.} - V_{HCl})$ - об'єм 0,02 М розчину HCl , який витрачено на титрування контрольної проби розчину $Ba(OH)_2$ до експозиції і після поглинання ґрунтового CO_2 ;

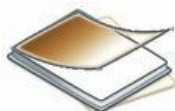
t - час експозиції, год;

S - площа, m^2 ;

60 - коефіцієнт для переводу хвилин в години.


Результати роботи записати в таблицю:

п/п	Об'єм НСІ контрольних проб, Vк	Час експозиції (t), год	Об'єм НСІ для титрування проб, V _{НСІ}	Площа дослідного кола (S), м	Інтенсивність дихання ґрунту (I),
1					
2					
3					



Записати хід роботи в лабораторному журналі. Запишіть рівняння реакцій що лежать в основі методу. Зробити висновок про інтенсивність дихання ґрунту.

РОБОТА № 26. Визначення впливу пестицидів на дихання ґрунту.

 **Мета роботи.** Засвоїти методику лабораторного визначення інтенсивності дихання ґрунту. Вивчити особливості впливу пестицидів на дихання ґрунту.

Ґрунт має велику поглинальну здатність і характеризується високими буферними властивостями, тому пестициди, які попадають у ґрунт у невеликих кількостях, не чинять впливу на його біологічну активність і агрохімічні властивості.

Сучасна агрономія, на жаль, не може обійтися без засобів захисту рослин і інших форм пестицидів. Тому важливим є науковий підхід до проблеми і грамотне застосування пестицидів, яке не допускає забруднення і негативних

наслідків, що виявляються в таких формах: вплив на комах-запильників; на вміст мікроелементів у рослинах; на зміну смакових якостей, зниження стійкості до зберігання і втрати харчової цінності рослинної продукції; вплив на репродуктивну функцію тварин і людини; навіть у *тератогенній* (від грец. тератос — потвора, виродок, генезіс - процес утворення, виникнення) дії.

Пестицидами називають хімічні засоби захисту рослин, які застосовують у сільському господарстві. Тому, їх можливо розподіляти за об'єктами дії, наприклад: *гербіциди* - для боротьби з бур'янами; *фунгіциди* — для боротьби з грибами; *інсектициди* - для боротьби зі шкідливими комахами; *акарициди* - для боротьби з кліщами і нематодами; *зооциди* - для боротьби з гризунами; *бактеріциди* - для боротьби з мікроорганізмами; *дефоліанти* - для відокремлення листя; *дефлоранти* - для відокремлення квітів.

Крім того, пестициди, можна поділяти за напрямом фізіологічної дії: *інгібітори* біосинтезу, *антагоністи* гормональних сполук, *стимулятори* вегетативного росту і т.д.

Головною жертвою забруднення ґрунту пестицидами стає її біологічна складова, яка представлена мікроорганізмами, що підтримують ґрунтову родючість, а також рослинами, тваринами. Пестициди викликають депресію процесу нітрифікації, збільшують ерозію ґрунтів, здатні змінювати доступність поживних елементів для рослин, порушуючи процеси мінералізації органічної речовини. До 80% пестицидів адсорбуються ґрунтовим гумусом; через це вони значно довше затримуються в ґрунті й у такому стані практично не піддаються розкладанню.

Про здатність ґрунтів поглинати пестициди судять за різницею вмісту пестициду в розчині до і після їх взаємодії з ґрунтом або окремими його компонентами. Для цього готують розчини пестицидів, визначають в них вміст препарату, потім додають відому кількість ґрунту, струшують на ротаторі, ґрунт відокремлюють за допомогою центрифуги або фільтрування і знову визначають вміст пестициду в розчині. Розраховують кількість пестициду, поглиненого на одиницю маси ґрунту.

Вплив пестицидів на біоактивність встановлюють різноманітними методами з використанням різних характеристичних показників ґрунту: шляхом визначення різного роду мікроорганізмів у ґрунтах контрольних ділянок без внесення пестицидів і зі застосуванням пестицидів різних видів і концентрацій; визначення активності ґрунтових ферментів (каталази, протеази, фосфатази, інвертази, уреази тощо); дослідження рН водних і сольових витяжок; обмінної гідролітичної кислотності; вмісту гумусу й основних елементів харчування, особливо легкодоступних форм Калію и Фосфору; суми поглинених основ.

Оскільки сумарним показником, що характеризує біологічну активність ґрунту, є кількість карбон диоксиду, який ним виділяється, цей фактор може застосовуватися для вивчення дії пестицидів на ґрунт не тільки в польових, але й у лабораторних умовах.

Принцип методу полягає у фіксуванні різниці інтенсивності продукування CO_2 ґрунтом без пестицидів і після їх внесення до ґрунту.

Матеріали та обладнання. Технохімічні терези; колби конічні місткістю 500 мл; пробки до колб із умонтованими хлоркальцієвими трубками і гачками; бюретки на 25 мл і 50 мл; вимірювальні піпетки на 5 і 10 мл; фарфорові чашки, вимірювальні циліндри на 10 і 50 мл; колби мірні місткістю 50 мл; марлеві торбинки розміром 5x10см; розчин хлоридної кислоти ($C=0,1$ моль/л); розчин натрій гідроксиду ($C=0,1$ моль/л); індикатор - 1% спиртовий розчин фенолфталеїну; барію гідроксид (5% розчин); зразки ґрунтів; 0,1% розчин пестициду.

Хід роботи

Три наважки повітряно-сухого ґрунту по 100 г зважують на технохімічних терезах і вміщують у фарфорові чашки. До двох наважок ґрунту додають по 10 мл і 100 мл розчину пестициду, відповідно; третя наважка - контрольна.

Приготовленою з цього ж зразка ґрунту ґрунтовою витяжкою зволожують ґрунт і залишають на тиждень для компостування. Після закінчення терміну ґрунт висушують у тіні до повітряно-сухого стану, просіюють крізь сито з діаметром отворів 1 мм.

Дві наважки кожного ґрунту по 10 г зволожують у фарфорових чашках до 60% ґрунтовою витяжкою, перемішують і, не ущільнюючи, переносять у марлеві торбинки, то закріплюють на гачку, вмонтованому в пробку. Хлоркальцієву трубку укріплюють на цій же пробці і наповняють натронним вапном. Для визначення дихання застосовують конічні колби, у які відмірюють піпеткою 20 мл розчину NaOH, герметично (використовуючи вакуум-мастило або вазелін) закривають пробками з підготовленими зразками й осушувачем і залишають на добу.

