

Лекція 8.

Тема. Моніторинг забруднення атмосферного повітря

План.

1. Стан забруднення атмосферного повітря в Україні
2. Організація моніторингу за станом атмосферного повітря
3. Обладнання стаціонарних і маршрутних постів
4. Сучасні методи і засоби контролю забруднення повітряного середовища
5. Організація безперервної реєстрації забруднень атмосферного повітря. Газоаналізатори.
6. Пріоритетний список ЗР

1. Стан забруднення атмосферного повітря в Україні

Забруднення атмосфери – це зміни газового складу атмосфери в результаті вмісту в ній домішок. Аналіз забруднення повітря є чи не найскладнішим завданням аналітичної хімії, оскільки повітря є рухомою системою, склад якої постійно змінюється, а одна проба може містити десятки і сотні органічних та неорганічних сполук. Крім того, концентрація токсичних речовин в атмосфері може бути мізерно малою – 10^{-4} - 10^{-7} % і нижче.

Забруднення атмосфери викликає такі глобальні проблеми як потепління клімату (парниковий ефект), кислотні дощі, руйнування озонового шару, опустелювання та інші.

Природними джерелами забруднення є вулканічні виверження, пилові бурі, космічний пил, гейзери, лісові та степові пожежі, виділення рослин, тварин та мікроорганізмів. Деякі шкідливі домішки (вуглекислий газ, оксид вуглецю, сірководень, хлориди й інші сполуки) поступають в атмосферу з океану. Особливість природних забруднень полягає в тому, що вони не такі токсичні, як антропогенні, і діють періодично.

В результаті антропогенної діяльності здійснюється **штучне** забруднення, при цьому значно змінюється склад атмосферного повітря. За особливостями будови і впливу розрізняють такі види антропогенних забруднювачів:

- механічні – викиди цементних заводів, дим, сажа і ін.;
- хімічні – газоподібні речовини, здатні вступати в реакції з компонентами повітря, наприклад CO, CO₂, SO₂, NO_x.

В **антропогенному** забрудненні атмосфери найбільш значну роль відіграють виробничі та побутові процеси.

Таблиця 1

Маса ЗР, які викидаються в атмосферу (т/рік)

Речовина	Природне походження	Антропогенне походження
CO	-	$3,5 \cdot 10^8$
SO ₂	$1,4 \cdot 10^8$	$1,45 \cdot 10^8$
NO _x	$1,4 \cdot 10^9$	$(1,5 - 2) \cdot 10^7$
Аерозоль (пил)	$(7,7 - 22) \cdot 10^{10}$	$(10 - 26) \cdot 10^{10}$
Полівінілхлорид	-	$2 \cdot 10^6$
O ₃	$2 \cdot 10^9$	-
Вуглеводні	10^9	10^6
Pb	-	$2 \cdot 10^6$
Hg	-	$5 \cdot 10^3$
CO ₂	10^{12}	$0,18 \cdot 10^{11}$
H ₂ S	$2 \cdot 10^7$	$0,36 \cdot 10^7$

Основними джерелами антропогенного забруднення атмосфери в Україні та більшості країн світу є:

- об'єкти теплоенергетики (теплові електростанції, топки котелень та будівель);
- промислові підприємства (чорної, кольорової металургії, хімічної промисловості, машинобудування, об'єкти видобутку і переробки природних копалин);
 - транспорт (переважно автотранспорт);
 - підприємства агропромислового комплексу (тваринницькі комплекси, рілля і рослинництво, консервні заводи тощо);
 - будівельні майданчики.

У різних країнах, в залежності від стану економічного розвитку, відзначається різна структура основних джерел атмосферних забруднень. У США, у зв'язку з високим ступенем автомобілізації, внесок транспорту в загальні викиди складає близько 60 %, промисловості – 17 %, енергетики – 14 %, опалення та видалення відходів – 9 %. У Франції промислові забруднення складають 37 %, опалення – 25 %, транспорт – 23 %, енергетика – 15 %.

В Україні щорічно автотранспорт викидає в атмосферу до 2 млн. т. шкідливих речовин, що становить 31% від загального забруднення, в т.ч. 63% свинцю, 54% оксиду вуглецю і 25% оксиду азоту від загальних викидів цих сполук.

Викидається також зі стаціонарних джерел більше 4 млн. т. на рік забруднюючих речовин, що складає близько 64% від загального обсягу забруднюючих речовин. Майже 90 % від загального об'єму викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами в Україні створюють підприємства теплової енергетики, чорної металургії, вугільної, нафтогазовидобувної, цементної промисловості. У розрізі галузей

економіки найбільша частка викидів забруднюючих речовин – 41,3 % (без урахування діоксиду вуглецю) припадає на виробництво і розподіл електроенергії, газу, води, зокрема, потужні теплоелектростанції (ТЕС), які працюють на низькосортному, пилоподібному паливі (в результаті спалювання палива у повітря викидаються зола, сажа, різноманітні газоподібні продукти), також котельні установки теплоелектроцентралей дають велику кількість валових викидів речовин, які забруднюють атмосферу (основними шкідливими домішками тут є оксиди сірки і азоту, пил й сажа).

Впродовж 2015 року Державною гідрометеорологічною службою здійснювались спостереження за забрудненням атмосферного повітря у 53 містах України на 163 стаціонарних, двох маршрутних постах спостережень та двох станціях транскордонного переносу. В атмосферному повітрі визначався вміст 30 забруднювальних речовин.

2. Організація моніторингу за станом атмосферного повітря

Глобальні та регіональні системи спостережень і контролю над забрудненням атмосферного повітря в розвинених країнах організовані відповідно до рекомендацій ООН. Ці рекомендації були розроблені в 70-і роки ХХ століття. Перелік забруднюючих речовин, за якими слід проводити контроль, кожна країна визначає самостійно.

В Україні спостереження за забрудненням атмосфери здійснюються з початку 60-х років 20-го сторіччя.

Моніторинг РЗА (рівнем забруднення атмосфери) в містах і населених пунктах України проводять відповідно до ДСТУ “Охорона природи. Атмосфера. Правила контролю якості повітря населених пунктів”.

Організація моніторингу передбачає контроль за поширенням шкідливих домішок як у самій атмосфері, так і в системі: «атмосфера – гідросфера – літосфера – біосфера».

Для цієї діяльності необхідні:

1. Інформація про наявні та перспективні джерела забруднення атмосфери (з урахуванням економічного розвитку регіону).
2. Характеристика забруднюючих речовин (токсичність, фізико-хімічні властивості).
3. Гідрометеорологічні дані.
4. Результати попередніх досліджень (ретроспективний аналіз).
5. Дані про забруднення атмосфери в інших районах, регіонах і країнах.

Моніторинг стану атмосферного повітря та вмістом ЗР, у тому числі радіонуклідів, здійснюють **такі суб'єкти** державної системи моніторингу довкілля:

- **Український гідрометеорологічний центр** – колишня Державна гідрометеорологічна служба України) – державна установа в складі Державної служби України з надзвичайних ситуацій, що провадить метеорологічні спостереження на території України. Діяльність УкрГМЦ спрямовується, координується та контролюється Департаментом з питань цивільного захисту та ДСНС України. Міністерство внутрішніх справ України координує Державну службу України з надзвичайних ситуацій.

- **Державна санітарно-епідеміологічна служба** – координує МОЗ.

Систему спостережень представляє Український гідрометеорологічний центр, який веде спостереження за якістю атмосферного повітря в населених пунктах і територіях, розміщених за зоною впливу джерел забруднення, надає дані про метеорологічні умови і концентрацію шкідливих речовин. Передача центру **головних функцій** в організації мережі станцій спостережень за забрудненням атмосфери була зумовлена тим, що мережа моніторингових постів і гідрометеорологічна мережа формуються за схожими принципами. Окрім того, характеристики забруднення атмосфери визначаються, як правило, одночасно з необхідними для їх інтерпретації метеорологічними показниками.

