

КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ НА ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ

Abstract. An analysis of the chemical, physical, physical-chemical, and biological methods for measuring environmental parameters is executed in the article. Their classification is presented and defined their main advantages and disadvantages.

Вступ

Прогрес у дослідженнях навколишнього середовища пов'язаний з рівнем розвитку сучасних методів та засобів вимірювань його параметрів.

Достовірність інформації про стан і рівень забруднення об'єктів навколишнього середовища залежить від добору методів аналізу даних. Як правило, для певних ситуацій необхідно добирати методи спостереження і дослідження, які допомагають отримати різнобічну і якомога точнішу інформацію. Для цього можливостей одного методу часто виявляється недостатньо, тому для підтвердження, перевірки, розширення спектру даних використовують різноманітні методи, які дають змогу побачити об'єкт дослідження під різними кутами зору і в різних вимірах.

Методи дослідження поділяють на якісні і кількісні. Завданням якісного аналізу є виявлення певного хімічного елемента або сполуки чи встановлення складу досліджуваної речовини, кількісного – визначення кількісного вмісту речовини в досліджуваній пробі або встановлення кількісних співвідношень між складовими частинами речовини. Якісний аналіз зазвичай передує кількісним визначенням.

В даній статті виконується аналіз найбільш відомих методів кількісного аналізу вимірювання параметрів навколишнього середовища.

Вирішення задачі

На основі вимірюваних параметрів методи кількісного аналізу поділяють на хімічні, фізико-хімічні, фізичні та біологічні (рис. 1) [1, 5, 6, 7].

Хімічні методи ґрунтуються на використанні хімічних реакцій для визначення складу системи. Так, використовуючи реакцію, характерну для певного іона з утворенням пофарбованого комплексу, осаду, малодисоційованої сполуки, можна провести якісний і кількісний хімічний аналіз.

Кількісне визначення речовини хімічними методами складається з трьох етапів.

Перший етап – відмірювання певної кількості речовини для аналізу. Для цього речовину зважують або вимірюють об'єм її розчину.

Другий етап – проведення хімічної реакції, у результаті якої компонент, що його визначають, перетворюється на сполуку з певними хімічними та

© О. О. Попов, А. В. Яцишин, В. О. Артемчук 3

фізичними властивостями.

Третій етап – вимірювання показника якоїсь фізичної властивості, за значенням якого роблять висновок про кількість визначуваного компонента.

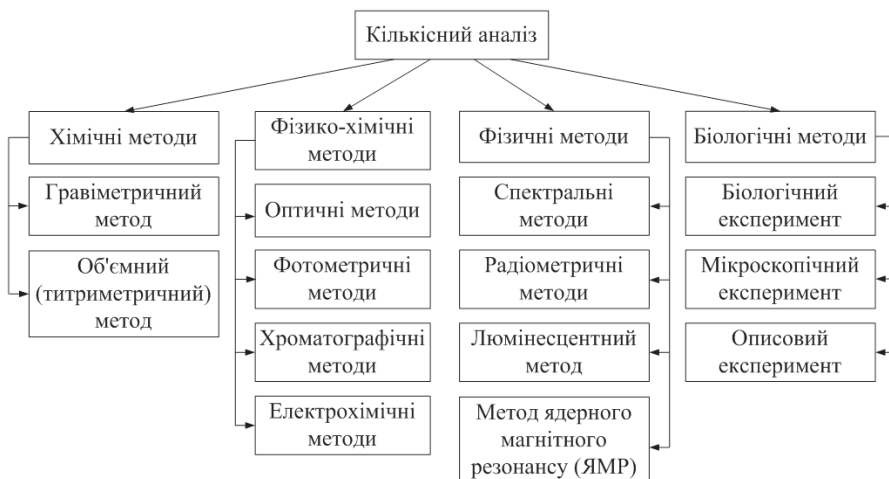


Рис. 1. Класифікація методів кількісного аналізу

У табл. 1 наведено характеристики основних методів кількісного аналізу [2, 5, 6, 7].