Через добу колби відкривають, швидко додають по 2 краплі фенолфталеїну і 1 мл BaCl₂ і титрують хлоридною кислотою, C (HCl) = 0,1 моль/л. Якщо роботу виконують 2-3 групи, то отриманий результат V (HCl) усереднюють. Результати записують у таблицю:

Аналізована проба	Об'єм 0,1% роз-ну пестициду на 100 г проби ґрунту, мл	Об'єм HCl, мл	I _{CO₂}
Контроль	-	V ₁	
		V ₂	
		V _{СЕР}	
Проба 1	10 мл	V ₁	
		V ₂	
		V _{СЕР}	
Проба 2	100 мл	V ₁	
		V ₂	
		V _{СЕР}	

Розрахунок виділеного ґрунтом карбон діоксиду проводять за формулою:

$$I_{CO_2} (мг) = (20 \cdot T_{NaOH} - V_{СЕР} \cdot T_{HCl}) \cdot 2,2 \quad (5.9),$$

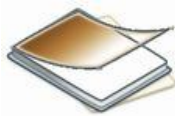
де I_{CO₂} - інтенсивність дихання ґрунту (кількість CO₂, що виділилася, мг);

20 - об'єм 0,1 М розчину натрій гідроксиду, що титрують;

T_{NaOH} і T_{HCl} - титри розчинів NaOH і HCl (г/мл), відповідно;

$V_{\text{СЕР}}$ - усереднений об'єм HCl (мл), який витрачено на титрування NaOH;


2,2 - кількість CO₂, що зв'язується з 1 мл 0,1 М розчину NaOH.



Записати хід роботи в лабораторному журналі. Запишіть рівняння реакцій що лежать в основі методу. Встановіть залежність інтенсивності дихання ґрунту від кількості внесеного в ґрунт пестициду. Побудуйте графік цієї залежності $I = f(V_{\text{роз. пестициду}})$. Зробіть висновки про вплив пестицидів на дихання ґрунту.



РОБОТА № 27. Визначення загальної ртуті у ґрунті методом тонкошарової хроматографії

 **Мета роботи.** визначити вміст ртуті в ґрунтовому деструктаті за допомогою тонкошарової хроматографії. Метод тонкошарової хроматографії заснований на екстракції ртуті з деструктату дитизоном, переекстракцією бромідом калію, наступним хроматографічним визначенням у вигляді дитизонату в тонкому шарі «Силуфолу» або оксиду алюмінію. Рухливий розчинник - суміш гексану і ацетону (4:1). Межа визначення складає 0,25 мкг або 0.02 мг/кг.

Матеріали та обладнання. Для деструкції: вода дистильована; конц. нітратна кислота х.ч., концентрована і розведена (1:3) сульфатна кислота; натрію сульфат (2,5н. Розчин, ч.д.а., свіжоприготовлений).

Для визначення методом тонкошарової хроматографії: аміак ч.д.а., концентрований і 5%-й водний розчин; ацетон ч.д.а.; гексан х.ч.; буферний

розчин: 150 г натрію фосфорнокислого двозаміщеного х.ч. і 38 г вуглекислого калію х.ч. розчиняють у воді в мірній колбі на 1 л.

Основний розчин дитизону: в ділільну лійку наливають 100 мл хлороформу, розчиняють у ньому 50 мг дитизону, додають 200 мл дистильованої води і 5-10 мл конц. розчину аміаку. Суміш енергійно збовтують 2 хв. Після розділення шарів хлороформний шар відкидають, водний промивають 20 мл хлороформу, останній відкидають. Трубку ділільної лійки висушують фільтрувальним папером, додають у лійку 200 мл хлороформу і розбавлену (1:1) хлоридну кислоту до виразно кислої реакції. Суміш збовтують доти, поки дитизон не перейде у хлороформ (шар хлороформу при цьому забарвлюється в темно-зелений колір, водна фаза знебарвлюється). Розчин дитизону у хлороформі відокремлюють у другу лійку і промивають 50 мл води тричі. Трубку лійки висушують фільтрувальним папером, розчин дитизону зливають у темну склянку. Зберігають його у темному місці на холоді. Розчин стійкий упродовж 1 міс.

Робочий розчин А: до одного об'єму основного розчину дитизону додають 4 об'єми хлороформу (використовують завжди свіжеприготовлений розчин).

Робочий розчин Б: до одного об'єму основного розчину дитизону додають 49 об'ємів хлороформу.

40% розчин броміду калію х. ч., 0,1 н. розчин роданіду калію х.ч.. Сульфатна кислота х.ч., концентрована. 0,1 н. розчин комплексону III (трилон Б) ч.д.а.

Стандартні розчини: 0,1668г нітрату ртуті $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ або 0,1350 г перекристалізованої двохлористої ртуті розчиняють у воді в мірній колбі на 100 мл з додаванням 0,1 мл концентрованої нітратної кислоти. Розчин містить 1 мг ртуті в 1 мл. Робочий розчин готують розведенням водою у 10 разів основного стандартного розчину.

Дитизонат ртуті: у ділільну лійку на 50 мл поміщають 10 мл розчину А дитизону, вносять 0,5 мл робочого стандартного розчину солі ртуті та ретельно збовтують вміст лійки. Після цього у лійку додають 25 мл 5%-го розчину аміаку і енергійно збовтують до отримання прозорого оранжево-червоного нижнього шару. Трубку ділільної лійки висушують фільтрувальним папером. Розчин дитизонату ртуті в хлороформі (нижній шар) фільтруванням

(через невеликий шар знежиреної вати у трубці лійки) переносять у темну склянку. 1 мл розчину містить 5 мкг ртуті. Зберігають його в темному місці на холоді. Розчин стійкий упродовж 5 діб. Хлороформ перегнаний. Оксид алюмінію II ступеня активності для хроматографії. Кальцію сульфат ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), висушений при температурі 160-180°C впродовж 6 годин.

Хід роботи

Деструкція ґрунту. Зразок ґрунту 50 г розміщують у конічній колбі на 750 мл, доливають 10 мл концентрованої нітратної кислоти.

