

1.4. Класифікація і основні характеристики екоаналітичних засобів

На цей час існує кілька класифікацій засобів вимірювань, в основу яких, в залежності від мети досліджень, покладені різні принципи для класифікації. Так, засоби екоаналітичних вимірювань можна розділити на групи:

- *автоматичні і неавтоматичні («ручні»)* – в залежності від ступеня їх автоматизації, тобто здатності засобів виконувати всі або окремі операції екоаналітичного циклу (пробовідбір, пробопідготовка, власне вимірювання тощо) без участі людини;

- *мобільні і стаціонарні* – в залежності від можливості переміщення ЗВ до джерела забруднення (розрізняють «ті, що переносяться» – однією людиною, причому постійно, «ті, що переносяться» – однією або кількома людьми для епізодичного вимірювання і «ті, що перевозяться» – за допомогою будь-яких транспортних засобів);

- *аналізатори і сигналізатори* – в залежності від форми аналітичного ефекту, що видається («аналізатор» – у вигляді кількісної характеристики вмісту речовини або іншого показника НС, а «сигналізатор» – у вигляді любого сигналу, що свідчить про перевищення допустимого рівня фіксованого параметра);

- *універсальні ЗВ* – вимірюють вміст практично любых речовин різних класів (наприклад, хроматограф або спектрофотометр), *групові* – аналізують ряд схожих за властивостями речовин одного класу або групи (наприклад, атомно-адсорбційний аналізатор важких металів або багатоцільовий аналізатор вихлопних газів автотранспорту) і *цільові* – специфічні до конкретних речовин (наприклад, аналізатор СО, аналізатор Hg тощо);

- за аналізованим середовищем: *газоаналізатор* – для газів атмосфери, *аква-аналізатори* – для аналізу вод, аналізатори сипучих тіл (грунту, пилу та інші) тощо;

- *аналогові і цифрові* – за способом реєстрації результатів тощо.

Часто класифікують екоаналітичні засоби за *методами отримання інформації*:

- *хімічні* (реактиви і обладнання стаціонарних хімічних лабораторій, так звана «мокра хімія»). Це обладнання достатньо повно висвітлено в інших виданнях, тому в даному підручнику не розглядається;

- *фізико-хімічні*: оптичні (спектрофотометри, фотоелектроколориметри), електрохімічні (йоніметри, кондуктометри, полярографи), хроматографічні (рідинні і газові хроматографи та різні хроматографічні колонки);

- *фізичні*: радіометри і дозиметри, електромагнітометри, мас-спектрографи, шумоміри.

Є класифікація екоаналітичних засобів за *методами вимірювань*, які складають основу (принцип) дії ЗВ. Досить часто назва методу дає ім'я і засобу вимірювання («хроматограф», «спектрофотометр», «хромато-мас-спектрометр», «кондуктометр», «нефелометр», «полярограф» тощо).

Беручи до уваги всі вищевказані мотиви класифікацій і при подальшій деталізації засобів вимірювання за особливостями досліджуваних середовищ формується найбільш широко застосовна на даний час на практиці *„прагматична“* класифікація засобів вимірювань. Поділ засобів вимірювань на групи і підгрупи в ній здійснюється за досліджуваним середовищем, його особливостями, а далі за методами, класами і видами досліджуваних речовин тощо.

Питання для самоконтролю

1. Які держави, органи уповноважені запроваджувати стандарти якості довкілля?
2. Які нормативи характеризують стан довкілля, та які викиди забруднювачів у довкілля?
3. Які величини характеризують верхню та нижню межу токсичності речовин?
4. Що таке порогова та підпорогова доза забруднювача?
5. Опишіть основні стадії впливу токсичних речовин на живі організми.
6. Що таке кумуляція, які відомі механізми кумуляції токсичних речовин живими організмами?
7. Що таке період напіввиведення речовин з організму?
8. Якими параметрами оцінюють стан забруднення ґрунтів?
9. Що таке інтенсивність забруднення ґрунтів та що таке час подвоєння забруднювачів у ґрунтах?
10. Як вираховують поліелементне забруднення ґрунтів?
11. Як визначають величину гранично допустимої концентрації забруднювача у воді та як цю величину можна обчислити?
12. Якими нормативами визначають стан повітря у населених пунктах та на виробництві? Як співвідносяться між собою ці нормативи?
13. Якими показниками характеризують забруднення повітря декількома речовинами?
14. Перечисліть, якими основними показниками користуються для оцінки якості харчових продуктів.
15. Якими показниками користуються для визначення рівня забруднення продуктів важкими металами, пиратами, пестицидами, харчовими добавками?
16. В чому суть комплексного характеру сучасних екологічних досліджень ?
17. Назвіть основні технологічні процедури екоаналітичного контролю. Наведіть приклади.
18. Назвіть у правильній послідовності основні операції технологічного циклу екоаналітичного контролю. Розкрийте їх зміст.