МОЗ ведуть спостереження за рівнем захворюваності населення в різних населених пунктах.

Науковий комітет Національної академії наук України організовує авіаційно-космічні спостереження за станом озонового шару і глобальним забрудненням атмосфери.

Система контролю здійснює контроль над джерелами забруднення та викидами шкідливих речовин в атмосферу. Для цього Мінекоресурсів (Державна екологічна інспекція України) стежить за дотриманням норм ГДВ підприємств, контролює реалізацію заходів з охорони повітря та дотримання вимог з проектування, розміщення, будівництва та введення в експлуатацію нових підприємств. Держекоінспекція України здійснює державний нагляд (контроль) за додержанням центральними органами виконавчої влади та їх територіальними органами, місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування в частині здійснення делегованих їм повноважень органів виконавчої влади, підприємствами, установами та організаціями незалежно від форми власності і господарювання, громадянами України, іноземцями та особами без громадянства, а також юридичними особами-нерезидентами вимог законодавства про охорону атмосферного повітря.

Повноваження Держекоінспекції України: для виконання покладених на неї завдань має право:

1) розраховувати розмір збитків, заподіяних державі внаслідок порушення природоохоронного законодавства, та пред'являти претензії;

2) приймати рішення про обмеження чи зупинення (тимчасово) діяльності підприємств і об'єктів незалежно від їх підпорядкування та форми власності, якщо їх експлуатація здійснюється з порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища, вимог дозволів на використання природних ресурсів, з перевищенням нормативів гранично допустимих викидів впливу фізичних та біологічних факторів і лімітів скидів забруднюючих речовин;

3) приймати рішення про відновлення діяльності підприємств, установ і організацій та експлуатацію об'єктів, стосовно яких було прийняте в установленому порядку рішення про обмеження чи тимчасове зупинення їх діяльності, після усунення всіх виявлених порушень;

4) передавати до прокуратури, органів досудового слідства та органів дізнання матеріали про діяння, в яких вбачаються ознаки злочину.

В 2014 році до адміністративної відповідальності притягнуто 43 тис. 331 порушник вимог природоохоронного законодавства. До правоохоронних органів передано 376 матеріалів перевірок у порядку статті 214 Кримінального процесуального кодексу України, за результатами розгляду яких відкрито 300 кримінальних проваджень. Загальна сума розрахованих збитків заподіяних державі внаслідок порушення вимог природоохоронного законодавства становить 1 млрд. 73 млн. гривень. Сума стягнутих до Державного бюджету України претензій та позовів склала 62 млн. 991 тис. гривень. З метою припинення негативного впливу на навколишнє природне середовище при здійсненні виробничої діяльності у 222 випадках обмежувалася/призупинялася (до усунення виявлених недоліків та порушень) діяльність суб'єктів господарювання.

Спостереження над радіоактивним забрудненням атмосфери здійснюється як на фоновому рівні, так і в зонах впливу атомних станцій. На відстані 50-100 км від джерела ведеться фоновий моніторинг з використанням фонових станцій. В радіусі 25-30 км від об'єкта використовують спеціальні пости спостереження, оснащені датчиками гамма-випромінювання. В межах санітарно-захисних зон (СЗЗ) створюють пости дистанційного контролю.

Велике значення при моніторингу атмосфери мають станції транскордонного спостереження та математичні моделі розсіювання шкідливих речовин в атмосфері.

Існуюча **мережа спостережень** за забрудненням атмосферного повітря включає **стаціонарні, маршрутні і пересувні (підфакельні) пости спостережень**.

Постом спостереження є вибране місце (точка місцевості), на якому розміщують павільйон або автомобіль, обладнаний відповідними приладами.



а



б

Рис. 1. Пости спостережень за забрудненням атмосферного повітря: а – павільйон, б – автомобіль.

На постах спостережень може здійснюватись відбір проб повітря для аналізу як ручним способом, так і автоматизованим (з використанням системи типу АНКОС-АГ, призначеної для постійного контролю за змінними в часі та просторі характеристиками забруднення і метеорологічними параметрами повітряного простору, оснащеною автоматичними системами відбору проб і приладами автоматичного визначення ЗР (газоаналізаторами)):



Рис. 2. Автоматична станція контролю забруднень атмосферного повітря АНКОС

АНКОС включає:

- павільйон;
- пристрій з комплектом метеодатчиків;
- пристрої опалення, вентиляції, освітлення, кондиціонування і пожежотушіння;
- газоаналізатори.

Стаціонарний пост призначений для забезпечення регулярного відбору проб повітря з метою подальшого лабораторного визначення і безперервної реєстрації вмісту ЗР за допомогою автоматичних газоаналізаторів.

Стаціонарні пости поділяють на опорні й неопорні. Опорні стаціонарні пости призначені для виявлення довготривалих змін вмісту основних (пил, CO, SO₂, NO₂) і найбільш поширених специфічних ЗР. Кількість таких постів на досліджуваній території встановлюється залежно від чисельності населення, рельєфу місцевості та специфіки промисловості.

Оцінка забруднення атмосферного повітря України проводиться в 54 містах на 166 стаціонарних постах і 2 станціях транскордонного спостереження.

Маршрутний пост призначений для регулярного відбору проб повітря у фіксованих точках місцевості в місцях, де неможливо чи недоцільно встановлювати стаціонарний пост. Такі пости використовують при

необхідності більш детально вивчити стан забруднення атмосферного повітря в окремих районах, наприклад, в нових житлових районах. Це також регулярні спостереження, але за допомогою спеціально обладнаних машин, які переміщуються за певним маршрутом (їх продуктивність – біля 5000 проб на рік, 8-10 проб щодня в 4-5 точках). Порядок об'їзду маршрутних постів (заздалегідь вибраних точок на місцевості) повинен бути один і той же, щоб відбір проб в кожній точці визначався одним і тим же часом доби.

Складається схема, в центрі якої джерело викиду, навколо якого будують кільця з радіусами $0,5R$; $1R$; $1,5R$ (де R – радіус можливого забруднення рівний 20 висот джерела). У точках перетину кілець і ліній сторін горизонту і відбирають проби повітря. Наприклад, для заводу з виробництва азбесту концентричні кільця будуть мати радіус: 400, 800 і 1200 м. Кількість контрольних точок – 24.

Підфакельні пости – це точки, розташовані під факелами на фіксованих відстанях від джерела з метою виявлення зони впливу конкретного джерела промислових викидів. Відбір проб проводиться в точках перетину переважаючого напрямку з кільцями радіусом 0,2; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 15 і 20 км, а також на межі $S_{33} + 200$ м, і на відстані з максимальною приземною концентрацією. Відбирають 24-36 проб повітря на висоті 1,5 м в 3 точках одночасно. Відбір проб здійснюється також за допомогою спеціально обладнаної автомашини.

Регулярні спостереження на стаціонарних постах проводяться за однією з чотирьох **програм спостережень**: повною, неповною, скороченою, добовою.

Це дозволяє оцінювати динаміку забруднення атмосферного повітря і виявляти території з тенденцією збільшення забруднення повітря.

По **повній** програмі отримують інформацію про разові і середньодобові концентрації щодня шляхом безперервної реєстрації за допомогою автоматичних пристроїв або дискретно через рівні інтервали часу не менш 4 разів при обов'язковому відборі о 1-й, 7-й, 13-й, 19-й годинах за місцевим часом щодня, крім неділі. Вимірюються при цьому концентрація пилу, CO , CO_2 , SO_2 , NO_x , а також речовин, концентрації яких більше ГДК.

За неповною програмі спостереження проводять в 7, 13 і в 19 годині щодня, чергуючи суботу та неділю як вихідні.