Таблиця 1

Характеристика основних методів кількісного аналізу

Метод	Межа відкриття	Визначенні інгредієнти об'єктів природного навколишнього середовища		
		Ґрунти, донний мул	Природні води	Повітря
1	2	3	4	5
Гравіметричний	10^{-4}	Вологість, мінеральні залишки, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , вуглеводні	SO_4^{-2} , нафтопродукти, мінеральний залишок, завислі частинки	Вміст пилу
Об'ємний (титриметричний)	10^{-3}	CO_3^{-2} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{2-} , Ca, Mg	Кисень, CO_2 , CO_3^{-2} , SO_4^{2-} , H_2S , Cl^{-} , NH_4^{+} , твердість води	Кислоти та кислотні оксиди

1	2	3	4	5	
Фотометричний	10^{-6}	NO_2^- , NO_3^- , F^- , PO_4^{3-} , Al, Hg, Cu, NH_4^+	Кольоровість, органічні речовини, H_2S , NO_2^- , NO_3^- , P, Al , Cu, Fe	CO, CS_2 , SO_2 , HCl, HNO_3 , Al, Fe, Pb, пестициди, деякі органічні сполуки	
Спектральний	Полум'яний	10^{-10}	Na, K	Li, Na, K, Ca	Li, Cs, K
	Електро- скопія видів	10^{-10}	Метали, мікроелементи, бор	Li, Na, K, Ca, Sr, Ba, Cu, Pb, Al, Fe	Be
	Атомно- поглина- юча спектро- скопія	10^{-10}	Cu, Ni, Zn, Hg, Pb, Cr	Ca, Mg, Cu, Pb, Hg	Hg, Cd, Sr, Cu, Pb
Потенціометричний	10^{-10}	pH, F^- , NO_3^- , K, Ca	pH, F^- , NO_3^- , Cl^- , Cu, Ca, K, окисно-відновний потенціал	HF, ненасиче-ні органічні сполуки	
Люмінесцентний	10^{-10}	Нафтопродукти	Нафтопродукти, хлорорганічні ароматичні сполуки, спирти, ацетон	Смоліві речовини, ароматич-ні вуглевод-ні	
Хроматографічний	10^{-11}	Нафтопродукти, хлорорганічні сполуки, вуглеводні, пестициди	Na, K, NH_4^+ , Mg, Ca, Cl^- , SO_4^{2-} , органічні сполуки	CO, CO_2 , Cl_2 , SO_2 , CCl_4 , Cu, Al, органічні сполуки	
Радіоізотопний	10^{-15}	Sr-90, Cs-137, U- 238	Sr-90, Cs-137, U- 238, Pu-239	Sr-90, Cs-137	

Гравіметричний (ваговий) метод. Метод ґрунтується на кількісному переведенні визначуваного компонента в малорозчинну сполуку і зважуванні продукту після виділення, промивання, висушування чи прожарювання. Гравіметричний аналіз є найбільш точним з хімічних методів аналізу. Царина його використання дуже широка, оскільки кожен елемент (за одиничними винятками) утворює ті чи інші важкорозчинні сполуки, у вигляді яких він може бути кількісно визначений ваговим методом. Однак цей метод має також дуже істотний недолік, який полягає в значній тривалості вагових визначень. Результати аналізу отримуються при ньому в кращому разі через кілька годин, найчастіше ж аналіз завершується лише наступного дня. Таке повільне виконання аналізів часто не відповідає потребам практики.

Об'ємний (титрометричний) метод. Цей метод аналізу ґрунтується на вимірюванні об'єму розчину реагенту відомої концентрації, витраченого на взаємодію з аналізованою речовиною за умови, що речовини вступають у реакцію у стехіометричних кількостях.

За швидкістю виконання об'ємний аналіз має значну перевагу перед ваговим аналізом. Зіставлення об'ємного аналізу із гравіметричним показує, що замість тривалих і кропітких операцій: осадження (з подальшим дозріванням осаду), фільтрування, промивання, прожарювання пустого тигля й тигля з осадом тощо за об'ємного аналізу проводять лише одну операцію – титрування. Точність об'ємних визначень зазвичай дещо менша, ніж точність гравіметричних, оскільки зважування на аналітичних вагах дещо точніше, аніж точне вимірювання об'ємів бюреткою.

За своїм характером реакції, які використовують в об'ємному аналізі, належать до різних типів. З огляду на це, об'ємні визначення можна поділити на такі основні методи: метод нейтралізації, методи окиснення-відновлення, методи осадження й комплексування [6, 7].