Розділ 2. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЗА СТАНОМ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

2.1. Сучасні методи дослідження стану навколишнього середовища

Екологічні дослідження стану довкілля мають свої особливості. Елементи і функції природного середовища досить складні, різноманітні і тісно взаємозв'язані між собою. Ця характеристика повністю передається і на методи та способи його дослідження. Перш за все це пов'язано з різною структурою досліджуваних середовищ довкілля: газоподібна повітряна атмосфера, тверда літосфера, рідинна гідросфера. При екологічно-санітарних дослідженнях довкілля досить часто вивчаються фізичні (температура, тиск, прозорість, швидкість тощо), хімічні (якісний та кількісний елементарний та речовинний склад), біологічні (популяції, сукцесії тощо) параметри. Всі ці фактори (параметри) досить часто пов'язані між собою і тому дослідження лише одного елемента може ґрунтуватись на дослідженні (вимірюванні) інших [1].

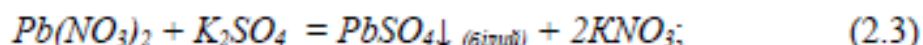
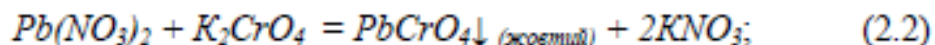
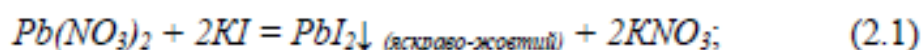
Безумовно, якісний і кількісний аналіз забруднення середовищ довкілля є одним з найважливіших елементів екологічного моніторингу.

2.1.1. Якісний аналіз стану довкілля

Під час дослідження стану довкілля кількісному визначенню часто передують якісний аналіз на наявність того чи іншого хімічного елемента, йона, сполуки. Якісний аналіз проводиться *хімічними і фізичними методами*. При проведенні *аналізу хімічними методами* використовують хімічні реакції. Аналізовані речовини можуть бути в твердому, рідкому і газоподібному агрегатному стані. Реакції, які використовуються в якісному аналізі, мають супроводжуватися візуальним ефектом:

- появою чи зникненням осаду;
- появою, зникненням чи зміною кольору розчину;
- виділенням газів;
- утворенням кристалів характерного кольору і форми;
- появою забарвлених перлів;
- забарвленням полум'я;
- появою світіння;
- виникненням характерного забарвлення при розтиранні речовин.

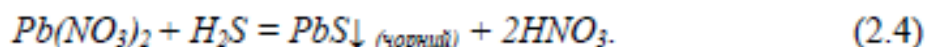
Зокрема, наявність плумбуму в ґрунті виявляють за допомогою йодиду, хромату або сульфату калію за появою характерного осаду [2]:



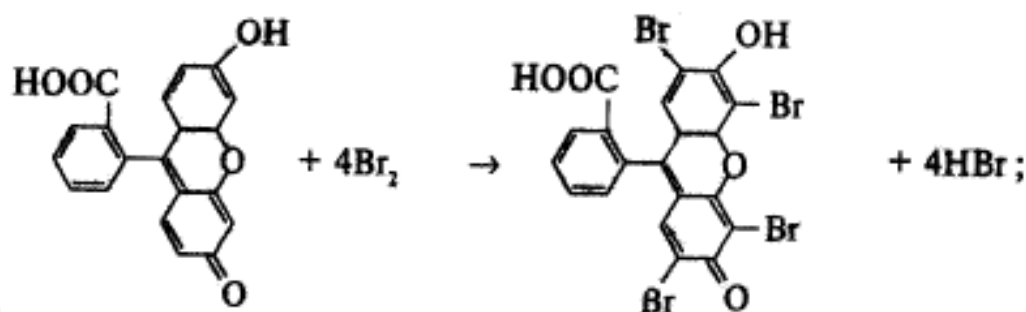
нітрат- і нітрит-іони у фруктах і овочах - дифеніламіном, який окиснюється за їх наявності до бензидинової сині. У ХІХ столітті патер Ф. Денца визначав озон в атмосферному повітрі впродовж 26 років, розвішуючи на подвір'ї папірці, змочені розчином йодиду калію; за ступенем їх побуріння внаслідок виділення йоду отримували інформацію про приблизний вміст озону.

