

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

О.Ю. Сухарева, Я.Р. Базель, С.М. Сухарев

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з курсу
“АНАЛІЗ ПРИРОДНИХ ОБ’ЄКТІВ І ПРОДУКТІВ
ХАРЧУВАННЯ”**

Частина 2

Ужгород – 2006

Методичні вказівки доповнюють теоретичне навчання студентів і у відповідності з програмою курсу “Аналіз природних об’єктів і продуктів харчування”, містять опис лабораторних робіт по фізико-хімічним, хімічним та радіометричним методам аналізу природних об’єктів та продуктів харчування. Методичні вказівки містять матеріали для самостійної роботи студентів, варіанти програмного контролю знань. В частині 2 описані основні методики контролю стану об’єктів довкілля.

Пропоновані Методичні вказівки до лабораторних робіт будуть корисними при вивченні навчальних дисциплін “Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища”, “Моніторинг об’єктів довкілля”, “Аналіз промислових об’єктів”, тощо.

Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Аналіз природних об’єктів і продуктів харчування” розраховані на студентів хімічного факультету спеціальностей 6.070300 – “Хімія” та 6.070800 – “Екологія та охорона навколишнього середовища”.

Рекомендовано
Методичною комісією та Радою хімічного факультету УжНУ

Автори:

Сухарева Оксана Юрївна, к.х.н., доцент кафедри аналітичної хімії;

Базель Ярослав Рудольфович, д.х.н., професор, завідувач кафедрою аналітичної хімії;

Сухарев Сергій Миколайович, к.х.н., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища.

Рецензенти:

Балог Йосип Степанович, д.х.н., професор кафедри аналітичної хімії;

Чундак Степан Юрійович, д.х.н., професор, завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища.

Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Аналіз природних об’єктів і продуктів харчування”. Частина 2. – Ужгород, Ужгородський національний університет, 2006. – 50 с. Наклад 100 примірників.

I. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ І МЕТОДОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ОБ'ЄКТІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Мета будь-яких аналітичних досліджень (кількісне визначення) – знаходження результату, який якомога близький до істинного вмісту речовини в пробі, а основна вимога до аналізу – щоб одержані результати відображали істинний вміст компоненту в пробі.

В процесі хімічного аналізу всі операції (за виключенням вимірювання) носять підлеглий характер і служать для створення умов, при яких вимірювання дають результати, які відповідають поставленій аналітичній меті. Як зазначалось, цінність інформації про речовину залежить від того, наскільки результати вимірювання відповідають істинному стану аналізованого об'єкту та його складу.

В аналітичному процесі розрізняють принцип, метод та спосіб аналізу. Під принципом розуміють вибір фізичної величини, яка необхідна для одержання аналітичної інформації. Метод аналізу включає підготовку проби, вимірювання величин та обробку результатів. В способі (методиці) аналізу описуються особливості відбору проби, її розмір, вказуються особливості пробопідготовки, необхідні реагенти та обладнання, характеристики приладів, порядок вимірювання, спосіб градування, можливі джерела похибок, тощо. Все сказане можна відобразити загальною схемою аналітичного процесу, яка представлена на рисунку 1.

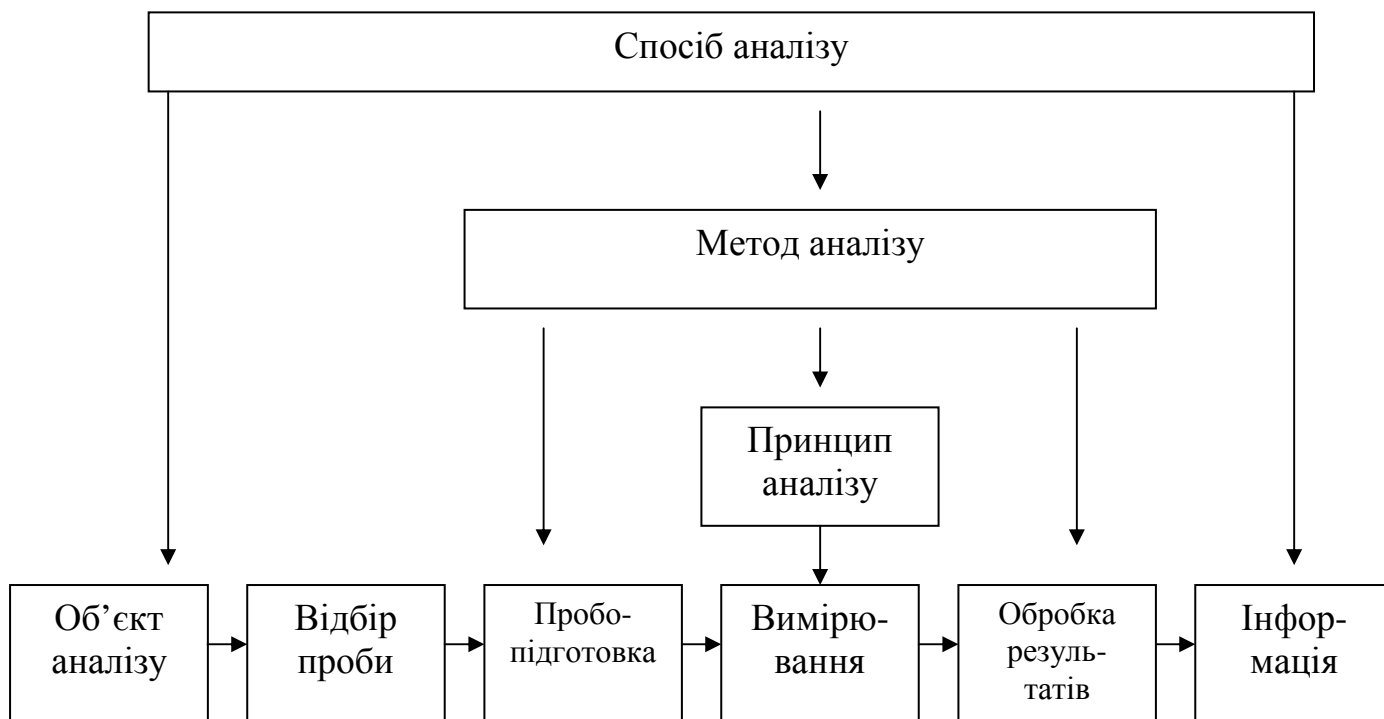


Рис. 1. Схема аналітичного процесу.

Отже, аналіз будь-якого природного об'єкту проводиться за певною схемою. В цілому, основними етапами аналізу є вибір методу (I), відбір проби

(II), підготовка проби до аналізу (III), виконання аналізу та вимірювання аналітичного сигналу (IV), статистична обробка результатів аналізу (V).

Надзвичайно різноманітний хімічний склад об'єктів природного середовища лише в окремих випадках дозволяє провести аналіз безпосередньо за етапами I-V, не використовуючи допоміжні операції, які відображені в наступній схемі аналітичного процесу (рис. 2)

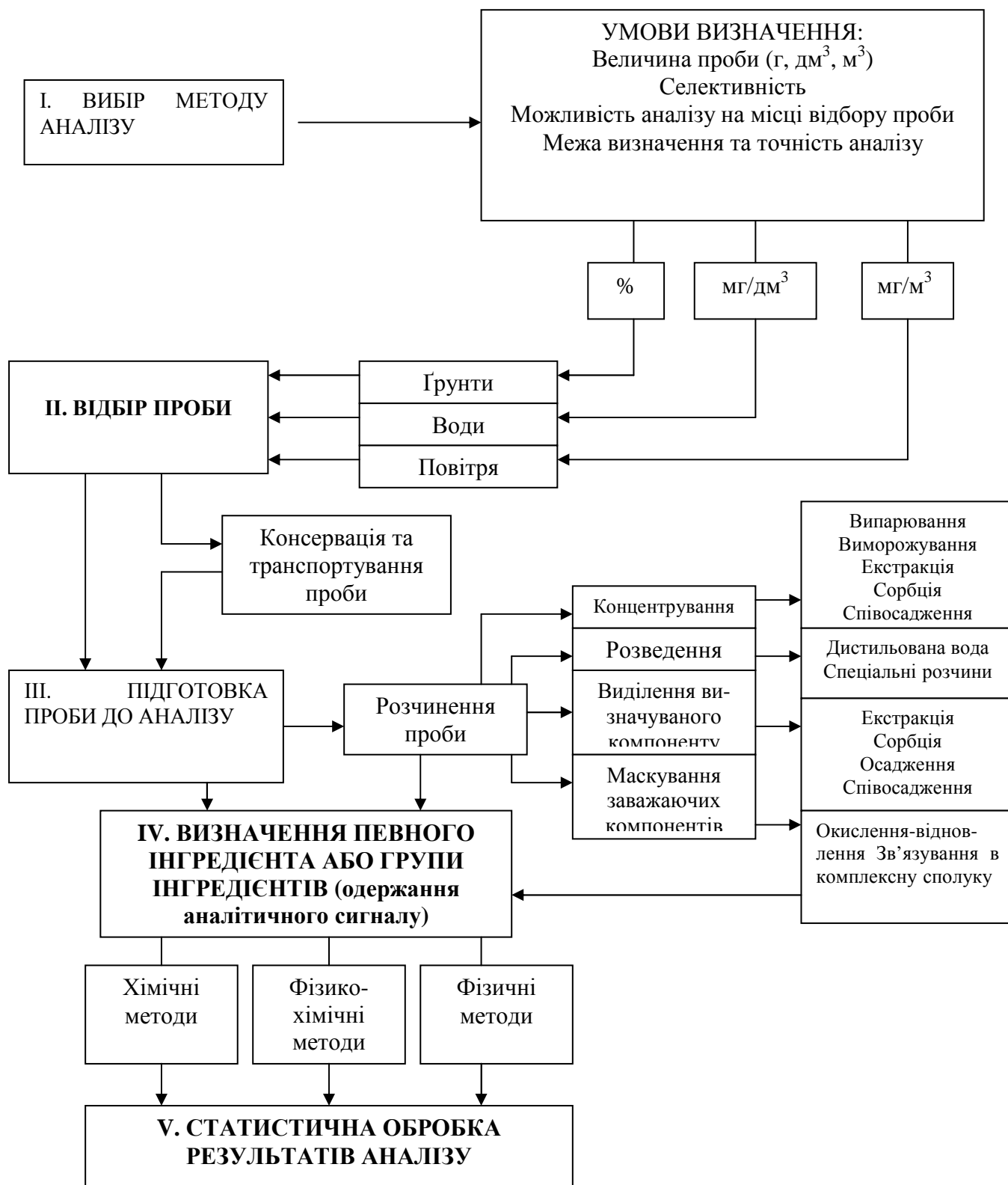


Рис. 2. Загальна схема аналізу об'єктів природного середовища.

Для вибору методу аналізу об'єктів природного середовища необхідні здоровий глузд, знання переваг та обмежень (недоліків) різноманітних методів аналізу, а також володіння літературною інформацією по даному об'єкту, оскільки в кожному конкретному випадку оцінка всіх вищенаведених критеріїв та безпосередньо і сам аналіз є дуже індивідуальними.

Не можна не згадати в даному розділі і про роль методів аналізу, які використовуються для контролю стану об'єктів довкілля. Це і фізичні, і хімічні, і фізико-хімічні методи аналізу. Всі вони різняться своїми метрологічними характеристиками і використання кожного з них обумовлюється особливостями як самих об'єктів, так і методологією аналізу.

Слід зауважити, що чіткого розмежування між хімічними, фізико-хімічними та фізичними методами немає. В табл. 1 показана загальна характеристика методів, які використовують для аналізу об'єктів природного середовища.

Таблиця 1.

Загальна характеристика методів аналізу об'єктів довкілля

Показники	Методи аналізу		
	Хімічні	Фізико-хімічні	Фізичні
Мінімальна визначувана концентрація (без концентрування), мг/дм ³	1,0 – 0,1	0,05 – 0,005	0,01 – 0,001
Точність аналізу, % відн.	0,01 – 0,5	1 – 10	2 – 20
Селективність	добра	висока	дуже висока
Тривалість аналізу (без підготовки проби), хв.	30 – 200	15 – 60	10 – 30
Ціна вимірювальної апаратури (у відн. одиницях)	1	20 – 100	100 – 500
Можливість швидкого виконання масових аналізів	низька	середня	висока
Необхідність обслуговуючого персоналу	не потрібно	бажанно	обов'язково
Зручність автоматизації	низька	середня	Висока

Чутливість методів виражена в мг/дм³ враховуючи, що в переважній більшості випадків визначувані компоненти перебувають у розчиненому стані (природні води) або переводяться в розчин в процесі пробопідготовки до аналізу (грунти та повітря).

Дані таблиці 1 є орієнтовними, оскільки наведені в ній показники узагальнені. Крім цього, можливості методу вимірювання аналітичного сигналу часто залежать від хімічного складу об'єктів аналізу та властивостей компоненту.

Аналіз даних таблиці 1 показує, що найбільш точними і дешевими є хімічні методи аналізу, хоча вони досить тривалі та трудомісткі (особливо гравіметрія) і мало придатні для автоматизації.

Найбільш чутливими, селективними та експресними є фізичні методи аналізу, але найбільш зручними, досить чутливими, точними та селективними є фізико-хімічні методи аналізу.

При аналізі об'єктів довкілля, особливої уваги слід приділяти визначенню токсичних речовин, концентрації яких в об'єктах зникаюче малі. В цьому випадку завданням хімічного аналізу є визначення ультрамікрокількостей одних речовин в присутності великих кількостей інших речовин (елементів), які складають основу об'єкту дослідження. Аналіз таких об'єктів повинен базуватись на методах, які дозволяють визначати гранично малі кількості речовин.

Таблиця 2.

Характеристика та межі застосування аналітичних методів

Метод	Визначуваний вміст, %	Відтворюваність	Примітка
1	2	3	4
Гравіметрія	10^{-1} -1 г	1×10^{-5}	Визначення великих кількостей речовини з високою точністю
Титриметрія	10^{-1} - 10^{-2} г 10^{-6} - 10^{-4}	1×10^{-3} 1×10^{-2}	Визначення великих вмістів речовин (візуальна індикація) та малих (інструментальна індикація)
Тонкошарова хроматографія	10^{-5} - 10^{-3} г	0,05-0,5	Напівкількісний та кількісний метод визначення малих кількостей речовин
Газова хроматографія	10^{-1} - 10^2 10^{-2} - 10^{-3}	10^{-3} 0,1	Аналіз твердих, рідких та газоподібних речовин (переважно органічних)
Рідинна хроматографія	10^{-7} - 10^{-4}	0,01-0,2	Визначення слідових кількостей органічних речовин
Кулонометрія	10^{-1} -1 10^{-3} - 10^{-1} 10^{-9} - 10^{-4}	10^{-5} 10^{-4} 10^{-2}	Визначення речовин, здатних змінювати ступінь окиснення з високою точністю
Іонометрія	10^{-4} - 10^{-2}	0,01-0,05	Визначення малих кількостей іонів у водах
Полярнографія спеціальна	10^{-7} - 10^{-3}	2×10^{-4} -0,2	Визначення ~ 80 елементів, здатних окислюватись або відновлюватись
Молекулярна абсорбційна спектроскопія (УФ, видима)	10^{-2} - 10^{-7}	0,01-0,1	Найбільш поширений метод визначення малих та слідових кількостей речовин
Рентгенівська флуоресцентна спектрометрія	10^{-3} - 10^{-2}	10^{-3} -0,03	Аналіз твердих речовин
Нейтронно-активаційний аналіз	10^{-5} - 10^{-4} 10^{-7} - 10^{-6}	0,02-0,05 0,02-0,10	Визначення домішок без руйнування матриці

1	2	3	4
Атомно-абсорб. спектроскопія: полум'яна безполум'яна	10^{-7} - 10^{-3} 10^{-15} - 10^{-9}	5×10^{-3} - 2×10^{-2} 0,02-0,10	Визначення послідових та малих кількостей речовин
Атомно-емесійна спектроскопія: іскрова дугова полум'яна	10^{-3} - 10^{-1} 10^{-6} - 10^{-2} 10^{-7} - 10^{-2}	0,05-0,10 0,10-0,20 10^{-3} - 10^{-2}	Якісний аналіз твердих та рідких речовин; Визначення малих вмістів; Визначення послідових кількостей; Визначення лужних та лужно-земельних елементів
Масс-спектрометрія в різних варіантах	10^{-2} - 10^{-1}	10^{-3} -0,20	Найбільш точний метод визначення послідових кількостей складних речовин

II. КОНТРОЛЬ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Атмосферне повітря є найбільш лабільним середовищем і концентрація компонентів у ньому може швидко змінюватися в широких межах. В залежності від мети проведення визначення інгредієнтного забруднення повітря, відбір проб повітря можуть проводити на різних висотах (1 м над рівнем землі, висота флюгера – 10 м над рівнем землі, тощо). Слід зазначити, що результати аналізу повітря є основним джерелом інформації про його стан, тому особливої уваги приділяють достовірності, оперативності та повноті одержаної інформації, яка використовується для розробки ефективних заходів по захисту атмосферного повітря від забруднення.