Метод нейтралізації. Сюди належать об'ємні визначення, що ґрунтуються на взаємодії кислот і лугів, тобто на реакції нейтралізації. За допомогою методу нейтралізації визначають кількість кислот або лугів у певному розчині, а також розв'язують інші задачі, які так чи інакше приводять до нейтралізації (визначення деяких солей, які мають сильно-лужну реакцію внаслідок гідролізу і тому титруються кислотами, визначення амонійних солей, визначення азоту в органічних сполуках). Як індикатори цього методу використовують речовини, забарвлення яких змінюється залежно від зміни значення рН (лакмус, метилоранж, фенолфталеїн).

Методи окиснення-відновлення (оксидиметрія). Найчастіше використовуються такі з них:

➤ *перманганатометрія* – використовує реакції окиснення за допомогою перманганату калію KMnO_4 . Титрування перманганатом проводять без індикатора.

➤ *йодометрія* – в основі лежать реакції окиснення вільним йодом. Як індикатор використовують розчин крохмалю.

➤ *хроматометрія* – використовуються реакції окиснення біхроматом калію $K_2Cr_2O_7$. Як індикатори зазвичай використовують дифеніламін. Можна також застосовувати дифеніламінсульфонову кислоту у вигляді натрієвої чи барієвої солі або фенілантранілову кислоту.

➤ *броматометрія* – використовує реакції окислення за допомогою бромату калію $KBrO_3$. Індикатори – метилоранж і метиловий червоний.

Методи осадження й комплексоутворення. До даних методів належать об'ємні визначення, які ґрунтуються на осадженні певного іона у вигляді важкорозчинної сполуки або зв'язуванні його в малорозчинний комплекс. У методах осадження як індикатори використовують розчин хромату калію $KCrO_4$ (метод Мора) або залізно-амонійних галунів $NH_4Fe(SO_4)_2$ (метод Фольгарда). У методах комплексоутворення індикатором може бути еріохром чорний Т.

Фізико-хімічні методи. Фізико-хімічні методи ґрунтуються на залежності фізичної властивості від хімічного складу аналізованого середовища.

Фізичні й фізико-хімічні методи об'єднує спільна назва інструментальні методи аналізу. Методика проведення фізико-хімічних аналізів переважно однакова і зводиться до такого:

- залежно від аналізованої системи обирається необхідний метод аналізу;
- готується ряд стандартних розчинів (серій);
- вимірюються фізичні властивості розчинів на відповідному приладі;
- за отриманими даними будується калібрувальний графік у координатах склад – властивість;
- вимірюється фізична властивість аналізованого зразка й за графіком визначається його склад.

Суть фізико-хімічних методів аналізу полягає у вивченні співвідношень між складом і властивостями хімічних систем. Зміна фізичних властивостей системи (заломлення світла, електропровідність, поглинання світла тощо), яка відбувається внаслідок хімічних або електрохімічних реакцій, залежить від концентрації визначуваного компонента. Розрізняють прямі і опосередковані методи аналізу. За прямих методів вимірювана властивість залежить від концентрації визначуваного компонента безпосередньо. В опосередкованих методах зміна властивостей системи використовується для визначення моменту завершення реакції між визначуваною речовиною і реагентом (знаходження кінцевої точки титрування). Фізико-хімічні методи аналізу мають значно більшу специфічність і чутливість порівняно з хімічними. Що менша кількість речовини вступає в реакцію з певним реактивом, то більш специфічною є реакція.

Залежно від використовуваного фізичного явища фізико-хімічні методи аналізу поділяються на оптичні, фотометричні, електрохімічні, хроматографічні (табл. 2). Чутливість фізико-хімічних методів визначається

двома факторами: інтенсивністю вимірюваної фізичної властивості і чутливістю детекторів сигналу в приладі [1, 5, 6, 7].

Таблиця 2

Класифікація основних фізико-хімічних методів аналізу

Методи аналізу		Вимірюване фізичне явище	Вимірювана фізична величина
1		2	3
Оптичні	Рефрактометрія	Заломлення світла	Показник заломлення
	Інтерферометрія	Інтерференція світла	Різниця показників заломлення
	Поляриметрія	Обертання площини поляризації світла речовиною	Питоме обертання
Фотометричні	Спектрофотометрія	Поглинання молекулами та іонами, які містяться в розчині монохроматичного випромінювання	Інтенсивність світлового потоку, що пройшов крізь розчин
	Фотоколориметрія	Поглинання розчином забарвленої речовини поліхроматичного випромінювання	Інтенсивність світлового потоку, що пройшов крізь розчин
	Фотонелефетрія	Розсіювання і відбивання світлового потоку суспензією або колоїдним розчином	Інтенсивність світлового потоку, розсіяного суспензією речовини
	Фототурбидиметрія	Розсіювання і відбивання світлового потоку суспензією або колоїдним розчином	Інтенсивність світлового потоку, що пройшов крізь шар суспензії
Електрохімічні	Потенціометрія	Вимірювання електродних потенціалів системи у процесі хімічної реакції	Електродний потенціал
	Кондуктометрія	Вимірювання електропровідності розчину у процесі хімічної реакції	Електропровідність, електроопір
	Полярографія	Поляризація електроду	Сила струму, напруга
	Кулонометрія	Вимірювання кількості струму, що затрачається на електродну реакцію	Кількість струму