Після додавання кислоти проби перемішують і залишають на 10 хв. при кімнатній температурі. Колбу закривають лійкою (діаметр 3 см) і краплями додають 20 мл концентрованої сульфатної кислоти, регулюючи швидкість так, щоб постійно підтримувалась реакція розкладу нітратної кислоти, але не відбувалось виділення оксидів нітрогену з колби. При бурхливій течії реакції можливі втрати ртуті. Після закінчення внесення сульфатної кислоти колбу залишають у витяжній шафі на 15 хв. при кімнатній температурі до припинення виділення бурих парів окислів нітрогену, після чого колбу нагрівають 30-40 хв. на киплячій водяній бані. При бурхливій течії реакції в колбу доливають 30-50 мл киплячої дистильованої води або знімають колбу з водяної бані на 1-2 хв.

Деструкцію проводять до повного освітлення придонного шару рідини у колбі.

До гарячого деструктату додають 100 мл киплячої дистильованої води і фільтрують у конічну колбу (об'ємом не менше ніж 500 мл), яка містить 10 мл 2.5 н. розчину сульфату натрію або 20 мл насиченого розчину сечовини, крізь попередньо зволожений подвійний знезолений паперовий фільтр із червоною стрічкою (діаметр 15-20 см). Колбу з-під деструктату і фільтр кілька разів промивають киплячою дистильованою водою. Загальний об'єм деструктату і промивних вод - близько 250-300 мл. Якщо потрібно отриманий фільтрат деструктату можна залишити на 10-20 год. до наступних операцій.

Екстракція Ртуті. Охолоджений фільтрат деструктату переносять у ділильну лійку на 500-1000 мл, додають 20 мл розчинів Комплексону III і роданіду калію й обережно екстрагують ртуть дитизоном (робочий розчин Б) порціями по 10 мл 4-5 разів. Після чіткого розділення фаз дитизонові екстракти об'єднують у другій ділильній лійці, куди додають 50 мл 0,25 н. розчину сульфатної кислоти і 10 мл 40%-го розчину броміду калію. Вміст лійки енергійно збовтують протягом 1 хв. Після чіткого розділення шарів, органічну фазу відкидають, водну промивають 10 мл хлороформу, останній вилучають.

Потім водну фазу обробляють буферним розчином (11-12 мл) до рН 5,5-6,0 (універсальний індикаторний папір), додають по 10 мл розчинів комплексону III і роданіду калію і вилучають ртуть дитизоном (робочий розчин Б) двічі порціями по 5 мл. Кожного разу пробу енергійно збовтують упродовж 1 хв. Дитизонові екстракти переносять у ділильну лійку, яка містить 40 мл 5%-го розчину аміаку, по 10 мл розчинів комплексону III і роданіду калію, і енергійно збовтують для вилучення надлишку дитизону (нижній шар набуває жовтого забарвлення).

Трубку ділильної лійки висушують фільтрувальним папером, органічну фазу переносять у фарфорову чашку, розчинник випаровують на повітрі в затемненому місці.

Проведення хроматографії. Залишок із чашки після випаровування розчинника наносять кількісно на пластинку за допомогою хлороформу. Всі операції виконують при затемненні (використовують чорний папір). Праворуч від плями проби наносять стандартний розчин дитизонату ртуті, який містить очікувану в пробі кількість ртуті. Ліворуч - контрольну пробу. Пластинку розміщують у затемненій камері, яка містить суміш розчинників гексану й ацетону (4:1). Після підйому фронту розчинника на висоту 10 см хроматографування завершують. Про наявність ртуті у пробі свідчить поява на хроматограмі оранжево-червоної плями дитизонату ртуті з R_f 0,42-0,45.

Розрахунок. Кількість ртуті визначають порівнянням інтенсивності забарвлення і площі плям проб і стандартних розчинів. Вміст ртуті у пробі (X , мг/мл або мг/кг) розраховують за формулою:

$$X = \frac{A \cdot 1.4}{B} \quad (5.10)$$

де A - кількість ртуті в наважці аналізованої проби, мкг,

B - об'єм (наважка) проби, взята для аналізу, мл (г);


1,4- коефіцієнт, що враховує відтворюваність методу.

Під час проведення аналізу необхідно враховувати, що використовувані реактиви і матеріали можуть бути забруднені ртуттю. Тому паралельно з пробами потрібно проводити контрольний дослід на чистоту реактивів.



Записати хід роботи в лабораторному журналі. Обчислите вміст Ртуті у досліджуваній пробі ґрунту та зробіть висновок про вплив пестицидів на дихання ґрунту.

РОБОТА № 28. Якісне визначення нітрит- та нітрат-аніонів в ґрунті.

 **Мета роботи:** виявити за допомогою якісного аналізу наявність нітрит- та нітрат-іонів у ґрунтовій витяжці.

Дослід 1. Виявлення нітрит іонів.

Принцип методу. Метод базується на виявленні нітрит-іонів у ґрунтовій витяжці за допомогою реакції з сульфаніловою кислотою і β -нафтолом, реакцію Грісса та йодкрохмальну реакцію.

Матеріали та обладнання. Ґрунтова витяжка, 0,5% розчин сульфанілової кислоти у 2% розчині хлоридної кислоти;

Лужний розчин β -нафтолу (у 40 мл 10%-го розчину гідроксиду натрію розчиняють 2 г β -нафтолу і додають воду до 100 мл);

Реактив Грісса (для одержання цього реактиву готують два розчини: 1 %-й розчин сульфанілової кислоти в 30%-му розчині оцтової кислоти (розчин А) і 0,1 %-й розчин нафтиленаміну в 30%-му розчині оцтової кислоти (розчин Б). Перед використанням реактиву Грісса змішують однакові об'єми розчинів А і Б);
Йодкрохмальний папір (1 г рисового або картопляного крохмалю розтирають у ступці з 5 мл води. Цю суміш постійно вливають при постійному перемішуванні в 100 мл киплячої води і кип'ятять упродовж 2-3 хв. до одержання слабоопалесціючої рідини. До цієї рідини добавляють 0,5 г йодиду калію і ретельно перемішують. Одержаною рідиною просочують смужки фільтрувального паперу, які висушують на повітрі при кімнатній температурі, де немає пари кислот);

1% Розчин хлоридної кислоти, штатив із пробірками, піпетки, годинникове скло.

Хід досліду

1. *Реакція з сульфаніловою кислотою і β -нафтолом.* У маленьку пробірку вносять 1-2 краплі діалізату, додають 2-3 краплі 0,5%-го розчину сульфанілової кислоти у 2%-му розчині соляної кислоти. Після перемішування рідини через 5 хв. додають краплю лужного розчину β -нафтолу. Про наявність нітритів у діалізаті свідчить оранжево-червоне забарвлення, інтенсивність якого залежить від кількості нітритів у пробі. Нітрати не дають цієї реакції.