Як правило, основною метою аналізу атмосферного повітря, є визначення його відповідності санітарно-гігієнічним нормам, зокрема порівнюють одержані результати аналізу з відповідними значеннями граничнодопустимих концентрацій (ГДК) для забруднювальних речовин.

Міністерством охорони здоров'я України встановлено ГДК для понад 1000 хімічних речовин, але ГДК встановлюють в залежності від часу перебування людей в зоні дії забруднювальних речовин і від контингенту людей, що піддаються дії шкідливих факторів.

Для селітебних зон (територія міста, селища тощо) встановлюються дві величини ГДК забруднювальних атмосфери речовин – максимально разова ($ГДК_{MR}$) та середньодобова ($ГДК_{CD}$). В селітебних зонах можуть знаходитись люди всіх категорій (в т.ч. діти, люди похилого віку і люди з послабленим здоров'ям, тощо) і, в залежності від часу перебування людей в зоні, встановлюються відповідні $ГДК_{MR}$ та $ГДК_{CD}$.

$ГДК_{MR}$ встановлюється для речовин, що здатні викликати гострі рефлекторні реакції у людей, наприклад, лакриматорна дія, подразнення слизових оболонок, відчуття запаху, тощо. Метою $ГДК_{MR}$ є попередження гострих реакцій організму людини на наявність в атмосферному повітрі забруднювальних речовин при короткотривалій дії (20-30 хв.).

ГДК_{МР} встановлюється для зон розсіювання або розповсюдження забруднювальних атмосферних речовин в межах селітебних зон. В цих зонах не будують житлових та інших будівель, місць тимчасового перебування людей, тощо. Людина в цій зоні може опинитись випадково і має покинути її протягом невеликого часу.

ГДК_{СД} встановлюється для всіх забруднювальних атмосферних речовин з метою попередження негативних змін у стані здоров'я людей і нащадків у першому поколінні при необмежено тривалій щоденній дії шкідливих речовин на людину. Величини ГДК_{СД} встановлюються для житлових районів.

Із визначень і мети ГДК_{МР} та ГДК_{СД} зрозуміло, що величина ГДК_{МР}, як правило, є більшою за величину ГДК_{СД} для однієї і тієї ж самої речовини.

Для робочої зони встановлюються ГДК робочої зони (ГДК_{РЗ}). Робочою зоною вважається простір до висоти 2 м, де робітник постійно або тимчасово перебуває. При встановленні ГДК_{РЗ} передбачається, що люди, які перебувають в цій зоні, є відносно здоровими, періодично проходять медичний огляд і перебувають в цій зоні обмежений час (тривалість робочого дня). Метою ГДК_{РЗ} є попередження відхилення у стані здоров'я людей, що виявляються сучасними методами, при дії шкідливих речовин протягом всього трудового стажу при тривалості робочого тижня не більше ніж 40 годин. ГДК_{РЗ} може бути вища за ГДК_{МР} чи ГДК_{СД}, тому що впливу шкідливої речовини піддаються люди відносно здорові.

! Метою всіх величин ГДК є, в першу чергу, захист здоров'я людей від негативного впливу шкідливих речовин. В табл. 3 приведені деякі величини ГДК забруднювальних атмосферних речовин.

Таблиця 3

Граничнодопустимі концентрації забруднювальних речовин в повітрі

Забруднювальна речовина	ГДК, мг/м ³		
	ГДК _{МР}	ГДК _{СД}	ГДК _{РЗ}
Пил нетоксичний, цемент	0,5	0,15	5,0
Діоксид Сульфуру (SO ₂)	0,5	0,05	1,0
Діоксид Нітрогену (NO ₂)	0,085	0,04	2,0
Оксид Карбону (CO)	5,0	3,0	20,0
Сірководень (H ₂ S)	0,03	0,005	—
Аміак	0,2	0,04	5,0
Сажа	0,15	0,05	3,0
Сполуки Плюмбуму	0,03	0,0003	0,05
Пари Меркурію	0,01	0,0003	0,01
Фенол	0,01	0,003	0,3
Формальдегід	0,035	0,003	0,5
Метиловий спирт (метанол)	1,0		5,0
Бензен	1,5		15/5
Бенз(а)пірен	—	0,000001	—

При одночасній наявності у повітрі декількох забруднювальних речовин оцінку якості атмосферного повітря слід проводити з врахуванням характеру дії шкідливих речовин на організм людини. Якщо забруднювальні повітря речовини при одночасній їх присутності мають різнонапрявлену дію на організм людини, то величина їх концентрації визначається відповідними величинами ГДК в залежності від зони. При однонапрявленій дії на організм людини забруднювальних атмосферне повітря речовин, їх концентрація регламентується безрозмірним коефіцієнтом g , який повинен задовольняти умові:

$$g = \frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1,$$

де: n – кількість забруднювальних атмосфери речовин;

C_1, C_2, \dots, C_n – фактична концентрація відповідних шкідливих речовин в повітрі, мг/м^3 ;

$ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ – відповідні значення граничнодопустимих концентрацій цих речовин в повітрі, мг/м^3 .

В кожному конкретному випадку, при забрудненні повітря кількома забруднювальними речовинами, слід враховувати можливий характер їх комплексної дії на організм людини.

Ефект сумачії, тобто однонапрявлений характер впливу, мають такі речовини:

- ацетон, фурфурол, формальдегід, фенол;
- всі хлорорганічні пестициди;
- озон, діоксид Нітрогену та формальдегід;
- діоксид Сульфуру та аерозолі сульфатної кислоти;
- діоксид Сульфуру та сірководень, тощо.

В окремих випадках, при одночасній присутності у повітрі кількох забруднювальних речовин, може спостерігатись явище потенціонування або синергетизму. Під *потенціонуванням* розуміють взаємне підсилення впливу двох або більшої кількості забруднювальних повітря речовин, при якому сумарний ефект їхньої шкідливої дії перевищує суму ефектів, що виникають при ізольованій дії кожного з цих забруднювальних повітря речовин.

Ефект потенціонування притаманний таким речовинам:

- флюористий Гідроген та фториди з коефіцієнтом 0,8;
- бутилакрилат та метилметакрилат з коефіцієнтом 0,8 тощо.

Значення коефіцієнтів потенціонування повинні відповідати коефіцієнту g при комплексній оцінці впливу шкідливих речовин.

Величини ГДК забруднювальних повітря речовин періодично переглядаються з врахуванням нових даних про токсичність відомих речовин, а переліки поповнюються новими шкідливими речовинами. У відповідності із Законом України “Про охорону атмосферного повітря”, нормативи граничнодопустимих концентрацій забруднювальних повітря речовин та рівні шкідливого впливу фізичних і біологічних факторів є єдиними для всієї території України. Для курортних, лікувально-оздоровчих, рекреаційних та

інших окремих районів можуть встановлюватись більш суворі нормативи якості атмосферного повітря. *Дотримання вимог нормативів ГДК гарантує екологічно безпечний стан атмосферного повітря.*

2.1. Основні правила пробовідбору повітря.

Вимоги до методів відбору проб повітря регламентуються ГОСТ 17.2.6.01-86. Відбір проб повітря для аналізу проводять, переважно, за допомогою аспіраційних пристроїв, пропускаючи повітря через поглинювальну систему – рідкі поглинувачі, тверді сорбенти або фільтруючі матеріали. При відборі проб повітря слід враховувати агрегатний стан визначуваного компонента, попередню оцінку якого проводять на підставі летючості сполук. *Враховуючи агрегатний стан визначуваного компонента, величину його ГДК в повітрі та чутливості вибраного методу аналізу вибирають поглинювальну систему та об'єм повітря необхідний для проведення дослідження.* В більшості випадків, процес відбору повітря поєднується з процесом концентрування мікродомішок.

Оптимальний об'єм проби повітря (m^3), який відбирають для аналізу, визначають за формулою:

$$V = \frac{a \times V_0}{V_n \times C \times K}, \text{ де}$$

a – нижня межа визначення інгредієнту (токсиканту), мг; V_0 – загальний об'єм поглинювального розчину, cm^3 ; V_n – об'єм аліквоти, який взятий для аналізу, cm^3 ; C – граничнодопустима концентрація визначуваного інгредієнту, mg/m^3 ; K – коефіцієнт, який відображає частку величини ГДК ($1/2, 1/4 \dots$), як правило $1/2$.

Визначений об'єм повітря є достатнім і необхідним, адже якщо об'єм відібраного для аналізу повітря буде меншим, то це унеможливить проведення аналізу, а якщо об'єм повітря буде більшим – це призведе до надмірних витрат робочого часу.

Відбір проб повітря шляхом аспірації через рідкі поглинювальні системи є найбільш простим та ефективним способом при визначенні парогазуватих речовин (але непридатний при визначенні твердих аерозолів). При цьому визначувані компоненти розчиняються або вступають в хімічну взаємодію з реагентами, які містяться у поглинювальному середовищі.

Відбір проб у розчини виконується шляхом аспірації повітря через поглинювальний посуд (абсорбер), який заповнений розчином. Швидкість пропускання повітря через абсорбер змінюється в широких межах, але при цьому вона повинна бути такою, щоб забезпечити повне поглинання визначуваної речовини з врахуванням швидкості хімічної реакції, яка лежить в основі поглинання інгредієнту.

Використання твердих адсорбентів дає можливість вибірково сорбувати одні речовини в присутності інших і вони є зручними при транспортуванні та зберіганні проб. При цьому виникає необхідність проведення десорбції перед визначенням компонентів.

В окремих випадках використовують паперові або тканинні фільтри (при визначення твердих аерозолів), але при цьому слід враховувати дисперсність системи та інші фактори.

При відборі проб повітря шляхом аспірації, найбільш важливими факторами, які можуть призводити до помилок є:

- 1) неправильне визначення об'єму проби повітря;
- 2) нехтування агрегатним станом визначуваного компоненту;
- 3) недостатня повнота поглинання визначуваних компонентів;
- 4) вплив сторонніх домішок.

При використанні рідких поглинювальних систем, пробопідготовка, в більшості випадків, не потрібна і проводять визначення інгредієнту або продукту його реакції безпосередньо в розчині. Після аспірації повітря через тверді адсорбенти, поглинуті речовини десорбують. Для цього використовують термодесорбцію та екстракцію.

В окремих випадках визначення інгредієнтів в повітрі проводять за допомогою аналізаторів, які виконують і функцію аспіратора, і функцію аналітичної камери, де після перетворення безпосередньо одержують аналітичний сигнал.

Особливістю атмосферного повітря як об'єкту аналізу є те, що об'єм повітря необхідно привести до нормальних умов (0°C, 101080 Па або 760 мм рт.ст.). Тому для розрахунку об'єму повітря, який приведений до нормальних умов V_0 (м³) використовують формулу:

$$V_0 = \frac{273 \times P \times V}{(273 + t) \times 101080}, \text{ де:}$$

P – атмосферний тиск при пробовідборі або проведенні аналізу, Па; V – об'єм відібраного повітря, м³; t – температура повітря, °C.

В окремих випадках цю формулу спрощують, якщо в неї підставляють величину атмосферного тиску в мм рт.ст. і при цьому нормою є 760 мм рт.ст.

2.2. Методики визначення основних забруднювальних атмосфери речовин

До основних забруднювальних речовин атмосферного повітря відносять пил, оксид Карбону (CO), діоксиди Сульфуру (SO₂) та Нітрогену (NO₂), Гідроген сульфід (H₂S). Джерелами забруднення повітря цими речовинами можуть бути як природні, так і антропогенні фактори, тому особливу увагу приділяють правильності обрання місця та часу відбору проб повітря, врахування топографічних факторів, швидкості і напрямку вітру, тощо.

Лабораторна робота № 1. Визначення запиленості повітря

Хімічно інертні речовини, такі як нетоксична пил, при потраплянні в атмосферне повітря можуть викликати різні захворювання людини (екземи, алергія, тощо) і тому їх відносять до сенсibiliзуючих речовин або алергенів.

Особливо чутливими до запилення повітря є люди, які страждають на бронхіальну астму.

Для визначення пилу в атмосферному повітрі використовують ваговий метод, сутність якого полягає в аспірації досліджуваного повітря через щільний фільтр (як правило паперовий із синьою смужкою) та зважуванні кількості затриманого на фільтрі пилу.

Методика визначення пилу. Фільтр типу АПФ-ХП-18 (або паперовий фільтр із синьою смужкою), який попередньо висушений при температурі 100-105°C до постійної ваги, зважують на аналітичних терезах з точністю $\pm 0,0001$ г і закріплюють в патрон. За допомогою гумової трубки, під'єднують до входу аспіратору. Аспірацію повітря проводять протягом 60 хвилин, встановивши на ротаметрі аспіратора витрату повітря 20 дм³/хв. Через 60 хвилин вимикають аспіратор, звільняють фільтр і висушують його при температурі 100-105°C до постійної ваги. Після цього фільтр зважують на аналітичних терезах.

Вагу затриманого пилу m (мг) розраховують за формулою:

$$m = m_1 - m_0, \text{ де:}$$

m_1 – вага сухого фільтру після аспірації повітря, мг;

m_0 – вага сухого фільтру до аспірації повітря, мг.

Концентрацію пилу C (мг/м³) обчислюють за формулою:

$$C = \frac{m}{V_0}, \text{ де:}$$

V_0 – об'єм аспірованого повітря приведений до нормальних умов, м³ (див. розділ 1.1).

Одержаний результат порівнюють із відповідною величиною ГДК (див. табл. 3), після чого роблять висновок про ступінь запиленості повітря.

Лабораторна робота № 2. Визначення діоксиду Сульфуру в повітрі

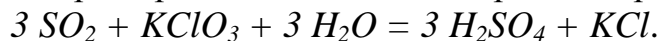
Діоксид сульфуру відносять до подразнювальних речовин, адже він подразнює слизові оболонки очей, носоглотки та дихальних шляхів. Серед газоподібних забруднювальних речовин діоксид Сульфуру посідає друге місце за кількістю викидів в атмосферу і він є основним попередником кислотних дощів, які можуть надавати негативного впливу на всі компоненти довкілля.

Методика визначення діоксиду Сульфуру.

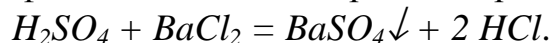
1. Сутність методу.

Метод базується на окисненні діоксиду Сульфуру до триоксиду Сульфуру (з утворенням сульфатної кислоти) при аспірації повітря через поглинювальний розчин (розчин хлорату Калію) з наступним турбідиметричним визначенням утворених сульфат-іонів з хлоридом барію.

При аспірації повітря через поглинювальний розчин проходить реакція:



При взаємодії сульфатної кислоти з хлоридом барію проходить реакція:



При стандартному об'ємі проби повітря, який складає 80 дм³, діапазон вимірювання концентрацій діоксиду Сульфуру 0,08 – 1,50 мг/м³.

2. Приготування розчинів реагентів.

Поглинювальний розчин готують шляхом розчинення 40,0 г хлорату Калію, зваженого з похибкою $\pm 0,1$ г, в 1 дм³ дистильованої води.

Приготування вихідного стандартного розчину сульфат-іону, концентрацією 1000 мкг/см³, проводили таким чином: 0,2720 г попередньо просушеного сульфату Калію, зваженого з похибкою $\pm 0,0001$ г, розчиняють в 100 см³ дистильованої води.

Одержання робочого стандартного розчину сульфат-іону, концентрацією 100 мкг/см³, проводили відповідним розведенням основного стандартного розчину дистильованою водою.

Розчин хлориду барію готують шляхом розчинення 3,0 г хлориду барію, зваженого з похибкою $\pm 0,1$ г, в 100 см³ дистильованої води.

3. Підготовка та проведення аналізу.

80 дм³ повітря аспірують із швидкістю 4 дм³/хв через поглинювальний прилад, який містить 10,0 см³ поглинювального розчину. Аліквоту об'ємом 5,0 см³ переносять в пробірку, додають 1,0 см³ розчину хлориду барію та струшують пробірку. Через 15 хвилин, пробірку знову струшують та вимірюють оптичну густину розчину при $\lambda = 400$ нм в кюветах товщиною поглинаючого шару 1,0 см відносно дистильованої води. Концентрацію сульфат-іонів знаходять за градувальним графіком.

Побудування градувального графіку. В мірні колби на 100 см³ додають відповідно 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 12,0; 16,0 та 20,0 см³ робочого стандартного розчину сульфат-іону та доводять до мітки дистильованою водою. При цьому отримано стандартні розчини, концентрація сульфат-іонів у 5,0 см³ яких відповідає вмісту діоксиду Сульфуру відповідно 5,0; 10,0; 20,0; 40,0; 60,0; 80,0 та 100,0 мкг.

