

СЪВРЕМЕННИ ФИЗИЧНИ МЕТОДИ ЗА ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛ НА ЗАМЪРСЯВАНЕТО НА ОКОЛНАТА СРЕДА

Йорданка Георгиева, Надка Игнатова

Лесотехнически университет – София

УДК 502

Постъпила на 11.11.2009

Физиката като елемент от фундаменталната подготовка за еколози включва знания освен за процесите и явленията в заобикалящата ни природна среда, влиянието на различни физични фактори върху екологичните ѝ характеристики, още и знания за основите на физичните методи за анализ и контрол на неблагоприятните промени в нея.

Всички уреди – анализатори на състоянието и промените на основните екологични фактори са изградени на няколко основни принципа на действие – механични, топлинни, магнитни, електрични и оптични. По тази логика са показани приложенията на основните физични методи за диагностика и контрол, в които влизат всички методи за анализ на тежки метали, токсични съединения и свободни радикали, атомно-емисионния, *UV* и *IR* атомноабсорбционния анализ, молекулния флуорисцентен анализ, ЕПР, ЯГР, лазерните методи за дистанционно определяне на концентрацията на замърсители в атмосферата, методите за измерване на йонизиращи и нейонизиращи лъчения, шум и вибрации и др.

Ключови думи: физични методи, инструментални аналитични методи.

Key words: physics methods, instrumental analytical methods.

Проблемите, свързани с опазването на природната среда се изразяват главно във въпроси за контрола на нейното настояще и обобщаване на данните за фона, на който се развиват съвременните техногенни изменения. Нашите знания за антропогенното въздействие върху химичния състав на биосферата, особено в областта на незначителните изменения, са тясно свързани със степента на развитие на измервателната аналитична база. Недостатъчната информация за биологичното въздействие на редица елементи, особено на ултрамикроелементи, в много случаи е причина те да не се имат предвид при

оценките за замърсяване на околната среда. Тези проблеми могат да бъдат решени чрез повишаване на надеждността и чувствителността на аналитичните методи.

Контролът на химичния състав на околната среда предполага много строги, единни изисквания към методите и методиките за анализ на замърсявания в твърде широки граници – от естествени нива до промишлени изхвърляния в най-разнообразни обекти – почви, води, аерозоли, растения, биосубстрати и т.н.

За диагностика и контрол на замърсяванията на околната среда се

използват почти всички методи на аналитичната химия, които по същество са физични методи, както и други специфични физични методи.

Класификация на физичните методи в зависимост от физичните свойства и явления, на които се основават:

1. Акустични и оптоакустични методи

- акустични

- оптикоакустични.

2. Оптични (спектрални) методи

- атомно-емисионен анализ

- атомно-абсорбционен анализ

- луминисцентен анализ

- молекулен спектрален анализ.

3. Електрохимични методи

- потенциометрия

- полярография

- кондуктометрия

- кулонометрия.

4. Ядрено-физични методи

- активационен анализ

- резонансни методи (ЯМР и ЯГР)

- радиометрия.

5. Други методи

- магнитни методи

- масспектрометрия

- електронен парамагнитен резонанс.

Акустични и оптикоакустични методи

- Акустични методи

Методите на физичната акустика се неотменна част от съвременните физични методи. Те се основават на особеностите на разпространение на еластичните вълни във веществото и

взаимодействието му на различно ниво с градивните му частици.

Сравнително ново направление е използването на ултразвукови вълни за изследване структурата на веществата на молекулярно ниво. Всяка промяна на състоянието на средата изменя условията на разпространение на ултразвука, която се изразява в изменение на неговото разсейване, поглъщане и промяна на скоростта му на разпространение. Чрез измерване на стойностите на величините, характеризиращи ултразвуковата вълна, се получава информация за настъпилите промени в изследваната среда. Например увеличаването на плътността на опаковка на молекулите (поява на водородни връзки, полимеризация) води до увеличаване на скоростта, появата на молекули на тежки атоми до намаляване на скоростта.

Чрез акустичната спектроскопия се изследват честотните зависимости на параметрите на разпространение на звука като скорост на разпространение, коефициент на затихване и др. Методите са основани най-често на затихването, в резултат на поглъщане и разсейване.

- Оптикоакустични методи

Оптикоакустичните (фотоакустичните) методи са конструирани на основата на взаимодействието на светлината с веществото. Те работят чрез онази част от погълнатата светлинна енергия, която се превръща в енергия на движение на атомите и молекулите, т.е. в топлина, а в резултат на топлинното разширение възниква звукова вълна. Този метод първо се развива за газове

и газови смеси за различни диапазони лъчения от микровълновия до видимия диапазон, а по-късно и за течности и твърди тела.

До появата на лазерните източници на светлина главно приложение имат т.нар. оптикоакустични приемници (за регистрация на слаби оптични потоци) и бездисперсионни оптикоакустични газоанализатори.

