

О. М. Чеботарьов
О. М. Гузенко
Д. В. Снігур

**СУЧАСНІ МЕТОДИ
ПРОБОПІДГОТОВКИ
РЕЧОВИН ТА МАТЕРІАЛІВ ДО
АНАЛІЗУ**

*Методичні вказівки для студентів
третього (освітньо-наукового) рівня (PhD) вищої освіти
спеціальності 102 «Хімія»*

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА
ФАКУЛЬТЕТ ХІМІЇ ТА ФАРМАЦІЇ

О. М. Чеботарьов, О. М. Гузенко, Д. В. Снігур

СУЧАСНІ МЕТОДИ ПРОБОПІДГОТОВКИ РЕЧОВИН ТА МАТЕРІАЛІВ ДО АНАЛІЗУ

*Методичні вказівки для студентів
третього (освітньо-наукового) рівня (PhD) вищої освіти
спеціальності 102 «Хімія»*

ОДЕСА
ОНУ
2020

УДК 542.1:542.2:54-41

Ч-343

Рецензенти:

Н. Ф. Федько, кандидат хімічних наук, доцент кафедри органічної та фармацевтичної хімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

М. В. Нестеркіна, кандидат біологічних наук, доцент кафедри органічних та фармацевтичних технологій Одеського національного політехнічного університету.

Рекомендовано до друку вченою радою
факультету хімії та фармації
ОНУ імені І. І. Мечникова.

Протокол № 6 від 19.02.2020 р.

Чеботарьов О. М.

Сучасні методи пробопідготовки речовин та матеріалів до
Ч-343 аналізу: методичні вказівки для студентів третього (освітньо-наукового) рівня (PhD) вищої освіти спеціальності 102 «Хімія» /
О. М. Чеботарьов, О. М. Гузенко, Д. В. Снігур. – *Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова*, 2020. – 40 с. : табл., рис.

Методичні вказівки присвячені застосуванню сучасних методів пробопідготовки речовин та матеріалів до аналізу об'єктів різної природи. Вони призначені для аудиторної та самостійної роботи студентів третього (освітньо-наукового) рівня (PhD) вищої освіти, які навчаються за спеціальністю 102 «Хімія».

УДК 542.1:542.2:54-41

© О. М. Чеботарьов, О. М. Гузенко, Д. В. Снігур, 2020

© Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2020

ЗМІСТ

стор.

Вступ	4
1. Характеристика методів та особливості аналізу об'єктів природного середовища	5
1.1. Основні етапи аналізу.....	5
1.2. Умови, які впливають на пробовідбір і пробопідготовку.....	5
1.3. Особливості пробовідбору та пробопідготовки природних об'єктів	7
2. Природні води	8
2.1. Види проб та техніка відбору води.....	8
2.2. Консервація, транспортування та зберігання проб води	13
2.3. Зависі та колоїднодисперсні форми	14
2.4. Методи концентрування проб води	16
2.5. Підготовка проби води до аналізу.....	20
3. Повітря	22
3.1. Відбір проб повітря.....	22
3.2. Аспіраційні способи відбору проб повітря.....	23
4. Ґрунти та донні відкладення	31
4.1. Відбір проб ґрунтів та донних відкладень та їх підготовка до аналіз.....	31
4.2. Мінералізація та спалювання	35
4.3. Мікрохвильова пробопідготовка	36
Список літератури	37

ВСТУП

Пробовідбір і пробопідготовка є основою сучасної аналітичної хімії. Первинна мета, якою необхідно керуватися при дослідженні речовин - тих, що оточують людину, і тих, які вона використовує в тій чи іншій формі в життєдіяльності, - полягає у всебічному вивченні властивостей речовин і матеріалів. Властивості матеріалів визначаються їх складом, причому з огляду на як основні компоненти, так і на домішки. Більш того, часто властивості матеріалів залежать від розподілу домішок або компонентів за об'ємом речовини (матеріалу). Якщо хімік-аналітик не враховує ці труднощі при пробовідборі, то ймовірність отримати задовільні результати зводиться нанівець. Перш ніж приступити безпосередньо до пробо відбору та пробопідготовки зразка, хіміку необхідно чітко сформулювати мету аналізу. Наприклад, слід відповісти на такі питання:

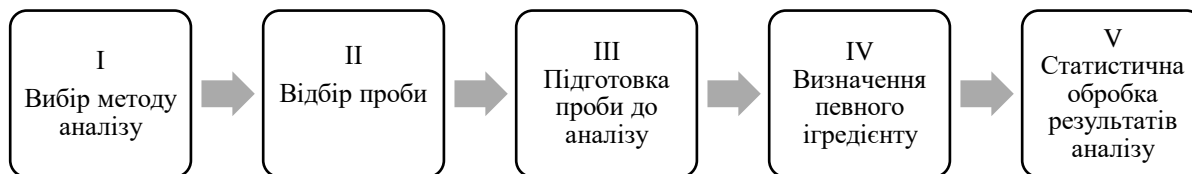
- Що слід проаналізувати? Іншими словами, що являє собою об'єкт аналізу? У найпростішому випадку це може бути індивідуальна хімічна сполука, будову якої необхідно встановити. Однак, якщо мова йде про більш складний зразок - промисловий матеріал, ґрунт, повітря, харчові продукти - необхідно перш за все вирішити, як провести відбір проби і як забезпечити її показність.

- Яку інформацію слід отримати в результаті аналізу? Чи потрібно встановити склад зразка в цілому або будову його поверхні? Чи слід проводити повний аналіз зразка або можна обмежитися визначенням домішок? Від цих факторів також залежить вибір методів відбору проби і її розкриття.

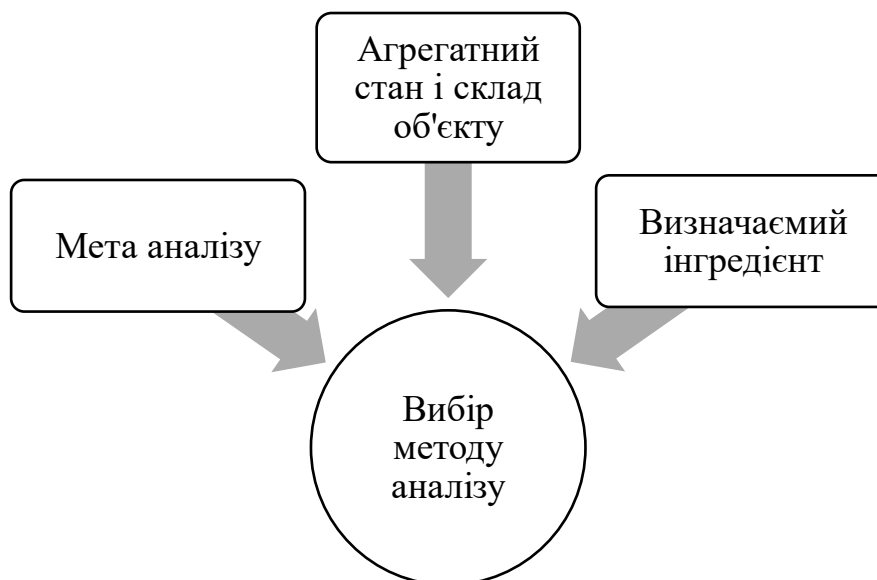
Пропоновані методичні вказівки присвячені застосуванню сучасних методів пробопідготовки речовин та матеріалів до аналізу об'єктів різної природи та розроблені для студентів третього (освітньо-наукового) рівня (PhD) вищої освіти, які навчаються за спеціальністю 102 «Хімія».

1. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ТА ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

1.1. Основні етапи аналізу



З наведеної схеми випливає, що першим етапом аналізу є вибір оптимального методу. Цей етап дуже важливий, тому що від обраного методу аналізу залежить величина проби (для ґрунтів - наважка, г; для вод - об'єм, л; для повітря – об'єм, м³) та складність і тривалість аналізу.



1.2. Умови, які впливають на пробовідбір і пробо підготовку

1) **Величина проби** залежить від очікуваного вмісту визначуваного інгредієнта, **чутливості** вимірювання аналітичного сигналу та селективності обраного методу.

Приклад: для визначення кальцію в межах 20-100 мг/л у природній воді об'ємним комплексонометричним методом треба взяти не менше 50-100 мл

проби, тоді як для його визначення методом фотометрії полум'я досить мати 5-10 мл, а методом іонної хроматографії - лише 0,5 мл і менше проби води.

Зменшення величини проби особливо важливе у разі необхідності транспортування великої кількості відібраних проб до місця аналізу.