По 5,0 см³ одержаних стандартних розчинів переносять в пробірку, додають 1,0 см³ розчину хлориду барію та далі роблять як описано вище. За результатами вимірювань будують градувальний графік в координатах – кількість SO₂ (мкг) – оптична густина розчину.

4. Проведення розрахунків.

Концентрацію діоксиду Сульфуру C (мкг/дм³ або мг/м³) у повітрі розраховують за формулою:

$$C = \frac{V_1 \times a}{V_0 \times V_2}, \text{ де:}$$

a – кількість діоксиду сульфуру, яка знайдена за градувальним графіком, мкг;

V_1 – загальний об'єм поглинювального розчину, см³;

V_2 – об'єм аліквоти, який взятий для аналізу, см³;

V_0 – об'єм проби повітря, приведений до нормальних умов, дм³.

Одержаний результат порівнюють із відповідною величиною ГДК (див. табл. 3), після чого роблять висновок про ступінь забрудненості повітря діоксидом Сульфуру.

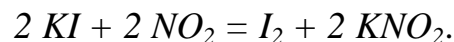
Лабораторна робота № 3. Визначення діоксиду Нітрогену в повітрі

Оксиді Нітрогену також відносять до забруднювальних речовин подразнюючої дії і вони в значних кількостях потрапляють в повітря як за рахунок природних, так і за рахунок антропогенних джерел. Серед всіх сполук Нітрогену з Оксигеном, найбільш стійким в повітрі є діоксид Нітрогену, тому саме цей інгредієнт кислотного характеру визначають в повітрі. Діоксид Нітрогену також є попередником кислотних дощів.

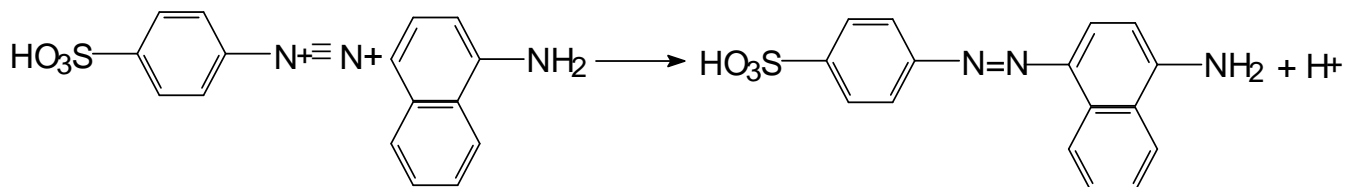
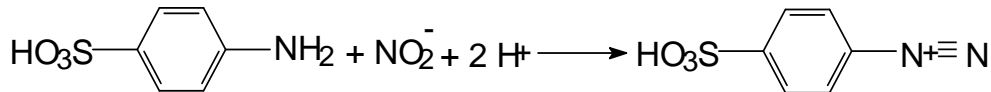
Методика визначення діоксиду Нітрогену.

1. Сутність методу.

Діоксид Нітрогену переводять в нітрит-іони шляхом аспірації повітря через поглинювальний розчин, який містить розчин йодиду Калію. При цьому проходить реакція:



Кількість утворених нітрит-іонів, яка пропорційна кількості поглинутого діоксиду Нітрогену, визначають фотометрично за реакцією утворення азобарвника з реактивом Грісса. Реактив Грісса являє собою суміш амід сульфанілової кислоти та α -нафтіламіну. При цьому проходять такі реакції:



2. Приготування розчинів реагентів.

Приготування основного стандартного розчину нітриту Натрію.

1,497 г нітриту Натрію ($NaNO_2$), зваженого з похибкою не більше 0,0005 г, розчиняють в мірній колбі місткістю 1,0 дм³ в невеликій кількості дистильованої води і доводять водою до мітки дистильованою водою. В 1,0 см³ розчину міститься 1,0 мг нітрит-іонів. Розчин консервують додаванням 1,0 см³ хлороформу та зберігають в склянці з темного скла протягом кількох місяців, якщо відсутнє помутніння чи випадання осаду.

Приготування робочого стандартного розчину нітриту Натрію.

1,0 см³ основного стандартного розчину поміщають в мірну колбу місткістю 1,0 дм³ і доводять до мітки дистильованою водою. В 1,0 см³ цього

розчину міститься 0,001 мг нітрит-іонів. Розчин використовують свіже-приготовлений.

Приготування реактиву Грісса.

10,0 г сухого реактиву Гріса, зваженого з похибкою $\pm 0,1$ г, розчиняють в 100 см³ 12%-го розчину оцтової кислоти.

Приготування оцтової кислоти, 12%-ого розчину.

25 см³ льодяної оцтової кислоти розбавляють дистильованою водою до об'єму 200 см³.

Приготування поглинювального розчину.

8,0 г йодиду Калію, зваженого з похибкою не більше 0,1 г, розчиняють в 100 см³ дистильованої води.

Приготування розчину сульфїту Натрію, 0,1%-розчину.

0,1 г безводного сульфїту Натрію розчиняють в 100 см³ дистильованої води.

3. Підготовка та проведення аналізу.

2-3 дм³ повітря аспірують із швидкістю 5 дм³/год крізь два послідовно з'єднані поглинювальні прилади, які містять по 10,0 см³ поглинювального розчину. Для аналізу відбирають алїквоту, об'ємом 5,0 см³, з кожного поглинювального приладу, переносять в мірну колбу на 50,0 см³ і до мітки доводять дистильованою водою. Додають 2,0 см³ розчину реактиву Грісса та перемішують. Через 40 хвилин вимірюють оптичну густину розчину при довжині хвилі 520 нм по відношенню до розчину порівняння (дистильована вода з додаванням розчину реактиву Грісса).

Перед вимірюванням оптичної густини розчинів додають по 0,5 см³ розчину сульфїту натрію для знебарвлення (відновлення) йоду.

Масову мастку нітрит-іонів знаходять за градуювальним графіком. Результати аналізу двох поглинювальних розчинів підсумовують.

Побудова градуювального графіка.

В мірні колби об'ємом 50 см³ вносять 0, 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 15,0 см³ робочого стандартного розчину нітрит-іонів і доводять об'єм до мітки дистильованою водою. Одержують розчини з вмістом 0; 0,01; 0,02; 0,04; 0,10; 0,20; 0,30 мг/дм³ нітритів. Далі проводять аналіз та фотометрують як описано вище. По одержаним результатам будують градуювальний графік (в межах м.ч. нітритів, мг – оптична густина розчину). Графік повинен бути прямолінійним.

4. Проведення розрахунків.

Концентрацію NO₂ в повітрі (C) виражають в мг/м³. Розрахунок проводять за формулою:

$$C = \frac{a \times V_1 \times 1000}{V_1 \times V_0}, \text{ де:}$$

a – кількість NO₂⁻, яка знайдена за градуювальним графіком, мг;

*V*₁ – загальний об'єм поглинювального розчину, см³;

*V*₂ – об'єм алїквоти, відібраної для аналізу, см³;

*V*₀ – об'єм повітря, приведений до нормальних умов, дм³.

Одержаний результат порівнюють із відповідною величиною ГДК (див. табл. 3), після чого роблять висновок про ступінь забрудненості повітря діоксидом Нітрогену.

Лабораторна робота № 4. Визначення парів Меркурію в повітрі

Меркурій відрізняється високою токсичністю. В організм людини Меркурій проникає через органи дихання. Пари Меркурію всмоктуються в систему кровообігу, сорбуються білковими молекулами (особливо лейкоцитами), захисна роль яких при цьому знижується. Далі Меркурій проникає в клітини.

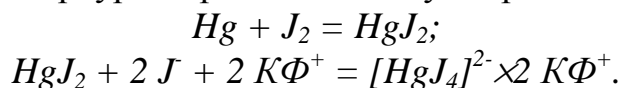
Меркурій здатний акумулюватись в організмі людини, переважно в нирках, печінці, легенях, кістках, тощо. Ознакою інтоксикації Меркурієм є – зниження кількості лейкоцитів в крові, підвищення реакції осадження еритроцитів, зниження працездатності, порушення сну, погіршення пам'яті, головні болі.

Методика визначення парів Меркурію.

1. Сутність методу.

Визначення базується на поглинанні парів Меркурію розчином йоду в йодиді калію, наступною взаємодією його з кристалічним фіолетовим (КФ) та фотометруванні забарвленого в синій колір комплексу.

При визначенні Меркурію проходять наступні реакції:



Відбір проб проводять з концентруванням в поглинювальний розчин.

Нижня межа визначуваних вмістів парів Меркурію в досліджуваному об'ємі проби – 0,1 мкг.

Нижня межа визначуваних вмістів парів Меркурію в повітрі – 0,005 мг/м³ (при відборі 50 дм³ повітря).

Діапазон вимірювання концентрацій Hg – 0,005 – 0,50 мг/м³.

Межа сумарної похибки визначення Меркурію в повітрі не перевищує ±25%.

2. Приготування розчинів та реагентів.

Основний стандартний розчин з вмістом 0,1 мг Меркурію в 1,0 см³ розчину готують розчиненням 0,0135 г хлориду Меркурію, зваженого з похибкою не більше 0,0001 г, в поглинювальному розчині в колбі, об'ємом 100 см³. Розчин зберігають протягом 6 місяців.

Робочий стандартний розчин з вмістом Меркурію 10 мкг/см³ готують відповідним розведенням основного стандартного розчину.

Поглинювальний розчин готують шляхом розчинення 2,5 г кристалічного відігнаного йоду в 1,0 дм³ 3% розчину йодиду калію.

Розчин кристалічного фіолетового готують розчиненням 0,03 г речовини в 100 см³ дистильованої води.

Розчин сульфату Натрію (2,5 моль/дм³) готують шляхом розчинення 25,8 г безводного сульфату Натрію в 100 см³ води.

Реактивний розчин готують змішуванням рівних об'ємів розчинів сульфїту Натрію та кристалїчного фіолетового безпосередньо перед початком аналізу.

3. Підготовка та проведення аналізу.

50 дм³ повітря аспірують із швидкістю 2 дм³/хв. крізь два послїдовно з'єднаних прилади, які містять по 5,0 см³ поглинювального розчину. Із кожного поглинювального приладу в пробїрки відбирають по 2,0 см³ проби, додають по 1,0 см³ реактивного розчину та через 10 хвилин вимірюють оптичну густину розчинів при довжинї хвилї 560 нм в кюветах товщиною шару 0,5 см.

Вміст Меркурїю в аналізованїй пробї визначають по попередньо побудованому градуєвальному графіку. Для побудови градуєвального графіку готують шкалу стандартів згідно табл. 4.

Таблиця 4

Шкала стандартів

№ п/п	Об'єм станд. розчину Меркурїю, см ³	Об'єм поглинювального розчину, см ³	Об'єм реактивного розчину, см ³	Вміст Hg, мкг
1	0,00	2,00	1,0	0,0
2	0,01	1,99	1,0	0,1
3	0,03	1,97	1,0	0,3
4	0,05	1,95	1,0	0,5
5	0,10	1,90	1,0	1,0
6	0,30	1,70	1,0	3,0
7	0,50	1,50	1,0	5,0

Шкалу стандартів обробляють аналогічно пробам. Шкала може бути використана протягом 24 годин.

4. Проведення розрахунків.

Концентрацію Меркурїю (мг/м³) в повітрі (С) розраховують за формулою:

$$C = \frac{a \times V_1}{V_2 \times V_0}, \text{ де}$$

a – кількість меркурїю, яка знайдена в аналізованїй пробї за градуєвальним графіком, мкг; *V*₁ – загальний об'єм поглинювального розчину, см³; *V*₂ – об'єм проби, взятої для аналізу (алїквоти), см³; *V*₀ – об'єм повітря, відібраний для аналізу та приведений до нормальних умов, дм³ (див. попередні роботи).

Лабораторна робота № 5. Визначення сірководню в повітрі

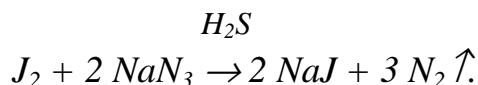
Сірководень (H₂S) – сильний нервово-токсичний газ. Межа відчуття запаху сірководню у людини відповідає його концентрації в повітрі 0,01-0,03 мг/м³, проте при зростанні концентрації у людини спостерігається головний біль, нудота та втрата свідомості. При високїй концентрації можливі і смертельні випадки.

Джерелами забруднення повітря сірководнем можуть бути як природні фактори (анаеробні процеси бродіння, розклад білку, виверження вулканів та болотні гази, тощо), так і антропогенні (процеси виробництва хїмічних волокон, коксохімія, процеси переробки нафти, тощо).

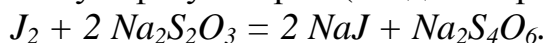
Методика визначення сірководню

1. Сутність методу.

Метод ґрунтується на каталітичній дії сірководню в реакції окиснення азиду Натрію йодом:



Вміст сірководню пропорційний кількості відновленого йоду, який визначають за різницею між доданою та залишковою кількістю йоду титруванням розчином тіосульфату Натрію (з індикатором – крохмалем):



Чутливість методу становить 2 мг $\text{H}_2\text{S}/\text{м}^3$ повітря.

2. Приготування розчинів та реагентів.

Поглинювальний розчин готують розчиненням 3,0 г азиду Натрію та 1,75 г йодиду Калію, які зважені з точністю $\pm 0,01$ г, в 100см^3 розчину йоду з концентрацією 0,01 (моль-екв)/ дм^3 .

Стандартний розчин тіосульфату Натрію концентрацією 0,01 (моль-екв)/ дм^3 готують шляхом відповідного розведення розчину концентрацією 0,1 (моль-екв)/ дм^3 , який приготовлений з фіксаналу.

3. Підготовка та проведення аналізу.

Повітря із швидкістю $25 \text{ см}^3/\text{хв.}$ аспірують крізь два послідовно з'єднані поглинювальні прилади, які містять по $10,0 \text{ см}^3$ поглинювального розчину. Аспірацію повітря продовжують до помітного ослаблення жовто-коричневого кольору розчину у першому поглинювальному приладі. Аналіз кожного поглинювального розчину проводять окремо і результати аналізу додають.

Відбирають $5,0 \text{ см}^3$ поглинювального розчину, додають декілька краплин розчину крохмалю ($\approx 1\%$) та титрують залишок йоду розчином тіосульфату Натрію до зникнення синього забарвлення. Одночасно титрують такий самий об'єм вихідного поглинювального розчину.

4. Проведення розрахунків.

Концентрацію сірководню (С) в $\text{мг}/\text{м}^3$ обчислюють за формулою:

$$C = \frac{(V_1 - V_2) \times V_3 \times 0,0016 \times 1000}{V_4 \times V_0}, \text{ де}$$

V_1 – об'єм розчину тіосульфату натрію [$0,01$ (моль-екв)/ дм^3], який витрачений на титрування вихідного поглинювального розчину, см^3 ; V_2 – об'єм розчину тіосульфату натрію [$0,01$ (моль-екв)/ дм^3], витрачений на титрування проби, см^3 ; V_3 – загальний об'єм поглинювального розчину, см^3 ; V_4 – об'єм поглинювального розчину, відібраний на титрування (аліквота), см^3 ; V_0 – об'єм повітря, приведений до нормальних умов, дм^3 ; 0,0016 – емпіричний коефіцієнт, адекватний кількості H_2S , яка відповідає $1,0 \text{ см}^3$ поглинювального розчину з концентрацією йоду $0,01$ (моль-екв)/ дм^3 , мг.

Питання для самоконтролю

1. *Вкажіть особливості відбору проб повітря.*
2. *Які фактори впливають на правильність відбору проби повітря?*
3. *Як розрахувати оптимальний об'єм проби повітря для аналізу?*
4. *Охарактеризуйте фактори, які впливають на правильність результатів аналізу проб повітря.*
5. *Обґрунтуйте необхідність приведення величини проби повітря до нормальних умов.*
6. *Дайте оцінку величинам ГДК. Чим керуються при встановленні цих норм?*
7. *На чому базується визначення ступеня запиленості повітря?*
8. *Вкажіть особливості визначення діоксиду Сульфуру в повітрі?*
9. *Обґрунтуйте вибір методу аналізу при визначенні діоксиду Нітрогену в повітрі робочої зони?*
10. *Назвіть особливості пробовідбору та пробопідготовки при визначенні парів Меркурію в повітрі.*

III. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД

Вода є самою поширеною речовиною на поверхні Землі, причому її кількість та якість можуть бути обмежувальними факторами для живих організмів. Роль води в природі є різноплановою, але вона ніколи не буває чистою. Як правило, в ній розчинені як ряд твердих речовин (мінеральні солі, органічні речовини, тощо), так і гази.

Велика різноманітність якісного та кількісного складу природних вод не дає можливості класифікувати їх за однією ознакою. З точки зору методології аналізу, найбільш придатною класифікацією природних вод є класифікація за вмістом основних сольових компонентів, які складають так звану матрицю об'єкту аналізу. Хімічний склад матриці є одним із важливіших факторів, які впливають на вибір методу аналізу, підготовки проби та виконання аналітичних операцій.