	1	2	3
Хроматографічні	Газова	Вибіркова адсорбція	Показник розподілу речовин (хроматографічний пік)
	Розподільча	Вибіркова адсорбція	Коефіцієнт розділення речовин
	Тонкошарова	Вибіркова адсорбція	Коефіцієнт розділення речовин

Оптичні методи. В основі оптичних методів аналізу лежить зв'язок між оптичними властивостями системи та її складом. До оптичних методів аналізу належать рефрактометрія, інтерферометрія та поляриметрія.

Рефрактометрія. Рефрактометричний метод ґрунтується на визначенні концентрації речовин за показником заломлення. Він використовується для аналізу розчинів (водних, спиртових, ефірних тощо) з концентрацією понад 1 %. Перевагою цього методу є швидкість і простота вимірювань, достатня точність (0,01 %), мала витрата досліджуваної речовини.

Інтерферометрія відзначається високою чутливістю, точністю, простотою, експресністю, потребує незначної кількості досліджуваної речовини. Інтерферометрія використовується для порівняльної характеристики ступеня чистоти речовин і кількісного аналізу рідин, а також аналізу розчинів різних хімічних сполук.

Поляриметрія. Поляриметричний метод аналізу ґрунтується на визначенні обертання площини лінійно-поляризованого світла оптично активними речовинами. Його використовують для вивчення хімічної будови і просторової конфігурації органічних сполук, дослідження механізмів деяких реакцій, аналізу вуглеводів, ферментів. Цей метод дає змогу визначати від 1 до 100 г/дм³ оптично активних речовин.

Фотометричні методи. Фотометричний аналіз ґрунтується на переведенні визначуваного елемента в забарвлену сполуку й вимірюванні оптичної густини отриманого розчину. Точність методу й частково чутливість та специфічність залежать від способу вимірювання.

Фотометричні методи високочутливі, розроблені для визначення майже всіх хімічних елементів, окрім інертних газів з їх допомогою визначають як макро-, так і мікрокількості (до 10 %) аналізованого компонента.

Методи фотометрії широко застосовують в аналізі природних об'єктів: повітря, поверхневих вод, ґрунту, донного мулу, рослин, а також стічних вод, газоподібних викидів, відходів промисловості. Фотометричні методи використовують для автоматичного, а також дистанційного контролю.

Залежно від способу вимірювання розрізняють кілька методів фотометричного аналізу.

Спектрофотометрія. Метод ґрунтується на вимірюванні поглинання світла за чітко визначеної довжини хвилі (монохроматичне випромінювання), яке відповідає максимуму поглинання даної сполуки в ультрафіолетовій або інфрачервоній області спектра. У спектрофотометрії використовуються ті ж самі закони світлопоглинання, що й у фотокolorиметрії.

З огляду на те що у спектрофотометрії використовується не поліхроматичне, а монохроматичне світло, тобто вузький інтервал довжин хвиль – 1...2 нм вона має такі переваги порівняно з фотокolorиметрією: аналіз, який проводиться у вузькій області оптимального світлопоглинання, значно збільшує чутливість і точність кількісного визначенню; використовується як для аналізу однієї речовини, так і для аналізу систем, які містять кілька компонентів, що поглинають світло і хімічно не взаємодіють один з одним; дозволяє аналізувати як забарвлені, так і безбарвні розчини; дає можливість охопити ширший діапазон довжин хвиль, завдяки чому вимірювання проводять із більшою точністю; дає змогу широко досліджувати якісний склад і хімічну будову різних сполук.

Фотокolorиметрія. Фотокolorиметричний метод ґрунтується на вимірюванні інтенсивності світла, яке пройшло крізь забарвлений розчин, за допомогою спеціальних оптичних приладів із фотоелементом – фотокolorиметрів.