2) Можливість виконання аналізу безпосередньо на місці відбору проби або її консервація. Це стосується аналізу природних вод, хімічний склад яких може змінюватися в процесі транспортування та зберігання відібраних проб внаслідок протікання в них різноманітних біологічних та фізико-хімічних процесів.

Приклад: визначити концентрацію розчиненого O_2 та компонентів карбонатної системи, а також рН та E_h води обов'язково треба на місці відбору проби з урахуванням її температури, тому що ці показники є досить лабільними і їх практично неможливо стабілізувати шляхом консервації проби.

Для визначення **різних інгредієнтів** відбирають **окремі проби** води і **по різному їх консервують.**

1.3. Особливості пробовідбору та пробопідготовки природних об'єктів

Хімічний склад об'єктів природного середовища змінюється в *часі* та *просторі*.

Головні принципи, які слід враховувати при відборі проб будь-якого об'єкта природного середовища:

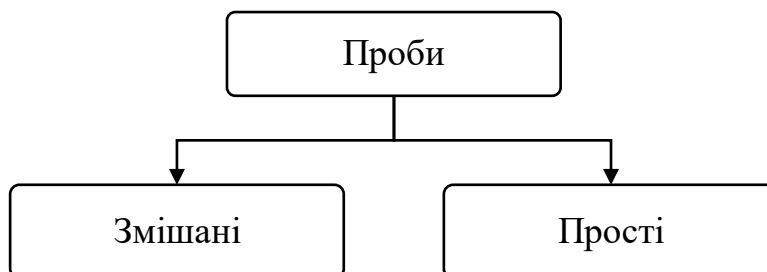
- проба або серія проб, відібраних для аналізу, повинна бути характерною для даного природного об'єкта в місці їх відбору;
- відбір проб, їх транспортування, зберігання та подальша обробка повинні виконуватись так, щоб не змінювався вміст визначуваного інгредієнта або групи інгредієнтів;
- об'єм або маса проби повинні повністю забезпечити можливість виконання запланованих аналітичних визначень.

Характерна особливість природних об'єктів:

- 1) агрегатний стан;
- 2) різні хімічні формули інгредієнтів;
- 3) вміст багатьох хімічних речовин дуже малий (потрібне попереднє концентрування та відокремлення від основних компонентів).

2. ПРИРОДНІ ВОДИ

2.1. Види проб та техніка відбору води



Прості – одержують одноразовим вибором необхідного для аналізу об'єму води. Встановлюють хімічний склад в певному місці і на час відбору проби.

Змішані – суміш простих проб, відбираються одночасно в різних місцях досліджуваного водного об'єкта або в одному місці через різні проміжки часу. Характеризують середній хімічний склад води даного об'єкта в просторі або за певний проміжок часу. Період відбору \leq однієї доби (відбирають при аналізі стічних вод, стік яких протягом доби може сильно змінюватися відповідно до режиму їх скидання). Не гідні для визначення показників, що змінюються з часом (розчинені гази, E_h , каламутність тощо).

Якщо всі ці місця відбору проб є рівноцінними з точки зору формування хімічного складу води і в місці відбору спостерігається стала швидкість течії, то змішану пробу одержують зливанням рівних об'ємів простих проб, які відбираються одночасно в різних місцях або в одному місці через різні проміжки часу.

Якщо зазначені умови не виконуються, то готують середню *пропорційну пробу* змішуванням різних об'ємів простих проб.

Види відбору проб води

1) **Одноразовий** (нерегулярний): тільки при аналізі глибинних підземних вод, хімічний склад яких є досить сталим за часом, у просторі та по глибині; а також для періодичного контролю якості води природного водного об'єкта, для

якого раніше були вивчені закономірності зміни концентрацій визначуваних інгредієнтів і мета аналізу полягає лише у виявленні можливих відхилень від встановлених закономірностей.

2) **Серійний** (регулярний) – дає надійну та достовірну інформацію про хімічний склад природних вод, які узгоджуються між собою з урахуванням місця та часу відбору. Буває:

- *зональний відбір* (води відбирають за певною схемою та з різних глибин у різних місцях водного об'єкта, аналіз виявляє закономірності зміни хімічного складу води у просторі);
- відбір через певні *проміжки часу* (сезони, декади, доби та години; мета – вивчення зміни якості води з часом);
- *погоджені проби* (в різних місцях за течією річки або стічних вод з урахуванням часу проходження води від одного пункту до другого; ціль – вивчення напрямку та інтенсивності перебігу фізичних, фізико-хімічних та біологічних процесів, які спричиняють зміну хімічного складу води).

Критерій пробовідбору:

- необхідний *об'єм води* (виходячи з кількості визначуваних інгредієнтів, чутливості обраних методів аналізу, особливостей підготовки проби для аналізу);
- *місце відбору* (при аналізі вод річок, озер та водосховищ, в яких можуть спостерігатись значні зміни фазового стану та концентрації хімічних інгредієнтів по акваторії, глибині та часі).

Приклад: концентрації розчиненого O₂, амонійного N, нітратів, органічних сполук та інших інгредієнтів на відкритих ділянках водосховища та в заростях макрофітів значно різняться між собою.

Також на вміст проби впливає: *глибина, t°C, характер течії* та інші параметри.

Для аналізу природного водного об'єкта місце та час відбору проби повинні обиратись з урахуванням фізико-географічних, морфологічних та

інших умов, які можуть впливати на формування хімічного складу води у досліджуваному об'єкті.

Головні принципи відбору проб води:

- проба води для аналізу повинна відображати умови і місце її відбору;
- відбір проб, зберігання, транспортування повинні проводитись так, щоб не трапились зміни у вмісту визначуваних компонентів або у властивостях води;
- загальний об'єм повинен бути достатнім і відповідати застосованій методиці аналізу.

Таблиця 1

Відбір проб з водних об'єктів

<i>Річки та струмки</i>	<i>Водосховища, озера, ставки</i>	<i>Атмосферні опади (дощ, сніг) та лід</i>
<p>У місцях найбільш швидкої течії у фарватері.</p> <p>У випадку змішування вод двох річок або річкової води зі стічної проби для аналізу треба відбирати в місцях повного перемішування водних мас. Проби відбирають під поверхнею води, краще у</p>	<p>Проби відбирають на стаціонарних точках, розміщених по акваторії на двох глибинах – біля поверхні (0,2 – 0,5 м).</p> <p><i>Змішану пробу у водосховищах, озерах та ставках відбирати не рекомендується.</i></p>	<p>Їх хімічний склад формується в основному в повітрі, і після їх випадання на поверхню землі опади перетворюються у різновид природних вод.</p> <p><u>Дощова вода:</u> пробу вловлюють широкою лійкою, трубка якої досягає дно посуду для проби. Для визначення середнього хімічного складу воду відбирають протягом усього часу випадання дощу, а для визначення якості чистої дощової води пробу відбирають через 5 – 10 хвилин після початку дощу.</p> <p><u>Сніг:</u> у лійку або широку глибоку чашку і відморожують. Сніжне</p>

<i>Річки та струмки</i>	<i>Водосховища, озера, ставки</i>	<i>Атмосферні опади (дощ, сніг) та лід</i>
верхній третині загальної глибини (~20-30 см).		покриття відбирають в тих місцях, де його шар найбільш товстий. Лопатою знімають верхній шар (відкидають), а потім заповнюють снігом широкогорлий посуд.
Проби води зазвичай відбирають в посуд, який не б'ється (бутилі, черпаки, трубки і т. п.). При визначенні неполярних речовин краще скляні або металічні ємності (внаслідок їх великої адсорбції на стінках).		<u>Лід</u> : шматками з різних місць, очищають їх поверхню долотом або ножем, кладуть в чашку і витримують деякий час, а потім переносять у широкогорлий посуд, у якому відморожують при кімнатній температурі. Дрібні шматочки льоду насипають у лійку Бюхнера, змивають гарячою водою і переносять у посуд для проби.

Для відбору проб (мінеральні, лікувальні) з глибоких щілин, шурфів, криниць і т. п. користуються пробовідбірником типа *батометра*, який прорізає шар води при зануренні до неї. **Не можна** відбирати відрами, пляшками та іншими ємкостями, наповненими повітрям, який у процесі відбору проходить крізь пробу, що насичує її киснем.