Газовидільні реакції проводять у мікрогазових камерах або пробірках, вносячи туди краплину реагенту чи реактивний папір (фільтрувальний папір, оброблений відповідним реагентом), змочений водою. Газ, що виділяється, вступає в хімічні реакції, що супроводжуються появою характерного кольору сполуки.

H_2S визначають за допомогою папірця, змоченого $Pb(NO_3)_2$ [2]:



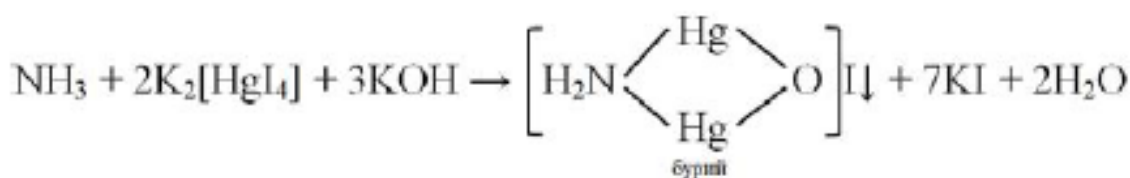
Cl_2 викликає почервоніння папірця, змоченого KBr і флюоресцеїном:



флюоресцеїн

тетрабромфлюоресцеїн (еозин) (червоний)

NH_3 – за появою бурої плями на папірці, обробленому реактивом Несслера:



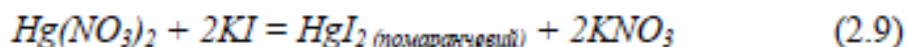
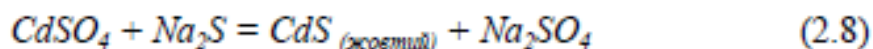
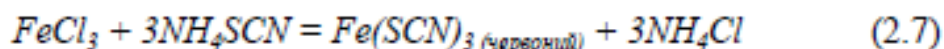
(2.6)

При сплавленні кристалічних солей з бурою $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ чи фосфатом натрію на платиновій петлі в полум'ї газового пальника утворюються прозорі забарвлені "перли" характерного кольору: купруму і хрому – зелені, кобальту – блакитні, феруму і ніколю – жовті, мангану – фіолетові, стибію (сурми) – безбарвні.

Попередній висновок про наявність певного хімічного елемента можна зробити і на підставі забарвлення ним полум'я пальника (пробу сухої речовини чи розчин наносять на ніхромовий дротик у формі кільця, змочений попередньо розчином хлоридної кислоти і прожарений у полум'ї).

Літій, кальцій і стронцій забарвлюють полум'я в коричнево-червоний колір, натрій – у жовтий, калій – у фіолетовий, купрум, бісмут, бор, барій – в зелений, стибій – у блакитний [3].

При розтиранні аналізованої проби з сухим реагентом на фарфоровій пластинці чи папері (іноді в присутності гідросульфату калію KHSO_4) відбуваються характерні реакції, що супроводжуються зміною забарвлення. Ці реакції часто використовують при встановленні типу мінералу:



У фізичних методах якісного аналізу використовують спостереження фізичних властивостей аналізованої речовини. Спектральні методи аналізу ґрунтуються на знятті спектрів поглинання або випускання речовини. В люмінесцентних методах речовини виявляють за здатністю світитись в ультрафіолетових променях. Для збудження люмінесценції необхідна ртутна лампа чи лампа розжарювання. Це чутливий метод. Зокрема, при взаємодії з 8-оксихіноліном Li^+ дає блакитну люмінесценцію, Ag^+ і K^+ – жовто-зелену, Al^{3+} – зелену, Mg^{2+} з люмомагнезоном – рожеву, Pb^{2+} з піридином і йодидом калію – жовто-коричневу, Cd^{2+} – блакитну. Виявлення речовин можливе також *полярнографічним* шляхом, за електрохімічними явищами, які виникають у розчинах.