У районах з суворими кліматичними умовами, а також у місцях, де середньомісячні концентрації менше 5% від ГДК максимально разової, спостереження проводять за скороченою програмою щодня, крім неділі в 7 і 13 годині.

Визначення концентрацій на маршрутних постах проводять за змінним (добовим) графіком.

Існуюча мережа постів спостережень за станом повітряного басейну дає можливість контролювати забруднення повітря в населених пунктах, виявляти вплив джерел забруднення на конкретні території. Завдяки постам спостереження визначається динаміка забруднення атмосфери, визначаються території, на яких зростає вміст забруднюючих речовин у повітрі і разом з тим визначають небезпечні джерела викидів.

3. Обладнання стаціонарних і маршрутних постів



Рис. 3. «ПОСТ-2а».

На **стаціонарних постах** – утеплених павільйонах – засоби вимірювання розміщуються в комплексних лабораторіях типу «Пост» – «Пост-1», «Пост-2» і новій модифікації з вищою продуктивністю і автоматизацією «ПОСТ-2а».

Найсучаснішим є «ПОСТ-2а», а найпоширенішим «ПОСТ-2», в комплект якого входять:

- дюралевий каркас (розміром 3х3х8 м);
- прилади автоматичного контролю концентрацій шкідливих речовин: газоаналізатори типу ГМК-3 (CO_2) і ГПК-1 (SO_2), які дають змогу в автоматичному режимі визначати і записувати на діаграмну стрічку концентрації певних речовин впродовж доби;
- прилади для автоматичного і ручного відбору проб повітря на вміст газоподібних сумішей, сажі і пилу: ЕА-1, ЕА-2, ЕА-2С і автоматичний пробовідбірник «Компонент»;
- серію приладів для оцінки метеопараметрів: анеморумбограф типу М63МР, і датчики температури та вологості.

Лабораторію «ПОСТ-2» обслуговує оператор, що реєструє значення температури, вологості, тиску. Обслуговування відбувається 2-4 рази на день по півгодини, при цьому одночасно контролюється концентрація 2 забруднюючих речовин і проводиться одночасний відбір 38 проб і контроль 7 метеопараметрів. Продуктивність такої лабораторії до 50 тис. проб/год, середній термін служби – 10 років.

На маршрутних і підфакельних постах визначення рівня забруднення атмосфери і вимірювання метеопараметрів проводять у лабораторії «Атмосфера-П». Це – автофургон на шасі УАЗ, у приладовому відсіку на висоті 2,6 м якого встановлені прилади й устаткування для відбору проб на газові домішки, сажу і пил; газоаналізатори, вимірювальний пульт М-49 (або М-47) і пульт управління. На даху розташовано датчик швидкості і напрямку вітру, виносну штангу для датчиків температури, вологості та анеморумбометр (прилад для безперервного автоматичного запису швидкості і напрямку вітру).

У 2005 р. ЗАТ «Украналіт» розроблено автоматичний пост спостереження за станом атмосферного повітря «Атмосфера-10».

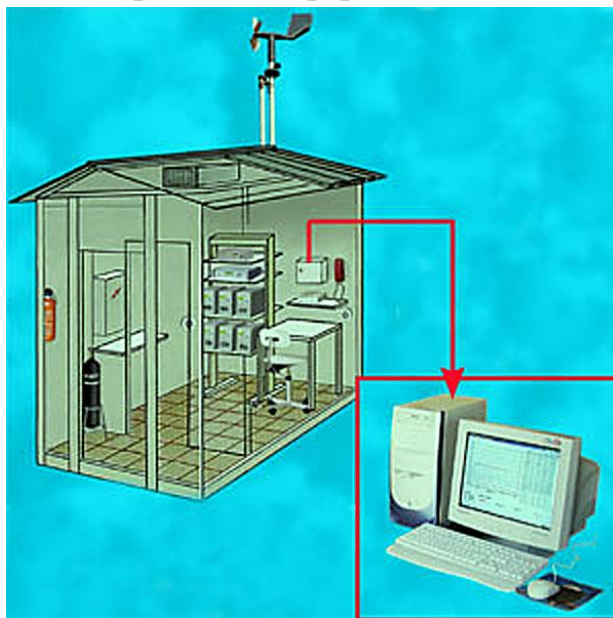


Рис. 4. Автоматичний пост спостереження за станом атмосферного повітря «Атмосфера-10».

4. Сучасні методи і засоби контролю забруднення повітряного середовища

Для оцінювання забруднення повітря використовують:

лабораторні методи (характеризуються високою точністю і є незамінними для поглиблених досліджень),

позалабораторні методи – експресні і автоматичні методи (забезпечують безперервний контроль забруднення атмосферного повітря).

Визначення концентрацій більшості ЗР в атмосферному повітрі виконують, як правило, лабораторними методами. При лабораторному екоаналітичному контролі ЗР в повітрі фонових районів, населених пунктів і в промислових викидах в основному застосовується технологія контролю з розділеними процедурами відбору і вимірювання показників проб.

Найчастіше при контролі забруднення повітря застосовуються процедури лабораторного аналізу з використанням стандартизованих, а також інших офіційних методик виконання вимірювань (МВВ).

Для аналізу забрудненого повітря в даний час найбільше використовуються спектральні і хроматографічні методи; електрохімічні методи застосовуються рідше, хоча зараз відбувається “відродження” цих методів. Вони потребують відповідних технічних засобів контролю, якими є лабораторні прилади універсально типу (хроматографи, спектрофотометри і т.д.).

Шкідливі речовини визначаються в повітряному середовищі конкретними методами аналізу представленими в табл. 3.

Загальні вимоги до методів аналітичного контролю повітряного середовища на вміст шкідливих домішок:

1. Ступінь поглинання аналізованого інгредієнта повітряного середовища в пробовідбірні пристрої повинна бути не менше 95%.
2. Похибка у вимірюванні об'єму відібраної газової проби не повинна перевищувати $\pm 10\%$.
3. Максимальна сумарна похибка методики визначення даної речовини не повинна перевищувати $\pm 25\%$.
4. Межа виявлення повинен забезпечувати можливість визначення аналізованого речовини на рівні 0,5 ГДК_{рз} або 0,8 ГДК_{мр}.
5. Вибірковість методу (методики) повинна забезпечувати достовірне визначення інгредієнта повітряного середовища у присутності домішок.
6. Апаратура й прилади, використовувані для аналізу, повинні періодично піддаватися перевірці і калібруванню в установленому порядку.

Таблиця 3

Найбільш поширені інструментальні методи контролю забруднення повітря

Методи визначення	Назва показників
Газова хроматографія	Сірководень, метиламін, анілін, диметил(диетил)-, триметил(триетил)амін, акролеїн, метанол, циклогексан (-ол), (-нон),

	3,4-бензпірен, хлоропрен, бензол, етилбензол, толуол, ксилол, хлороформ
Турбідиметрія	Сульфатна кислота, сульфати
Фотометрія	Фосфатна кислота, метилмеркаптан, фенол, метанол, формальдегід, карбонові кислоти C ₄ -C ₉ , оксиди нітрогену, аміак, хлориди, ціанід водню, фторид водню, піридин, діоксид сірки, сірководень, сумарні ванадій, свинець, селен.
Атомно-абсорбційна спектроскопія	Залізо, кадмій, кобальт, магній, манган, мідь, нікель, свинець, хром, цинк, ртуть
Потенціометрія	Борна кислота, фторид водню

Відповідно в числі універсальних приладів лабораторного аналізу, на яких реалізується близько 100 методик виконання вимірювань забруднюючих атмосферу речовин (у процентному відношенні від загального їх числа), знаходяться наступні типи засобів:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| - Фотометри і спектрофотометри | - близько 50% (більше 60 методик); |
| - Хроматографи (ГХ, ГРХ, РХ) | - близько 20% (близько 30 методик); |
| - Атомно-абсорбційні спектрометри | - близько 10% (близько 15 методик); |
| - Потенціометричні прилади | - приблизно 4% (5 методик); |
| - Флуориметри і різні титратори | - приблизно по 2,5% (по 3 методики); |
| - Кулонометри і вагові прилади | - приблизно по 1,5% (по 2 методики); |
| - Інші (хромато-мас-спектрометри, рентгено-флуоресцентні та електрометричні прилади і т.д.) | - менше 1% (по 1-2 методики). |

З наведених даних випливає, що за допомогою **трьох** типів лабораторних вимірювальних приладів, які найчастіше використовуються – фотометри, хроматографи і ААС-спектрометри – можуть вирішуватися приблизно 80% всіх основних екоаналітичних завдань контролю повітря, які виконуються в лабораторних умовах.