Батометри використовують і для відбору проб з відкритих водоймищ (якщо його глибина ≥ 1 м). Якщо глибина менше наведеної, то пробу можна відбирати склянкою ємністю 1 – 1,5 л, яка поміщена в металічну оправу зі свинцевим дном. Склянку закріплюють в металічній оправі спеціальним затискачем, який охоплює її верхню частину, і закривають гумовою пробкою, прив'язаною до шнура, за допомогою якого пробку можна вийняти на потрібній глибині.

Перед відбором проби склянку не менше двох разів ополіскують водою, яка належить дослідженню.

Проби води з невеликої глибини (особливо взимку) відбирають жердиною з укріпленою на ній склянкою.

Посуд для відбору проб із джерел водопостачання:

Для повного аналізу – склянка ємністю 5 л з притертою пробкою, для скороченого – склянка ємністю 2 л (посуд повинен бути чисто вимитий і промитий дистильованою водою).

У літній період з неглибоких водоймищ, якщо спеціальні прибори відсутні, можна відбирати проби води, занурюючи руку зі склянкою у воду.

При наявності у воді вільного H_2S пробовідбір проводиться іншим засобом: рекомендується на місці відбирати спеціальні проби тільки для визначення H_2S . Кожну пробу відбирають в окремий посуд ємністю 250 мл, в який заздалегідь наливають 6 – 10 мл розчину ацетату Cd або 1-2 мл 50%-го NaOH. Воду потрібно наливати до пробки, щоб у сосуді, по можливості, не залишались пухирці повітря.

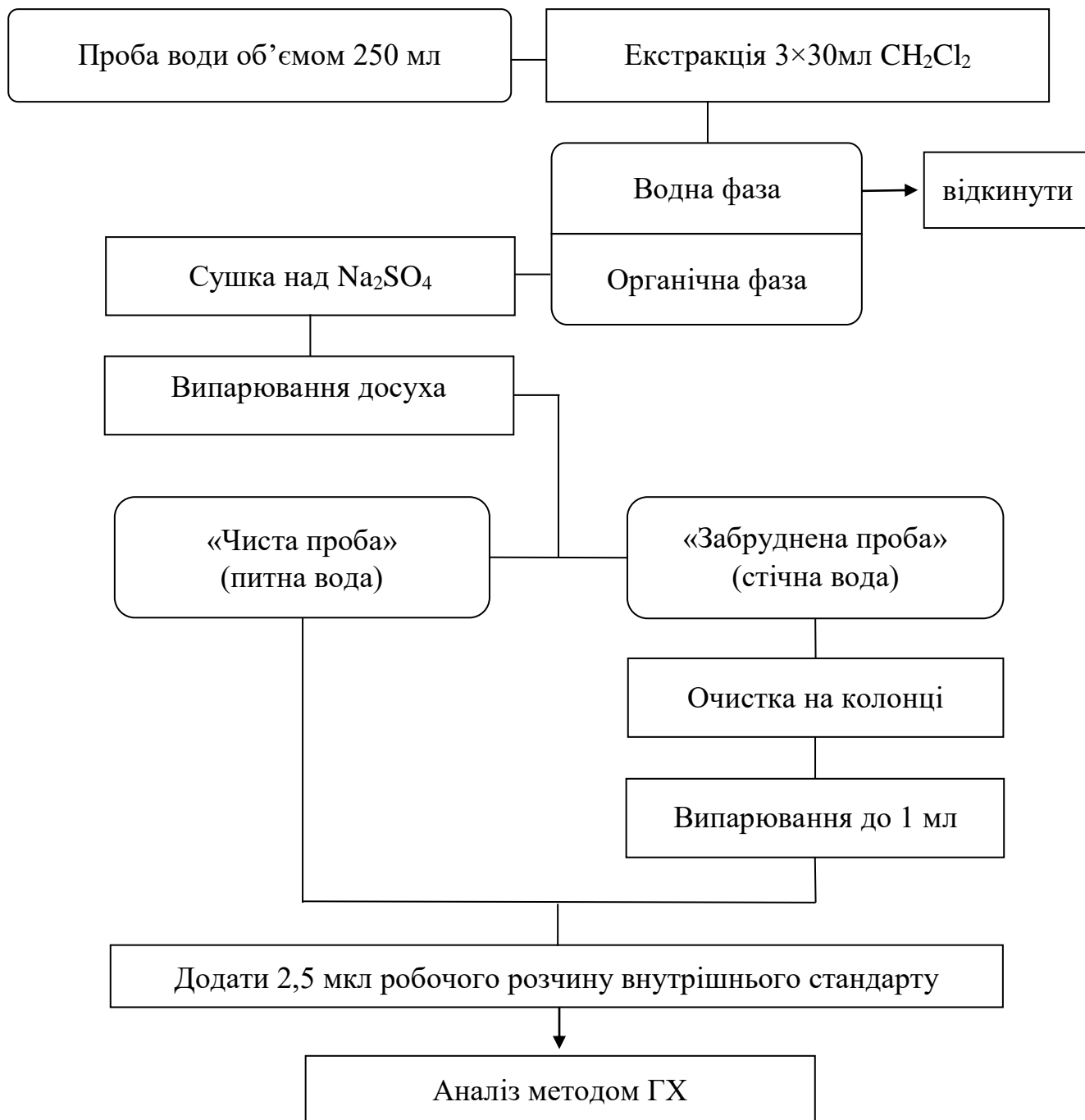
Відбір питної води: посуд – хімічно чисті скляні (безколірні) сосуди з притертими пробками (або корковими чи поліетиленовими), а для аналізу органічних речовин – тільки скляні сосуди з притертими пробками. Вода відбирається після спуску води протягом не менше 15 хв при повністю відкритому крані. Сосуд заповнюють водою доверху. Верхній шар зливають і закривають пробкою (під пробкою повинен залишитись шар повітря об'ємом 5 – 10 см³). Вода повинна досліджуватись в день відбору. Інакше відібрані проби розміщують в холодильнику і консервують. Максимальний термін зберігання проб з моменту відбору **72 години**.

2.2. Консервація, транспортування та зберігання проб води

Консервація проводиться у випадку, коли немає можливості виконати аналіз на місці відбору проби.

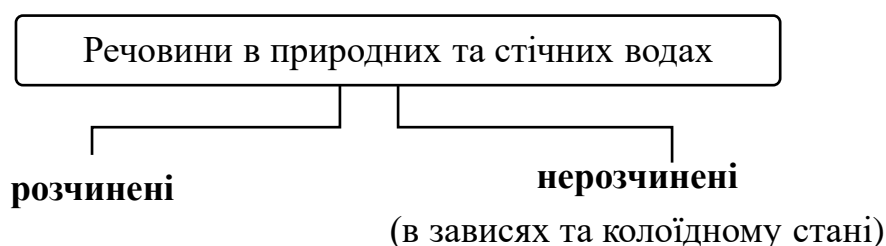
Головна мета – зберегти фізичні властивості та хімічний склад проб води в такому стані, в якому вони були в момент відбору проби.

Схема визначення ПАВ (поліароматичних вуглеводнів) у воді за допомогою рідинно-рідинної екстракції (PPE)



2.3. Зависі та колоїднодисперсні форми

Визначення хімічних компонентів у розчиненому стані, колоїдно-дисперсній формі та в зависях



Нефільтрована вода \neq **Фільтрована вода**
(концентрація хімічних компонентів)

Приклад: сполуки іонів металів (сорбуються на завислих і колоїдних частках).

Розчинені речовини – це речовини, які визначаються випарюванням профільтрованої проби, висушуванням залишку при 105°C до постійної маси і зважуванням.

Завислі речовини – це речовини, які залишаються на фільтрі при використанні того чи іншого способу фільтрування.

Загальний вміст домішок – це сума всіх розчинених і завислих речовин, які визначаються випарюванням проби води, висушуванням отриманого залишку при 105°C до постійної маси і зважуванням.

Визначають як загальний вміст певних інгредієнтів, так і окремо у зависях, в колоїдному та в розчиненому у воді стані.

Приклад:

Встановлено, що токсичність води р. Дунай, яка є дуже каламутною, майже повністю зникає, якщо воду профільтрувати. Це зумовлено сорбцією сполук токсичних металів (Cd, Pb, Hg, Cr тощо) на зависях та колоїдних частках.

При аналізі питних вод визначають тільки загальний вміст домішок (розчинні та завислі речовини визначають дуже рідко), а для стічних та поверхневих вод проводяться всі 3 види визначень.

Способи виділення зависей із природних вод: відстоювання проб, фільтрація, центрифугування та ультрафільтрація (мембранна фільтрація).