2. *Реакція Грісса.* У маленьку пробірку вносять кілька крапель діалізату і додають 3-4 краплі реактиву Грісса. За наявності нітритів відразу або через деякий час з'являється червоне забарвлення. Нітрати не дають цієї реакції.

3. *Йодокрохмальна реакція.* На смужку йодокрохмального паперу наносять краплю 1%-го розчину хлоридної кислоти і на те саме місце - 3-4 краплі діалізату. За наявності нітритів у діалізаті на папері з'являється пляма синього кольору.

Дослід . Виявлення нітрат іонів.

Принцип методу. Метод базується на виявленні нітрат-іонів у ґрунтовій витяжці за допомогою реакції з дифеніламіном, бруцином, сульфатом феруму (II) та концентрованою сульфатною кислотою.

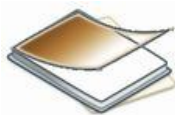
Матеріали та обладнання. *ґрунтова витяжка, 1% розчин дифеніламіну в концентрованій сульфатній кислоті, 0,02% розчин бруцину в конц. сульфатній кислоті, конц. сульфатна кислота, сульфат феруму (II) кристалічний, піпетки, предметне та годинникове скло.*

Хід досліду

1. *Реакція нітратів із дифеніламіном.* На предметне скло наносять 2-3 краплі 1%-го розчину дифеніламіну в концентрованій сульфатній кислоті. До цього розчину додають декілька крапель витяжки. Виникнення синього забарвлення розчину свідчить про наявність нітратів у ґрунтовій витяжці.

2. *Реакція з бруцином.* На годинникове скло наносять кілька крапель витяжки, додають 3 краплі 0,02% розчину бруцину в концентрованій сульфатній кислоті. За наявності нітратів у пробі з'являється червоне забарвлення. Таке саме забарвлення з бруцином дають і нітрити.

3. *Реакція з сульфатом феруму (II) і концентрованою сульфатною кислотою.* На годинникове скло наносять краплю витяжки і окремо краплю концентрованої сульфатної кислоти. Збоку біля нанесеної витяжки вміщують кристалик сульфату феруму (II). Годинникове скло злегка нахиляють так, щоб рідина стікала в бік кристалика сульфату феруму (II). Якщо у витяжці є нітрати, то навколо кристалика сульфату феруму (II) утворюється коричневе кільце.



Запишіть хід дослідів до лабораторного журналу, складіть рівняння проведених якісних реакцій і зробіть висновок про наявність у досліджуваній пробі ґрунту нітрит- та нітрат-іонів.



КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1.Що таке літосфера?
- 2.Поясніть будову земної кори під континентами та під океанами.
- 3.Що таке тектонічні дислокації?
- 4.Наведіть приклади горизонтальних та вертикальних тектонічних рухів?
- 5.Назвіть біогенні корисні копалини.
- 6.Що таке мінеральна сировина?
- 7.Дайте визначення геологічного середовища?
- 8.Назвіть причини нераціонального використання ресурсів надр.
- 9.Назвіть природні і антропогенні чинники, які змінюють структурно-механічні властивості ґрунту.
- 10.Назвіть найважливіші заходи для раціонального використання ресурсів надр.
- 11.На які процеси впливає вологість ґрунту?
- 12.Як пов'язані вологість ґрунту і міграція хімічних елементів у компонентах біосфери?
- 13.Оцініть вологість ґрунту за балами: пісок не відчувається, зразок холодить руки, значно світлішає при висиханні, ґрунт пластичний і формується.
- 14.Чи можуть рослини пристосовуватися до нестачі і надлишку води в ґрунті?
- 15.Яка, на ваш погляд, точність гравіметричного методу визначення вологості ґрунту?
- 16.Поясніть склад ґрунтів?
- 17.Який ґрунт стійкий до розмивання дощами: бідний чи багатий на гумус?
- 18.Який склад має гумус?
- 19.Чи є подібність між біокосними системами: ґрунтом і мулом?
- 20.Після спалювання проби ґрунту, масою 10 г, залишилася зола масою 8,5 г. Чи є даний зразок ґрунту чорноземом?
- 21.Який елементний склад органічної речовини ґрунтів?
- 22.У якому зразку болотного ґрунту буде більше гумусу, взятого на поверхні чи

на глибині 1 м?

23. Які існують методи визначення рН?

24. Чи пов'язана обмінна кислотність з реакціями обміну?

25. У яких одиницях вимірюється гідролітична кислотність?

26. Чи пов'язане приготування ацетатної ґрунтової витяжки обробкою проби ацетатною кислотою?

27. Чи можна за величиною рН встановити гідролітичну кислотність?

28. Які розрізняють види кислотності ґрунту?

29. Визначити концентрацію йонів H^+ (моль/л), якщо гідролітична кислотність ґрунту складає 0,76 ммоль екв/100 г ґрунту.

30. Чому дорівнює концентрація йонів OH^- , якщо гідролітична кислотність ацетатної витяжки ґрунту становить 0,29 ммоль екв/100 г ґрунту?

31. Ґрунт вважається багатофазною системою. Які фази маються на увазі?

32. Які компоненти входять до мінерального складу ґрунту?

33. Які ґрунти є максимально мінералізованими?

34. Які фізичні, хімічні і біологічні фактори впливають на інтенсивність дихання ґрунту?

35. Чи зв'язане дихання ґрунту з окисненням неорганічних речовин?

36. У якому досліді інтенсивність подиху ґрунту буде більше, якщо бюкс з поглиначем знаходиться під посудиною висотою 21 см і діаметром 15 см або якщо при всіх інших рівних умовах розміри посудини: висота - 11 см і діаметр - 10 см?

37. Метод визначення інтенсивності дихання ґрунту є відносним або абсолютно точним?

38. Чи пов'язані між собою такі характеристики ґрунту, як вміст органічної речовини й інтенсивність дихання?

39. Як антропогенне забруднення ґрунту впливає на інтенсивність ґрунтового дихання: а) забруднення нафтопродуктами; б) забруднення важкими металами; в) продукція біотехнологій?

40. Які є відмінності в польових і лабораторних методах визначення інтенсивності ґрунтового дихання?

41. Які існують методи вивчення впливу пестицидів на ґрунт?
42. У чому виявляється негативний вплив надлишку пестицидів у ґрунті?
43. Які речовини використовують для фіксації CO_2 при визначенні інтенсивності дихання ґрунту?
44. Назвіть наслідки застосування пестицидів щодо флори, фауни, людини.
45. Який показник характеризує біологічну активність ґрунту і є сумарним? Що він підсумовує?
46. Як класифікують пестициди за напрямом фізіологічної дії на організми?
47. Як розрізняють пестициди за їх дією на конкретні живі організми?