Нов тласък в приложението на този метод настъпва с използването на мощни лазерни източници. По този начин се повишава чувствителността на метода, разширява се диапазона на изследване за среди в различни агрегатни състояния, за широк температурен интервал и за честоти от ултразвук до радиовълни.

Лазерните оптикоакустични газоанализатори се използват в полеви условия за определяне на нивото на замърсяване на атмосферата (дори стратосферата), измерване на спектри на слабопоглъщащи среди, неразрушаващ контрол на технологични процеси, биологични процеси.

Оптични (спектрални) методи

Спектралният анализ е съвкупност от методи за определяне на атомния и молекулярния състав и строеж на веществата, като се използват техните спектри. Спектърът представлява зависимост на дадена величина, характеризираща взаимодействието на електромагнитното лъчение с веществото от енергията, дължината на вълната или честотата на това лъчение.

Спектралните методи могат да се

класифицират според типа на взаимодействие и нивото, на което става това взаимодействие.

Според типа на взаимодействието на лъчението с веществото:

- **Емисионен спектрален анализ** – осъществява се по спектрите на излъчването на възбудени атоми, йони и молекули.

- **Абсорбционен спектрален анализ** – осъществява се по спектрите на поглъщане на анализирания обект.

Според нивото, на което става взаимодействие на лъчението с веществото:

- **Атомен спектрален анализ.**

- **Молекулен спектрален анализ.**

Атомният спектрален анализ се дели се на атомен емисионен спектрален анализ (АЕСА) и атомен абсорбционен спектрален анализ (ААСА)

АЕСА е основан на зависимостта между интензитета на най-интензивната емисионна спектрална линия на даден елемент и концентрацията на този елемент. За този вид анализ изследваното вещество трябва да бъде в състояние на атомен газ. Използват се главно спектрографи.

ААСА се основава на Закона на Бугер–Ламберт–Беер. Този закон може да се използва само ако в изследвания обект няма взаимодействие между частиците, т.е. няма създадени асоциации от частици. Анализираното вещество може да абсорбира електромагнитно лъчение само в състояние на атоми. Атомизирането може да става по различни начини – при висока температура в пламък, в графитна пещ, в хидридна система и чрез студени пари.

ААСА се използва за количествен

анализ, но не се използва за качествен анализ, поради неудобството от смяна на източниците на лъчение (лампите) за всеки елемент.

Молекулният спектрален анализ е физически метод за качествено и количествено определяне на химичния състав на веществата и строежа на молекулите им.

Определя се от молекулния състав на веществата по молекулните спектри на поглъщане, отражение, луминисценция и комбинационно (Раманово) разсейване на лъчението, взаимодействие с веществото. Основава се на сравнение на измерените молекулни спектри на изследвания образец със стандартни спектри на индивидуални вещества или на пресметнати спектри, когато спектрите на изследваното вещество са неизвестни. С него се изследват вещества в различни агрегатни състояния, разтвори, плазма, адсорбционни слоеве и др., в широк температурен интервал.

Молекулните спектри са:

- Електронни – спектри на поглъщане в UV и видимата област, спектри на луминисценция.

- Вибрационни – IR спектри на поглъщане, спектри на комбинационно разсейване – Раманови.

- Ротационни – поглъщане и разсейване в микровълновата област.

Електромагнитни лъчения от различни области на спектъра се използват и за получаване на друга, специфична информация за веществата като структура на кристали и молекули, енергетични състояния на частиците и др. За тази цел се използват рентгеновата спектроскопия, гамарезонансна-

та спектроскопия (ЯГР, Мьосбауерова спектроскопия), ядрено-магнитния резонанс (ЯМР), Електронно-парамагнитния резонанс (ЕПР) и др.

Електрохимични методи

Електрохимичните методи се основават на електрохимични свойства на веществата. Към тях се отнасят:

Методи, основаващи се на протичане на електродна реакция:

- потенциометрия – потенциалът на приложения ток е функция от концентрацията на анализираното вещество;

- волтамперометрия – силата на тока, зависеща от концентрацията на анализираното вещество, е функция на приложеното напрежение;

- амперометрия – протичащият ток в електродната реакция е функция от концентрацията на анализираното вещество;

- кулонометрия – количеството електричество, необходимо за пълно окисление или редукция на анализираното вещество.

Методи без електродна реакция:

- кондуктометрия – електропроводимостта е функция от концентрацията на анализираното вещество;

- диелектрометрия – диелектричната проникваемост на средата е функция от концентрацията на анализираното вещество.

Ядрени методи

Ядрените методи се основават на различните ефекти от взаимодействието

на радиоактивните лъчения от външни източници с изследваното вещество. Най-често се прилагат източници на гама-лъчение (гама-методи) и неутрони (неутронни методи) с различна енергия. Използването на алфа- и бета-лъчението е ограничено, поради слабата им прониквателна способност.