Фільтрація через мембранні фільтри з $d_{пор} = 200-500$ нм ($0,2 \div 0,5$ мкм) або центрифугування протягом 20 – 30 хв при 7 – 8 тис. об./хв забезпечує практично повне виділення зависей.

Класифікація зависей, колоїдів та розчинених речовин з урахуванням їх розмірів та молекулярних мас:

- 1) зависі: частки розміром 300 нм;
- 2) колоїди: дисперговані у воді частинки ($\approx 5 \div 500$ нм);
- 3) істинні розчини ($5 \div 15$ нм): $m = 300$ тис.

Визначення вмісту певного хімічного компонента в зависях, у колоїдній формі та в істинно розчиненому стані потребує **3 проби.**

Таблиця 2

Підготовка проб до аналізу

<i>Першу пробу</i> обробляють кислотою або іншим реагентом для переведення всіх форм визначуваного інгредієнта в істинно розчинений стан і визначають його загальну концентрацію $C_{заг}$.	<i>Другу</i> – фільтрують через мембранний фільтр ($d_{пор} = 450$ нм) і у фільтраті визначають концентрацію C_1 .	<i>Третю</i> – фільтрують через мембранний фільтр ($d_{пор} = 10$ нм) і у фільтраті визначають C_2 .
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.4. Методи концентрування проб води

Концентрації визначуваного інгредієнта в кожній формі:

<i>Зависі</i>	<i>Колоїдні розчини</i>	<i>Істинні розчини</i>
$C_{завислі} = C_{заг} - C_1$	$C_{колоїдні} = C_1 - C_2$	$C_{розчинні} = C_2$

I ГРУПА МЕТОДІВ КОНЦЕНТРУВАННЯ

Випарювання:

- при випарюванні відбувається збагачення проб природної води перевищеною більшістю розчинених в ній компонентів, причому поряд з мікрокомпонентами відбувається збагачення проб і солями, які складають загальну мінералізацію природних вод.
- з проби води можуть виділятися не тільки осади сольових компонентів, але також відганяти леткі органічні сполуки.
- може змінювати хімічний склад природної води при концентруванні мікродомішок (особливо концентрацію летких органічних речовин).

Отримання сухого залишку.

Сухий залишок – це висушений при 105°C залишок, який одержують при випарюванні досуха *профільтрованої* досліджуваної води.

Випарювання води до сухого залишку проводять на піщаній бані в чистих кварцових або фарфорових чашках (чашки повинні бути призначені *тільки* для одержання сухих залишків і не для яких інших цілей). Воду з пляшок в чашки наливають порціями, стежать, щоб не потрапив пил. Верхню частину пляшки і пробку перед відкупорюванням обмивають водою і витирають чистим рушником. Щоб уникнути попадання пилу в воду, яка упарюється, над чашками розташовують укріплені на штативах перевернуті воронки, які мають декілька більший діаметр, ніж чашки. Температуру бані встановлюють таку, щоб проба не кипіла.

Якщо вода не була підкислена сірчаною кислотою при відборі проби, її підкислюють перед випарюванням 2 – 3 мл H_2SO_4 (1:1) на 1 л проби.

Якщо за обставинами роботи в польових умовах провести випарювання підкисленої води неможна, воду випарюють без підкислення і направляють сухий залишок у стаціонарну лабораторію, де його оброблюють сірчаною кислотою.

Сухі залишки упаковують в пакетики із кальки або восковки. При тривалому зберіганні та транспортуванні пакетики повинні бути розміщені у

пробірки або бюкси і щільно замуровані. На пакетику роблять напис, де вказані номери проби. Можна зберігати сухі залишки і в скляних пробірках, щільно замурованих чистими пробками.

Виморожування.

Впливає на хімічний склад проби води, але в меншій мірі.

Воду виморожують у холодильнику або розміщують колбу з пробною водою в охолоджуючу суміш, обертаючи колбу зі швидкістю 40-60 обертів/хв. Метод дозволяє добитися збагачення домішок води завдяки тому, що при повільному охолодженні розчинів нижче точки замерзання із них в першу чергу виділяються кристали льоду (утворюються на стінках колби), які не вміщують домішки. По мірі утворення кристалів льоду рідкий розчин, який залишається, збагачується розчиненими компонентами. Таким чином, може досягатися значне збільшення концентрації досліджуваних компонентів.

II ГРУПА МЕТОДІВ КОНЦЕНТРУВАННЯ

Екстракція.

Певний об'єм природної води ($V_{\text{вод}}$) енергійно збовтують у ділильній воронці з меншим об'ємом органічного розчинника ($V_{\text{орг}}$), який практично не змішується з водою до встановлення рівноваги ($\approx 3 - 5$ хв).

Мікрокомпоненти у вигляді органічних сполук або комплексів іонів металів, які у неводному розчиннику розчиняються краще, ніж у воді, переходять в органічну фазу (PPE).

Екстракційне концентрування застосовують в основному для вилучення з природної води органічних сполук та іонів металів у вигляді їх комплексів з органічними лігандами. Ці компоненти можна потім визначити безпосередньо як в екстракті (ГХ, СПФ), так і після реекстракції у воді.

Сорбція та твердофазна екстракція (ТФЕ).

Перехід речовини з води у тверду фазу сорбенту називають твердофазною екстракцією (ТФЕ).

Концентрування проводять в статичних або динамічних умовах.

При статичних умовах до проби природної води додають певну кількість сорбенту і витримують протягом 20 – 30 хв при інтенсивному перемішуванні.

Для сорбції неполярних та малополярних речовин найчастіше використовують наступні сорбенти: силікагель, Al_2O_3 або активоване вугілля.

Для сорбції катіонів та аніонів застосовують відповідно іоніти – катіоніти та аніоніти.

При цьому слід враховувати, що в природних водах іони металів значною мірою існують у вигляді електронейтральних комплексів, які не здатні сорбуватися іонітами. Тому, для забезпечення повної сорбції, їх треба попередньо зруйнувати з використанням відповідних методів.

Співосадження.

Це процес захоплення мікродомішок іонів певним осадом в умовах, коли ці іони самі не утворюють малорозчинних сполук.

Застосовують для концентрування мікрокількостей іонів металів.

Приклад: при осадженні $BaSO_4$ з осадом співосаджується незначна кількість $Ba(NO_3)_2$, хоча він є добре розчинною сполукою; при осадженні $Fe(OH)_3$ надлишком аміаку в присутності міді до фази осаду переходить певна кількість іонів Cu^{2+} , хоча вони в умовах осадження утворюють добре розчинний аміачний комплекс.

Механізм співосадження найчастіше полягає в адсорбції або оклюзії мікродомішок твердою фазою осаду – колектором.

Приклад: $Fe(OH)_3$, MnO_2 , $Mg(OH)_2$ тощо.

Схема проведення аналізу води з ТФЕ



Консервація проб води не може повністю запобігти зміні її хімічного складу, яка зумовлена протіканням у воді різноманітних фізико-хімічних та біологічних процесів. Враховуючи це, *визначення фізичних властивостей та хімічного складу законсервованих проб бажано проводити наступного дня, але не пізніше, ніж на третій день після відбору проби води.*

Часто для визначення різних компонентів відбирають окремі проби води і по-різному їх консервують.

Не консервують: при визначенні $t^{\circ}\text{C}$, E_h , CO_2 , HCO_3^- , кислотності, лужності, сульфідів, O_3 , Cl_2 (фіксують одразу); розчиненого O_2 (фіксують одразу); смаку, запаху, кольоровості (2 години); біохімічного споживання O_2 (доба при $3 - 4^{\circ}\text{C}$), зависей, каламутності, густини, прозорості, питомої електропровідності, розчинених речовин, рН, ароматичних вуглеводнів, жирних кислот (1 доба); фенолів (5 діб); Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , Cl^- , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , F, боратів (до 3 діб).

Найбільш поширені консерванти води:

- 1 мл H_2SO_4 (конц.) на 1 л води при визначенні хімічного споживання кисню (ХСК), $\text{C}_{\text{орг}}$, $\text{N}_{\text{заг}}$, $\text{N}_{\text{орг}}$, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Zn^{2+} ;
- 5 мл HNO_3 (конц.) на 1 л води при визначенні Mn^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Ag^+ , Cr (III, VI);
- 2-4 мл хлороформу на 1 л води при визначенні кольоровості, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , фосфатів та сПАР.

Транспортування і зберігання проби: води відбирають у скляний або поліетиленовий посуд з пробками і герметично закривають (під пробкою не повинні залишатись пухирці повітря). Проби бажано зберігати в холодильнику при 3 – 4°C. Аналізують проби при кімнатної температурі.