ЗАДАЧІ

14. Для проведення дослідів у ґрунті треба приготувати 500 мл 20% розчину соляної кислоти. Скільки мл 35% розчину HCl треба взяти, щоб приготувати потрібний розчин? Яка нормальність розчину HCl , який отримали після розведення розчину?

Відповідь: 2,67 мл; 6 н.

15. З повітряно-сухої проби глини 0,9215 г після відповідної обробки отримали осад полуторних оксидів 0,2671 г та SiO_2 0,4596 г. Розрахуйте вміст SiO_2 та Fe_2O_3 у сухому зразку (у відсотках), якщо вміст вологи складає 2,45%.

Відповідь: 51,13 та 29,72%.

16. Для дослідження нітрату калію була взята наважка 0,28 г. При розкладанні її у нітрометрі утворилося 65,20 мл оксиду нітрогену при температурі $18,0^\circ\text{C}$ та тиску 738 мм.рт.ст. Визначити вміст нітрату калію у зразку калійної селітри (у відсотках).

Відповідь: 95,96%.

17. Для визначення нітрогену за К'едалем наважку добрива масою 0,9258 г обробили сірчаною кислотою та після повного розкладення розчин нейтралізували лугом. Аміак відігнали у колбу, яка містила 40,00 мл розчину сульфатної кислоти ($T=0,022960$ г/мл). На титрування надлишку кислоти було використано 28,20 мл розчину гідроксиду натрію ($K=1,2200$ до 0,2 н). Розрахувати вміст нітрогену у зразку (у відсотках).

Відповідь: 17,92%.

18. Для визначення амонійного Нітрогену наважку добрива масою 2,635 г розчинили у мірній колбі місткістю 250 мл. До 25,00 мл отриманого розчину додали формальдегід; кислоту, яка при цьому виділилась відтитрували 18,72 мл розчину NaOH ($T(\text{NaOH})=0,003987$). На титрування формальдегіду у контрольному досліді було витрачено 0,5 мл NaOH. Розрахувати масову долю Нітрогену у добриві (у відсотках) .

Відповідь: 9,65%.

19. Наважку добрива масою 4,026 г розклали під впливом мінеральної кислоти та об'єм розчину довели до 250,00 мл. Пробу 50,00 мл фільтрату після видалення нерозчинного залишку нейтралізували NaOH до появи помутніння, додали ацетатний буферний розчин до рН 4,6 та довели до об'єму 250,00 мл. Для визначення кальцію пробу 25,00 мл отриманого розчину відтитрували 10,02 мл 0,05121 М ЄДТА з флуорексоном. На титрування такої проби розчину з хлором темно-синім для визначення сумарного вмісту кальцію та магнію витратили 18,14 мл того ж розчину ЄДТА. Розрахувати масові долі (%) CaO та MgO у добриві.

Відповідь: 35,75 % CaO та 20,80 % MgO.

20. Для визначення води у ґрунті взяли наважку масою 1,5 г та відтитрували 9,82 мл йодпіринового розчину (SO_2 , I_2 , $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ – реактив Фішера), титр якого встановили за стандартним розчином води у метанолі з $T(\text{H}_2\text{O})=0,010000$. На

титрування 2,00 мл стандартного розчину води затратили 5,85 мл реактиву Фішера. Розрахуйте масову долю (у %) води у ґрунті.

Відповідь: 2,24%.

21. З наважки суперфосфату, який містить 14,50% вологи, масою 0,5302 г отримали 0,3240 л $Mg_2P_2O_7$. Розрахуйте масову долю (у відсотках) P_2O_5 у вологому та сухому суперфосфаті.

Відповідь: 38,98%; 45,59%.

22. З наважки силікатної породи масою 1,0 г отримали 0,1015 г суміші хлоридів натрію та калію. З цієї суміші отримали 0,2040 г K_2PtCl_6 . Розрахувати масові долі (у відсотках) Na_2O та K_2O у силікаті.

Відповідь: 2,06% та 3,95%.

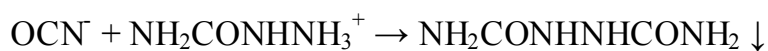
23. Для аналізу зразка торфу відібрана наважка 1,6340 г, з якої після прокалювання до постійної маси було отримано 0,4102 г золи. Яка зольність зразку?

Відповідь: 25,10%.

24. При визначенні аміаку у зразку органічного добрива він осаджений платинохлористоводневою кислотою. Отриманий осад прокалювали до повного розкладання та зважили. Скільки відсотків аміаку містив зразок, якщо наважка була масою 0,1128 г, а маса прокалюваного осаду 0,0984 г?

Відповідь: 15,22%.

25. Яку масу гербіциду, який містить біля 7% $KOCN$, треба взяти для досліду, щоб після осадження ціанату семікарбазидом за реакцією



отримати 0,25 г осаду $(NH_2CONH)_2$.

Відповідь: 2,5 г.

26. З наважки криоліту масою 0,4525 г отримали 0,0809 г Al_2O_3 . Розрахувати масову долю (у відсотках) Na_3AlF_6 у криоліті.

Відповідь: 73,62%.



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Алексахин Р.М., Васильев А.В., Дикарев В.Г. Сельскохозяйственная радиоэкология. – Москва: Экология, 1991. – 396 с.
2. Василенко О.И. Радиационная экология. – Москва: Медицина, 2004. – 213 с.
3. Войткевич Г.В., Мирошников А.Е., Поваренных А.С., Прохоров В.Г. Краткий справочник по геохимии. М.: Недра, 1970. – 280 с.
4. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве / Н.М. Городний, И.А. Мельник, М.Ф. Повхан и др. – К.: Урожай, 1990. – 256 с.
5. Гродзинський Д. Радіобіологія. – К.: Либідь, 2001.
6. Ґрунтознавство з основами геології. Навч. посіб. / О. Ф. Гнатенко, М. В. Капштик, Л. Р. Петренко, С. В. Вітвицький. – К.: Оранта. 2005. – 648 с.
7. Гудков І.М., Вінничук М.М. Сільськогосподарська радіобіологія. – Ж.: 2003. – 470 с.
8. Дуднікова І.І. Екологія і безпека життєдіяльності: Термінологічний словник-довідник / Передм. Ю.С. Шемшученка. – К.: Вища шк., 2005. – 247 с.
9. Корабльова А.І. Екологія: взаємовідносини людини і середовища. – Д.: Центр екон. освіти, 2001.