Аналіз поза лабораторією (в реальному часі і реальному місці) використовується для:

- моніторингу атмосферного повітря;
- контролю якості повітря робочої зони;
- контролю безпеки на робочому місці з системою попередження про небезпеку;
- контролю викидів в атмосферу.

Вимірювання позалабораторними методами багаторазові, часто безперервні, є багато точок контролю. Специфічні **вимоги** до цих методів аналізу:

- пробопідготовка – якомога простіша;
- експресність;
- можливість повної автоматизації;
- невеликі габарити приладів;
- автономне електроживлення;
- доступна вартість приладів;
- стабільність калібрувальної характеристики.

Види засобів позалабораторних вимірювань:

- стаціонарні засоби контролю безперервної дії (автоаналізатори, системи (монітори))
- портативні засоби контролю (газоаналізатори, газосигналізатори, індикаторні трубки, тест-системи, вимірювальні комплекти)
- мікроапаратура (сенсори).

За сформованою традицією у вітчизняному газоаналітичному приладобудуванні та моніторингу забруднення атмосфери засоби контролю газоподібних середовищ підрозділяють на **системи** (комплекси), **прилади** та інші технічні засоби контролю забруднення (ТЗКЗ) повітряного басейну, при цьому групуючи їх за особливостями повітряного середовища, яке аналізується, таким чином:

- ТЗКЗ атмосфери (атмосферного повітря);
- ТЗКЗ повітря населених місць і житлових приміщень;
- ТЗКЗ повітря робочої зони і виробничих приміщень;
- ТЗК викидів і пароповітряних сумішей, що надходять в атмосферу.

У екоаналітичному контролі забруднень повітря найчастіше застосовуються перші три типи засобів, тоді як четверта група скоріше відноситься до технічного контролю виробничих процесів і контролю викидів в атмосферу. Однак, так як дані засоби дозволяють характеризувати джерело впливу (забруднення) навколишнього середовища, це дає можливість також відносити їх до засобів екоаналітичного контролю – а саме моніторингу впливу на НС.

При цьому ТЗКЗ атмосфери також традиційно поділяють за **ступенем їх автоматизації**:

– на автоматичні газоаналізатори (засоби вимірювання вмісту ЗР, а також визначення якісного і кількісного складу газової суміші) та/або газосигналізатори (засоби індикації рівня забруднення);

– неавтоматизовані прилади або інші засоби контролю пароповітряних сумішей і газового середовища (наприклад, ручні експресні газовизначники).

На сучасному українському ринку засобів екоаналітичного контролю найбільше поширені автоматичні газосигналізатори, що поступово заміщаються газоаналізаторами, які є засобами вимірювання.

Значну частку цього ринку також займають неавтоматизовані ТЗКЗ атмосфери (ТЗКЗА) на основі індикаторних трубок, напівкількісних експрес-тестів, індикаторних квитків, папірців, фарб, крейди, плівок і т.д. Саме такі засоби є найбільш доступними для громадського екологічного контролю та навчального («шкільного») екомоніторингу в силу їх простоти і дешевизни. Професійно вони найчастіше використовуються при польовому контролі «на місці» – для вирішення першого завдання в технологічному ланцюжку – **«пошукового»**, а також для попередніх і дуже приблизних (**«напівкількісних»**) вимірювань.

Всього в Держреєстрі засобів вимірювання (ЗВ), за даними, зафіксовано більше 150 марок вітчизняних (35%) та імпортованих (близько 65%) газоаналітичних приладів, атестованих ЗВ. Вони можуть бути згруповані за спаданням їх числа наступним чином:

- | | |
|---|--------------------------|
| - промислові газоаналізатори (автоматичні прилади контролю повітря робочої зони і промвипадків) | - більше 60 (понад 40%); |
| - аналізатори атмосферного повітря | - близько 50 (30%); |
| - газоаналізатори транспортних викидів | - близько 20 (13%); |
| - апаратура контролю пилу та димності | - близько 20 (13%); |
| - інші (експрес-визначники та ін.) | - більше 5 (близько 4%). |

Таким чином, можна відзначити, що з наведених типів автоматичних ТЗКЗ повітряного середовища власне засобами прямого екологічного контролю атмосфери сьогодні є тільки приблизно 30-45% засобів (інші – як прилади контролю впливів на неї).

Серед **промислових газоаналізаторів** (за винятком аналізаторів викидів автотранспорту, розглянутих окремо) найбільш часто застосовуються автоматичні прилади, призначені для контролю повітря в приміщеннях робочої зони, а також викидів різних виробництв і теплоенергетичних установок для наступних забруднюючих речовин (розташовані в порядку убудову частоти контролю):

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1) оксиду вуглецю (CO) | - більше 16 типів приладів (65%); |
| 2) діоксиду сірки (SO ₂) | - близько 15 типів (більше 16%); |
| 3) оксиду азоту (NO) | - близько 14 типів (приблизно 58%); |
| 4) діоксиду азоту (NO ₂) | - приблизно 8 типів (близько 33%); |
| 5) кисню (O ₂) | - близько 7 типів (приблизно 30%); |
| 6) сірководню (H ₂ S) | - близько 6 типів (близько 25%); |
| 7) діоксиду вуглецю (CO ₂) | - близько 5 типів (приблизно 21%); |
| 8) суми оксидів азоту (NO _x) | - приблизно 4 типи (більше 15%); |
| 9) хлору (Cl ₂), аміаку (NH ₃) | - приблизно по 2 типи (по 8%); |
| 10) органічних і інших речовин | - кілька типів (близько 12%). |

При цьому деякі промислові газоаналізатори здатні вимірювати найважливіші фізичні показники повітряного середовища – температуру (Т), тиск (Р), швидкість газових потоків і інші паралельно з вимірюванням концентрацій вказаних речовин.

Аналізатори атмосферного повітря найбільшою мірою орієнтовані на контроль двоокису сірки (приблизно 30%), оксидів азоту та ртуті (приблизно по 23%), озону (майже 18%), а також на менш значущі речовини – сірководень, сірковуглець, аміак, суму вуглеводнів, пил і ін. Крім цього, в цю групу входять засоби, фіксуючі метеопараметри (температуру повітря, швидкість і напрямок вітру).

Вітчизняні **газоаналізатори транспортних викидів**, як правило, в комплексі вимірюють вміст оксиду вуглецю (100% приладів), вуглеводнів (100%), діоксиду вуглецю (30%), оксидів азоту і сірки (по 15%), а також (рідко) димність і число обертів двигуна.

Повертаючись до операцій технологічного циклу екоаналітичного контролю, розглянемо, перш за все, ті технічні засоби, які можуть бути використані **при пошуку джерела забруднення** атмосфери, тобто на **першій стадії**.