Кількісний склад матриці природних вод характеризується сумою сольових компонентів (головних іонів), яку називають мінералізацією води. За величиною мінералізації природні води умовно поділяють на чотири групи:

- 1) *Прісні води* загальна мінералізація $\leq 1,0$ г/кг;
- 2) *Солонуваті води* загальна мінералізація 1-25 г/кг;
- 3) *Морські води* загальна мінералізація 25-50 г/кг;
- 4) *Розсоли (роти)* загальна мінералізація ≥ 50 г/кг.

Якісний склад матриці природних вод можна охарактеризувати співвідношенням трьох основних аніонів (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- та CO_3^{2-}) і трьох основних катіонів (Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}).

Крім основних компонентів природних вод, які складають матрицю аналізу, води можуть містити інші інгредієнти, які часто і потребують визначення. Тому, згідно “Методики екологічної оцінки поверхневих вод і естуаріїв України”, при оцінці якості природних вод всі виміряні параметри представляють в межах трьох блоків: *блок сольового складу* (матриця аналізу), *блок трофо-сапробності* (вміст органічних речовин, біогенних елементів, тощо) та *блок вмісту специфічних та радіоактивних компонентів* (вміст важких металів, окремих високотоксичних аніонів, радіонуклідів, тощо).

За фізико-географічними умовами формування хімічного складу, природні води поділяють на *поверхневі* (річки, озера, водосховища, ставки, тощо), *підземні* (артезіанські, мінеральні), морські та океанічні води, а також атмосферні опади.

З точки зору методології аналізу вод, інгредієнти природних вод поділяють на *консервативні* (ті, концентрація яких може залишатися сталою в часі і при їх визначенні консервація проби непотрібна) і *неконсервативні* (ті, концентрація яких може змінюватися в часі і тому пробу води необхідно консервувати).

Показники якості та безпеки природних вод залежать від їх призначення і, у відповідності із “Правилами охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами”, прісні води суходолу поділяють, в залежності від характеру їх використання, на чотири категорії:

I категорія – водойми господарсько-питного водопостачання населення та підприємств харчової промисловості;

II категорія – водойми культурно-побутового призначення, що використовуються для рекреації, заняття спортом тощо;

III категорія – водойми рибогосподарського призначення для збереження та нересту особливо цінних порід риб, які чутливі до кількості розчинного у воді кисню та кількості завислих речовин;

IV категорія – водойми рибогосподарського призначення для збереження інших порід риб та їх нересту.

У відповідності з категорією водойм, в місцях водокористування або водозабору при водоспоживанні, встановлені відповідні нормативи якості води, які об'єднані в дві групи: гігієнічні та санітарні (див. табл. 5). *Нормами якості води* називають установлені значення показників якості води, дотримання яких забезпечує потреби конкретних видів водокористування.

Для *гігієнічної оцінки якості води* використовують такі показники:

- кількість завислих речовин; температура; водневий показник; мінеральний склад води; концентрація розчиненого у воді кисню; біохімічне споживання кисню повне (БСК_n); хімічне споживання кисню (ХСК); наявність збуджувачів хвороб, тощо.

Для *санітарної оцінки якості води* використовують такі показники:

- граничнодопустимі концентрації забруднювальних воду речовин, з врахуванням лімітуючих ознак шкідливості.

Норми показників якості води для кожної категорії враховують особливості використання або споживання вод, а для водойм рибогосподарського призначення враховується явище біокумуляції та чутливість деяких гідробіонтів (див. табл. 5). Найвищі вимоги до якості води ставляться у водоймах III та I категорії.

Таблиця 5.

Деякі гігієнічні та санітарні вимоги до складу та властивостей води

<i>Показники складу та властивостей води</i>	<i>I категорія</i>	<i>II категорія</i>	<i>III категорія</i>	<i>IV категорія</i>
Кількість завислих речовин	$\leq 0,25 \text{ мг/дм}^3$	$\leq 0,75 \text{ мг/дм}^3$	$\leq 0,25 \text{ мг/дм}^3$	$\leq 0,75 \text{ мг/дм}^3$
Кількість плаваючих домішок	На поверхні водойми не повинно бути плаваючих плівок, плям масел та нафтопродуктів, відсутні інші домішки			
Кількість розчиненого кисню	$\geq 4,0 \text{ мг/дм}^3$	$\geq 4,0 \text{ мг/дм}^3$	$\geq 6,0 \text{ мг/дм}^3$	$\geq 4,0 \text{ мг/дм}^3$
БСК _n	$\leq 3,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$	$\leq 6,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$	$\leq 3,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$	$\leq 3,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$
ХСК	$\leq 15 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$	$\leq 30 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$	$\leq 15 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$	$\leq 30 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$
Вміст токсичних речовин	Лімітується ГДК _B (гігієнічними)		Лімітується ГДК _{BP} (рибогосподарськими)	
Водневий показник (рН)	6,5-8,0	6,5-8,5	6,5-8,0	6,5-8,0
Збудники захворювань	Вода не повинна містити збудників захворювань			

Для вод господарсько-питного і культурно-побутового призначення для нормування їх якості встановлюються ГДК_В шкідливих речовин з врахуванням трьох лімітуючих ознак (показників) шкідливості: *органолептичного, санітарного або загальносанітарного та санітарно-токсикологічного.*

Для вод рибогосподарського призначення – ГДК_{ВР} з врахуванням п'яти лімітуючих ознак (показників) шкідливості: *органолептичного, санітарного або загальносанітарного, санітарно-токсикологічного, токсикологічного та рибогосподарського.*

Лімітуюча ознака шкідливості (за ДСТУ 3041-95) – це одна з ознак шкідливості речовин, що забруднюють воду, яка визначає їхній переважний негативний вплив і характеризується найменшим значенням ефективної-неефективної концентрації.

Кожна лімітуюча ознака шкідливості характеризує ту чи іншу властивість забруднювальних речовин, яка показує прояв їх шкідливої дії, а саме:

- *органолептичний* показник шкідливості характеризує здатність речовин змінювати органолептичні властивості води, зокрема смак, запах, колір тощо;
- *загальносанітарний* показник шкідливості характеризує вплив речовин на процеси природного самоочищення вод за рахунок біохімічних реакцій за участю природної мікрофлори або хімічних перетворень;
- *санітарно-токсикологічний* показник характеризує шкідливу дію речовин на організм людини;
- *токсикологічний* показник шкідливості характеризує токсичність речовин для гідробіонтів, зокрема планктон тощо;
- *рибогосподарський* показник шкідливості характеризує вплив речовин на погіршення якості промислових риб.

Найменша із нешкідливих концентрацій за трьома або п'ятьма ознаками шкідливості приймається за ГДК із зазначенням лімітуючого показника шкідливості (див. табл. 6).

Аналізуючи дані табл. 6 видно, що граничнодопустима концентрація більшості забруднювальних речовин у водоймах I-II категорії вища. Це, очевидно, пояснюється різною кількістю лімітуючих показників шкідливості речовин при встановленні величини ГДК і тим, що чутливими до дії забруднювальних речовин є ряд гідробіонтів.

Згідно СанПиН 2.1.4.559-96, питна вода повинна бути безпечною в епідемічному і радіаційному відношенні, нешкідлива за хімічним складом і повинна мати сприятливі органолептичні властивості. До вод рибогосподарського призначення ставляться, крім цього, і інші вимоги.

Таблиця 6

Граничнодопустимі концентрації деяких шкідливих речовин у водоймах

Забруднювальна речовина	ГДК, мг/дм ³ , (лімітуючий показник шкідливості)	
	Для водойм I-II категорії (ГДК _В)	Для водойм III-IV категорії (ГДК _{ВР})
Амоніак (NH ₃), (в перерахунку на Нітроген)	2,0 (сан.-токс.)	0,05 (токс.)
Купрум (Cu ²⁺)	1,0 (орган.)	0,01 (токс.)
Нітрати (по NO ₃ ⁻)	45,0 (сан.-токс.)	—
Нітрити (по NO ₂ ⁻)	3,3 (сан.-токс.)	—
Меркурій (Hg ²⁺)	0,0005 (сан.-токс.)	0,0001 (токс.)
Плюмбум (Pb ²⁺)	0,03 (сан.-токс.)	0,01 (токс.)
Сульфати (SO ₄ ²⁻)	500,0 (орган.)	—
Нафта і нафтопродукти в емульсованому стані	0,5 (орган.)	0,05 (токс.)

Примітка: сан.-токс. – санітарно-токсикологічний лімітуючий показник шкідливості, токс. – токсикологічний лімітуючий показник шкідливості, орган. – органолептичний лімітуючий показник шкідливості, саніт. – загальносанітарний лімітуючий показник шкідливості.

3.1. Види проб вод та техніка їх відбору

Визначення фізико-хімічних показників природних вод та концентрації в них окремих компонентів можна проводити безпосередньо на місці дослідження (як правило неконсервативних інгредієнтів або сумарних показників якості, величини яких змінюються в часі), проте часто відібрані за певними правилами проби води вимагають більш складної підготовки для аналізу.

Проби води можуть бути *простими* та *змішаними*. *Прості проби* одержують одноразовим відбором такого об'єму води, який необхідний для аналізу (залежить як від кількості визначуваних параметрів якості води, так і від концентрації інгредієнтів). Дані аналізу простих проб дозволяють встановлювати хімічний склад води водойми в певному місці і на певний час відбору проби.

Змішані проби являють собою суміш простих проб, які відібрані одночасно в різних місцях досліджуваного водного об'єкту, або в одному місці через певні проміжки часу. Такі проби характеризують середній хімічний склад даного об'єкту в просторі або за певний проміжок часу. Змішану пробу, яка характеризує середній хімічний склад води за проміжок часу, відбирають протягом доби. Змішані проби не відбирають для визначення таких показників, які швидко змінюються в часі.

Відбір проб води може бути *одноразовим* (нерегулярним) або *серійним* (регулярним). Одноразовий відбір використовується переважно при аналізі глибинних (артезіанських) підземних вод, адже їх хімічний склад є досить сталим в часі, просторі і за глибиною.

Найбільш достовірну інформацію про хімічний склад природних вод одержують при серійному відборі проб, які узгоджуються між собою з врахуванням місця і часу відбору. Найбільш поширеними варіантами серійного відбору проб води є:

- *зональний* відбір, при якому проби води відбирають за певною схемою та з різних глибин у різних місцях водного об'єкту (виявляють закономірності зміни хімічного складу води у просторі);
- відбір проб води через певні *проміжки часу*, зокрема, сезони, декади, доби та години з метою з'ясування зміни якості води в часі;
- *погоджені* проби, які відбираються в різних місцях за течією річки або стічних вод з врахуванням часу проходження води від одного пункту спостереження до другого.

Необхідний *об'єм проби води* для аналізу розраховують, враховуючи кількість визначуваних компонентів, чутливість обраних методів аналізу та особливості підготовки проби для аналізу. В середньому, для визначення основних інгредієнтів відбирають 1,5-2,0 дм³ води, причому відбір проби води роблять у чистий скляний посуд, який має бути наповнений практично доверху, після чого склянку герметично закривають.

Місце відбору проб води має особливе значення при аналізі вод річок, озер та водосховищ, де мають місце значні зміни фонового стану і концентрації хімічних інгредієнтів по акваторії, глибині та в часі. Тому, при аналізі природних вод, місце і час відбору проб води обирають з врахуванням фізико-географічних, морфологічних та інших умов, які можуть впливати на формування хімічного складу води у досліджуваному об'єкті.

3.2. Методики визначення основних параметрів якості природних вод

Оцінка якості природних вод є справою складною і кропіткою. Її проводять як за інтегральними (сумарними) показниками якості, так і за індивідуальними. Сумарні показники, як правило, характеризують загальний стан води за певними ознаками (мінералізація, концентрація розчиненого у воді кисню, ХСК та БСК, тощо), а індивідуальні – значення конкретного показника якості вод.

Лабораторна робота № 1. Визначення розчиненого у воді кисню йодометричним методом. БСК

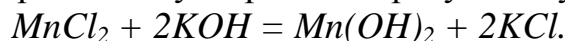
Концентрація розчиненого у воді кисню є сумарним показником якості природних вод, адже на цю величину впливають ряд факторів (тиск, температура, діяльність флори і фауни водойми, ступінь забрудненості води, тощо). *Визначення ж БСК базується на тому, що визначають концентрацію розчиненого кисню в досліджуваній воді, після чого у воду вноситься культура бактерій і її залишають на 5-20 днів (для біохімічного окислення органічних речовин) в склянці, яка наповнена доверху і герметично закрита. Після цього*

проводять повторне визначення концентрації розчиненого у воді кисню і по різниці розраховують величину БСК.

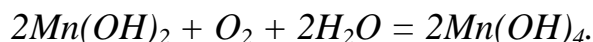
1. Сутність методу.

Розчинений у воді кисень безпосередньо не визначають. Про його концентрацію судять за кількістю виділеного йоду. Сутність методу полягає в тому, що в склянку з пробєю води додають розчин солі двохвалентного Мангану і лужну суміш (KI + KOH). Реакція проходить в декілька стадій.

На першій стадії проходить утворення гідрату закису Мангану:



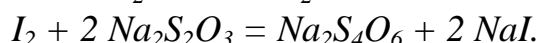
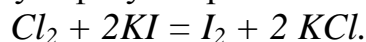
Гідрат закису Мангану (осад білого кольору) – сполука нестійка, і легко окислюється розчиненим у воді киснем до гідрату окису Мангану (IV) бурого кольору:



Після закінчення реакції окислення, в склянку додають соляну кислоту. При цьому чотиривалентний Манган знову відновлюється до двохвалентного:



Хлор, який виділяється, кількість якого еквівалентна вмісту розчиненого у воді кисню, взаємодіє з йодидом Калію, утворюючи вільний йод. Останній відтитровують розчином тіосульфату натрію:



2. Приготування розчинів і реагентів.

Na₂S₂O₃ (0,01 н. розчин), MnCl₂×4H₂O (45 %-вий розчин), лужна суміш (70 г KOH та 15 г KI розчиняють в дистильованій воді об'ємом 1 дм³), HCl (густ. 1,19), крохмаль (1%-вий водний розчин).

3. Проведення аналізу.

В склянку об'ємом 200-250 см³ за допомогою гумової трубки, яка опущена на дно, наливають 100 см³ досліджуваної води. Опустити піпетку на дно склянки, додають 1 см³ розчину хлориду Мангану(II) та розчину лужної суміші. Закривають склянку корком, збовтують та залишають для відстоювання осаду. Утворений бурий осад Mn(OH)₄ розчиняють додаванням 3-5 см³ концентрованої соляної кислоти. Перемішують розчин та переливають його в чисту конічну колбу. Виділений йод відтитровують 0,01 н. розчином тіосульфату Натрію в присутності 1 см³ розчину крохмалю до зникнення синього забарвлення. Розчин крохмалю додають перед кінцем титрування.

4. Проведення розрахунків.

Кількість розчиненого у воді кисню (мг/дм³) розраховують за формулою:

$$X_{O_2} = \frac{V_1 \times N_1 \times E \times 1000}{V_2}, \text{ де:}$$

V₁ – об'єм робочого розчину тіосульфату Натрію, який витрачений на титрування, см³; N₁ – нормальність робочого розчину тіосульфату натрію; E – еквівалент кисню (8); V₂ – об'єм проби води, см³.

Лабораторна робота № 2. Визначення хімічного споживання кисню (ХСК) в природних та стічних водах арбітражним методом

Теоретичним значенням хімічного споживання кисню (ХСК) називають кількість кисню (або окислювача в перерахунку на кисень) у мг/дм³, необхідну для повного окислення органічних речовин, що містяться у пробі, при якій Карбон, Гідроген, Сульфур, Фосфор та інші елементи (окрім Нітрогену), якщо вони присутні у органічній речовині, окислюються до CO₂, H₂O, SO₃, P₂O₅, а Нітроген перетворюється в сіль амонію. При цьому кисень, який входив до складу окислювальних органічних речовин, бере участь в окисленні, а Гідроген цих сполук взаємодіє з Нітрогеном, утворюючи солі амонію.

Практично застосовувані методи визначення ХСК дають результати, які близькі до ХСК_{теор}, але вони можуть дещо відхилитись в той чи інший бік. Це зумовлено як утворюваними продуктами реакції, що можуть виділятися із реакційного середовища, так і окисленням неорганічних сполук, якщо такі присутні в пробі. Вміст неорганічних відновників у пробі визначають тоді окремо спеціальними методами, а результати цих досліджень віднімають від знайденого значення ХСК, які представлені в таблиці 7.

Таблиця 7.