Фотоневелометрія. **фототурбидиметрія.** Нефелометричний і турбидиметричний методи аналізу ґрунтуються на тому, що визначуваний компонент переводять у важкорозчинну сполуку, яка міститься в розчині у вигляді зависі, і вимірюють інтенсивність розсіяного світла або послаблення світлового потоку цією суспензією. Якщо вміст речовини знаходять за інтенсивністю розсіяного світла, то такий метод називають нефелометричним. Метод визначення вмісту речовини за послабленням світлового потоку суспензією називається турбидиметричним.

За допомогою нефелометричного й турбидиметричного методів аналізу можна провести аналіз за малих концентрацій компонентів, які утворюють важкорозчинні сполуки (сульфати, галогеніди тощо).

Електрохімічні методи. Електрохімічні методи аналізу ґрунтуються на взаємозв'язку електрохімічних властивостей системи з її складом. Електрохімічні методи базуються на взаємодії речовини з електричним струмом і навпаки.

Електроваговий аналіз. Метод застосовують переважно для визначення деяких основних компонентів сплавів, кольорових металів. Для проведення електровагового аналізу використовуються платинові електроди. Платина найкраще відповідає вимогам, які ставляться до матеріалу електродів в електроваговому аналізі.

Потенціометричний аналіз. Це метод визначення концентрації іонів, який ґрунтується на вимірюванні електрохімічного потенціалу електрода,

зануреного в досліджуваний розчин.

Метод використовують для визначення рН природних і стічних вод, вмісту нітратів у рослинах та продуктах, концентрації катіонів натрію, калію, кальцію, магнію, міді, аніонів, галогенідів, ціанідів тощо.

Кондуктометричний аналіз. Кондуктометричний метод аналізу ґрунтується на вимірюванні електропровідності рідкої фази, яка перебуває в рівновазі з відповідною твердою сполукою. Це один із найточніших способів визначення розчинності важкорозчинних сполук. Кондуктометрія має низку переваг, оскільки дозволяє визначити вміст речовини в розчині простим вимірюванням електропровідності розчину.

Метод прямої кондуктометрії використовують для визначення концентрації розчинених солей у питних водах і водах для теплообмінного обладнання.

Полярографічний метод. Метод ґрунтується на вимірюванні зміни сили струму, який проходить крізь розчин, зі зміною напруги.

Переваги полярографічного методу аналізу такі:

- висока чутливість методу, тобто придатність для визначення в тих чи інших об'єктах дуже малих кількостей домішок, які неможливо визначити звичайними хімічними методами;
- можливість у тому самому розчині якісно й кількісно визначати кілька різних елементів, не застосовуючи їх хімічного розділення;
- можливість проводити в тому самому розчині ряд повторних визначень, оскільки концентрація розчину після кожного електролізу майже не змінюється, бо струми, які виникають при полярографії, дуже слабкі;
- визначення проводиться дуже швидко (2-3 визначення за 10-5 хв).

Цим методом у природних водах і ґрунтах визначають вміст цинку, кадмію, свинцю, міді; токсичні елементи в продуктах, стічних водах; користуються ним і для визначення концентрації вітамінів, ферментів, гормонів в організмі людини для діагностики захворювань.

Амперометричне титрування. Метод ґрунтується на залежності між концентрацією речовини і полярографічним струмом. Роль індикатора тут виконує величина граничного дифузійного струму.

Цим методом зручно визначати багато аніонів, наприклад сульфати, карбонати, оксалати, фосфати, молібдати, для яких не існує достатньо хороших і швидких методів визначення.

Також даний метод дає змогу швидко визначити багато катіонів, навіть якщо вони не дають, полярографічної хвилі.

Кулонометричний метод. Метод ґрунтується на вимірюванні кількості електричного струму, що витрачається на реакцію з визначуваним компонентом. На відміну від електровагового методу, кулонометрично можна визначати також ті речовини, які не осаджуються на електроді, а залишаються в розчині або потрапляють у доквілля. Це дуже чутливий і точний метод аналізу.

Якщо в кулонометричному методі аналізу струм витрачається безпосередньо на окислення або відновлення визначуваних речовин, то такий метод називають прямою кулонометрією. Однак на практиці такі прямі методи використовуються порівняно рідко.