Прилади, які використовуються на **першій стадії** технологічного циклу екоаналітичного контролю – пошук джерела забруднення атмосфери – швидкодіючі автоматичні прилади типу “шукач витікання” і ручні експрес-газоаналізатори з індикаторними трубками, оснований на “лінійно-колористичному” принципі вимірювання аналітичного сигналу.

Одним з найбільш перспективних для вирішення цього завдання вітчизняних технічних засобів контролю атмосфери є **лінійно-колористичні індикаторні трубки** з метрологічно атестованим аспіратором (насосом-пробовідбірником), які використовуються в якості експресних засобів екоаналітичного контролю «на місці».



Насос і трубки для визначення HCN Насос і трубки для визначення іприту

Індикаторні й застосовувані спільно з ними (для допоміжних цілей) **фільтруючі** трубки являють собою герметично запаєні з обох кінців скляні трубочки малого діаметра (іноді навіть капілярні). Усередині ІТ знаходяться індикаторні маси, що представляють собою хемосорбенти, які специфічно змінюють забарвлення в результаті хімічної реакції при проходженні через шар сорбенту повітря, що містить визначувану речовину. Довжина прореагованого забарвленого шару хемосорбентів є функцією і мірою масової концентрації визначуваного компонента, а також об'єму проби повітря, відібраного для аналізу. З допомогою прикладеної градуйованої шкали по довжині забарвленого шару і визначається шукана концентрація.



Індикаторні трубки, насос і ампули з реагентами

Усередині **фільтрувальних** трубок знаходяться наповнювачі, які також представляють собою хемосорбент, який повністю пропускає визначувану речовину і вловлює супутні та заважаючі аналізу сполуки або взаємодіє з визначуваною речовиною і перетворює її в інший леткий продукт, що викликає більш виразний колірний ефект при взаємодії з хемосорбентом індикаторної трубки.

Будучи переносними, досить легкими (насос з ІТ та іншими пристосуваннями важить не більше 1 кг), малогабаритними, швидкодіючими

(час відгуку – кілька хвилин) і чутливими (межа визначення – десяті частки ГДК р.з., інтегральний діапазон визначення 0,1-1000000 мг/м³), лінійно-колористичні ІТ є теж досить точними засобами вимірювання (основна відносна похибка $\pm 25\%$).

При спільному застосуванні з іншими, сумісними технічними засобами, наприклад, з фотоіонізаційним газоаналізатором, ці технічні засоби здатні вирішити весь комплекс вищевказаних завдань **першого етапу** технологічного циклу екоаналітичного контролю («пошук і первинна оцінка джерела ЗР») атмосфери.

Такі засоби, які часто називають «**експрес-газовизначники**», в складі серії комплект-лабораторій для комплексного екологічного обстеження об'єктів довкілля, наприклад, «Бджілка-Р» та інші випускає, зокрема, Санкт-Петербурзьке НВО ЗАТ «Крісмас+».

Комплекти типу «Бджілка», будучи дешевими і простими в експлуатації «ручними» засобами контролю атмосфери, засновані на використанні широко застосовуваних у всьому світі індикаторних трубок як засобів кількісного експрес-контролю забрудненості повітря. Найбільш поширені дві модифікації комплект-лабораторій: «Бджілка-Р» (для оснащення інспекцій природоохоронних органів, служб СЕС та МНС) та базовий навчальний варіант «Бджілка-У» з набором реактивів для моделювання забруднення в навчальних цілях (а також більш розширений варіант – «Бджілка-Ухім», для оснащення освітніх установ хімічного профілю).



Комплект «Бджілка-Р»

Комплекти-лабораторії типу «Бджілка-Р» включають в свій склад **газовизначник хімічний багатокомпонентний ГХК**. Його використовують взамін добре відомого універсального газоаналізатора УГ-2, який виробляється на Україні (універсальний газоаналізатор УГ-2 експрес-аналізу повітря, дозволяє визначати 24 неорганічні і органічні сполуки; до комплекту входять індикаторні трубки; використовується на промислових і с/г підприємства, а також у побуті для контролю атмосфери). Набір застосовуваних з ГХК індикаторних трубок дозволяє аналізувати з їх допомогою досить широкий перелік неорганічних речовин і різних органічних сполук, до яких відносяться:

- аміак, сірководень, діоксид сірки, оксиди азоту, хлор, хлористий водень, діоксид вуглецю, озон, бром та інші неорганічні речовини;
- вуглеводні нафти (їх сума, бензин, гас, уайт-спирт і ін.)
- ароматичні вуглеводні (бензол, толуол, ксилол та ін.);
- трихлоретилен та інші хлоралкени;
- етанол та інші спирти;
- формальдегід і ацетон, а також інші альдегіди і кетони;
- діетиловий та інші ефіри;
- ацетилен;
- оцтова кислота;
- аміни, меркаптани і багато інших органічних сполук.

Механізми дії:

- індикаторні трубки: зміна забарвлення індикаторного наповнювача в залежності від концентрації шкідливої речовини в повітрі (точний аналіз),
- тест-системи: зміна забарвлення тест-смужки при наявності шкідливої речовини у воді (сигнальний контроль).

Всі переносні лабораторії комплектуються «під завдання» за індивідуальними заявками замовників.

За вартістю будь-яка модель з приблизно піврічною комплектацією витратних компонентів і матеріалів не перевищує 175-250 доларів. Типовий корпус комплект-лабораторії «Бджілка-Р» у разі її комплектування для вирішення завдань контролю повітря вміщає в себе до 20 наборів індикаторних трубок (максимальна укладка – 20 ІТ одного найменування в упаковці), тобто лабораторія в цьому режимі здатна здійснювати сумарно до 400 кількісних вимірів за 20 показниками забруднення атмосфери. Вартість одного вимірювання становить приблизно 0,5-1 долар США.

Крім індикаторних трубок НВО «Крісмас+» за бажанням замовник додатково комплектує переносну мікролабораторію типу «Бджілка» найпростішими експресними засобами контролю повітря: швидкодіючими

(кілька секунд) індикаторними елементами на аміак, діоксид сірки, сірководень, фтористий водень, хлор, синильну кислоту та ін, а також безаспіраційними експрес-тестами на аміак, діоксид азоту і пари ртуті, працюючими в слідкуючому режимі як індивідуальні хімічні дозиметри. Вартість комплексу (на 5 аналізів) індикаторних елементів і експрес-тесту (зазвичай на 100 вимірів) не перевищує 3,5 доларів, а ціна одного виміру в цьому випадку коливається від 3,5 до 70 центів.

Є також **напівавтоматичні переносні прилади-індикатори** на SO_2 , H_2S («Атмосфера-1»), Cl_2 і O_3 («Атмосфера-2»), які застосовують у випадках аварій.

На **другій** стадії технологічного циклу екоаналітичного контролю атмосфери – стадії відбору проб – відбір проб атмосферного повітря здійснюється двома основними методами, а саме: аспіраційним і методом заповнення посудин обмеженої ємності.

Найважливішими технічними засобами, використовуваними для відбору проб повітря, є автоматичні пробовідбірники (найчастіше аспіратори) і поглиначі – сорбційні патрони і різні склянки. Відбір проб цим методом здійснюється шляхом аспірації певного об'єму повітря через поглинальний прилад, заповнений твердим або рідким сорбентом для вловлювання забруднювальної речовини, або через аерозольний фільтр, що затримує частинки, які містяться в повітрі.

В результаті аспірації відбувається концентрування ЗР у поглинальному розчині (наприклад, розчинення і хімічна реакція аналізованої газоподібної забруднювальної речовини) чи на твердому сорбенті (силікагель, алюмогель, подрібнене скло та ін.). Поглинальні прилади найчастіше мають U-подібну форму і виробляються з інертних матеріалів: скло, фторопласт.