Елементи якісного аналізу досить ґрунтовно розглядаються в аналітичній хімії [4].

Доцільно відмітити, що в хімічному аналізі широко застосовують різні методи розділення складних сумішей речовин та концентрування речовин, які передують проведенню аналізу. Для цього використовують, наприклад, *перегонку, маскування йонів і дрібне осадження, хроматографію, екстракцію, адсорбцію* тощо [4].

Маскування йонів. Маскування звичайно проводять зв'язуванням заважаючи йонів у комплексні сполуки – флуоридні (Fe^{3+} , Al^{3+}), хлоридні (Ag^+ , Fe^{3+} , Mn^{2+}), тіоціанатні, аміачні, тартратні і деякі інші. Реагент, який

застосовують для аналізу, повинен утворювати із досліджуваною речовиною значно міцнішу сполуку, ніж маскуючий реагент. Наприклад, виявленню Co^{3+} амоній тiocіанатом NH_4SCN заважає Fe^{3+} , який утворює з SCN^- комплекс $[\text{Fe}(\text{SCN})_3]$ червоного кольору. Fe^{3+} маскують, додаючи флуориди (зв'язування у $[\text{FeF}_6]^{3-}$).

Видалення заважаючих йонів в осад. Заважаючі йони осаджують у вигляді карбонатів, гідроксидів, сульфідів, фосфатів, хроматів. Для цього підбирають осаджувач для утворення осаду із малим значенням добутку розчинності (менше 10^{-10} – 10^{-12}).

Екстракція органічними розчинниками. Застосовується для видалення, головним чином, речовин здатних до комплексоутворення. Частіше за все використовують екстракцію хлоридних, дитизонатних, оксіхінолятних комплексів. Нейтральні комплекси багатьох метал-йонів добре розчинні в органічних розчинниках. Це дозволяє видалити заважаючі йони, якщо додати необхідний комплексоутворювач і органічний розчинник, який не змішується з водою (наприклад, хлороформ). Комплекс, який утворюється, переходить в органічний розчинник і видаляється із водної фази.

Окиснення і відновлення речовин. Ці реакції використовуються в тих випадках, коли заважаючі йони здатні окислюватися або відновлюватися. Таким способом, наприклад, видаляють Cr^{3+} (окиснення до CrO_4^{2-}), Mn^{2+} (окиснення до MnO_4^-), Bi^{2+} (відновлення до Bi^0) та інші йони.

Адсорбція. Адсорбцією називають поглинання речовин із газового або рідкого середовища поверхневим шаром твердого тіла – адсорбенту. Адсорбцію відрізняють від абсорбції – поглинання речовин усім об'ємом абсорбенту, наприклад, поглинання аміаку водою. При молекулярній адсорбції речовина приєднується до поверхні адсорбенту завдяки:

- а) електростатичного (диполь-дипольного або йон-дипольного) притягання молекул речовин до заряджених ділянок поверхні адсорбенту;
- б) за допомогою водневих зв'язків.

При хемосорбції речовина вступає в хімічну реакцію з поверхнею адсорбенту. Частіше всього це – реакція обміну йонами між адсорбентом і розчином – так звана йонообмінна адсорбція.

Екстракція. Вибіркове розчинення окремих компонентів суміші речовин в будь-якому розчиннику називають *екстракцією*. Розрізняють екстракцію в системі тверда речовина – рідина (із твердих тіл) і в системі рідина – рідина (із розчинів речовин).

Екстракція із твердих тіл. Застосовують для вибіркового розчинення одного або кількох компонентів твердих матеріалів (руд, сплавів, рослинної сировини). Твердий матеріал попередньо підсушують (якщо необхідно), подрібнюють і вводять в контакт із розчинником, який найбільше підходить – *екстрагентом*. Екстрагент проводить вибіркоче розчинення певних компонентів матеріалу. Потім відокремлюють отриманий розчин компонентів – *екстракт*, і проводять його аналіз. Для

отримання правильних результатів аналізу необхідно, щоб екстрагент повністю проекстрагував досліджувані речовини.