- 10.Методика комплексного радиоэкологического и социально-экономического изучения сельских районов и хозяйств на загрязненной территории. – К.: МинЧернобыль Украины. – 1991. – 56 с.
- 11.Никитин Д.Н., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек. – М.: Высш. шк., 1980. – 424 с.
- 12.Орлов Д.С. Химия почв: Учеб. для студ. вузов. – М.: МГУ, 1992. – 400с.
- 13.Охорона ґрунтів: Навч. посіб. / М.К. Шикуча, О.Ф. Ігнатенко, Л.Р. Петренко, М.В. Капштик. – К.: Т-во „Знання”, 2000.
- 14.Разделение элементов и изотопов в геохимических процессах. Под ред. Щербины В.В. М.: Наука, 1979. – 232 с.
- 15.Русин Г.Г. Физико-химические методы анализа в агрохимии. – М.: Агропромиздат, 1990. – 303 с.
- 16.Сельскохозяйственная радиоэкология / Р.М. Алексахин, А.В. Васильев, В.Г. Дикарев и др. Под ред. Р.М. Алексахина, Н.А. Коренева. – М.: Экология, 1992. – 400 с.
- 17.Система применения удобрений /Под ред. А. П. Лисовала, - К.: Высш. шк., 1989. – 319 с.
- 18.Хентов В.Я. Химия окружающей среды для технических вузов: Учебное пособие / В.Я. Хентов – Ростов н/Д: „Феникс”, 2005. – 144 с.
- 19.Химия окружающей среды. – Пер. с англ./ Под ред. А.П. Цыганкова. – М.: Химия, 1982. – 672 с.
- 20.Экологические функции литосферы / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, Т.А. Барабошкина и др. М.: МГУ, 2000. – 432 с.
- 21.Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення /За ред. Д. Мельничука, Дж. Хофман, М. Городнього. – К.: Арістей, 2004. – 488 с.

ДОДАТКИ

Таблиця – 1 Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у атмосфері населених пунктів

Речовина	ГДК (максимальна разова), мг/м ³	ГДК (середньодобова) , мг/м ³
Нітробензол	0,008	0,008
Бензол	1,5	1,5
Ацетальдегід	0,1	0,1
Монооксид карбону (СО)	3,0	1,0
Фенол	0,01	0,01
Формальдегід	0,035	0,012
Хлороводень	0,2	0,2
Тетрахлорид карбону	4,0	2,0
Сірчистий газ	0,5	0,05
Сірководень	0,008	0,008
Хром (VI)	0,0015	0,0015
Гідраргірум	0,0003	0,0003
Плюмбум	—	0,0007
Манган і його сполуки	—	0,01
Арсен і його сполуки	—	0,003
Фосфорний ангідрид	0,15	0,05
Кіптява (сажа)	0,15	0,05
Пари сульфатної кислоти	0,3	0,1
Хлор	0,1	0,03
Пари оцтової кислоти	0,2	0,06

Ацетон	0,35	0,35
Нафталін	0,003	0,003
Пеніцилін	0,05	0,002
Аміак	0,2	0,004
Пари фтороводню	0,02	0,005
Диоксид нітрогену	0,085	0,04
Оксид нітрогену	0,6	0,04
Пил нетоксичний	0,5	0,15
Окис ванадію (V)	—	0,002
Бензапірен	—	0,000001

Таблиця – 2 Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у воді водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового водокористування

Назва речовини	ГДК, мг/л
Аміак (за Нітрогеном)	2,0
Амонія сульфат (за N ₂)	1,0
Активний хлор	Відсутня
Ацетон	2,2
Бензол	0,5
Дихлоретан	ОДР 0,02
Ферум	0,3
Кадмій	0,001
Капролактам	1,0
Кобальт	0,1
Силіцій	10,0
Манган	0,1
Купрум	1,0

Нітрати (NO ₃)	45,0
Нітрити (NO ₂)	3,0
Ртуть	0,0005
Натрій	200,0
Нафтопродукти	0,1
Фенол	0,001
Хром (3+)	0,5
Хром (6+)	0,05
Цинк	1,0
Етиленгліколь	1,0

Таблиця – 3 Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у питній воді

Речовина	ГДК, мг/л	Речовина	ГДК, мг/л
Арсен (загальний)	0,05	Ферум	0,5
Ацетати	45	Флуориди	0,75
Дихлорфенолоцтова кислота	1	Форміати	45
Ефіророзчинні речовини	0,1	Фосфати	1
Купрум	0,1	Фосфорорганічні пестициди	0,03
Нафтопродукти	0,1-0,3	Хлориди	100
Нітрати	45	Хром (загальний)	0,5
Нітрити	0	Хром (VI)	0,01
Сульфати	500	Ціаніди	0
Феноли	0,001		

Таблиця - 4 Значення ГДК хімічних речовин в ґрунтах

Назва речовини	ГДК, мг/м ³
Ванадій	150
Кобальт (рухлива форма)	5,0
Манган, вилучений з:	
– чорнозему	700
– дерно-підзолистого ґрунту:	
рН= 4	300
рН= 5,1-5,9	400
рН= 6	500
Купрум (рухлива форма)	3,0
Нікол	4,0
Гідраргірум	2,1
Плюмбум	32
Плюмбум (рухлива форма)	6,0
Хром	6,0
Цинк	23
Нітрати	130
Арсен	20
Сірководень	0,4
Фосфор (суперфосфат)	200
Фториди — водорозчинна форма	10
Бензол	0,3
Ізопропілбензол	0,5
Ксилоли	0,3
Стирол	0,1
Толуол	0,3

Рідкі комплексні добрива з додаванням мангану	80
Азотно-калійні добрива	120
Поверхнево активні речовини	0,2

Таблиця – 5 Дозволені рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді (ДР-97).