На **третьій стадії** – стадії підготовки проб повітря, – як правило, не потрібні спеціальні технічні засоби, так як зазвичай для цих цілей застосовується типове лабораторне обладнання (центрифуги, екстрактори, випарники і т.д.). Виняток становлять засоби пробовідбору, розглянуті як засоби пробопідготовки, за допомогою яких здійснюється концентрування проб, підвищується чутливість подальшого аналізу.

Найважливіша стадія (операція) технологічного циклу екоаналітичного контролю повітряного середовища – **кількісний вимір** (як уже зазначалося раніше, за винятком автоматичних газоаналізаторів) – також, як правило, проводиться на універсальному лабораторному обладнанні за допомогою

різних вимірювальних приладів (в основному хроматографів, спектрофотометрів, спектрометрів, спектрографів і т.д.).

На жаль, портативні переносні варіанти зазначених приладів, з якими можна було б також ефективно працювати «в полі», як і в лабораторії, зустрічаються поки що досить рідко. При цьому окремі зразки таких приладів зазвичай поступаються своїм великогабаритним лабораторним «побратимам» як за чутливістю, так і за іншими найважливішими характеристиками.

Останнім часом для забезпечення виконання кількісних вимірювань при аналізі проб повітря стали використовуватися набори готових реактивів (раніше такі набори застосовувалися тільки для аналізів води). Їх можна віднести до допоміжних засобів екоаналітичного контролю. Прикладами таких засобів для первинного (польового) контролю атмосфери «на місці», можна вважати **вимірювальні комплекти (ВК)**. Вони являють собою набори типового обладнання, витратних матеріалів, приладдя та документації, що дозволяють проводити кількісний аналіз на вміст забруднюючої речовини в лабораторії або навіть «на місці» – за наявності відносно недорогого (460-520 доларів) портативного переносного фотометра типу КФК-5м.

Вимірювальні комплекти поділяються на **комплект-методики** – набір всього вищевказаного для реалізації пробовідбору, підготовки та аналізу проб з якої-небудь однієї методик і **комплект-лабораторії** (як правило, для реалізації низки методик по групі речовин, зокрема, фенолів, оксидів азоту та інших).

5. Організація безперервної реєстрації забруднень атмосферного повітря. Газоаналізатори.

Моніторинг повітря можна здійснювати портативними газовизначниками з індикаторними трубками або автоматичними пристроями в безперервному чи періодичному режимі.

Оскільки за даними дискретних спостережень важко встановити зв'язок забруднення з метеорологічними характеристиками і не можна встановити добовий хід концентрації домішки, на мережі моніторингу встановлюють автоматичні пристрої – газоаналізатори, що подають інформацію про добовий хід концентрації за записом на діаграмній стрічці. Окрім того, дані газоаналізаторів необхідні для наукових досліджень, наприклад, для проведення спектрального аналізу.

Автоматичні пристрої контролю поділяються на газоаналізатори та газосигналізатори. Спільним для них є швидка реєстрація вмісту забруднювача і обов'язкове подавання сигналу (світлового, звукового) про перевищення вмісту забруднювача у повітрі.

Газоаналізатор – пристрій, за допомогою якого в автоматичному режимі здійснюється вимірювання вмісту одного або декількох компонентів газової суміші.



Газоаналізатор GC 866 airmoVIX для моніторингу вмісту летких ароматичних вуглеводнів (бензолу, толуолу, етилбензолу, ксилолів, стиролу) в атмосферному повітрі

Газоаналізатор повинен селективно виявляти та визначати певну речовину за наявності інших речовин. Деякі газоаналізатори працюють у неперервному режимі, а деякі є циклічної дії. Газоаналізаторами визначають вміст речовин у діапазоні 0,5-5 ГДК з похибкою $\pm 25\%$.

Газосигналізатор – пристрій, який подає сигнал про досягнення попередньо заданої концентрації визначуваної речовини. Ці пристрої не є високої чутливості і непридатні для виконання аналізу.

Контроль за станом повітря газоаналізаторами. За способом подавання сигналу є різні газоаналізатори. Найбільше поширені газоаналізатори, які реєструють зміну оптичних характеристик системи.

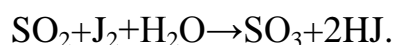
Фотометричні газоаналізатори. Їхня дія ґрунтується на зміні забарвлення індикаторної речовини. Є аналізатори, в яких відбувається взаємодія речовини у повітрі з реактивом у розчині. В інших аналізаторах розчином реактиву насичена паперова або волоконна стрічка. Інколи для реакції використовують індикаторний порошок. Перевагою фотометричних аналізаторів є можливість, застосовуючи різні індикаторні реакції, визначати відразу декілька різних речовин. Другою перевагою є висока чутливість аналізу та специфічність, безпека у випадку пожежо- та вибухонебезпечних речовин. Недолік рідинних газоаналізаторів – досить громіздка конструкція. Тому значну перевагу мають стрічкові та порошкові газоаналізатори.

Електрохімічні газоаналізатори є різні: амперометричні, потенціометричні, кондуктометричні, кулонометричні.

У **кондуктометричних аналізаторах** детектор містить розчин, який змінює свою електропровідність після пропускання через нього газової суміші, залежно від того, чи речовина в досліджуваному повітрі після розчинення є електролітом чи ні. Однак, цього типу аналізатори не є селективними, а розчин електроліту доводиться часто замінювати.

Кулонометричний аналізатор реагує на зміну сили струму під час проходження електродної реакції за участю речовини з повітря. Кулонометричним аналізатором найчастіше виявляють речовини, які мають властивості окисника чи відновника.

Методом потенціостатичної кулонометрії визначають вміст SO_2 і H_2S у повітрі. Відбувається взаємодія:

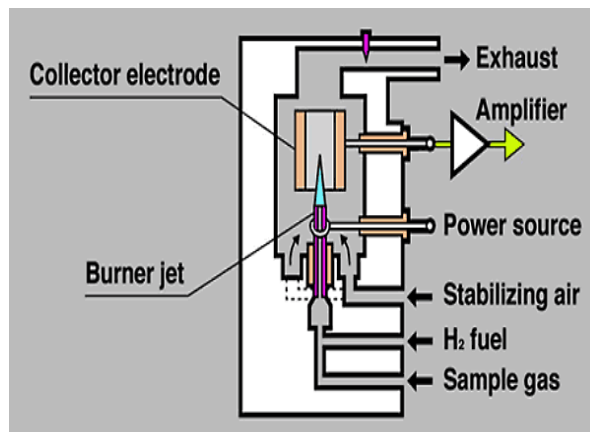


Утворений йодид електроокиснюється до J_2 .

Подібно визначають вміст Cl_2 і O_3 в повітрі. Ці речовини окиснюють NaBr , який є в розчині, до вільного Br_2 . Утворений бром відновлюється на катоді до броміду. Сила струму є функцією концентрації деполаризатора.

Іонізаційні газоаналізатори. У детекторі відбувається іонізація речовин газового потоку і виникає іонний струм, величина якого залежить від концентрації цих речовин. Джерелом іонізації в аналізаторах може бути полум'я або радіоактивне випромінювання. Такі газоаналізатори характеризуються високою чутливістю, широким діапазоном вимірюваних концентрацій речовин, швидким вимірюванням сигналу.

Полуменевим іонізаційним газоаналізатором визначають загальний вміст органічних речовин. Величина іонізаційного струму пропорційна до кількості органічних речовин, які поступають у камеру згорання за одиницю часу. Є газоаналізатори для визначення вуглеводнів, переважно метану, є для визначення вмісту бензолу, вінілбензолу, вінілхлориду, дихлоретану. Є газоаналізатор двоканальний, у якому відбувається розділення метану та інших вуглеводнів.