Якщо матеріал не пористий, а суцільний (руди, сплави), то екстракцію проводять декілька разів до повного екстрагування речовин із матеріалу, заливаючи матеріал кожний раз новою порцією екстрагента. При екстракції пористих матеріалів (рослинна сировина) частина розчинника проникає всередину пор матеріалу і тут можна обмежитись одноразовою заливкою екстрагенту. Сировину настоюють в екстрагенті до появи рівноваги. Аналізу піддають при цьому лише частину екстракту і результати аналізу перераховують на весь об'єм екстрагенту.

Екстракцію проводять екстрагентами, які добре розчиняють певні речовини. Для екстракції мінеральних речовин застосовують воду, розчини кислот або лугів, здійснюючи при цьому переведення мінеральних речовин у розчинну форму.

Органічні речовини екстрагують водою (низькомолекулярні кислоти, вуглеводи, деякі вітаміни), водними розчинами кислот (аміни, органічні основи) і лугів (органічні кислоти), органічними розчинниками (жири, спирти, феноли, воски, вуглеводні). Екстракцію із твердих матеріалів проводять у колбах (які поміщають на струшувач) або спеціальних апаратах зі змішувачами (рис. 2.1) [5].

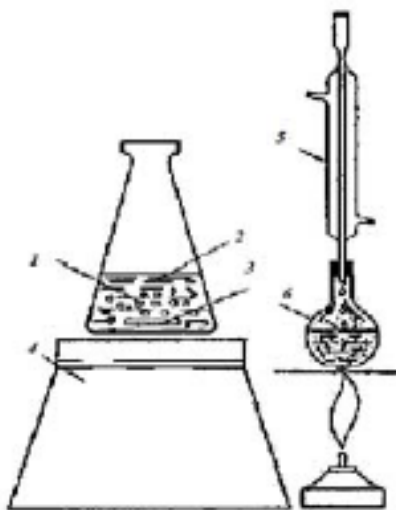


Рис. 2.1. Прилади для екстракції твердих матеріалів:
1 – сировина; 2 – екстрагент;
3 – сталевий стержень;
4 – магнітний змішувач;
5 – холодильник; 6 – колба

Наважку подрібненого матеріалу поміщають у колбу або апарат для екстрагування, заливають необхідною кількістю екстрагента, закривають (щоб запобігти випаровуванню екстрагенту) і піддають перемішуванню для прискорення процесу екстрагування. Після закінчення екстрагування, відокремлюють екстракт і проводять його аналіз. Інколи для прискорення екстрагування суміш підігрівають.

Рідинна екстракція. Застосовують для вибіркового вилучення речовин із водних розчинів за допомогою органічного розчинника, який не змішується з водою (хлороформ CHCl_3 , бензол C_6H_6 та інші). Використовують два види рідинної екстракції – з хімічною реакцією і без неї. У першому випадку водний розчин речовин обробляють будь-яким реагентом, отримуючи сполуки, які добре розчинні в органічних розчинниках. Частіше за все для цього використовують добування комплексних сполук (хелатів), добре розчинних в органічних розчинниках. Такими властивостями володіють, наприклад, оксихіноляти, дитізонати, тіоціанати катіонів металів. При екстракції без хімічної реакції

використовують здатність деяких речовин розчинятись у воді і органічних розчинниках (CH_3COOH , H_2SO_4 , FeCl_3 , фенол та інші).

Якщо екстракції підлягають декілька речовин, то внаслідок різної їхньої здатності до розподілу між фазами проходить їх часткове розділення. Таким чином, застосовуючи рідинну екстракцію, можна розділити речовини. Часто для збільшення повноти розділення використовують багатоступінчасту екстракцію, для чого добутий екстракт (наприклад, H_2SO_4 і HCOOH) вводять у новий контакт з водою, екстрагуючи із органічної фази у водну частину речовин і т. д. При цьому розділення покращується. Для проведення рідинної екстракції звичайно використовують ділильні лійки або спеціальні апарати. Процес ведуть при помішуванні (рис. 2.2).