№ п/п	Назва продукту	^{90}Sr (Бк/кг, Бк/л)	^{137}Cs (Бк/кг, Бк/л)
1	Хліб, хлібопродукти	5	20
2	Картопля	20	60
3	Овочі (листові коренеплоди, столова зелень)	20	40
4	Фрукти	10	70
5	М'ясо і м'ясні продукти	20	200
6	Риба і рибні продукти	35	150
7	Молоко і молочні продукти	20	100
8	Яйця (в одному яйці)	2	6
9	Вода	2	2
10	Молоко згущене і концентроване	60	300
11	Молоко сухе	100	500
12	Свіжі дикоростучі ягоди і гриби	50	500
13	Сушені дикоростучі ягоди і гриби	250	2500
14	Лікарські рослини	200	600
15	Інші продукти	200	600
16	Спеціальні продукти дитячого харчування	5	40

Таблиця – 6 Перелік мінеральних добрив, дозволених для використання в сільському господарстві України

Азофоска	- ТУ 113-03-466-91
Амофос	- ГОСТ 18918-85 (СТ СЭВ 3372-81)
Борошно вапняне	- ГОСТ 14050-78
Борошно вапнякове	- ТУ У 18.00373712.002-94
Борошно фосфористе	- ГОСТ 5716-78
Вапняно-амоніакова селітра	- ТУ У 04687867-017-94
Діамофос добривний	- ТУ 113-03-5761652-24-22
Діамонійфосфат	- ГОСТ 8515-75
Діамонійфосфат	- ТУ 113-05766356-24-93
Добриво калій-магнієве композиційне	- ТУ 113-13-98-03-91
Каїніт природний	- ТУ 113-13-8-83
Каліймагnezія порошкоподібна для роздрібної торгівлі	- ТУ 113-13-98-01-91
Калій сірчаноокислий добривний	- ТУ 113-13-17-83
Калій хлористий	- ГОСТ 4568-83
Карбамід	- ГОСТ 2081-92
Нітроамофоска	- ГОСТ 19691-84
Нітроамофоска М	- ТУ У 05792891.005-94
Нітрофоска	- ГОСТ 11365-75Е
Нітрофоска «Стимул»	- ТУ 113-08-636-89
Селітра амонійна	- ГОСТ 2-85Е
Селітра калійна технічна	- ГОСТ 19790-74
Селітра кальційована	- ТУ 113-03-3005-91
Сульфат амонію	- ГОСТ 9097-82Е

Сульфат натрію безводний	- ГОСТ 564475
Суперфосфат амонізований	- ТУ 113-08-0209431-119-31
Суперфосфат гранульований із апатитового концентрату без домішок і домішками мікроелементів	- ГОСТ 5956-78
Суперфосфат подвійний гранульований	- ГОСТ 16308-80Е
Фосфогіпс	- ТУ 113-57-8-89

Таблиця -7 Методи визначення токсичних речовин у стічних водах.

Речовина	Метод визначення	Нижня межа визначаємих концентрацій, мг/л	Селективність
Арсен	Фотометричний діетилдитіокарбамінатом срібла	0,05	++
	Колориметричний	0,002	+
Ртуть	Фотометричний з дитізоном	0,025	-
	Атомно - абсорбційний (непламєневий варіант)	0,0002	++
Свинець	Фотометричний з діетилдитіокарбамінатом натрію	0,05	++
	Спектрографічний (з порожнім електродом)	до 4 мкг в пробі	++

	Полярграфічний	0,05	+
	Атомно - абсорбційний	1,0	++
Тетраетил-свинець	Фотометричний за реакцією із сульфарсазеном	0,002	+
Олово	Фотометричний з роданідом і метилфіолетовим	0,002	+
	Спектрографічний (з порожнім електродом)	до 1,2 пробі	++
	Атомно - абсорбційний	10	++
Кадмій	Фотометричний з дитізоном	0,001	-
	Полярграфічний	0,01	+
	Атомно - абсорбційний (пламневий варіант)	0,05	++
Хром	Фотометричний з дифенілкарбазидом	0,001	+
	Полярграфічний	0,1	+
	Атомно - абсорбційний	0,2	++
Цинк	Комплексонометричний	5	-
	Фотометричний із цинконом	0,005	+
	Полярграфічний	0,01	+
	Спектрографічний	до 7,5 в пробі	++
	Атомно - абсорбційний	0,1	++
Арсен	Фотометричний диетилдитіокарбамінатом срібла	0,05	++
	Колориметричний	0,002	+

Ртуть	Фотометричний з дитізоном	0,025	-
	Атомно - абсорбційний (непламневий варіант)	0,0002	++
Натрій	Полум'яно - фотометричний	0,1	+
Калій	Полум'яно - фотометричний	0,1	+
Фосфат	Фотометричний з молібдатом	0,005	+
Загальний фосфор (карбофос, меркалтофос, метафос, метилацетофос, фосфамид, хлорофос, бутифос і ін.)	Фотометричний з молібдатом	0,005	+
	Фотохімічне окислювання	0,005	+
Ціаніди (прості й комплексні)	Фотометричний з піридином і бензидином	0,05	+
	Фотометричний з барбітурової кислотою й піридином	0,05	+
Меркаптани	Титриметричний	-	+
Нафта (нафтопродукти, гас, бензин)	Колоночна хроматографія із гравіметричним, спектрофотометричним, газохроматографічним закінченням	0,05	++
Хлорорганічні сполуки (ДДТ, ліндан, токсафен,	Тонкошарова роматографія	0,0005	++
	Газорідинна	0,0001	++

дильдрин, альдринметоксихлор)	хроматографія		
Феноли (фенол, крезол, ксиленол, гваякол, тимол і ін.)	Фотометричний з п- нітроаніліном Фотометричний з 4- аміноантипірином	0,005 0,01	+ +
Нелітки феноли (резорцин, пірокатехин, гідрохінон, альфа-, бета-нафтоли)	Тонкошарова хроматографія	0,05-0,2	++
Чотирихлористий карбон	Фотометричний	0,1	+
Бензол і толуол	Фотометричний Полярнографічний	0,005 0,1	+ +
Ацетон	Фотометричний з фурфуролом	0,25	+
Метанол	Фотометричний	0,2	+

Таблиця - 8 Методи визначення токсичних речовин у ґрунтах

Речовина	Метод визначення	Нижня межа визначасмих концентрацій, мг/л	Селективність
Плюмбум	Полярнографічний	10	+
Ртуть	Спектрографічний	0,001	++
Хром (IV)	Полярнографіческий	0,1	+
Манган	Фотометричний	166	+
Ванадій	Фотометричний	6	+