Ймовірність та інтенсивність процесів, які призводять до зміни хімічного складу вод, зростає зі збільшенням терміну зберігання відібраних проб.

2.5. Підготовка проби води до аналізу

Концентрування мікрокомпонентів може бути:

- 1) абсолютне;
- 2) відносне.

До абсолютного належать фільтрація та центрифугування, а також випаровування та виморожування окремо мікрохвильове розкладання (I група методів концентрування).

Фільтрація та центрифугування попередні операції, які проводять перед відповідними методами концентрування.

До відносного – екстракція, сорбція, співосадження (II група методів концентрування).

I група – призводить до зменшення загального об'єму проби води і, як наслідок, до збільшення концентрації всіх компонентів. Загальний недолік методів цієї групи - при значній концентрації головних іонів вони випадають в осад у вигляді солей (CaCO_3 , CaSO_4 тощо). При цьому на поверхні осаду здатні

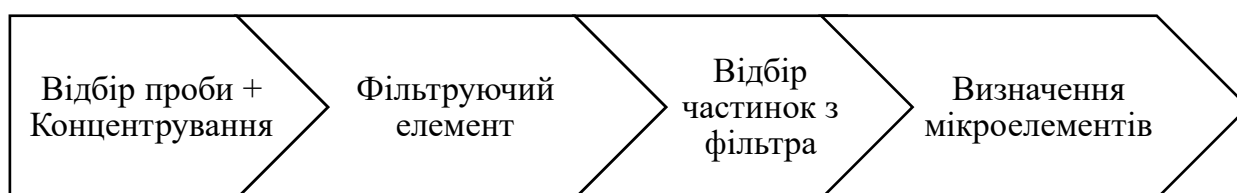
сорбуватись органічні та неорганічні мікродомішки, внаслідок чого хімічний склад і вміст розчинених компонентів змінюється.

II група – загальний об'єм проби води не змінюється; можливо не тільки концентрувати мікрокомпоненти, але також *відокремлювати* їх від матриці та речовин, що заважають аналізу (*селективне концентрування*).

Загальна схема пробопідготовки води



Загальна схема визначення мікроелементів



3. ПОВІТРЯ

3.1. Відбір проб повітря

Основні критерії відбору проб повітря:

- 1) місце відбору проби;
- 2) вибір способу пробовідбору.

Фактори, що впливають на визначення місць пробовідбору:

- промислові викиди газів та аерозолів через димоходи та потужні вентиляційні системи;
- напрямок та швидкість вітру («роза забруднення», «роза задимлення»);
- температурна інверсія;
- вологість повітря;
- барометричний тиск;
- вихлопні гази автомобілів;
- рельєф місцевості та відстань від джерела забруднення і його висота.

Місця для відбору достатньо представницької проби повітря слід вибирати так, щоб поруч не було ніяких дерев або стін будівлі.

При санітарно-хімічному контролі стану атмосфери повітря, в частково або повністю замкнених зонах, для аналізу необхідно відбирати проби в **зонах найбільш інтенсивного забруднення**.

Під час аналізу повітря рекомендується в будь-якій точці послідовно відібрати ≥ 5 проб.

Спосіб відбору проб залежить від форм перебування токсичних домішок у повітрі.

Домішки бувають:

- 1) у газуватому стані (CO, O₃, NH₃ тощо);

2) у вигляді парів (ароматичні та аліфатичні вуглеводні, спирти, органічні кислоти, йод, нафталін, фенол тощо);

3) у формі рідких та твердих аерозолів (H_2SO_4 , оксиди металів, солі тощо)

Один і той же компонент може бути в повітрі в різних формах.

При аналізі повітря проби відбирають переважно аспіраційним методом, пропускаючи повітря через поглинальну систему – ***рідкі поглиначі, тверді сорбенти*** або ***фільтруючі матеріали***.

Для визначення токсикантів застосовують патрони з насадками модифікованого силікагелю або активованого вугілля, на яких сорбовані речовини можна зберігати до двох тижнів, а потім використовують хроматографічні методи аналізу.

Мінімальна концентрація токсиканта, яку можна визначити, залежить від чутливості вибраного методу аналізу та об'єму повітря, який відбирається для аналізу.

3.2. Аспіраційні способи відбору проб повітря

Рідкі поглиначі використовують для аналізу парогазуватих речовин.

При аспірації повітря через рідкий поглинач речовини, які визначають, концентруються в певному об'ємі розчину.

Непридатні для відбору:

- твердих аерозолів та твердих частинок;
- великого об'єму повітря (вивітрювання розчину).

Відбір проб у розчині проводиться аспірацією повітря через поглинальний посуд – ***абсорбер***, заповнений певним розчинником: вода, кислота, луг, спирт тощо. $V_{\text{пропуск}} = 0,1 \div 100$ л/хв. Швидкість повинна забезпечити повне поглинання визначуваних речовин.

Ступінь поглинання домішок залежить від: природи абсорбента, властивостей і концентрації визначуваної сполуки, швидкості потоку повітря, температури абсорбера, його конструкції та інших факторів.

Види абсорбції парогазуватих речовин рідкими поглиначами

Фізична абсорбція	Хемосорбція
<p>Газуваті або паруваті речовини не вступають у хімічну взаємодію з поглинальним середовищем; тут важлива максимальна поверхня контакту фаз – газуватої та рідкої.</p> <p><u>Абсорбер:</u> розчинник та пористий фільтр, який збільшує поверхню контакту повітря рідиною.</p>	<p>Визначувані компоненти розчиняються або вступають в хімічну взаємодію з реагентами, які містяться у поглинальному середовищі – хемосорбція.</p> <p><u>Приклад:</u> для поглинання NH_3 та амінів використовують H_2SO_4(розв.), а для фенолів – розчин луку або NaHCO_3 тощо.</p> <p>Можливе вибіркове визначення речовин в їх суміші.</p> <p><u>Приклад:</u> при аналізі повітря на вміст CO_2 і CO, можна селективно хемосорбувати CO_2 розчином луку.</p>

Тверді адсорбенти мають достатньо великий об'єм проби і $V_{\text{пропуск}}$, малу тривалість процесу; накопичення достатньої для аналізу кількості визначуваних речовин; селективну сорбція; зручність при транспортуванні та зберіганні відібраних проб.

Недоліки неорганічних адсорбентів – можливість хімічних перетворень на їх поверхні та гідрофільність.

3 групи адсорбентів:

- 1) гідрофільні неорганічні матеріали (силікагель, молекулярні сита);
- 2) гідрофобні сорбенти типу активованого вугілля;
- 3) синтетичні макропористі органічні матеріали з високим ступенем гідрофобності (хромосорби, порпаки тощо).

За допомогою різних адсорбентів поглинають компоненти повітря в газуватому або паруватому стані і у вигляді рідких аерозолів.

Концентраційні трубки.

Розмір і конструкція трубок залежить від: природи сорбента, досліджуваних концентрацій, поставленої задачі.

Сорбенти для трубок: *активне вугілля, пористі полімерні сорбенти, силікагель, молекулярні сита.*

Характерні особливості трубок:

- велика ємність;
- хімічно інертний матеріал трубки;
- відсутність взаємодії і сорбції внутрішній поверхні з домішками;
- надійна герметизація після відбору.

Ефективність зберігання у трубках залежить від летучості і реакційної здатності домішок. При низькій температурі (охолодження трубок) і вологості повітря зберігання краще.

На **фільтри**: в основному при аналізі твердих аерозолів.

Типи фільтрів:

- *скловолокнисті* (для металів, ПАУ, пестицидів, аерозолів органічної природи);
- *перхлорвінілові* – стійкі до агресивних хімічних середовищ, добре розчиняються в ацетоні, діхлоретані (для аерозолів);
- *мембранні* — механічно міцні, еластичні, мають малу масу, майже гігроскопічні; затримують частинки аерозолі переважно на поверхні фільтра у тому фізичному та хімічному стані, що і в атмосфері; стійкі до агресивних середовищ; легко розчиняються у відповідних розчинниках.

Вилучення зібраних на фільтрі сполук проводять за допомогою органічних розчинників.

Для вилучення металів та їх оксидів фільтри спалюють і обробляють розчинами сильних кислот та лугів.

Ефективність вловлювання фільтрами складає 98 – 99% при швидкості аспірації до 100 л/хв.