Значно поширеніший метод кулонометричного титрування. Цим методом можна визначати такі окисники, як хром, марганець, ванадій, уран, церій і деякі інші елементи.

Хроматографічні методи. Хроматографічний аналіз – метод розподілу, якісного виявлення та кількісного визначення компонентів рідких і газоподібних сумішей, що ґрунтується на різному їхньому розподілі між рухомою і нерухомою фазами. Хроматографія є найбільш універсальним методом розділення речовин. Її використовують для розділення сумішей будь-яких розчинних або летких сполук. Вибір певного методу хроматографії залежить від природи і кількості зразка, мети розділення, досвідченості експериментатора.

Залежно від фізико-хімічної природи взаємодії речовин, котрі розділяються, між рухомою і нерухомою фазами, розрізняють такі найважливіші види хроматографії:

- іонообмінна – ґрунтується на процесі стехіометричного обміну іонів;
- адсорбційна – в основі лежать явища молекулярної адсорбції;
- розподільча (і її різновид – екстракційна) – ґрунтується на різниці в коефіцієнтах розподілу розділюваних речовин між двома рідкими фазами, що не змішуються;
- осадочна – використовує для розділення речовин різну розчинність осадів, які утворюються при взаємодії іонів розчину, котрий хроматографується з осаджувачем, нанесеним на високодисперсну речовину – інертний носій;
- гель-хроматографія – використовується для розділення молекул, що відрізняються розміром. Ґрунтується на молекулярно-ситових ефектах під час руху речовин, котрі розділяються через желеподібну або жорстку пористу нерухому фазу, яка має складну структуру.
- лігандна (ліганднеобмінна) – ґрунтується на розділенні молекул, здатних утворювати комплекси з поглинутими катіонами металу у фазі іоніту.

Перелічені види хроматографії належать до рідинної хроматографії (рухома фаза – рідина). Крім цього, існує газова хроматографія, в якій рухомою фазою є газова, а нерухома фаза може бути твердою або рідкою.

За геометрією хроматографічної системи розрізняють колонну і площинну хроматографії. До останньої належить паперова хроматографія, у якій роль нерухомої фази виконує вода, сорбована волокнами целюлози. До площинної також зараховують і тонкошарову хроматографію, в якій можуть бути реалізовані два види хроматографії, але нерухома фаза складається з тонкого шару (закріпленого або не закріпленого) на пластині з інертного матеріалу.

Іонообмінну хроматографію використовують для розділення елементів із подібними хімічними властивостями. Зокрема, її використовують для виділення та ідентифікації трансуранових елементів, збагачення ізотопів. Також цим методом визначають загальну твердість води, вміст катіонів важких металів у воді, ґрунті, донному мулі.

Рідинна хроматографія – найуживаніший метод аналізу складних органічних проб. Цей метод рекомендований не тільки для аналізу, а й для препаративного виділення речовин, особливо якщо ці речовини недостатньо термостійкі, розкладаються на світлі або легко окислюються.

Методом газорідинної хроматографії визначають склад стічних вод нафтопереробних та хіміко-фармацевтичних підприємств, заводів органічного синтезу.

Газова хроматографія – найбільш поширений і ефективний метод хроматографії. Цим методом можна якісно й кількісно визначати компоненти органічних і неорганічних сполук, газоподібних, рідких і твердих речовин, тиск пари яких перевищує 0,133-133 Па і які переганяються без розкладу в області температур до 400-500 °С. Основною перевагою газової хроматографії є висока чутливість і роздільна здатність, швидкість, точність і вищий рівень автоматизації аналізу. Розшифрувати результати хроматографічного аналізу досить просто.

Паперова хроматографія. Це один із видів рідинної розподільчої хроматографії. Однією рідкою нерухомою фазою зазвичай є вода, другою – насичений водою органічний розчинник, який не змішується або частково змішується з водою. При неперервному проходженні розчинника через хроматографічний папір відбувається перенесення розділених речовин від точки їх нанесення на папір до точки, розташованої на деякій відстані від неї в напрямі руху розчинника. Оскільки коефіцієнти розподілу речовин між двома фазами різні, розділені речовини під дією рухомої фази просуваються на різну відстань.

Тонкошарова хроматографія. Тонкошарова хроматографія відрізняється від паперової високою чутливістю (у 10 разів), швидкістю й чіткістю розділення.

Цим методом розділяють амінокислоти й барвники рослин, визначають активність ґрунтової фауни за продукцією амінокислот.