Теоретичні значення ХСК деяких органічних речовин

Речовина	ХСК _{теор} (мг кисню на 1 мг речовини)
Етанол	2,09
Оцтова кислота	1,07
Масляна кислота	1,82
Щавлева кислота	0,18
Глюкоза	1,07
Сахароза	1,12
Бутанол	2,59
Фенол	2,30
H ₂ CN (H ₂ CN + H ₂ O + O = NH ₃ + CO ₂)	0,59
Гліцин (H ₂ NCH ₂ COOH + 3 O = NH ₃ + 2 CO ₂ + H ₂ O)	0,64
Додецилбензолсульфонат натрію	2,34

Для визначення ХСК існують “сухі” методи, в яких органічні речовини проби спалюють у струмені кисню або діоксиду Карбону. Ці методи вимагають спеціального обладнання, тому поширення набули “мокрі” методи з використанням перманганату та біхромату.

Метод перманганатного окислення, який застосовувався раніше, практично, непридатний для аналізу стічних вод (для аналізу природних вод ще використовується). Перманганат – недостатньо сильний окисник: окислення органічних речовин проходить не повністю й багато з них зовсім не окислюються. Крім того, при кип'ятінні розчинів, що містять надлишок перманганату, останній в значній мірі розкладається з утворенням діоксиду

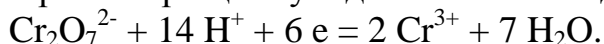
Мангану і кисню. Введення поправки на контрольний дослід практично неможливе.

Арбітражний метод визначення ХСК – біхроматний. Аналізувати можна як попередньо профільтровану пробу води, так і пробу з осадом, в залежності від завдання. Якщо аналіз проби повинен показати ефективність застосовуваного методу очистки стічної води від органічних сполук (з наступним освітленням води у відстійниках яке не повинно враховуватись), то пробу води перед аналізом слід обов'язково фільтрувати. З іншого боку, якщо аналізується очищена стічна вода, яка пройшла через відстійник, безпосередньо перед її скиданням у природний водойм, то виникає необхідність аналізу її разом з частинками осаду. В цьому випадку проба води повинна гомогенізуватись.

При фільтруванні проби через паперовий фільтр потрібно запобігти можливому впливу паперу фільтру. Фільтр попередньо треба промити гарячою водою і відкинути перші 200-250 см³ фільтрату. Не можна фільтрувати стічну воду, що містить леткі при фільтруванні речовини або речовини, які здатні окислюватись на повітрі. В таких випадках фільтрування замінюють тривалим відстоюванням стічної води, а для аналізу відбирають піпеткою верхній прозорий шар.

1. Принцип методу.

Органічні речовини окислюються біхроматом калію у 18 н (розведення 1:1) сульфатній кислоті. Біхромат при цьому відновлюється згідно рівняння:

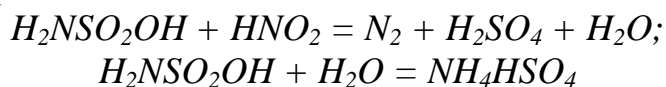


Окислення органічних речовин в таких умовах прискорюється і охоплює практично всі органічні сполуки, якщо в реакційну суміш додати каталізатор – сульфат Аргентуму. Одержані результати за цим методом дають 95-98% від ХСК_{теор}. Втрата 2-5% пояснюється, головним чином, утворенням летких, стійких до окислення продуктів розкладу (СО, СН₄). З іншого боку, деякі нітрогенвмісні органічні сполуки утворюють при окисленні вільний нітроген замість аміаку, що призводить до похибки з протилежним знаком.

Не окислюються піридин та його гомологи, пірол, піролідін, нікотинова кислота, толуен, бензен, інші ароматичні вуглеводні, парафін, нафталін.

Визначенню заважають хлориди (окислюються в процесі визначення до хлору), які маскують сульфатом Меркурію(II) в кількості 22,2 мг на 1 мг хлорид-іонів. Вплив хлорид іонів можна також врахувати (знаючи їх вміст) введенням поправки: на 1 мг хлорид-іонів витрачається 0,23 мг кисню.

Визначенню заважають також нітрит-іони, які часто містяться в стічних водах після біохімічної очистки. Їх знешкоджують введенням у колбу 10 мг сульфамінової кислоти на 3 мг нітрит-іонів. Під час кип'ятіння розчину нітрит-іони видаляються у вигляді нітрогену, а надлишок сульфамінової кислоти переходить у сульфат амонію:



2. Підготовка до аналізу і приготування розчинів.

2.1. Приготування розчину N-фенілантранілової кислоти.

0,25 г кислоти, яка зважена з точністю до 0,01 г, розчиняють у 12,0 см³ 0,1 н розчину гідроксиду Натрію і доводять об'єм до 250,0 см³.

2.2. Стандартний розчин біхромату Калію, 0,25 н.

12,258 г біхромату Калію попередньо висушеного при 105-110°C до постійної ваги, зваженого з точністю до 0,001 г, розчиняють у дистильованій воді і об'єм розчину доводять до 1,0 дм³.

2.3. Розчин солі Мора, 0,25 н.

Розчиняють 98,0 г солі Мора [(NH₄)₂SO₄×FeSO₄×12H₂O], зважену з точністю до 0,1 г, у дистильованій воді, додають 20,0 см³ концентрованої сульфатної кислоти та доводять об'єм розчину до 1,0 дм³ дистильованою водою.

Титр цього розчину встановлюють за стандартним розчином біхромату Калію. Відбирають 25,0 см³ стандартного розчину біхромату Калію, розбавляють дистильованою водою до 250,0 см³, додають 20,0 см³ концентрованої сульфатної кислоти і дають охолонути. Після цього додають 5-10 крапель розчину N-фенілантранілової кислоти і титрують розчином солі Мора (перехід забарвлення із малинового до зеленого).

3. Проведення аналізу.

3.1. Відбирають такий об'єм аналізованої води, щоб на окислення витрачалось не більше 20,0 см³ стандартного розчину біхромату калію і щоб у ній мітилось не більше 40 мг хлорид-іонів, розбавляють до 50,0 см³ дистильованою водою, переносять у круглодонну колбу на 250,0 см³. Додають 1,0 г сульфату Меркурію(II), 5,0 см³ сульфатної кислоти, перемішують до розчинення сульфату Меркурію, потім приливають 25,0 см³ стандартного розчину біхромату калію, обережно малими порціями 70,0 см³ сульфатної кислоти, всипають 0,4-0,5 г сульфату Аргентуму, кілька шматків фарфору, закривають колбу і з'єднують із зворотнім холодильником. Нагрівають колбу до не бурхливого кипіння, яке підтримують протягом двох годин. Після цього, колбу охолоджують, обмивають стінки холодильника 25,0 см³ дистильованої води і переносять вміст у конічну колбу на 500,0 см³, ще кілька разів обмиваючи стінки першої колби дистильованою водою. Доводять об'єм розчину до 300,0 см³ і додав 10-15 крапель розчину N-фенілантранілової кислоти титрують надлишок біхромату розчином солі Мора.

Паралельно проводять контрольний дослід, для чого беруть 50,0 см³ дистильованої води і проводять через всі стадії аналізу.

3.2. В присутності сульфідів, меркаптанів, органічних сульфідів і дисульфідів, при додаванні сульфату Меркурію утворюється осад чорного кольору (HgS), який не розчиняється при подальшій обробці. В цьому випадку дещо змінюють порядок додавання реагентів.

До 50,0 см³ проби (або меншого об'єму, який доведений до 50,0 см³) спочатку додають 20,0 см³ стандартного розчину біхромату калію, потім приливають 5,0 см³ сульфатної кислоти і дають відстоюватись протягом 10-20 хвилин при кімнатній температурі. При цьому окислюються легкоокислювані

речовини, в тому числі і сульфідні сполуки. Після цього додають всі описані в п.2.1 реанти і проводять дослідження. В цьому випадку слід вводити поправку на вміст сульфідів.

4. Проведення розрахунків.

ХСК (у мг кисню на 1,0 дм³ води) розраховують за формулою:

$$\text{ХСК (мгО}_2\text{/дм}^3\text{)} = \frac{(a-b) \times N \times 1000}{V}, \text{ де}$$

N – нормальність титрованого розчину солі Мора; a – об'єм розчину солі Мора, який витрачений на титрування контрольного досліду, см³; b – об'єм того ж розчину, який витрачений на титрування проби, см³; V – об'єм аналізованої стічної води, см³; 8 – еквівалент кисню.

Лабораторна робота № 3. Визначення сумарного вмісту важких металів у природних водах

В основу лабораторної роботи покладено ГОСТ 1030-81. Вода господарсько-питного призначення. Польові методи аналізу.

1. Сутність методу.

Визначення базується на реакції іонів Цинку, Купруму та Плюмбуму з дитизоном, в результаті якої утворюються забарвлені в оранжево-червоний колір дитизонати металів.

2. Підготовка до аналізу.

2.1. Приготування розчину аміаку.

Для визначення суми металів використовують аміак високої чистоти. При відсутності аміаку кваліфікації "ос.ч", його одержують насиченням очищеної дистильованої води концентрованим аміаком. Для цього в екзикатор наливають 1 дм³ 25%-вого розчину аміаку і на вкладиш екзикатора ставлять випарювальну чашку з 500 см³ очищеної води. Екзикатор закривають та залишають на дві доби. Одержують в чашці аміак концентрацією ~ 17%.

Одержаний очищений розчин аміаку розбавляють в 10 разів.

2.2. Приготування буферного розчину (pH = 8,0).

Змішують 55,9 см³ 0,05 н. розчину бури з 44,1 см³ 0,1 н. розчину соляної кислоти. Розчини для буферних розчинів готують на бідистильованій воді.

2.3. Приготування очищеного дитизону.

1 г препарату розчиняють в 100 см³ хлороформу. Рідину поміщають в ділильну лійку об'ємом 500 см³, додають 10 см³ 3%-вого розчину аскорбінової кислоти та 100 см³ розбавленого очищеного аміаку (1:100). Вміст лійки струшують протягом 2 хвилин, після чого залишають лійку для розшарування. Нижній хлороформний шар зливають в іншу ділильну лійку, слідкуючи за тим, що б в оранжевому водному аміачному розчині не залишалось крапель хлороформу. Вилучення дитизону свіжими порціями аміачного розчину з аскорбіновою кислотою повторюють до тих пір, поки порції водно-аміачного розчину не будуть забарвлені в жовтий колір (3-5 разів). Аміачні розчини (екстракти), які містять дитизон, збирають разом в ділильну лійку об'ємом 1 дм³ та, обережно перемішуючи, нейтралізують розчином соляної кислоти (1:1),

поки дитизон випаде в осад у вигляді темних пластівців, а колір розчину зміниться з оранжевого в блідо-зелений. Одержаний дитизон відфільтровують, промивають 1% розчином аскорбінової кислоти та висушують на повітрі. Очищений дитизон зберігають в темній бюксі.

Всі роботи по очистці дитизону проводять у витяжній шафі.

2.4. Приготування 0,01%-вого розчину дитизону.

0,010 г дитизону розчиняють в 100 см³ чотирихлористого вуглецю. Розчин зберігають в склянці з темного скла. Строк зберігання до 6 місяців.

3. Проведення аналізу.

В ділільну лійку об'ємом 100 см³ додають 25 см³ аналізованої води, додають 1,0 см³ буферного розчину та 2,0 см³ 0,01%-вого розчину дитизону. Вміст лійки струшують протягом 1 хвилини, додають 2 краплі розчину очищеного аміаку (концентрацією 1:10) та знову струшують протягом 15-20 секунд. Лійку залишають до розшарування рідин. Після розшарування, органічний шар зливають в колориметричну пробірку та порівнюють з шкалою еталонів, які приготовлені в аналогічних умовах.

Основний стандартний розчин суми важких металів готують із суміші Цинку, Купруму та Плюмбуму в молярних співвідношеннях 3:1:1. Для цього в мірну колбу об'ємом 1 дм³ поміщають 0,392 г металічного Цинку, 0,127 г металічної Купрум та 0,414 г металічного Плюмбуму, додають 20 см³ концентрованої азотної кислоти та, після розчинення металів, доливають дистильованою водою до мітки. Одержують 0,01 М розчин суми металів.

Розчин стійкий протягом року.

З основного стандартного розчину готують робочий стандартний розчин концентрацією 0,001 ммоль/дм³. Розведення проводять в два етапи (в 100 разів та знову в 100 разів). Проміжний розчин стійкий протягом місяця.

З робочого стандартного розчину відповідним розведенням готують еталони шкали. Шкалу складають для відповідних значень в аналізованій воді суми металів (ΣMe): 0,0000; 0,0001, 0,0002; 0,0003; 0,0005; 0,0008; 0,0010 ммоль/дм³, що відповідає в умовному перерахунку ΣMe на Цинк (з округленням до одного значущого знаку) 0,000; 0,006; 0,010; 0,020; 0,030; 0,050; 0,060 мг/дм³. Якщо забарвлення досліджуваного розчину більш інтенсивне ніж у крайнього еталону результат записують: $\Sigma Me > 0,001$ ммоль/дм³.

Лабораторна робота № 4. Визначення аніоноактивних СПАР у стічних водах

Метод базується на властивості аніоноактивних синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) утворювати з метиленовим синім комплексні асоціати, розчинні у хлороформі з утворенням синіх розчинів. Власне метиленовий синій у хлороформі не розчиняється.

Визначенню заважають сульфіди, сульфіти та інші відновники, що відновлюють метиленовий синій. Їх вплив усувають попереднім окисненням перекисом водню. Заважають також значні кількості хлоридів, нітратів, тіоціанатів та білків. Запобігти заважаючому впливу цих речовин можна,

екстрагуючи вказані комплексні сполуки хлороформом в лужному середовищі (рН=10), потім об'єднані хлороформні екстракти промивають підкисленим розчином метиленового синього.

1. Підготовка до аналізу та приготування розчинів.

1.1. Фосфатний буферний розчин.

Розчиняють 10,0 г (ч.д.а.) двозаміщеного фосфату Натрію (безводного) в невеликій кількості дистильованої води, додають розчин гідроксиду Натрію до рН=10, розводять дистильованою водою до об'єму 1 дм³ і перемішують.

1.2. Метиленовий синій.

Нейтральний розчин. Розчиняють 0,35 г метиленового синього у дистильованій воді і доводять об'єм розчину до 1 дм³.

Кислий розчин. Розчиняють 0,35 г метиленового синього в 500 см³ дистильованої води, додають 6,5 см³ концентрованої сульфатної кислоти (ч.д.а.) і розбавляють розчин дистильованою водою до 1 дм³.

1.3. Стандартний розчин СПАР, що визначається.

Розчиняють 0,100 г СПАР (сульфанола, некаля) у дистильованій воді і розводять розчин до 1 дм³. Відбирають 10,0 см³ цього розчину і розбавляють його дистильованою водою до 100 см³. В 1 см³ отриманого розчину міститься 0,01 мг СПАР.

Якщо невідомо, які саме аніоноактивні СПАР присутні в аналізованій воді, то замість цього розчину готують розчин речовини, умовно прийнятої за стандартну. Такою речовиною служить лаурілсульфонат натрію C₁₂H₂₅SO₃Na або лаурілсульфат натрію C₁₂H₂₅OSO₃Na. Отриманий результат аналізу обов'язково супроводжується довідкою про речовину, що була використана як стандарт.

2. Проведення аналізу.

Відбирають такий об'єм стічної води, щоб у ньому містилося від 20 до 200 мкг СПАР. Якщо у 100 см³ води присутньо є менше 20 мкг СПАР, відбирають відповідно більший її об'єм та випарюють до об'єму менше 100 см³. Відібрану порцію проби переносять у ділильну лійку на 200-250 см³, розбавляють дистильованою водою до 100 см³, додають 10 см³ фосфатного буферного розчину, 5 см³ нейтрального розчину метиленового синього і 15 см³ хлороформу. Вміст лійки обережно струшують протягом однієї хвилини і дають постояти для розшарування рідин. Потім зливають шар хлороформу в іншу таку ж ділильну лійку, в яку попередньо додають 110 см³ дистильованої води та 5 см³ кислого розчину метиленового синього. Вміст другої лійки струшують так само, як і першої, дають рідинам розшаруватися і зливають нижній хлороформний шар через маленьку лійку, в яку попередньо вміщують шматочок вати, змоченої хлороформом, у мірну колбу на 50 см³.

У першу лійку додають ще 10 см³ хлороформу і повторюють описані операції. Екстракцію проводять ще раз порцією хлороформу (10 та 5 см³). Всього у мірній колбі повинно зібратися біля 40 см³ хлороформних екстрактів. Доводять об'єм колби до мітки хлороформом та перемішують. Забарвлений хлороформний розчин переносять у кювету фотоелектрокалориметра з $l=3\text{см}$ та

вимірюють оптичну густина проти розчину контрольного досліду, для якого беруть 100 см³ дистильованої води. Вимірювання проводять при λ=650нм.

3. Проведення розрахунків та побудова градуувального графіка.