Газоаналізатор КОЛИОН–1В-01С для безперервного контролю в повітрі робочої зони:

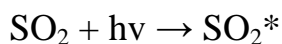
- ЛОС і інші сполуки з енергією іонізації не вище 10,6 eV ;
- діапазон 0-2000 мг/м³ ; час відклику 3 с;
- звуковий і світловий сигнали тривоги.

Газоаналізатором з радіоактивним випромінюванням визначають вміст NO₂. Джерелом іонізації є радіоактивне випромінювання ізотопу ⁹⁰Sr, під дією якого у повітрі утворюються іони і виникає фоновий струм. У камері міститься пароподібний діетиламін, який здатний селективно зв'язувати NO₂, в аерозольні частинки. За відсутності NO₂, в аналізаторі проходить фоновий іонний струм. За наявності NO₂, він утворює з діетиламіном аерозоль, який важко піддається іонізації і тому сила струму зменшується. Таким чином, зменшення сили струму пропорційне до концентрації NO₂ в камері. Цим способом визначають вміст NO₂, у повітрі до 5 мг/м³. На панелі газоаналізатора розташовується шкала, градуйована в одиницях концентрації NO₂. На визначення не впливає присутність у повітрі 10-100 кратного надлишку інших токсичних газів: амінів, спиртів, SO₂, CH₄, CO, CO₂, HNO₃, H₂SO₄.

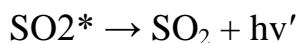
Хемілюмінесцентні газоаналізатори реєструють інтенсивність випромінювання під час проходження хімічної реакції. Такими газоаналізаторами можна визначати вміст NO і NO₂ у повітрі, як це було описано вище. Інший приклад – визначення вмісту O₃ у повітрі за реакцією з етиленом, яка супроводжується хемілюмінесценцією. Випромінювання потрапляє на фотоелемент і перетворюється у струм, останній передається на реєструючий пристрій. Цього типу аналізатори можуть бути автономними, а можуть входити, як одна із складових, до автоматичної станції контролю за станом повітря.

Флуоресцентні газоаналізатори використовують для контролю за речовинами, які після дії ультрафіолетового випромінювання здатні випромінювати енергію більшої довжини хвилі.

Флуоресцентним методом в автоматичних умовах визначають вміст SO_2 . Флуоресценція виникає при дії на SO_2 ультрафіолетового випромінювання ксенонової імпульсної лампи в діапазоні 220-240 нм, що призводить до переходу молекул у збуджений стан:



Флуоресцентне випромінювання відбувається у діапазоні 260-270 нм:



Його реєструють під кутом 90° до напрямку первинного потоку випромінювання. Інтенсивність випромінювання пропорційна до концентрації SO_2 в потоці газу.

Лазерний газоаналізатор призначений для визначення у повітрі вмісту CH_4 . Молекули CH_4 поглинають випромінювання з довжиною 3,39 мкм, джерелом якого є лазер. Це селективний газоаналізатор, який використовується дуже широко, якщо необхідно виявити метан у повітрі в діапазонах 10^{-3} -1%. Випромінювання, яке не поглинулося, перетворюється у фотострум і реєструється у вигляді показів вмісту метану, а може бути перетворене у світловий або звуковий сигнал.

Оптично-акустичний газоаналізатор придатний для виявлення речовин, здатних поглинати інфрачервоне випромінювання. Такою речовиною є зокрема токсичний CO . Виділена після поглинання енергія розсіюється і перетворюється в теплову. Підвищення теплової енергії веде до підвищення тиску газової суміші в детекторі і до зростання тиску на звукову мембрану – виникає звуковий сигнал. Застосовується газоаналізатор для контролю за вмістом у повітрі CO .

Магнітний газоаналізатор використовують для дослідження **газів-парамагнетиків**. Вимірювальні трубки газоаналізатора розташовані у пульсуючому магнітному полі електромагніта.

Гази-парамагнетики мають від'ємний коефіцієнт магнітної сприйнятливості. Якщо нагріти газову суміш, то речовини-парамагнетики переміщуються у напрямку більш слабкого магнітного поля – відбувається термомагнітна конвенція. Величина термомагнітної конвенції пропорційна до концентрації парамагнітної речовини в газі.

Речовиною з парамагнітними властивостями є O_2 , тому існує низка газоаналізаторів, які таким способом контролюють вмістом кисню в повітрі чи в інших газових сумішах. Під час проходження по трубці повітря на молекули O_2 , діє направлена сила, яка спричиняє виникнення імпульсів тиску газової

суміші. Імпульси тиску передаються на мембрану конденсаторного мікрофона і при цьому виникає електричний струм, величину якого реєструє прилад.



Портативний газоаналізатор PG-250 заводу Horiba

Вимірювані компоненти

NO_x/SO₂/CO/CO₂/O₂ (5 компонентів).

Принцип аналізу

NO_x: хемілюмінесценція;

SO₂/CO/CO₂: інфрачервона абсорбція.

O₂: гальванічна комірка.

Габарити

260 x 260 x 510 мм.

Вага

Приблизно 17 кг.

Контроль за станом повітря газосигналізаторами

Механізм визначення речовин та подачі сигналу у різних газосигналізаторах різний.

Полуменево-іонізаційні сигналізатори є одними із найбільш чутливих. У детекторі – іонізаційній камері, міститься пальник, спіраль для запалювання та електрод. Між електродом та корпусом пальника встановлюють постійний перепад напруги. Через пальник подається суміш водню з пробєю повітря, а в камеру – досліджуване повітря. Під час горіння газів у полум'ї утворюються іони і реєструється іонний струм (горіння H₂ + O₂ не веде до виникнення іонів, фоновий струм є в межах 10⁻⁵ мкА). При горінні **органічних речовин** величина струму пропорційна до кількості атомів карбону (С) у складі речовини. Сигналізатори бувають різних конструкцій, є

призначені для роботи у вибухонебезпечному середовищі. Їхній недолік – необхідне джерело водню та примусове подавання повітря у прилад.

Іскровий сигналізатор діє за принципом утворення в детекторі, який містить певну кількість горючого газу, електричної іскри. В іскрі загоряються пожежо- та вибухонебезпечні речовини, що накопичилися в повітрі. Усі вузли сигналізатора виготовлені зі стійкого до корозії титану. Живлення сигналізатора вимагає подачі горючого газу (водню), що є його недоліком. Якщо у сигналізаторі проводять ручний забір повітря, то він є більш портативний.

Термохімічні сигналізатори. У детекторі відбувається горіння речовини, що є у повітрі, за участю каталізатора. При горінні виділяється тепло. Реєструють зміну температури платиновою дротиною, яка одночасно є термометром опору та каталізатором. У ролі каталізатора може бути дротина з платини, платини з паладієм, може бути насипний каталізатор – пористий носій з нанесеною платиною. Ці сигналізатори значно менші за розміром, конструкційно простіші, можуть бути переносні, їх зручно використовувати у вибухонебезпечних приміщеннях. Однак, ці сигналізатори не можна використовувати у середовищі, яке містить каталітичні отрути – сполуки фтору, хлору, сульфур, арсену, стибію.

Термохімічним сигналізатором визначають сумарний вміст CO і H_2 у викидах диму. Відбувається горіння обох газів у присутності каталізатора. Підвищення температури чутливого елемента призводить до виникнення постійного струму, який перетворюється в сигнал.

Найбільш поширені такі газоаналізатори:

ГКП-1 – кулонометричний газоаналізатор – SO_2 ;

667ФФ – флюоресцентний газоаналізатор – SO_2 ;

ГМК-3 – оптико-акустичний газоаналізатор – CO ;

645ХЛ і 652ХЛ – хемілюмінесцентні газоаналізатори NO_x і O_3 відповідно;

623НН – іонізаційний газоаналізатор (вуглеводні).

Результати обробки стрічки записуються на стрічку й у журнал. Дані безперервної реєстрації забруднення атмосфери з усіх газоаналізаторів міста за місяць зводять у таблицю ТЗА-4.