Комбіновані пастки (уловлювачі):

Фільтри та пастки з адсорбентом, абсорбційний поглинач є представна проба (при тимчасовій наявності у повітрі газів, парів та аерозолів шкідливих речовин).

Вибір адсорбентів та фільтрів залежить від агрегатного стану визначуваного компонента в повітрі.

При аспірації через твердий сорбент або фільтр сорбовані токсиканти десорбують або розчиняють фільтр і також одержують певний об'єм аналітичного концентрату. Для аналізу використовують або весь одержаний розчин або відібрану з нього аліквоту.

Якщо вміст газопаруватих токсичних речовин у повітрі значний, і є можливість їх визначити методом газової хроматографії без концентрування, тоді проби для аналізу відбирають за допомогою скляних шприців, газових піпеток, мішків з полімерних плівок, гумових камер тощо. При цьому можливі значні втрати визначуваних компонентів внаслідок порушення герметичності пробовідбірних пристроїв та сорбції мікрокомпонентів на внутрішній поверхні ємності, в якій міститься проба.

Дуже бажано "промивання" пробовідбірної ємності досліджуваним повітрям (щоб уникнути похибки).

Причини помилок при аспірації:

- а) неправильне визначення об'єму проби повітря внаслідок механічного зносу деяких вузлів пробовідборного пристрою (ротаметру);
- б) нехтування агрегатним станом визначуваного компонента;
- в) повнота поглинання визначуваних компонентів залежить від швидкості та тривалості аспірації повітря через рідкі або тверді сорбенти. При швидкості аспірації, яка перевищує швидкість сорбції, можлива втрата певної частки визначуваного компонента, яка не встигла сорбуватись. Якщо ж через сорбент пропускати, навіть повільно, велику кількість повітря протягом

тривалого часу, то може не вистачити ємкості сорбента, що теж призведе до часткової втрати визначуваних компонентів. Тому проби повітря відбирають через декілька послідовно з'єднаних між собою абсорберів або сорбційних трубок і контролюють в них вміст визначуваних компонентів;

г) присутність сторонніх домішок, особливо парів води, окисників і відновників, що впливає на властивості сорбента або визначуваної речовини.

Підготовка проб повітря до газохроматографічного (ГХ) аналізу.

На даний час ГХ, завдяки високій чутливості, селективності, широким можливостям розділення складних сумішей органічних речовин, успішно застосовується для аналізу повітряного середовища.

Сьогодні методи прямого газохроматографічного визначення та різні прийоми концентрування дозволяють визначати досить малі домішки, які забруднюють атмосферу. Мінімальні концентрації домішок, які визначають за допомогою ГХ, можуть складати всього 10^{-10} %.

ГХ-аналіз забруднювачів в повітрі може проводитися *двома основними способами*.

1. Пробу досліджуваного повітря вводять безпосередньо в хроматограф. Домішки у пробі розділяються в хроматографічній колонці і реєструються детектором.
2. Певний об'єм досліджуваного повітря пропускають через концентратор (пастку/уловювач) того чи іншого типу. Сконцентровані домішки переводять в колонку хроматографа, розділяють в ній і реєструють детектором.

Пробопідготовка починається з моменту вловлювання забруднюючих речовин з повітря (пробовідбір) і закінчується вводом проби у газовий хроматограф.

При **безпосередньому** ГХ-аналізі підготовка проби повітря для аналізу полягає у тому, що при наявності твердих аерозолів їх відокремлюють за допомогою фільтрів, на яких парогазуваті речовини не затримуються.

Фільтрація – дуже поширений метод концентрування твердих частинок повітря. Цим методом можна також виділити частинки із аерозолі, колоїдних розчинів. У якості матеріалів фільтрувального елемента застосовують: папір, графіт, пористе скло і кварц, скловолокно, синтетичні матеріали.

При відсутності в повітрі твердих аерозолів, пробу без фільтрування вносять безпосередньо у камеру-випарник газового хроматографа.

При сорбції або хемосорбції у **рідкі поглинальні середовища** одержують розчин, в якому сконцентровано визначувані речовини.

Після аспірації повітря через **тверді адсорбенти** поглинуті речовини треба десорбувати за допомогою термодесорбції або екстракції.

Термодесорбція (при визначенні органічних сполук, сорбованих на хроматографічних сорбентах та пористих полімерах) – через нагріту до певної температури концентраційну трубку, яка містить у фазі сорбенту визначувані речовини, пропускають інертний газ – He, Ar або N₂. Після цього одержану газувату суміш вводять у газовий хроматограф.

Пряме ГХ-визначення продуктів термодесорбції забезпечує в ≈ 100 – 200 разів більш низьку межу визначення домішок.

Екстракційне вилучення з концентраційних трубок полягає в розчиненні (десорбції) речовин різними розчинниками (гексан, бензол, етанол тощо). Вибір екстрагента залежить від полярності сорбенту та сорбованих на ньому речовин. При цьому полярні сполуки десорбуються краще полярними екстрагентами, а неполярні - полярними або малополярними.

Приклад: з неполярного активованого вугілля сірковуглецем екстрагують аліфатичні та ароматичні вуглеводні, а сумішшю діетилового ефіру з ізопропанолом десорбують спирти, кетони та хлоровуглеводні; з полярного сорбенту, типу силікагелю, екстрагують метанолом, етанолом, діетиловим ефіром або водою полярні сполуки – спирти, аміни, хлорфенол тощо.

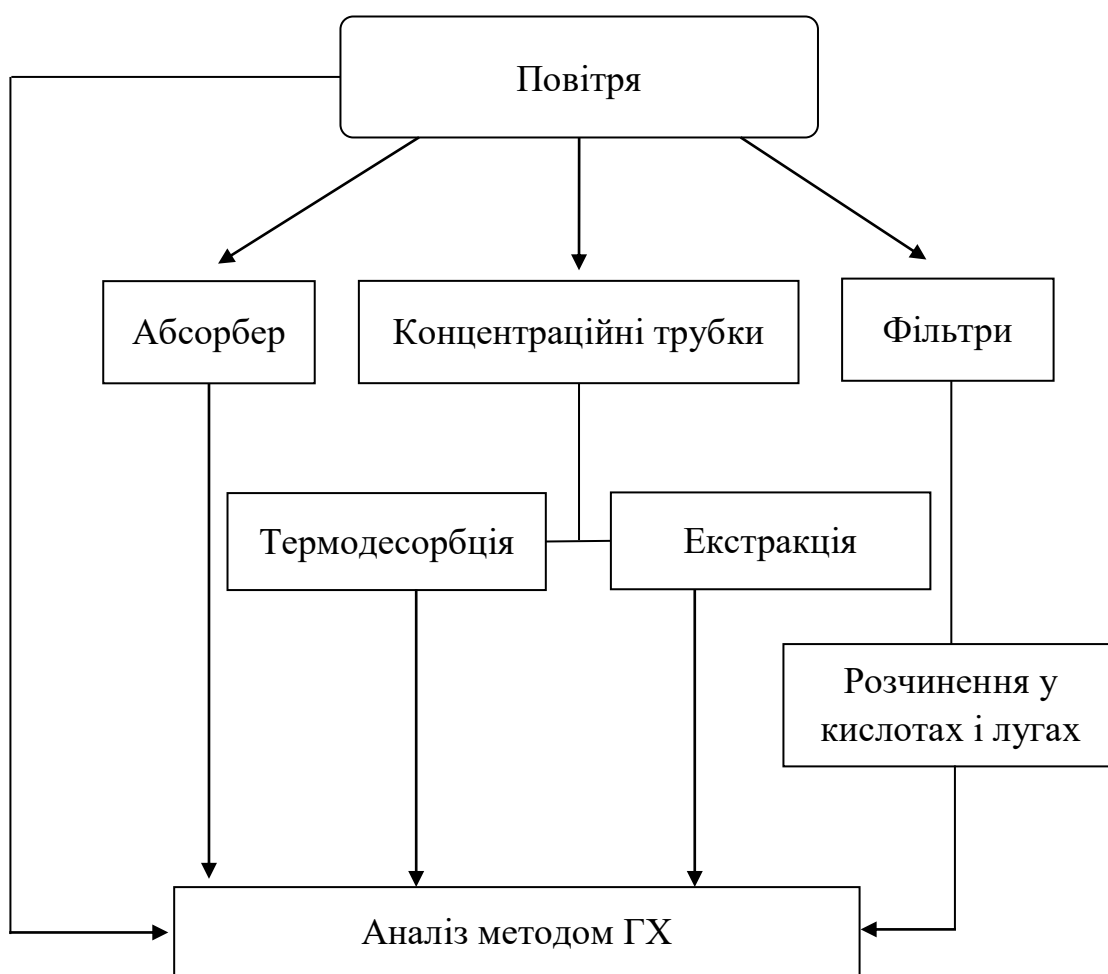
Екстракти органічних сполук аналізують ГХ-методом.