Результат визначення знаходять за градуувальним графіком, для побудови якого відбирають порції 2,0; 5,0; 10,0; 15,0 та 30,0 см³ стандартного розчину СПАР, розводять кожну порцію дистильованою водою до 100 см³ і далі поступають, як вказано в п.2. За одержаними значеннями оптичної густини екстрактів будують градуувальний графік. Метод є чутливим (ε=33×10³).

Концентрацію аніоноактивних СПАР (С) в мг/дм³ знаходять за формулою:

$$C = \frac{a \times V}{100}, \text{ де:}$$

a – концентрація СПАР знайдена за градуувальним графіком, мг/дм³; *V* – об'єм проби води, см³.

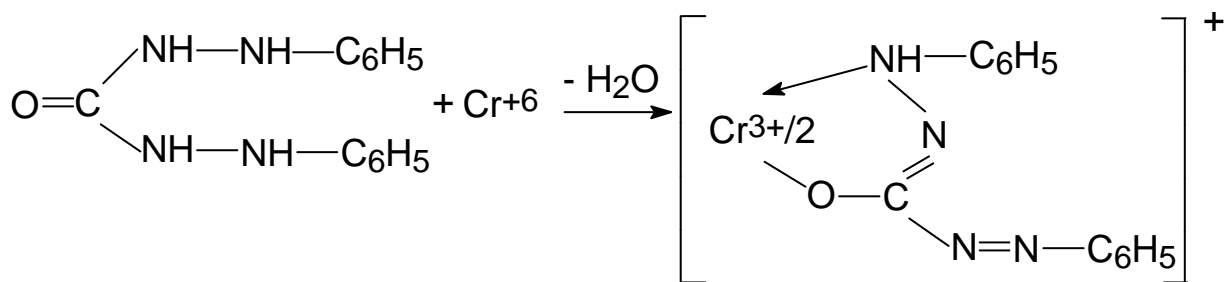
Забруднений метиленовим синім посуд промивають розведеною нітратною кислотою, а потім водою.

Лабораторна робота № 5. Визначення вмісту хрому(VI) у стічних водах

Сполуки Cr(VI) мають канцерогенний характер, тому їх вміст чітко регламентований величиною ГДК, яка, в залежності від категорії води, коливається в межах 0,05-0,1 мг/дм³.

1. Принцип методу.

Метод базується на утворенні забарвленої в червоний колір сполуки при взаємодії сполук Cr(VI) з дифенілкарбазидом. При цьому, Cr(VI) окислює дифенілкарбазид до дифенілкарбозону, а сам відновлюється до Cr(III) з утворенням комплексу з продуктом окислення:



Червоне забарвлення

2. Підготовка до аналізу.

2.1. Приготування розчину сульфатної кислоти (~ 10 М).

Концентровану сульфатну кислоту розбавляють дистильованою водою ~ 1:1 з врахуванням правил техніки безпеки.

2.2. Приготування спиртового розчину дифенілкарбазиду (0,1%).

0,1 г дифенілкарбазиду, зваженого з точністю до 0,001 г, розчиняють в 100 см³ етилового спирту.

2.3. Приготування стандартного розчину Cr(VI).

Стандартний розчин Cr(VI) готують із точної наважки K₂Cr₂O₇.

Вихідний стандартний розчин Cr(VI), концентрацією 100,0 мг/дм³, готують шляхом розчинення 0,283 г біхромату калію в 1,0 дм³ дистильованої води.

Робочий стандартний розчин Cr(VI), концентрацією 1,0 мг/дм³, готують відповідним розбавленням вихідного стандартного розчину.

3. Проведення аналізу та побудова градуувального графіку.

Аналізовану воду об'ємом 10-40 см³ переносять в мірну колбу на 50 см³, додають 2,0 см³ розчину сульфатної кислоти, 0,3 см³ спиртового розчину дифенілкарбазиду і до мітки об'єм доводять дистильованою водою. Через 5 хвилин вимірюють оптичну густину розчину при λ=540 нм в кюветах з товщиною поглинаючого шару l = 1 см відносно розчину порівняння.

Для побудови градуувального графіку в мірні колби на 50,0 см³ вносять відповідно 0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 та 5,0 см³ робочого стандартного розчину Cr(VI), до об'єму ~ 40 см³ доводять дистильованою водою, а далі роблять як описано вище. За одержаними даними будують градуувальний графік (в координатах концентрація Cr(VI) – оптична густина). Графік повинен бути прямолінійним.

4. Проведення розрахунків.

Вміст Cr(VI) в стічній воді X (в мг/дм³) розраховують за формулою:

$$X = \frac{C \times 50}{V}, \text{ де}$$

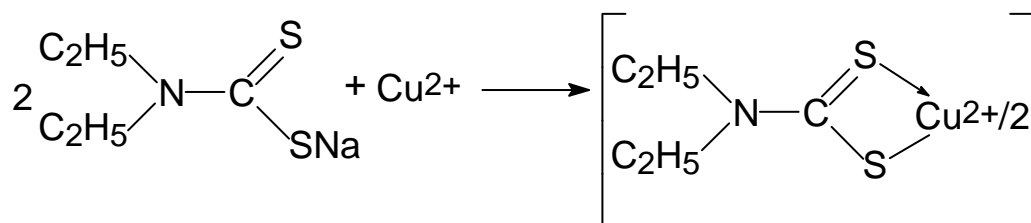
C – концентрація Cr(VI), яка знайдена за градуувальним графіком, мг/дм³; V – об'єм проби, взятий для аналізу, см³.

Лабораторна робота № 6. Фотометричне визначення Купруму в природних та стічних водах

1. Принцип методу.

Метод базується на вимірюванні інтенсивності забарвлення розчину комплексної сполуки Купруму з диетилдитіокарбаматом Натрію жовтого кольору.

Хімізм реакції можна представити таким рівнянням:



2. Підготовка до аналізу.

2.1. Приготування основного стандартного розчину Купруму з концентрацією Купруму 1мг/см³.

Купруму(II) сульфат двічі перекристалізують і висушують в екзикаторі до постійної маси. Наважку 3,929 г Купруму(II) сульфату розчиняють у воді, переносять в мірну колбу на 1000 см³, додають 1 см³ сульфатної кислоти (ρ=1,84 г/см³) і доводять об'єм водою до мітки.

Основний стандартний розчин зберігають не більше 1 року. Концентрація Купруму в основному розчині складає 1 мг/см³.

Стандартні розчини необхідної концентрації готують послідовним розведенням у 10, 100 і 1000 разів основного стандартного розчину Купруму.

2.2. Приготування розчину диетилдитіокарбамату Натрію.

10,0 г диетилдитіокарбамату Натрію зваженого з похибкою не більше $\pm 0,1$ г переносять в мірну колбу на 1000 см³, розчиняють у дистильованій воді і доводять об'єм до мітки водою.

2.3. Приготування змішаного розчину трилону Б і амонію лимоннокислого.

В мірну колбу (на 500 см³) поміщають 100 г лимоннокислого амонію і 25 г трилону Б, зважених з похибкою не більше $\pm 0,1$ г, розчиняють і доводять об'єм розчину до мітки дистильованою водою. Вміст колби перемішують. Розчин переносять в ділильну лійку (на 1000 см³), додають 0,5 см³ розчину диетилдитіокарбамату Натрію і 50 см³ розчинника (хлороформу або CCl₄). Лійку інтенсивно струшують протягом 1 хвилини і залишають до розділення шарів. Нижній шар зливають і відкидають. В ділильну лійку вносять 50 см³ розчинника, струшують протягом 1 хвилини і після розділення шарів нижній шар зливають і відкидають. Останню операцію повторюють до отримання безбарвного нижнього шару. Водний розчин зберігають не більше 2-х місяців.

3. Проведення аналізу та побудова градуувального графіку.

3.1. 1см³ основного стандартного розчину Купруму (по п.2.1.) переносять в мірну колбу на 100 см³, об'єм доводять до мітки дистильованою водою. Розчин готують безпосередньо перед використанням.

3.2. В ділильні лійки на 250 см³ додають 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 см³ розчину, приготовленого по п.3.1., що відповідає 5, 10, 20, 30 і 40 мкг Купруму.

В кожну ділильну лійку додають 10 см³ змішаного розчину лимоннокислого амонію і трилону Б, дві краплі розчину фенолфталеїну, розчин перемішують, нейтралізують, додаючи по краплям розчин аміаку (2:3) до появи малинового забарвлення, охолоджують і додають дистильовану воду до об'єму ≈ 100 см³. Тоді в ділильні лійки додають по 2 см³ розчину диетилдитіокарбамату Натрію і 15 см³ розчинника (хлороформу чи CCl₄). Лійки інтенсивно струшують протягом 1 хвилини і залишають для розділення шарів. Нижній шар зливають в мірну колбу на 25 см³. В ділильні лійки знову додають 10 см³ розчинника, струшують протягом 1 хвилини і після розділення шарів, нижній шар зливають в ту ж мірну колбу. У випадку необхідності, об'єм розчину в колбі доводять до мітки за допомогою розчинника і перемішують.

3.3. Контрольний розчин готують аналогічно без додавання розчину Купруму.

3.4. Вміст колб з розчинами порівняння і контрольним розчином фільтрують через сухий паперовий фільтр в кювети. Оптичну густину розчинів порівняння вимірюють по відношенню до контрольного розчину на фотоколориметрі із світлофільтром при $\lambda_{\max} = (440 \pm 5)$ нм в кюветах з відстанню між робочими гранями 20 мм (або на спектрофотометрі при $\lambda = 440$ нм в кюветах з відстанню між робочими гранями 10 мм).

Градувальний графік будують, відкладаючи на осі абсцис кількість Купруму в мкг, введені в розчини порівняння, на осі ординат – відповідні їм значення оптичних густин.

Для аналізу вод відбирають 50,0 см³ проби, переносять в ділильну лійку на 250 см³ і далі роблять як описано вище.

4. Проведення розрахунків.

Концентрацію Купруму у водах (X) в мг/дм³ вираховують за формулою:

$$X = m / V, \text{ де}$$

m – вміст Купруму, який знайдений за градувальним графіком, мкг; *V* – об'єм води, який взятий для дослідження, см³.

Результати представляють з точністю до першого десяткового знаку. За кінцевий результат випробувань приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень, допустима розбіжність між якими не повинна перевищувати 20% по відношенню до середнього арифметичного при $P=0,95$.

Лабораторна робота № 7. Фотометричне визначення нітратів у природних і питних водах

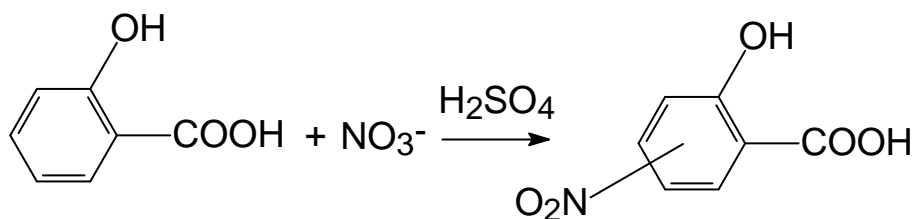
В основу лабораторної роботи покладено ГОСТ 18826-73. Вода питна. Методи визначення вмісту нітратів.

1. Сутність методу.

Метод базується на реакції нітрат-іонів з саліциловокислим Натрієм в присутності сульфатної кислоти з утворенням солі нітросаліцилової кислоти, яка в лужному середовищі набуває жовтого забарвлення.

Чутливість методу – 0,1 мг/дм³ нітратного Нітрогену. ГДК нітратів в питній воді 50,0 мг/дм³ (10 мг/дм³ в перерахунку на Нітроген).

Хімізм реакції можна представити таким рівнянням:



2. Підготовка до аналізу.

2.1. Приготування основного стандартного розчину нітрату Калію.

0,7218 г нітрату Калію KNO₃ (х.ч.), який висушений при 105±2⁰С, розчиняють в дистильованій воді, додають 1 см³ хлороформу і доводять об'єм до 1 дм³. *1 см³ цього розчину містить 0,1 мг нітратного Нітрогену.*

2.2. Приготування робочого стандартного розчину нітрату Калію.

10,0 см³ основного розчину розбавляють в мірній колбі дистильованою водою до 100 см³. *1 см³ цього розчину містить 0,01 мг нітратного Нітрогену.* Використовують свіжоприготовлений розчин.

2.3. Приготування розчину виннокислого Калію-Натрію (сегнетової солі).

30 г Калію-Натрію виннокислого розчиняють в 100 см³ дистильованої води.

2.4. Приготування 0,5%-вого розчину саліциловокислого Натрію.

0,5 г саліциловокислого Натрію розчиняють в 100 см³ дистильованої води. Розчин використовують свіжоприготовлений.

2.5. Приготування 10 н. розчину гідроксиду Натрію.

400 г гідроксиду Натрію розчиняють в дистильованій воді і після охолодження доводять об'єм до 1 дм³.

2.6. Приготування розчину Аргентуму сульфату.

4,40 г Аргентуму сульфату Ag₂SO₄ розчиняють в дистильованій воді і доводять об'єм водою до 1 дм³. 1 см³ розчину еквівалентний близько 1 мг Cl. Розчин зберігають в склянці з темного скла.

3. Проведення аналізу.

Визначенню заважають хлорид-іони в кількості понад 200 мг/дм³. Їх вплив усувають додаванням розчину Аргентуму сульфату в кількості, яка еквівалентна вмісту хлоридів. Осад хлориду Аргентуму відфільтровують.

Визначенню заважають іони Феруму (II, III) в кількості понад 0,5 мг/дм³, вплив яких усувають додаванням 8-10 крапель розчину Калію-Натрію виннокислого перед випарюванням води в фарфоровій чашці.

10 см³ досліджуваної води поміщають в фарфорову чашку. Додають 1 см³ розчину саліциловокислого Натрію та випарюють на водяній бані досуха. Після охолодження сухий залишок зволожують 1 см³ концентрованої сульфатної кислоти, перемішують склянкою паличкою і залишають на 10 хвилин. Після цього додають 5-10 см³ дистильованої води і кількісно переносять в мірну колбу об'ємом 50 см³ (фарфорову чашку кілька разів ополіскують дистильованою водою і розчини кількісно переносять в цю ж колбу). Додають 10 см³ 10 н. розчину гідроксиду Натрію, охолоджують, доводять об'єм дистильованою водою до мітки та перемішують. Протягом 10 хвилин після додавання гідроксиду Натрію забарвлення не змінюється. Порівняння інтенсивності забарвлення досліджуваної проби проводять фотометричним методом, вимірюючи оптичну густину розчину при довжині хвилі 400±20 нм в кюветах з товщиною робочого шару 1-5 см. За значенням оптичної густини, від якої віднімають значення оптичної густини контрольного дослідження, знаходять вміст нітратів за градувальним графіком.

4. Побудова градувального графіку.

Для приготування стандартних розчинів в мірні пробірки з відміткою на 10 см³ відбирають 0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 6,0 та 10,0 см³ робочого стандартного розчину нітрату Калію (1 см³ – 0,01 мг Нітрогену) і доводять дистильованою водою до мітки. Вміст нітратного Нітрогену в розчинах відповідно рівний 0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 6,0; 10,0 мг/дм³. Після цього розчини переносять в фарфорові чашки і далі проводять аналіз та фотометрують як описано в п. 3. По одержаним результатам розраховують рівняння регресії або будують градувальний графік (в координатах вміст нітратів мг/дм³ – оптична густина).

5. Обробка результатів.

Вміст нітратів (X) в мг/дм³ розраховують за формулою в перерахунку на нітратний азот: $X = C$, де C – вміст нітратів, який знайдений за градувальним графіком, мг/дм³.

Питання для самоконтролю

1. Які класифікації природних вод та визначувальних компонентів, з точки зору методології аналізу, Вам відомі?
2. Для чого проводять класифікацію природних за призначенням і які критерії якості для них встановлюють?
3. Що таке “лімітуюча ознака шкідливості забруднювальної речовини” і як цей показник впливає на встановлення ГДК?
4. Які види проб води Вам відомі? Опишіть техніку пробовідбору води.
5. Як обирають місце відбору проб води?
6. На чому базується визначення розчиненого у воді кисню? Що таке БСК і як визначають цей сумарний параметр?
7. Охарактеризуйте арбітражний метод визначення ХСК.
8. Дайте оцінку методиці експресного визначення суми важких металів з використанням дитизону.
9. В чому особливості визначення аніонних СПАР у водах?
10. Опишіть механізм взаємодії сполук Хрому(VI) з дифенілкарбазидом.
11. На чому базується екстракційно-фотометричне визначення Купруму(II) у природних та стічних водах?
12. Як усувають вплив заважаючих іонів при визначенні нітрат-іонів з використанням саліциловокислого Натрію?