Фосфор (загальний)	Фотометричний	25	+
Арсен	Паперова хроматографія	0,001	++
Кельтан	Тонкошарова хроматографія	0,005	++
Ізопропілбензол	Газова хроматографія	0,01	++
Альфа-Метилстирол	Газова хроматографія	0,01	++
Дилор	Тонкошарова хроматографія	0,005	++
Гептахлоран	Тонкошарова хроматографія	0,001	++
Цинеб	Фотометричний	0,05	+
Пропанид	Тонкошарова хроматографія	0,01	++
Гардона	Тонкошарова хроматографія	0,01	++
Банвел-Д	Тонкошарова хроматографія	0,2	++
Формальдегід	Колориметричний	0,05	-
Базудин	Газорідинна хроматографія	0,02	++
Метафос	Тонкошарова хроматографія	0,166	++
Рогор	Газорідинна хроматографія	0,05	++
	Тонкошарова хроматографія	0,1	++
Фгалофос	Тонкошарова хроматографія	0,02	++
Прометрин	Тонкошарова	0,1	++

	хроматографія		
Хлорофос	Тонкошарова хроматографія	0,03	++
Карбофос	Тонкошарова хроматографія	0,02	++
Хлорамін	Тонкошарова хроматографія	0,16	++
Бенз(а)піфрен	Флуоресцентний	10^{-6}	+

Таблиця - 9 Методики визначення токсичних речовин в атмосфері

Речовина	Метод визначення	Нижня межа визначаємих концентрацій, мг/м ³	Селективність
Гідраргірум	Фотометричний з іодидом калію	0,0006	+
	Атомно - абсорбційний	0,0003	++
Плюмбум Тетраетилсвинец	Фотометричний	0,001	+
	Нефелометричний з іодидом та хроматом калію	0,004	+
	Газова хроматографія	0,0025	++
Манган	Фотометричний з персульфатом амонію	0,001	+
Хлор	Фотометричний з метилоранжем	0,012	-
Хлористий гідроген	Нефелометричний з нітратом аргентуму	0,1	+

Диоксид сульфуру	Фотометричний	0,003	+
Сірководень	Турбидиметричний з хлоридом барію	0,08	+
	Фотометричний з нітратом аргентуму	0,004	+
	Газова хроматографія	0,002	++
Карбону оксид	Газова хроматографія	0,1	++
Аміак	Фотометричний з гіпохлоритом та фенолом	0,06	+
	Фотометричний з реактивом Несслера	0,06	+
	Нітрогену оксид	Фотометричний з реактивом Грісса	0,013
Пропілен	Газова хроматографія	0,06	++
Окис пропілену	Газова хроматографія	0,02	++
Бензол	Фотометричний з нітруванням	0,04	+
Ізопропілбензол	Фотометричний з нітруванням	0,008	+
Ізопропіловий спирт	Фотометричний з саліциловим альдегідом	0,22	+
Фенол	Фотометричний з п-нітроаніліном	0,004	+
Ацетон	Фотометричний	0,13	++
	Газова хроматографія	0,16	++
Фурфурол	Фотометричний	0,03	++
Формальдегід	Фотометричний з хромотроповою кислотою	0,011	-
Малеїновий ангідрид	Фотометричний,	0,05	+

	окисленням з перманганатом калію		
Фталевий ангідрид	Фотометричний з арсеназо	0,05	+
Епіхлоргідрин	Фотометричний з йодною кислотою	0,1	+
Тетрахлоретилен	Газова хроматографія	0,01	+
Акрилонітрил	Газова хроматографія	0,025	++

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Адсорбція* 83
Адсорбент 83
Адсорбат 83
Абсорбція 79
Абсорбент 79
Абсорбтив 79
Акарициди 232
Аспіраційний метод 27
Атмосфера 58
- Бактерициди* 232
Батометр 33
Біологічна потреба кисню 155
Біохімічні методи 86
Болота 120
- Вода* 122
Водокористування 134
Вторинна переробка нафти 167
- Геологічне середовище* 197
Геологічна ерозія 208
Гербициди 232
Гетеросфера 59
Гідроген 123
Гідросфера 119
Гравітаційне осадження 76
- Грунт* 186
Грунтовий розчин 190
Грунтове повітря 192
Гомосфера 58
Гуміфікація 188
Гумінові кислоти 195
Гумін 218
Гумус 218
Гумусові речовини 195
- Деструкція ґрунту* 237
Десорбція 79
Дефлоранти 232
Дистанційний метод 30, 36
Довготермінові зміни 202
- Екстракція нафти* 168
Ерозія 208
- Зооциди* 232
Запах води 149
Зональність ґрунту 37
Змішані проби 32
- Індекс забрудненості атмосфери* 31
Іонізаційна камера 52
Іонізаційний метод 51

Інерційне осадження 76
Інсектициди 232
Інгібітори біосинтезу 232

*К*онтактний метод 30, 36
Карбонатна твердість води 162
Каталітичний метод 84
Каламутність води 151
Концентрування проб води 34
Колообіг води 129
Колір води 146
Короткотермінові зміни 202
Кислотність ґрунтів 220

*Л*ітосфера 183
Локальне забруднення 199
Льодовики 132

*М*етан 71
Мезосфера 59
Метан 71
Мінералізація води 159
Мінеральний склад ґрунту 225

*Н*афта 166
Неконтактний метод 37
Некарбонатна твердість води 162

Озера 120
Озон 70

Озонні методи 86
Одноразовий відбір проб 32
Океан 129
Оксиген 123
Органічна частина ґрунту 194
Органолептичний метод 30
Очищення газів 75

*П*ервинна переробка нафти 166
Педосфера 187
Пестициди 232
Поглиначі 30
Плазмохімічний метод 86
Плазмокаталітичний метод 86
Промені (β -, α -, γ -) 50
Прозорість води 149
Прості проби 32
Прискорена ерозія 209
П'ятидобова проба БПО 155

*Р*ічки 120
Регіональне забруднення 199

*С*тимулятори росту 232
Сильно забрудненні ґрунти 200
Стала твердість води 162
Стратосфера 58
Серійний відбір проб 32
Середньо забрудненні ґрунти 200
Смак води 149

Слабко забрудненні ґрунти 200

Сцинтиляційний метод 51

*Т*вердість води 161

Тверда фаза ґрунту 193

Тератогенна дія 231

Термічний дожиг 86

Тропосфера 58

Тимчасова твердість води 162

Турбідиметрія 151

*Ф*унгіциди 232

Функції ґрунту 187

Фульвокислоти 196

Фільтрація 77

Фонове забруднення 199

Фотографічний метод 51

Фотокаталітичний метод 87

Фотосинтез 63

Хімічний метод 51

Хемосорбція 79

Хроматографічний поділ 169

*Ц*икл Чепмена 70

*Ч*ас самоочищення 213