Множеството ядрени методи се класифицират и в зависимост от природата на взаимодействие на ядрените лъчения с веществото:

- **методи, основаващи се на разсейване и поглъщане на лъченията;**
- **методи на база ядрени реакции**
- **активационен анализ;**
- **рентгенорадиометрични методи;**
- **резонансни методи – ЯМР, ЯГР.**

Чрез ядрените методи се определя както вещественият състав, така и някои свойства като плътност, влажност, порьозност и др. Тези методи позволяват да се изследват образци с маса от **mg до kg, да се определят замърсявания** от радиоактивни и стабилни изотопи на различни елементи с концентрации в диапазона от 6–8 порядъка, в образци в различно фазово състояние. Методите са недеструктивни, характеризират се с висока чувствителност, експресност, възможност за анализи в естествени условия, възможност за дистанционен контрол и автоматизация.

Активационният анализ е широко разпространен ядрен метод за количествен анализ на химични елементи, основаващ се на измерване на активността на радионуклиди, получени в резултат на ядрени реакции (активация). При нето масата или количеството на радионуклида, образуван в

образеца при реакцията, е мярка за количеството на стабилния му предшественик, тъй като между тях има пропорционалност. За активация се използват неутрони (топлинни и бързи), заредени частици, рентгенови и гама-лъчи.

Най-широко приложение от активационните методи има неутронно-активационният анализ. При него активацията е под действие на топлинни неутрони, които лесно се залавят от ядрата, понеже кинетичната им енергия е в топлинно равновесие с околната среда. Получената в резултат на взаимодействието гама-активност се измерва с многоканален гама-спектрометър. Методът има много голяма чувствителност (**μg дори pg**) и с него се определят едновременно повече от 50 химични елемента. Конкурира успешно масспектрометричния анализ.

Рентгеновите методи са основани на регистрация на рентгеново излъчване, възбудено от взаимодействие на ядрени излъчвания с атомите на изследваното вещество.

За измерване на радиоактивни замърсявания (естествени и изкуствени радонуклиди) се използват главно радиометрични и спектрометрични методи, които в инструменталния си вариант (без радиохимично отделяне) са достатъчно прости като конструкция и са експресни.

Магнитни методи

Магнитните методи се основават на магнитните свойства на веществата. Те се определят от факта, че електроните в атомите на всяко вещество се

движат както около ядрата (орбитално движение), така и около собствената си ос – спиново (ротационно движение). Тези движения могат да се разглеждат като кръгови електрични токове, които от своя страна пораждат във всеки атом магнитни полета.

В зависимост от магнитните си свойства веществата се разделят освен на немагнитни, слабо и силно магнитни, така и на диа-, пара- и феромагнитни в зависимост от поведението им във външни магнитни полета.

Най-простият магнитен метод, с широко приложение, е измерването на магнитната възприемчивост, която изразява способността на веществата да се намагнитват в слаби външни магнитни полета. Тя се използва за детектиране на антропогенни замърсявания на почви (тежки метали), седименти и растителни образци.

Литература

1. Бонева, М., Й. Тачева. 2003. Ръководство по инструментални методи за анализ. Шумен: Еп. К. Преславски, 317.
2. Газов, Ц., А. Антонов. 1975. Физични методи в аналитичната химия. С.: Техника, 412.
3. Даиев, Хр., Б. Желязкова, С. Белчев, Д. Цалев, Л. Шишкова, М. Митева, Ю. Харизанов, Н. Пиперов. 2004. Ръководство по физични методи за изследване и анализ на неорганични обекти, Трето изд., С.: Св. Кл. Охридски, 278.
4. Иванов, К., С. Кръстев. 1998. Курс по инструментални методи за анализ, Пловдив: АИ на ВСИ, 256.
5. Общие вопросы контроля загрязнения природной среды, Труды Всесоюзного совещания „Ядерно-физические методы анализа в контроле окружающей среде“. Ташкент – 1979. Ленинград: Гидрометеиздат, 1980, 4–97.

CONTEMPORARY PHYSICS METHODS FOR DIAGNOSTIC AND CONTROL OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

Yordanka Georgieva, Nadka Ignatova

University of Forestry – Sofia

UDK 502

Received 11.11.2009

Summary

Physics as an element of the fundamental tuition in ecology includes not only knowledge of the environmental processes and phenomena, and the effect of different physics factors on the environmental conditions but also knowledge of the fundamental physics methods of analysis and control of the undesirable changes in it.

All devices analyzing the condition and changes in the main environmental factors are built upon the same basic principles of operation – mechanical, thermal, magnetic, electrical and optical. Following this logic we showcase the fundamental physics methods for diagnostic and control, which include: heavy metals, toxic compounds and free radicals detection methods; nuclear emission, UV, IR and nuclear absorption analysis; **molecular fluorescence analysis; EPR; NGR, methods for remote measuring of pollutants concentration in the atmosphere through the utilization of lasers; methods for measuring of the ionizing and non-ionizing radiation; methods for measuring noise and vibrations; etc.**