Десорбція за допомогою екстракції

Статична	Динамічна
<p>В закритому посуді шляхом збовтування сорбенту з екстрагентом. Адсорбент із концентраційної трубки висипають у вимірюваний об'єм розчину і залишають у закритій колбі (періодично струшують) протягом часу, необхідного кількісного вилучення домішок, після чого елюат аналізують ГХ-методом.</p> <p>Недоліки цього методу десорбції: розбавлення проби та втрачання досліджуваних забруднювачів.</p> <p>Найчастіше цей метод використовують для вилучення домішок із активного вугілля або СГ.</p> <p>Повнота екстракції залежить від природи сорбенту, хімічної природи сорбованих речовин та екстрагента, і від тривалості екстракції.</p> <p>Статична десорбція у закритому посуді запропонована для вилучення речовин з низькою $t_{\text{кип}}$. З метою запобігання їх вивітрювання.</p>	<p>Безпосередньо в аспіраційній трубці: до кінчика трубки, протилежного до входу повітря, приєднують ділильну лійку, в якій міститься екстрагент; нижній кінець трубки закривають тампоном із скловати. Десорбцію проводять 4-5 разів такими об'ємами екстрагента, маса яких втричі перевищує масу сорбенту в трубці. Екстракти збирають окремо в мірні циліндри і в кожному з них визначають концентрацію десорбованих компонентів.</p> <p>Повнота вилучення залежить від тривалості контакту екстрагента з сорбентом, тобто від швидкості промивки сорбенту та загального об'єму екстрагента.</p> <p>У подальшому можна концентрувати та вилучати заважаючи речовини.</p>

Після аспірації повітря через **спеціальні волокнисті фільтри** з метою вловлювання твердих аерозолів, в основному неорганічних речовин, фільтри розчиняють у кислотах або лугах, і одержаний концентрат аналізують на вміст визначуваних компонентів

Схема пробовідбору і пробопідготовки повітря для ГХ



4. ҐРУНТИ ТА ДОННІ ВІДКЛАДЕННЯ

Спосіб підготовки та обробки проб ґрунтів та донних відкладів залежність від цілей аналізу і може призвести до одержання різних результатів при визначенні одного і того ж інгредієнта в певному об'єкті.

4.1. Відбір проб ґрунтів та донних відкладень та їх підготовка до аналізу

Їх хімічний склад є стабільний у часі та просторі, особливо щодо вмісту в них основних компонентів, тому немає потреби часто відбирати проби в багатьох місцях.

Однак вміст у ґрунтах та донних відкладах доступних для споживання рослинами цих форм є більш лабільним і може значно змінюватись у часі й просторі, зокрема на різних ділянках поверхні та на різних глибинах, тому проби відбирають з більшої кількості місць на поверхні та з різних глибин.

Час відбору проб необхідно узгоджувати з етапами вегетації суходільних та водних рослин.

Для визначення антропогенних забруднювачів проби ґрунтів та донних відкладів відбирають в **районах найбільш інтенсивного забруднення.**

Відбір проб: при аналізі ґрунтів у якості санітарних показників визначають рН, розчинність, концентрацію сполуки, яку досліджують. Відбір проводять з ділянки площиною 25 м² в 3–5 точках по діагоналі з глибини 0,25 м, а при необхідності — 0,75–2 м. Відібрані з кожного горизонту проби змішують і таку пробу кількістю 1 кг відправляють на аналіз.

Висушування: ґрунт висушують на повітрі декілька діб.

Донні відклади відбирають спеціальними пристроями ґрунтовідбірниками, відділяють від них воду фільтруванням під вакуумом і висушують на повітрі, як і ґрунти. Мета осушення — припинення мікробіологічних процесів, які призводять до зміни вмісту біогенних елементів та органічних сполук.

Після відбору проби твердих речовин здійснюють процес гомогенізації, який вміщує операції роздрібнення та просіювання. Одержаний повітряно-сухий зразок просіюють крізь спеціальні сита. Сухі зразки ретельно перемішуємо для відбору середньої проби.

Іноді аналізують свіжовідібраний ґрунт (при визначенні гідролітичної кислотності, закисного Fe, сполук N, P тощо).

Підготовка проби до аналізу: повітряно-сухий ґрунт (донні відклади) масою 600 – 750 г розміщують на чистому папері і вилучають з них корені рослин, каміння та інші включення. Великі грудки ґрунту розтирають у фарфоровій ступці і перемішують з основною масою.

Середню пробу отримують квартуванням: ретельно перемішану пробу розміщують на чистому папері у вигляді квадрата і шпателем (або лінійкою) ділять по діагоналі на 4 рівні частини. Дві протилежні частини об'єднують і із них відбирають проби для аналізу, а інші 2 висипають у коробку, закривають і зберігають для можливих повторних аналізів.

Для одержання однорідних зразків середню пробу перед аналізом просіюють через сито з діаметром дірочок 0,25 мм. Частки, які залишились на ситі, розтирають у ступці і знов просіюють. Просіювання через ґрунтові сита треба проводити з закритою кришкою і відкривати її не раніше ніж через 2–3 хв після закінчення просіювання, для того щоб надати можливість осісти пилу і не втратити найбільш активну частину ґрунтів та донних відкладів – мулисту фракцію. Таку підготовку середньої проби виконують для проведення валового аналізу. При підготовці ґрунтів або донних відкладів для одержання витяжки досить просіяти пробу через сито з діаметром отворів 1 мм.

Отримання лабораторної проби: просіяну середню пробу розміщують на аркуші чистого паперу, перемішують і розстеляють шаром завтовшки близько 0,5 см. Потім ділять шпателем на малі квадрати і відбирають ложкою або шпателем з кожного квадрата, або через один, невелику порцію зразка і ретельно перемішують. Для аналізу треба відібрати 5–6 г розтертої і добре перемішаної проби.

Існують також інші способи підготовки ґрунтів та донних відкладів для виконання спеціальних аналізів.

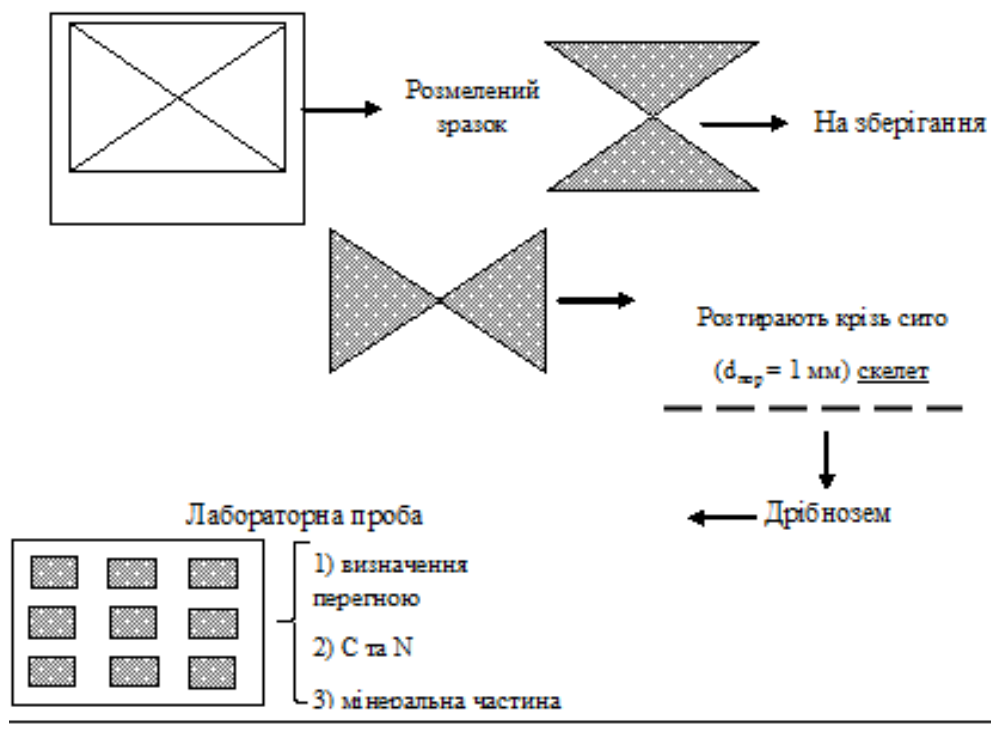
У тому випадку, коли необхідно визначити повний вміст мікроелементів в ґрунтах, пробу необхідно сушити, сплавляти (розкладати) сумішню концентрованих кислот: HNO_3 , HClO_4 , HF . На цій стадії аналізу мікроелементи концентруються за рахунок уникнення води, органічних речовин, Si. Найчастіше для сухої мінералізації проб ґрунтів застосовують температуру в межах $450\text{-}500^\circ\text{C}$ при тривалості 6 – 8 годин.