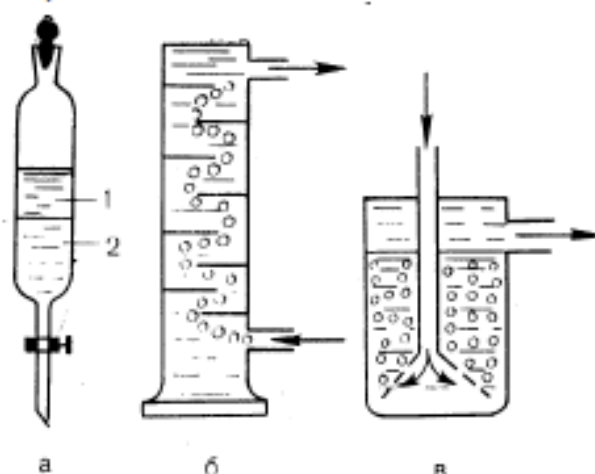


Рис. 2.2. Прилади для рідинної екстракції:

а – ділильна лійка; 1 – органічна фаза; 2 – водна фаза;

б – екстракційна колонка; в – апарат із перфорованою лійкою

Принципи рідинної екстракції лягли в основу методу розподільної хроматографії, в якій проходить розподіл речовин між рухомою і нерухомою рідкими фазами.

Перегонка. Багато речовин досить леткі і можуть бути виділені із матеріалу методом аналітичної перегонки (або дистиляції), яка ґрунтується на випаровуванні і конденсації летких компонентів.

Аналітичну перегонку застосовують для відділення і кількісного визначення летких ефірних масел (в рослинній сировині), оцтової кислоти, етилового спирту. Цим методом визначають ацетильні групи (CH_3COO) і нітроген в органічних сполуках. Попередньо за допомогою хімічних реакцій переводять ацетильні групи в оцтову кислоту (омилення), нітроген – в амоніак (відновлення).

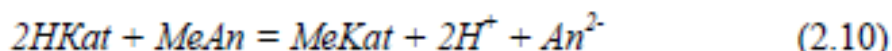
Хроматографія. Метод хроматографії широко застосовують для розділення і аналізу складних сумішей речовин. В основі цього аналізу лежать сорбційні процеси, розподіл речовин між двома фазами і явища

осадження. У відповідності з процесами, що лежать в основі методу, розрізняють *адсорбційну, розподільну і осадову хроматографію*.

Адсорбційна хроматографія. В цьому методі застосовують спеціальні речовини з добре розвинутою поверхнею – адсорбенти, які здатні утримувати на своїй поверхні з різною силою хімічні речовини, як за допомогою хімічного зв'язку, так і за допомогою молекулярних сил і поверхневих явищ.

Йонообмінна хроматографія. Деякі адсорбенти здатні до обміну своїх йонів на йони електроліту з розчину. Такі сорбенти називають *йонітами*.

Йоніти, які здатні обмінювати свої катіони на катіони електроліту, що містяться в розчині, називаються *катіонітами*; йоніти, які здатні до обміну своїх аніонів, називаються *аніонітами*. В якості йонообмінних адсорбентів використовують природні і штучні алюмосилікати (бентоніт, цеоліт, польовий шпат, пермутит), а також синтетичні неорганічні йоніти - оксиди і гідроксиди алюмінію, хрому, олова, силікагель, фосформолібдати та органічні смоли – продукти конденсації фенолів із формальдегідом. Смоли являють собою різного роду пластичні маси і називають *органолітами*. Прикладом йонообмінної адсорбції може бути процес, що протікає на H^+ -катіоніті. При пропусканні досліджуваного розчину через катіоніт проходить йонний обмін між йоном H^+ катіоніту або катіоном, який знаходиться у розчині:



Катіон розчину залишається на катіоніті, а у фільтрат переходять йон гідрогену і аніон досліджуваного розчину. Процес хроматографії проводять у хроматографічній колонці, яка заповнена адсорбентом.

Розподільна хроматографія. Ґрунтується на здатності речовини розподілятися між двома фазами, які не змішуються при русі одна відносно одної. В залежності від участі в процесі фаз розрізняють *газорідинну і рідинну хроматографію*. У випадку газорідинної хроматографії використовується здатність речовин знаходитись у газоподібному стані в газовій фазі і у розчиненому стані в рідині. Нерухомою фазою служить рідина, яка нанесена на тверду фазу - носій, або стінки капілярної трубки, рухомий - газ, який проходить через шар адсорбенту або капілярні трубки. Робоча колонка в цьому методі поміщається в термостат і нагрівається до 200 – 400 °С. Проба речовини вноситься в потік газу, випаровується і разом з потоком газу рухається через колонку, де розділяється на індивідуальні речовини. При виході із колонки спеціальні детектори реєструють присутність речовини і подають сигнал на самописець.