Фізичні методи. Фізичними методами визначається властивість, що безпосередньо залежить від природи атомів та їхньої концентрації в системі, наприклад інтенсивність радіоактивного випромінювання [4, 6].

При застосуванні фізичних методів аналізу якісне виявлення або кількісне визначення складових частин речовини проводять спостереженням або вимірюванням певних показників її фізичних властивостей. У фізичних методах хімічних реакцій немає або ж вони мають другорядне значення. Спільним для фізичних і фізико-хімічних методів аналізу є використання більш-менш складної апаратури для вимірювання оптичних, електричних або інших властивостей речовини. Залежно від досліджуваного фізичного явища і

вимірюваної фізичної властивості ці методи аналізу поділяються: на спектральний, радіометричний, рентгеноспектральний, люмінесцентний аналіз, метод ядерного магнітного резонансу.

Спектральний аналіз. Спектральний аналіз – це метод аналізу, який ґрунтується на вивченні складу та будови речовини за її спектром, який випромінюється збудженими атомами й молекулами.

Найважливішими особливостями спектрального аналізу є висока чутливість визначення деяких елементів: швидкість, об'єктивність, універсальність. Недоліками спектрального аналізу є вплив структури і хімічної неоднорідності аналізованих матеріалів на результати визначення; відсутність стабільних джерел збудження спектрів, а також важкість еталонування.

Атомно-абсорбційний спектральний аналіз ґрунтується на визначенні концентрації речовини за поглинанням шаром атомної пари елемента монохроматичного резонансного випромінювання. В екології його використовують для контролю виробничих викидів, визначення концентрації металів у повітрі, воді, ґрунті, у пошуку руд, для контролю збагачення.

Мас-спектрометрія базується на розділенні газоподібних іонів у магнітному полі залежно від відношення величини маси іона до його заряду, яке впливає на інтенсивність сигналу. Метод застосовують переважно для визначення відносних ізотопних мас і структури органічних речовин. Мас-спектрометрією виявляють у ґрунті надзвичайно небезпечну забруднювальну речовину) – тетрахлорди-бензодіоксин у концентрації 10^{-6} мг/кг.

Люмінесцентний аналіз ґрунтується на здатності речовин випромінювати світло під дією різних збудників.

Залежно від способу збудження люмінесценцію поділяють на:

- фотолюмінесценцію (збудження за допомогою ультрафіолетового випромінювання або видимого світла);
- катодолюмінесценцію (збереження за допомогою катодних променів);
- хемілюмінесценцію (збереження за рахунок енергії хімічної реакції), яка дуже поширена в живій природі: світяться окремі види моллюсків, ракоподібних, глибоководних риб, черв'як у результаті взаємодії кисню з люциферином. Ця реакція каталізується ферментом люциферазою, а явище називають біоломінесценцією.

Люмінесцентним методом аналізують природні і стічні води, повітря, ґрунт, продукти, визначають нафтопродукти – до 0,005 мг/л, феноли – 0,0005 мг/л, кадмій – 0,0005 мг/л, мідь – 0,05 мг/л, у питній воді – свинець до концентрації 0,005 мг/л, бензпірен – 0,00002 мг/л [1, 5].

Радіометричний аналіз. ґрунтується на виявленні й вимірюванні як природної, так і штучної радіації [4].

Використовуючи природну радіоактивність, кількісно визначають понад 20 хімічних елементів, зокрема уран, торій, радій, актиній. Калій можна визначити у воді в концентрації 0,05 моль/л.

Радіонукліди використовують для виявлення пошкоджень у газопроводах, місць витікання води з магістральних колекторів стічних каналізаційних вод.

Метод ізотопного розбавлення полягає у введенні ізотопу визначуваного елемента в аналізований розчин, що набуває активності, потім цей елемент переводять в осад (екстрагують, хроматографують) і визначають активність розчину після його видалення. За різницею визначають активність осаду (екстракту, елюату) й обчислюють вміст компонента в зразку.

Рентгеноспектральний аналіз ґрунтується на послабленні інтенсивності рентгенівського випромінювання під час проходження крізь пробу. У рентген-флуоресцентному аналізі на пробу діє первинне рентгенівське випромінювання, під впливом якого виникає вторинне рентгенівське випромінювання проби, характер якого залежить від якісного та кількісного складу аналізованої речовини.