IV. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ

Ґрунти є незамінним природним ресурсом і першоджерелом для одержання харчових ресурсів. Тому, екологічний стан ґрунтів визначатиме і безпеку харчових продуктів, які одержані на цих ґрунтах, тим більше що понад 98% харчової енергії людство одержує за рахунок ґрунтів.

Принцип нормування вмісту шкідливих речовин в орному шарі ґрунту (ГДК_ґ) базується на тому, що потрапляння їх в організм проходить, переважно, через контактуючі з ґрунтом середовища (рослини, повітря, вода). Нормативи ГДК_ґ розроблені для речовин, які можуть мігрувати в атмосферне повітря або ґрунтові води, знижувати врожайність або погіршувати якість сільськогосподарської продукції. Тому, для характеристики забруднювальних речовин вводяться відповідні міграційні показники, що визначені експериментально.

Ключовим питанням нормування антропогенного навантаження на ґрунти є оцінка їх забрудненості. За величиною зон та рівнем забруднення виділяють фонове, локальне, регіональне і глобальне забруднення ґрунтів. *Фоновим* вважається такий вміст забруднювальних речовин в ґрунті, який відповідає або є близьким до природного хімічного складу ґрунту. *Локальним* вважається забруднення ґрунту поблизу одного або сукупності декількох джерел забруднення. *Регіональним* є таке забруднення ґрунтів, яке виникає внаслідок переносу забруднювальних речовин на відстань не більше 40 км від техногенних і не більше 10 км від сільськогосподарських джерел забруднень. *Глобальним* називають таке забруднення ґрунтів, яке виникає внаслідок дальнього переносу забруднювальних речовин на відстань понад 1000 км від будь-яких джерел забруднення.

У відповідності з ГОСТ 17.4.1.02-83 за ступенем небезпеки хімічні речовини, що потрапляють в ґрунти, поділяють на три класи (див. табл. 8):

- 1 клас – високо небезпечні речовини;
- 2 клас – помірно небезпечні речовини;
- 3 клас – малонебезпечні речовини.

Таблиця 8.

Показники і класи небезпеки хімічних речовин ґрунту

Показник	Норми концентрації		
	1 клас	2 клас	3 клас
Токсичність, ЛД ₅₀ , мг/кг	< 200	200-1000	> 1000
Персистентність в ґрунті, місяці	> 12	6-12	< 6
ГДК _ґ , мг/кг	< 0,2	0,2-0,5	> 0,5
Персистентність в рослинах, місяці	3 і більше	1-3	< 1
Вплив на харчову цінність с/г продукції	сильний	помірний	немає

Оцінка рівня хімічного забруднення ґрунтів проводиться за показниками, які розроблені при спряженні геохімічних і гігієнічних досліджень навколишнього природного середовища. Існують індивідуальні і інтегральні

показники забруднення. Коефіцієнт концентрації забруднення ґрунту розраховують за формулами:

$$k_c = \frac{C}{C_\phi} \text{ або } k_c = \frac{C}{C_{ГДК}}, \text{ де}$$

C – загальний вміст забруднюючої речовини, мг/кг; C_ϕ – середній фоновий вміст забруднювальної речовини, мг/кг; $C_{ГДК}$ – граничнодопустима концентрація забруднювальної речовини, мг/кг.

Інтегральний показник поелементного забруднення ґрунтів розраховують за формулою:

$$k_{cj} = \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{C_{\phi j}}, \text{ де}$$

C_j – сума контрольних забруднювальних речовин; $C_{\phi j}$ – сума фонового вмісту забруднювальних речовин.

Коефіцієнт зворотної реакції ґрунтів на динаміку забруднення розраховують за формулою:

$$K_p = \frac{A - A_\phi}{A_\phi}, \text{ де}$$

A і A_ϕ – параметри, які контролюються в забрудненій і фоновій пробах.

В Росії, при забрудненні ґрунтів одночасно кількома хімічними елементами, розраховують сумарний показник забруднення, який відображає ефект впливу групи елементів:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n - 1), \text{ де}$$

K_{ci} – коефіцієнт концентрації i -го елемента в пробі; n – кількість врахованих елементів. Сумарний показник забруднення визначають як для всіх елементів в одній пробі, так і для ділянки території по геохімічній виборці.

Оцінка небезпеки забруднення ґрунтів кількома хімічними інгредієнтами за показником Z_c проводиться за оціночною шкалою, яка розроблена на основі вивчення стану здоров'я населення, що проживає на територіях з різним рівнем забруднення ґрунтів (див. табл. 9).

Таблиця 9.

Оціночна шкала небезпеки забруднення ґрунтів за сумарним показником

Категорія забруднення ґрунтів	Величина Z_c	Зміна показників здоров'я населення
Допустима	< 16	Низький рівень захворюваності дітей з мінімумом функціональних відхилень
Помірно небезпечна	16-32	Зростання загального рівня захворюваності
Небезпечна	32-128	Зростання кількості хворих, дітей з хронічними хворобами, порушення функціональних серцево-судинних систем
Надзвичайно небезпечна	> 128	Значне зростання кількості хворих, порушення репродуктивної функції жінок (токсикоз вагітних, передчасні пологи)

Мінеральну частину ґрунтів становлять силікати та алюмосилікати, домінуючими компонентами яких є сполуки Силіцію, Алюмінію, Феруму та Кальцію. Хімічний склад ґрунтів виражають через відсотковий вміст оксидів елементів, віднесений до повітряно-сухої проби.

Сполуки названих вище елементів складають 80-85% проби, але крім названих сполук, до складу ґрунтів входять в значних кількостях сполуки Магнію, Титану, Мангану, Фосфору, Сульфуру, сполуки неорганічного Карбону. Ґрунти містять значні кількості органічних компонентів, а також до 10% гігроскопічної води.

За вмістом основних мінеральних компонентів, ґрунти поділяють на кілька груп, причому вміст основних інгредієнтів змінюється в широких межах. Відносно сталим є вміст в ґрунтах Фосфору (P_2O_5), а вміст сполук Сульфуру і карбонатного Карбону може коливатися в широких межах, причому це стосується і органічних речовин.

До складу ґрунтів входять також мікроелементи, найбільш важливими з яких є Бор (вміст в межах 1-200 мг/кг), Манган (20-5000 мг/кг), Купрум (1-150 мг/кг), Цинк (5-100 мг/кг), Кобальт (0,5-20 мг/кг) та Молібден (0,2-10 мг/кг).

Особливо важливим в аналізі ґрунтів є визначення деяких показників, які характеризують вміст доступних для рослин хімічних інгредієнтів (елементи зольного живлення, тощо), причому враховується поглинювальна здатність ґрунтів (до деяких іонів). Окремо визначають вміст в ґрунтах доступних для рослин біогенних елементів (N, P, K).

Крім того, для визначення ступеня забрудненості ґрунтів проводять визначення компонентів антропогенного походження, серед яких особливої уваги приділяють сполукам важких металів, вмісту радіонуклідів, тощо.

4.1. Особливості аналізу ґрунтів та донних відкладів

Хімічні інгредієнти, які входять до складу ґрунтів та донних відкладів, з точки зору аналітичного визначення можна поділити на три групи. До *першої групи* входять компоненти, які становлять основну мінеральну частину (матрицю), а також Карбон та Нітроген органічних сполук і для їх визначення пробу необхідно повністю перевести в розчин (мінералізувати). *Другу групу* інгредієнтів складають біологічно активні та доступні для рослин компоненти, які вилучаються із ґрунтів та донних відкладів дією певних розчинів та розчинників (екстрагентів). До *третьої групи* належать неорганічні та органічні токсичні речовини антропогенного походження, які визначають ступінь забрудненості ґрунтів. При цьому, інгредієнти третьої групи переводять в розчин дією певних розчинів та розчинників і при цьому зауважують, що один інгредієнт може відноситися до різних груп сполук.

Спосіб підготовки та обробки проб ґрунтів та донних відкладів залежить від мети аналізу. Хімічний склад ґрунтів та донних відкладів є відносно сталим в часі і просторі, особливо по відношенню до елементів матричного складу. Проте вміст в ґрунтах та донних відкладах компонентів другої та третьої групи інгредієнтів може змінюватися в значних межах. Тому при визначенні останніх,

відбір проб проводять на різних ділянках поверхні та глибин, причому кількість місць відбору повинна бути якомога більшою. Час відбору проб узгоджують з періодами вегетації рослин.

При визначенні забруднювальних речовин, відбір проб проводять на ділянках найбільш інтенсивного забруднення. Відібраний для аналізу ґрунт (на глибині 10-20 см) висушують на повітрі протягом декількох діб (без потрапляння прямих сонячних променів), а донні відклади відбирають за допомогою ґрунтовідбірників, відділяють від них воду фільтруванням і висушують на повітрі, як ґрунти. Висушування сприяє припиненню мікробіологічних процесів, які призводять до змін вмісту біогенних елементів та органічних сполук. При цьому слід враховувати, що висушування проби змінює величину рН ґрунтів, гідролітичну кислотність, вміст сполук Феруму (II), а також біогенних елементів. Сухі зразки добре перемішують для відбору середньої проби.

Підготовлений повітряно-сухий ґрунт або донні відклади масою 600-750 г розмішують на чистому папері і вилучають з них сторонні включення (каміння, залишки коренів, тощо) і при необхідності розтирають ґрунт. Середню пробу ґрунтів готують методом *квартування*. Для одержання однорідної проби, ґрунти просіюють крізь спеціальні сита з діаметром отворів 0.25 мм. Частинки, які залишилися на ситі, розтирають в ступці і знову просіюють. Для відбору лабораторної проби (5-10 г) просіяну середню пробу розмішують на аркуші чистого паперу, розстеляють шаром біля 0,5 см, шпателем ділять на малі квадрати і перемішують відібрану пробу.

При цьому розрізняють кілька видів аналізу ґрунтів та донних відкладів. *Валовий аналіз* включає в себе комплекс визначень, які дають змогу встановити елементний склад ґрунтів та донних відкладів, тобто загальний вміст в них хімічних елементів. При цьому, визначення більшості інгредієнтів і показників проводять з окремих наважок ґрунту. *Катіонну обмінну здатність* (ємність) ґрунтів та донних відкладів, яка відіграє важливу роль в кореновому живленні рослин, передбачає визначення обмінних катіонів, ємності поглинання, солонцюватості та кислотності. *Доступні для споживання рослин* Нітроген, Фосфор та Калій (N, P, K) характеризують забезпеченість ґрунтів та донних відкладів основними елементами живлення рослин (на ці показники впливає час відбору. Період вегетації рослин, тощо). Групу *мікроелементів*, які найбільш часто зустрічаються в ґрунтах, складають *Mn, Cu, Co, Zn, Mo* та *B*. Окремо визначають *антропогенні забруднювальні речовини*.

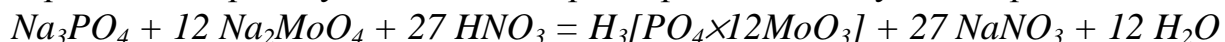
4.2. Методики визначення основних параметрів якості ґрунтів

Валовий аналіз ґрунтів проводять вкрай рідко, адже хімічний склад основних інгредієнтів ґрунтів залишається відносно сталим. Тому найбільш часто проводять визначення рухомих форм елементів в ґрунтах або вміст антропогенних забруднювальних речовин. Саме цим аспектам будуть присвячені лабораторні роботи.

Лабораторна робота № 1. Визначення рухомих форм Фосфору в ґрунті за методом Кірсанова в модифікації ЦНАО

1. Принцип методу.

Фосфор вилучають із ґрунту 0,2 н розчином хлороводневої (соляної) кислоти у співвідношенні *ґрунт : розчин кислоти* = 1:5. В розчині Фосфор визначають фотометрично у вигляді молібденової сині. Даний метод рекомендується для визначення рухомих форм фосфору в некарбонатних ґрунтах. Фосфат-іони в присутності молібдат-іонів в кислому середовищі утворюють забарвлену в жовтий колір гетерополікислоту згідно рівняння:



При додаванні відновників (аскорбінова кислота, солі Fe^{2+} , SnCl_2), гетерополікислота частково відновлюється, і розчин набуває синього кольору $\text{H}_3[\text{PO}_4 \times 10 \text{MoO}_3 \times 2 \text{MoO}_2]$. В аналітичній хімії Фосфору, для його фотометричного визначення використовують як жовті, так і відновлені сині форми гетерополікислоти, причому методи з використанням синіх форм є більш чутливими. Максимум світлопоглинання розчинів синіх форм гетерополікислоти лежать в межах 700-750 нм.

2. Підготовка до аналізу. Приготування розчинів.

2.1. Забарвлюючий реактив А.

6,0 г молібдату амонію, зваженого з похибкою $\leq 0,1$ г, розчиняють у 200,0 см³ дистильованої води.

0,145 г стибієвоцинноокислого Калію розчиняють у 100,0 см³ дистильованої води.

Обидва розчини переносять у мірну колбу на 1,0 дм³, в якій міститься 500 см³ 5 н розчину сульфатної кислоти. Після перемішування, об'єм розчину доводять до мітки дистильованою водою.

2.2. Реактивний розчин Б.

0,887 г аскорбінової кислоти розчиняють у 168,0 см³ реактивного розчину А і доводять об'єм дистильованою водою до 1,0 дм³. Реактив готують в день проведення аналізу.

2.3. Приготування стандартного розчину фосфору (0,2 мг P₂O₅ в 1,0 см³).

Наважку 0,3834 г KH_2PO_4 , який попередньо просушують при температурі 105-110°C до постійної ваги, зважену з похибкою не більше 0,0001 г розчиняють в 1,0 дм³ 0,2 н розчину хлороводневої кислоти.

3. Проведення аналізу та побудова градууювального графіку.

10,0 г підготовленого ґрунту (повітряно-сухий стан, без сторонніх домішок) заливають 50,0 см³ 0,2 н розчину HCl і збовтують протягом однієї хвилини. Після 15-хвилинного відстоювання суспензію фільтрують.

Відбирають 5,0 см³ фільтрату в мірну колбу на 100,0 см³ і доводять об'єм до мітки реактивним розчином Б. Розчин перемішують і через 10 хвилин вимірюють оптичну густину на фотоколориметрі при $\lambda_{\text{еф}}=590\pm 20$ нм (с.ф. № 9) у кюветах з $\ell=1,0$ см відносно розчину порівняння (без проби). Концентрацію Фосфору знаходять за градууювальним графіком.

В мірні колби на 100,0 см³ вносять відповідно 0; 1,0; 3,0; 5,0; 10,0; 12,5; 15,0; 17,5 та 20,0 см³ стандартного розчину Фосфору, по 5,0 см³ 0,2 н розчину *HCl*, об'єм кожної колби доводять до мітки реактивним розчином Б і добре перемішують. Через 10 хвилин вимірюють оптичну густину як описано вище. За одержаними даними будують градувальний графік.

4. Проведення розрахунків.

Вміст Фосфору в ґрунті *X* (в мг *P₂O₅*/кг ґрунту) розраховують за формулою:

$$X = \frac{C_{P_2O_5} \times 50 \times 100}{g \times 5}, \text{ де}$$

C_{P₂O₅}

 – концентрація *P₂O₅*, яка знайдена за градувальним графіком, мг/см³; *g* – наважка ґрунту, г.

Оптимальний вміст *P₂O₅* в ґрунті складає 250-300 мг/кг. Для підвищення вмісту *P₂O₅* в ґрунті на 10 мг/кг (в межах 50-300 мг/кг) на кислих ґрунтах вносять фосфоритне борошно в розрахунку 6-120 кг/га.

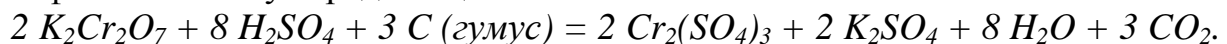
При вирощуванні картоплі чи овочевих культур, вносять 15-30 кг *P₂O₅* на 1 га у вигляді суперфосфату, при вирощуванні зернових та зернобобових – 10-15 кг/га, при вирощуванні кукурудзи – 4-8 кг/кг.

Лабораторна робота № 2. Визначення гумусу в ґрунті за І.В. Тюрінім

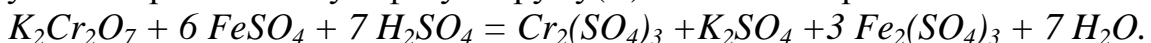
Гумусом називають особливу органічну речовину ґрунту, що утворюється при розкладі і гуміфікації рослинних і тваринних залишків і забарвлює верхню частину профілю. Від його вмісту залежить родючість ґрунтів. В чорноземних ґрунтах, як найбільш родючих, його вміст може досягати 10% і більше.

1. Сутність методу.

Простим і точним способом визначення гумусу є метод І.В. Тюріна, який широко застосовується при масових аналізах ґрунтів. Метод базується на окисленні гумусових речовин ґрунту до *CO₂* за допомогою біхромату Калію у сульфатно кислому середовищі:



За кількістю витраченого на окислення гумусу біхромату Калію, судять про кількість гумусу. Залишок біхромату, що не прореагував, визначають його титруванням розчином сульфату Феруму(II) або солі Мора:



2. Матеріали і розчини.