За місцем розміщення сигналу, який на хроматограмі має вигляд піка, роблять висновок про наявність у суміші тієї чи іншої речовини. Величина площі піку дозволяє зробити висновок про кількість речовини. Цей метод

має високу чутливість і вибірковість і знайшов широке застосування при аналізі суміші летких органічних сполук.

З усіх видів розподільної хроматографії найширше застосування знайшли *колоночна, паперова і тонкошарова* хроматографії.

Рідина-рідинна хроматографія. Розділення речовин проходить внаслідок їх різної здатності розділятися між двома рідкими фазами. При контакті двох фаз настає рівновага, при якій в кожній фазі містяться певні концентрації речовини. При русі однієї фази відносно іншої рівновага порушується і речовина переходить із нерухомої у рухому фазу, вільну від речовини, і навпаки. Суміш речовин при цьому розділяється. В якості нерухомої рідкої фази (хроматографічний шар) використовують пористі матеріали з великою поверхнею, які змочені будь-якою рідиною (часто водою). В якості рухомої фази використовують суміші різних органічних розчинників.

Колоночна хроматографія. Проводять на колонці зі скла, яка заповнена адсорбентом (оксид алюмінію, силікагель та ін.), на який наносять попередньо нерухому рідку фазу. В колонку вносять 0,2-0,5 см³ розчину суміші речовин і потім через неї пропускають рухому фазу і розчин детектуючих (ті, що виявляють) реагентів. Так, для виявлення Fe³⁺ застосовують розчин амонію тіоціанат, Ni²⁺ – розчин діацетилдіоксиму, Cu²⁺ – розчин амоніаку. Рухома фаза проводить розділення йонів, розчин реагенту детектує зони, де знаходяться виявлені йони.

Паперова хроматографія. Ґрунтується на рухові розчинника на спеціальному папері. Якщо кювета з розчинником знаходиться внизу і розчинник рухається по паперу вгору, метод називається *висхідною* паперовою хроматографією; при рухові розчинника згори до низу – *низхідною* паперовою хроматографією. Є *радіальна* паперова хроматографія, в якій використовується паперовий круг з паперовим ґнітом, який занурений у розчин, і метод *відцентрової* хроматографії, в якій паперовий круг обертається і під дією *відцентрової* сили рух розчинника прискорюється.

Паперова хроматографія проводиться на спеціальному хроматографічному папері. Нерухомою фазою служить волога, яка знаходиться на волокнах паперу, рухомою – розчинник. На смужці паперу помічають стартову лінію, на яку наносять невелику кількість (1–2 каплі) дослідного розчину суміші речовин і *стандартів (міток)*. Підсушують нанесені каплі і занурюють нижній край стрічки паперу в кювету з розчинником, яка поміщена в герметично закриту хроматографічну камеру, попередньо насичену парами розчинника. Це необхідно для попередження випаровування розчинника з паперу. Внаслідок капілярних сил розчинник піднімається по смужці паперу, ділячи суміш на плями індивідуальних речовин. Хроматографію ведуть до тих пір, доки розчинник не пройде 20–25 см. Смужку підсушують на повітрі і збризкують розчином проявника.

Речовини при цьому проявляються у вигляді плям, які забарвлені у різні кольори.

Тонкошарова хроматографія. Проводиться аналогічно паперовій. Тут використовують або готові пластинки із закріпленим шаром сорбенту на фользі або готують тонкий шар сорбенту (силікагель, алюмінію оксид) на скляних пластинках (від скляних негативів).

Осадова хроматографія. Ґрунтується на утворенні осадів речовин з реагентами і різній їх розчинності у розчиннику, який рухається на фільтрувальному чи хроматографічному папері. На папір наносять декілька капель розчину речовини, потім додають розчин реактиву і одержані кольорові осадки розганяють током розчинника.

Електрохроматографія, або електрофорез на папері. Ґрунтується на здатності йонів рухатись у розчині під дією електричного поля високої напруги (400–600 В). При цьому катіони рухаються до катоду, аніони - до аноду. Різні йони відрізняються один від одного рухомістю, зарядом і в електричному полі рухаються з різною швидкістю, внаслідок чого проходить їх розділення. Електрофорез проводять у буферному розчині, яким змочують для кращої провідності струму папір, який поміщають у камеру для електрофорезу.