Метод ядерного магнітного резонансу (ЯМР) відображає взаємодію магнітного моменту ядра молекули речовини із зовнішнім магнітним полем. Метод дає змогу працювати в широкому діапазоні концентрацій, зокрема визначати вміст різних форм алюмінію та інших металів у природних водах.

Біологічні методи. Основу біологічних та біохімічних методів дослідження становлять реакції рослин, тварин і мікроорганізмів на дію певного чинника. Зміни можуть відбуватися на різному рівні.

Біоіндикація – це оцінка стану довкілля за реакцією живих організмів.

Біоіндикатори – живі організми, за наявності, станом і поведінкою яких можна робити висновки про ступінь зміни довкілля, у тому числі про наявність забруднювальних речовин. Живі індикатори мають істотні переваги, вони підсумовують усі без винятку біологічно важливі дані про забруднення, вказують швидкість змін, що відбуваються, шляхи і місця накопичень в екосистемах різних токсикантів дозволяють судити про ступінь шкідливості певних речовин для живої природи й людини [6, 8].

Як біоіндикатори використовують тварин, рослини, бактерії, віруси.

Особливо чутливими індикаторами забруднення повітря є лишайники і мохи, ураховуючи особливості їхньої біології та фізіології.

З декоративних рослин найбільш достовірними індикаторами антропогенного забруднення атмосферного повітря є гладіолус, тюльпан, нарцис, конвалія. Гарними індикаторами на озон слугують найбільш чутливі сорти тютюну, томати цитрусові.

Для виявлення забруднень повітряного середовища і ґрунту відом-індикатором може також слугувати сосна. У корі, деревині і хвої можуть накопичуватися забруднювальні речовини, які впливають на ріст і життєдіяльність дерева.

Для визначення забруднення різних водоймищ як рослини-індикатори використовують різні рослини родини ряскових. Ряскові плавають на поверхні води або ледь занурені у воду і мають високу чутливість до

забруднення водного середовища. Саме поверхневий шар води є найбільш забрудненим унаслідок викидів промислових і сільськогосподарських підприємств, змивання добрив і отрутохімікатів із полів.

З метою контролю стану поверхневих природних вод використовують також численні методи біотестування: зміну статичного стану п'явки медичної на динамічний; виживання та плодючість дафній магна; біолоюмінесценцію окремих видів бактерій тощо.

Висновки

Для управління екологічною безпекою на техногенно-навантажених територіях в усіх розвинутих країнах світу функціонують системи моніторингу довкілля різного рівня. Основою прийняття управлінського рішення є початкові дані моніторингу – параметри стану навколишнього природного середовища, які отримують за допомогою різних методів.

В статті виконано аналіз хімічних, фізико-хімічних, фізичних та біологічних методів вимірювання параметрів навколишнього природного середовища. Представлена їх класифікація та показано їх основні переваги та недоліки.

1. *Баженов В.А.* Інженерна екологія: Підручник з теорії і практики сталого розвитку / В.А. Баженов, В.М. Ісаєнко, Ю.М. Саталкін та ін. – К. : НАУ, 2006. – 492 с.
2. *Бондар О.І.* Моніторинг навколишнього середовища: Навч. посіб. / О.І. Бондар, І.В. Корінько, В.М. Ткач, О.І. Федоренко. – К.; Х.: ДЕІ-ГТІ, 2005. – 126 с.
3. *Израэль Ю.А.* Экология и контроль состояния природной среды / А.Ю. Израэль. – Л. : Гидрометеоздат, 1984. – 560 с.
4. *Коваленко Г.Д.* Основи радіоекології: Навч. посіб. / Г.Д. Коваленко, В.С. Волошин. – Маріуполь : Вид. ПДТУ, 2003. – 138 с.
5. *Масікевич Ю.Г.* Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища / Ю.Г. Масікевич, С.О. Гринь, Г.М. Герцун та ін. – Чернівці, Зелена Буковина, 2005. – 341 с.
6. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища : навч. посібник / В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар [та ін.]. – К. : Вид-во Нац. авіа. ун-ту «НАУ-друк», 2009. – 312 с.
7. *Посудін Ю.І.* Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. – К.: Світ, 2003. – 288 с.
8. *Франчук Г.М.* Урбоекологія і техноекологія: Навч.-метод. посіб. / Г.М. Франчук, В.М. Ісаєнко, О.І. Запорожець. – К. : НАУ, 2004. – 200 с.

Поступила 11.08.2014р.