2.1. Реагентний розчин (0,4 н розчин *K₂Cr₂O₇* у сульфатній кислоті).

20,0 г сухого біхромату Калію розчиняють у 500 см³ дистильованої води і додають 500 см³ концентрованої сульфатної кислоти.

2.2. Розчин солі Мора (*(NH₄)₂Fe(SO₄)₂·6H₂O* (0,2 н).

80,0 г солі переносять в мірну колбу на 1,0 дм³, додають 20 см³ концентрованої сульфатної кислоти і об'єм доводять до мітки дистильованою

водою. Точну концентрацію розчину солі Мора встановлюють за біхроматом Калію.

0,2% розчин фенілантранілової кислоти.

3. Проведення дослідження.

Наважку (50-200 мг в залежності від вмісту гумусу, судять за кольором) повітряно-сухого ґрунту насипають в конічну колбу на 100 см³. Обережно із бюретки додають 10,0 см³ 0,4 н розчину біхромату Калію і суміш обережно перемішують круговими рухами. Колбу накривають лійкою, ставлять на азбестову сітку і нагрівають до кипіння. Потім нагрівання зменшують і кип'ятять суміш протягом 5 хвилин, запобігаючи бурхливому кипінню.

Після цього колбу охолоджують до кімнатної температури (колір суміші має бути оранжевим, інакше якщо колір суміші є зеленим, вміст органічних речовин в пробі є більшим ніж окислювача і дослід слід знову повторити з меншої наважки ґрунту). Стінки колби змивають з піпетки водою об'ємом 20-40 см³. Додають 4-5 крапель розчину фенілантранілової кислоти і суміш титрують стандартним розчином солі Мора. Кінець титрування визначають за переходом вишнево-фіолетового забарвлення індикатора в зелене.

Вміст органічного Карбону вираховують за формулою:

$$C = \frac{(a - b) \times K_M \times 100 \times 0,0006 \times K_{H_2O} \times 1,724}{P}, \text{ де}$$

C – вміст гумусу в ґрунті, %; a – кількість см³ 0,2 н розчину солі Мора, що пішла на титрування контрольного розчину; b – кількість см³ 0,2 н розчину солі Мора, що пішла на титрування досліджуваної проби; K_M – поправка до титру солі Мора; 0,0006 – кількість органічного карбону, що відповідає 1,0 см³ 0,2 н розчину солі Мора, г; 1,724 – кількість органічного карбону в г, що відповідає 1 г гумусу; P – наважка повітряно сухого ґрунту, г; K_{H_2O} – коефіцієнт гігроскопічності для перерахунку на абсолютно суху наважку ґрунту.

Лабораторна робота № 3. Визначення кислотності ґрунтів потенціометричним методом

Кислотність ґрунту, що зумовлена іонами Гідрогену та Алюмінію, які знаходяться в поглинутому стані і які здатні витісняватись в розчин при дії на ґрунти нейтральної солі, називається обмінною кислотністю.

1. Принцип методу.

Обмінна кислотність ґрунту визначається шляхом обробки ґрунту 1 М розчином хлориду Калію і наступним вимірюванням рН витяжки потенціометричним методом (з використанням скляного індикаторного електроду і хлорсрібного електроду порівняння).

2. Реагенти і обладнання.

2.1. Приготування 1 М розчину хлориду Калію.

75,0 г хлориду калію, який зважений з похибкою до 0,1 г, розчиняють в мірній колбі на 1,0 дм³ дистильованою водою і перевіряють значення рН розчину, яке повинно бути в межах рН 5,6-6,0.

2.2. Стандартні буферні розчини.

Стандартні буферні розчини з рН 4,01; 6,86 та 9,18 готують з відповідних фіксаналів.

рН-метр або іономір, з похибкою вимірювання $\leq 0,1$ рС (рХ).

3. Проведення аналізу.

Перед вимірюванням, настраюють рН-метр за стандартними буферними розчинами згідно інструкції до приладу. Наважку 10,0 г підготовленого ґрунту переносять в колбу на 100,0 см³, додають 25,0 см³ 1 М розчину хлориду калію і перемішують протягом 3-5 хвилин. У відстояний розчин, чи навіть у суспензію, занурюють електроди рН-метра і фіксують покази приладу (значення рН). Між вимірюваннями електроди ретельно промивають дистильованою водою і висушують фільтрувальним папером.

Визначення **актуальної кислотності** проводять аналогічно, використовуючи як екстрагуючий розчин дистильовану воду при співвідношенні ґрунт : вода = 1:5.

Визначення **гідролітичної кислотності** проводять аналогічно, використовуючи для вимірювання рН витяжку 1М CH₃COONa при співвідношенні ґрунт : CH₃COONa = 1:2,5 через добу витримання. Дані для переведення одиниць рН в значення Н_г (мг-екв/100г) приведені нижче:

рН	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2
Н _г	9,04	7,28	5,85	4,71	3,79	3,05	2,46	1,98	1,60	1,28

На основі одержаних даних роблять висновок про кислотність досліджуваних ґрунтів.

Питання для самоконтролю

1. Обґрунтуйте необхідність контролю якості ґрунтів.
2. Дайте оцінку особливостям нормування якості ґрунтів.
3. В чому полягають особливості відбору та підготовки проб ґрунтів та донних відкладів?
4. Назвіть основні етапи аналізу ґрунтів?
5. В чому заключаються відмінності між аналізом ґрунтів та донних відкладів?
6. Чому найбільш часто проводять визначення в ґрунтах вмісту рухомих форм елементів та антропогенних забруднювальних речовин?
7. На чому базується визначення рухомих форм Фосфору в ґрунтах?
8. Яка роль гумусових речовин в ґрунтах?
9. Охарактеризуйте метод визначення гумусу в ґрунтах?
10. Чому для визначення кислотності ґрунтів доцільно використовувати потенціометричний метод аналізу, а не титриметричний метод?

Питання до колоквіумів з курсу “Аналіз природних об’єктів та продуктів харчування”

Тема 1. Система контролю за станом об’єктів навколишнього середовища. Загальна характеристика природних об’єктів.

1. Закон України про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення.
2. Необхідність контролю об’єктів навколишнього середовища.
3. Хімічний склад та деякі властивості природних вод.
4. Хімічний склад та деякі властивості повітря.
5. Хімічний склад та деякі властивості атмосферних опадів.
6. Хімічний склад та деякі властивості ґрунтів.
7. Хімічний склад та деякі властивості донних відкладів.
8. Система контролю за станом об’єктів навколишнього середовища
9. Інгрєдєнти складу об’єктів навколишнього середовища; їх класифікація.
10. Природні інгрєдєнти.
11. Антропогенні інгрєдєнти.
12. Поняття норм та видів граничнодопустимих концентрацій.

Тема 2. Особливості відбору проб, вибору методу аналізу та пробопідготовки при еколого-аналітичному контролі стану об’єктів навколишнього середовища

1. Характеристика та порівняння аналітичних можливостей методів контролю об’єктів навколишнього середовища.
2. Загальна схема та основні етапи аналізу об’єктів навколишнього середовища.
3. Види проб, їх характеристика.
4. Порядок оформлення та підготовка лабораторних проб.
5. Особливості аналізу природних об’єктів.
6. Природні води. Види проб та техніка їх відбору.
7. Відбір проб повітря для аналізу.
8. Розрахунок оптимального об’єму проби повітря для аналізу.
9. Фактори, які впливають на правильність отриманих результатів при аналізі повітря.
10. Ґрунти. Відбір проб та їх підготовка для аналізу.
11. Основні етапи аналізу ґрунтів.
12. Донні відклади. Відбір проб та їх підготовка до аналізу.

Тема 3. Природні води. Визначення основних показників якості природних вод.

1. Визначення загального азоту.
2. Визначення хімічного споживання кисню.
3. Визначення індивідуальних показників хімічного складу вод.
4. Визначення аміаку в природних водах.
5. Визначення амінокислот в природних водах.
6. Визначення карбонільних сполук в природних водах.

7. Фотометричне визначення сульфідів та сірководню в природних водах.
8. Визначення пестицидів в природних водах.
9. Загальна характеристика методів визначення синтетичних поверхнево-активних речовин в природних водах.
10. Визначення аніоноактивних поверхнево-активних речовин в природних водах.
11. Визначення катіоноактивних поверхнево-активних речовин в природних водах.
12. Визначення неіоногенних поверхнево-активних речовин в природних водах.
13. Визначення фенолів в природних водах.
14. Визначення сульфат-іонів в природних водах.
15. Визначення суми металів в природних водах.

Тема 4. Повітря, ґрунти. Визначення основних показників якості

1. Визначення парів Меркурію в повітрі.
2. Визначення аміаку в повітрі.
3. Визначення діоксиду Нітрогену в повітрі.
4. Визначення сірководню в повітрі.
5. Ґрунти. Визначення загальної та вільної кислотності ґрунтів.
6. Визначення загальної та вільної лужності ґрунтів.
7. Визначення Нітрогену в ґрунтах.
8. Визначення Фосфору в ґрунтах.
9. Визначення пестицидів в ґрунтах.
10. Визначення гігроскопічної води, втрати при прожарюванні.
11. Аналіз водної витяжки ґрунтів.

Тема 5. Продукти харчування. Загальні особливості підходу до аналізу харчових продуктів.

1. Закон України про якість та безпеку харчових продуктів і сировини.
2. Визначення органолептичних показників якості продуктів харчування:
 - кава натуральна;
 - продукти м'ясні;
 - продукти консервовані;
 - лікеро-горілчані вироби.
3. Фізико-хімічні показники якості продуктів харчування.
4. Визначення вологості в продуктах харчування:
 - продукти м'ясні;
 - хліб, мучні вироби, цукор, крупи;
 - молоко і молочні продукти.
5. Визначення жиру в продуктах харчування:
 - м'ясо і м'ясні продукти;
 - молоко і молочні продукти.
6. Визначення цукру в продуктах харчування методом Бертрана:

- вина і коньяки;
- молочні продукти;
- 7. Визначення цукру в продуктах харчування методом прямого титрування:
вина і коньяки.
- 8. Визначення цукру в продуктах харчування йодометричним методом:
молочні продукти;
кондитерські вироби.
- 9. Визначення масової частки спирту етилового:
кондитерські вироби.
вина, коньяки, коньячні спирти
- 10. Водне число пікнометра: визначення, використання.
- 11. Методи визначення спирту метилового в горілчаних виробках.
- 12. Фотометричне визначення метанолу в продуктах харчування.
- 13. Визначення вільної сірчистої кислоти в винах і виноматеріалах.
- 14. Визначення зв'язаної сірчистої кислоти в винах і виноматеріалах.
- 15. Основні методи визначення кухонної солі в продуктах харчування.
- 16. Особливості пробопідготовки при визначенні кухонної солі:
продукти консервовані;
продукти м'ясні;
продукти переробки плодів і овочів, консерви м'ясні і м'ясорослинні.
- 17. Визначення хлориду натрію в харчових продуктах методом Мора.
- 18. Визначення хлориду натрію в харчових продуктах методом Фольгарда.
- 19. Полярнографічне визначення хлориду натрію в продуктах харчування.
- 20. Меркуриметричне визначення хлориду натрію в продуктах харчування.
- 21. Основні методи визначення Феруму в продуктах харчування.
- 22. Визначення Феруму в білих винах.
- 23. Визначення Феруму в винах, виноматеріалах, коньяках, коньячних спиртах.
- 24. Визначення Феруму в мінеральних водах.
- 25. Особливості пробопідготовки при визначенні Феруму в продуктах харчування.
- 26. Роль феруму для організму людини та його вплив на органолептичні показники якості продуктів харчування.
- 27. Основні методи визначення титрованих кислот в продуктах харчування
- 27. Визначення титрованих кислот в деяких продуктах харчування:
молоко в молочні продукти;
вина і виноматеріали;
кондитерські вироби
- 28. Градус кислотності: зміст терміну, використання.
- 29. Визначення пестицидів в продуктах харчування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основы аналитической химии /под ред. Золотова Ю.А. Кн.1-2.-М.:Высш.шк., 2000.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. Ч.1-2.-М.:Высш.шк, 1989.
3. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа.-М.:Высш.шк., 1991.-256с.
4. Набиванець Б.Й., Сухан В.В., Калабіна Л.В. Аналітична хімія природного середовища.-К.:Либідь, 1996.
5. Коренман Я.И. Практикум по аналитической химии. Оптические методы анализа.-Воронеж: Из-во Воронежского университета, 1989.-232с.
6. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов.-М.:Изд-во стандартов, 1990.-185с.
7. Гаубе П.Р., Баранова А.Г. Практикум по химии воды.-М.: Высш.шк., 1971.
8. ГОСТ 4192-82. Вода питьевая. Методы определения минеральных азотсодержащих веществ. Введен в действие на Украине 01.01.1983.
9. ГОСТ 18826-73. Вода питьевая. Методы определения нитратов. Введен в действие на Украине 01.01.1974.
10. Методические указания по фотометрическому измерению концентраций паров ртути в воздухе рабочей зоны № 4188-86 от 06.11.1986.
11. Методические указания по определению нитратов и нитритов в продукции растениеводства № 5048-89 от 04.07.1989.
12. Клисенко М.А., Александрова Л.Г. Определение остаточных количеств пестицидов.-К.:Здоров'я, 1983.-248с.
13. Чундак С.Ю., Балог Й.С., Базель Я.Р., Задорожна Є.М., Студеняк Я.І., Воронич О.Г., Кормош Ж.О. Методичний посібник до лабораторного практикуму з курсу “Фізико-хімічні методи аналізу”.-Ужгород: Ужгородський держуніверситет,1999.-73с.
14. Базель Я.Р., Кормош Ж.О., Тирчо Ю.Б. Практикум з аналітичної хімії для студентів хімічного факультету (хімічні методи аналізу).-Ужгород: Ужгородський держуніверситет,1999.-71с.
15. Сухарева О.Ю., Базель Я.Р., Сухарев С.М. Лабораторні роботи з курсу “Аналіз природних об’єктів і продуктів харчування”. Частина 1. – Ужгород: Вид-во Ужгородського національного університету, 2005. – 52 с.
16. Сухарев С.М., Чундак С.Ю., Сухарева О.Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Львів: “Новий Світ-2000”, 2004.-256с.
17. Сухарев С.М., Чундак С.Ю., Сухарева О.Ю. Основи екології та охорони довкілля: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 394 с.

ЗМІСТ

	Стор.
I. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ І МЕТОДОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ОБ'ЄКТІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	3
II. КОНТРОЛЬ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	7
2.1. Основні правила пробовідбору повітря.	10
2.2. Методики визначення основних забруднювальних атмосфери речовин	11
<u>Лабораторна робота № 1.</u> Визначення запиленості повітря	11
<u>Лабораторна робота № 2.</u> Визначення діоксиду Сульфуру в повітрі	12
<u>Лабораторна робота № 3.</u> Визначення діоксиду Нітрогену в повітрі	14
<u>Лабораторна робота № 4.</u> Визначення парів Меркурію в повітрі	16
<u>Лабораторна робота № 5.</u> Визначення сірководню в повітрі	17
Питання для самоконтролю	19
III. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД	20
3.1. Види проб вод та техніка їх відбору	23
3.2. Методики визначення основних параметрів якості природних вод	24
<u>Лабораторна робота № 1.</u> Визначення розчиненого у воді кисню йодометричним методом. БСК	24
<u>Лабораторна робота № 2.</u> Визначення хімічного споживання кисню (ХСК) в природних та стічних водах арбітражним методом	26
<u>Лабораторна робота № 3.</u> Визначення сумарного вмісту важких металів у природних водах	29
<u>Лабораторна робота № 4.</u> Визначення аніоноактивних СПАР у стічних водах	30
<u>Лабораторна робота № 5.</u> Визначення вмісту Хрому(VI) у стічних водах	32
<u>Лабораторна робота № 6.</u> Фотометричне визначення Купруму в природних та стічних водах	33
<u>Лабораторна робота № 7.</u> Фотометричне визначення нітратів у природних і питних водах	35
Питання для самоконтролю	37
IV. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ	38
4.1. Особливості аналізу ґрунтів та донних відкладів	40
4.2. Методики визначення основних параметрів якості ґрунтів	41
<u>Лабораторна робота № 1.</u> Визначення рухомих форм Фосфору в ґрунті за методом Кірсанова в модифікації ЦІНАО	42
<u>Лабораторна робота № 2.</u> Визначення гумусу в ґрунті за І.В.Тюрінім	43
<u>Лабораторна робота № 3.</u> Визначення кислотності ґрунтів потенціометричним методом	44
Питання для самоконтролю	45
Питання до колоквиумів з курсу “Аналіз природних об’єктів та продуктів харчування”	46
ЛІТЕРАТУРА	49
ЗМІСТ	50