Після розчинення зразка проводять концентрування. Найчастіше це сорбційне, екстракційне, а також співосадження.

Схема квартування ґрунту для одержання середньої проби

Ціль квартування – розділити зразок на 2 частини для отримання **середньої проби**:

1-ша частина на подальшу підготовку, 2-га для повторних досліджень.



Скелет – залишки (уламки) мінералів, гірських порід, які залишаються на ситі.

Середня проба характеризує в повній мірі хімічний склад і властивості ґрунту.

Таблиця 5

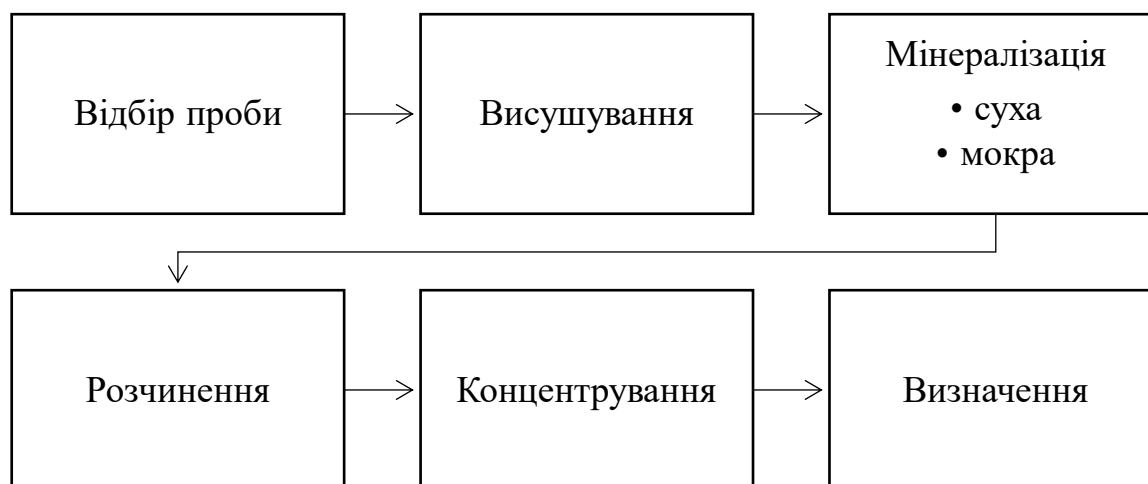
Вилучення 3-х груп хімічних інгредієнтів в ґрунтах

I <i>Мінеральна частина ґрунтів, C_{орг}, N_{орг}</i>	II <i>Біологічно-активні компоненти</i>	III <i>Антропогені забруднювачі</i>
Тверду пробу треба повністю перевести у розчин.	Вилучають з ґрунтів та донних відкладів дією певних розчинників.	Переводять у розчинений стан обробкою спеціальними розчинниками.

Один і той же інгредієнт може належати всім 3-м групам.



Схема пробопідготовки ґрунту



4.2. Мінералізація та спалювання

Мінералізують органічні об'єкти, які містять неорганічні мікрокомпоненти.

Мінералізацію використовують для окиснення органічних речовин у пробі.

Таблиця 6

Види мінералізації

Суха	Мокра
<p><i>Окиснювачі:</i> повітря або чистий O_2, Cl_2.</p> <p>При окислюванні в струмі повітря або O_2 основні продукти реакції це – CO_2, H_2O, SO_2 (якщо є S у зразку).</p> <p>$T = 400-500^\circ C$. Речовину ставлять у холодний муфель і збільшують температуру поступово.</p> <p><i>Переваги:</i> простота, відсутність реактивів.</p> <p><i>Недоліки:</i> втрата летких форм мікроелементів, тривалість, трудність розчинення сухого залишку, розбризкують проби при спінюванні.</p> <p>Частіше застосовують спектральні методи.</p>	<p><i>Окиснювачі:</i> концентровані кислоти та їх суміші ($HClO_4$, HNO_3, H_2SO_4), H_2O_2, $KMnO_4$ в кислому і лужному середовищах, $KClO_4$ у кислому середовищі.</p> <p><i>Переваги:</i> немає втрат легко летких сполук.</p> <p><i>Недоліки:</i> тривалість, внесення забруднювачів з реактивами.</p> <p>Частіше застосовують СПФ-методи.</p>

Іноді суху і мокру мінералізацію використовують перед методами концентрування: екстракція, осадження, співосадження, сорбція. Тоді виникає

потреба повного переводу у розчин сухого залишку. В цьому випадку застосовують автоклави (розчинення при підвищеній температурі та тиску).

4.3. Мікрохвильова пробопідготовка

Розкладання проводять в мікрохвильовій системі, яка споряджена контролем тиску, застосуванням тефлонових посудів. Джерела випромінювання – лампи з порожнистим катодом або безелектродні зарядні лампи. Контроль зміни тиску в системі.

Тривалість мікрохвильової (МХ) пробопідготовки близько 30 хв. Традиційна процедура термічної мінералізації займає 3-4 год.

Переваги даного способу: ефективність, можливість контролю за ходом процесу, безпека праці; досягнення більш повного розкладання, запобігання забруднення проб з повітря, реактивів та посуду; мінімізація впливу різних факторів (якості та чистоти скляної посуду, чистоти приміщення і реактивів).

Головна перевага – різке зменшення працевитрат, підвищення надійності результатів визначення, а також суттєве скорочення тривалості аналізу.

При МВ підготовці застосовують методи спектрального аналізу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Набиванець Б. Й., Сухан В. В., Калабіна Л. В. Аналітична хімія природного середовища. - К.: Либідь, 1996. – 304 с.
2. Беспамятнов Г. П., Кротов Ю. Л. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. - Л.: Химия, 1985. – 528 с.
3. Моросанова С. А., Прохорова Г. В., Семеновская Е. Н. Методы анализа природных и промышленных объектов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. – 95 с.
4. Золотов Ю. А., Кузьмин Н. М. Концентрирование микроэлементов. – М.: Химия, 1982. – 288 с.
5. Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. И. Химический анализ производственных сточных вод. – М.: Химия, 1974. – 336 с.
6. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа вод. - М.: Химия, 1973. – 376 с.
7. Дмитриев М. Т., Казнина Н. И. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. – М.: Химия, 1989. – 368 с.
8. Перегуд Е. А. Химический анализ воздуха. – Л.: Химия, 1976. – 328 с.
9. Другов Ю. С., Беликов А. Б., Дьякова Г. А., Тульчинский В. М. Методы анализа загрязненного воздуха. – М.: Химия, 1984. – 384 с.
10. Муравьева С. И., Буковский М. И., Прохорова Е. К. и др. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М.: Химия, 1991. – 368 с.
1. Перегуд Е. А. Химический анализ воздуха. – Л.: Химия, 1976. – Л.: Химия, 1976. – 179 с.
11. Лейте В. Определение загрязнений воздуха в атмосфере и на рабочем месте. – Л.: Химия, 1980. – 340 с.
12. Кузьмин Н. М. Концентрирование следов органических соединений. – М.: Наука, 1990. – 280 с.

13. Аринушкина Е. В. Исследование дерново-подзолистых почв в поле и в лаборатории. – М., 1966. – 46 с.
14. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. – М.: Химия, 1984. – 432 с.

Навчальне видання

Чеботарьов Олександр Миколайович
Гузенко Олена Михайлівна
Снігур Денис Васильович

СУЧАСНІ МЕТОДИ ПРОБОПІДГОТОВКИ РЕЧОВИН ТА МАТЕРІАЛІВ ДО АНАЛІЗУ

Методичні вказівки

За редакцією авторів

Підп. до друку 19.05.2020. Формат 60x84/16.
Умов.-друк. арк. 2,33. Тираж 20 прим.
Зам. № 1357.

Видавець і виготовлювач
Видавництво «Друк Південь»
Тел. 097 2122975