6. Пріоритетний список ЗР

Для **організації роботи** контрольно-аналітичної лабораторії на рівні муніципального утворення (будь-яке міське, сільське поселення у межах якого здійснюється місцеве самоврядування, є муніципальна власність, місцевий бюджет і виборні органи місцевого самоврядування) чи громадської екологічної організації потрібне придбання реально необхідних

приладів і методик – потрібно орієнтуватися на пріоритетний список забруднюючих речовин, які перш за все повинні підлягати екологічному моніторингу. З метою мінімізації реально необхідних для екоаналітичного контролю ЗР і можливої кількості приладів або методик аналізу, в першу чергу доводиться звертати увагу на **«пріоритетні» речовини, офіційно нормовані** в різних середовищах на державному рівні.

Зараз в Україні прийнятий пріоритетний список ЗР, які офіційно нормовані і за якими повинен здійснюватися контроль. Кожна країна формує свій пріоритетний список на основі рекомендацій ООН.

Програма обов'язкового моніторингу якості атмосферного повітря в Україні включає вісім забруднювальних речовин: пил, двоокис азоту (NO₂), двоокис сірки (SO₂), оксид вуглецю, формальдегід (H₂CO), свинець та бенз(а)пірен, а також радіоактивні речовини. Деякі станції здійснюють моніторинг за виявленням додаткових забруднювальних речовин (табл.2).

Перелік ЗР, що підлягають контролю, переглядається щоразу при інвентаризації промислових викидів, реконструкції і появі нових підприємств, але не рідше 1 разу на 3 роки.

Таблиця 2.

Загальнопоширені забруднювальні речовини і показники, що їх визначають в атмосферному повітрі та опадах

Основні забруднювальні речовини в атмосферному повітрі	
1. Пил	6. Бенз(а)пірен
2. Діоксид сірки	7. Формальдегід
3. Оксид вуглецю	8. Радіоактивні речовини (за погодженим переліком)
4. Свинець та його сполуки	
5. Діоксид азоту	
Додаткові інгредієнти атмосферних опадів	
1. Сульфати	7. Калій
2. Хлор	8. Кальцій
3. Азот амонієвий	9. Магній
4. Нітрати	10. рН
5. Гідрокарбонати	11. Кислотність
6. Натрій	

Мінімальне число хімічних речовин може складати біля 40. На основі чого формувався цей список?

Слід пам'ятати, що при санітарно-гігієнічному нормуванні в різні переліки нормованих показників хімічного забруднення атмосфери включені:

- Близько 600 речовин, для яких встановлені гранично допустимі концентрації ЗР в атмосферному повітрі населених місць (ГДК н.м.);
- Більше 1500 речовин, що мають орієнтовний безпечний рівень впливу ЗР в атмосферному повітрі населених місць (ОБРВ н.м.).

У сумі виходить приблизно 2100 сполук – нормовані у **гігієнічному** відношенні на рівні, сприятливому для проживання людини. Можна вважати, що **гігієнічно** нормується (у більш широкому сенсі) «умовно безпечний» для НС рівень забруднення, а самі ці нормативи можна розглядати як **«антропоекологічні»**. Приблизно стільки ж речовин (багато з них повторюються) нормується в повітрі робочої зони (ГДК р.з., ОБРВ р.з.), хоча і на іншому, приблизно в 10-100 разів більш високому («екологічно небезпечному») рівні їх концентрацій.

ОБРВ – орієнтовно безпечні рівні впливу, державний тимчасовий гігієнічний норматив максимального допустимого вмісту речовини в атмосферному повітрі населених місць, концентрація речовини, віднесена до 20-хвилинного періоду усереднення, для речовин 1–4 класів небезпечності.

Отже, існує кілька тисяч сполук, щодо яких у повітрі встановлені санітарно-гігієнічні норми. На жаль, інших – власне «екологічних» (по відношенню до живих об'єктів природи) норм для атмосферного повітря сьогодні практично немає.

Саме тому сучасний екологічний контроль атмосфери практично повністю орієнтований на виконання **тільки гігієнічних норм** забруднення повітряного середовища і виробничо-технічних норм впливу на неї. Для глибшого розуміння цієї ситуації екологу, який зіставляє кількість нормованих у повітрі сполук (тисячі) і число застосовуваних для контролю атмосфери приладів або лабораторних методик (сотні), необхідно розуміти принципи вибору пріоритетних ЗР з точки зору їх моніторингу і, відповідно, оптимізації набору ТЗКЗА для рішень даного завдання. Це багатоваріантне оптимізаційне завдання є не дуже важким, але надзвичайно важливим – перш за все з позиції економії витрат на дуже дорогі процедури екологічного моніторингу.

Основною складовою розв'язання даного завдання є саме формування переліку пріоритетних ЗР, що підлягають екоаналітичному контролю. Для цієї мети крім переліків ГДК та ОБРВ можна скористатися іншими переліками забруднюючих речовин, наприклад тими, для яких встановлені базові нормативи плати за викид в атмосферу ЗР від стаціонарних та пересувних джерел, де вказано вже приблизно 200 токсичних хімічних речовин, які частіше інших зустрічаються в повітряних викидах промислових підприємств, теплоенергетичних установок і автотранспорту. Якщо дотримуватися цього переліку, то коло речовин, які підлягають контролю знижується приблизно на порядок, але все одно залишається дуже великим для середньої заводської, навчальної або аналітичної лабораторії комерційної або загальнодержавної екологічної організації.

Для подальшої мінімізації кола аналізованих ЗР заслуговує пильної уваги **перелік пріоритетних речовин-забруднювачів атмосфери, розроблений радянською гідрометеорологічною службою** під керівництвом Ю.А. Ізраеля і застосовуваний в СРСР до кінця 80-х років. Він містив у собі всього 36 забруднюючих речовин, що найчастіше зустрічаються в атмосфері в значних кількостях і (на нашу думку) може бути покладений в основу «базового» списку ЗР, для яких екоаналітичний контроль необхідний в першу чергу.

Є ряд ще більш коротких списків забруднюючих атмосферне повітря речовин, номенклатура яких в першу чергу повинна враховуватися при формуванні типового (базового) комплекту приладів і методик, про склад і характеристики яких повинен мати загальне уявлення еколог. Йдеться насамперед про **18 неканцерогенних речовин, для яких Європейське відділення Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ)** рекомендувало середні значення допустимих концентрацій, зазначивши період їх усереднення в атмосфері. Корисно також враховувати **26 «основних» речовин**, що забруднюють повітряне середовище, для яких у санітарних нормах проектування наводяться концентрації (ГДК в атмосферному повітрі населених місць), перевищення яких «викликає побоювання» про стан повітряного басейну або дозволяє вважати його «небезпечним» і навіть «дуже небезпечним».

Ще один перелік аналізованих речовин, що заслуговує уваги, міститься в **рекомендаціях з нормування часу на виробництво аналізів проб промислових викидів, атмосферного повітря і повітря робочої зони**. Даний перелік містить 36 пріоритетних речовин.

Поєднання **чотирьох останніх** переліків дозволяє сформувати «мінімально достатній» список пріоритетних для екологічного моніторингу забруднення атмосфери ЗР, для яких екоаналітичний контроль, очевидно, повинен бути сьогодні **«абсолютно обов'язковим»**. Список цих речовин сформований в алфавітному порядку. У таблиці наводяться гранично допустимі й інші мінімальні концентрації речовин в атмосфері, величини яких можуть слугувати орієнтиром для встановлення нижнього порогу чутливості (межі визначення) ТЗКЗА. При цьому необхідно розуміти відносну умовність даного переліку, оскільки він, звичайно, не є ні вичерпним, ні остаточним.

Тим не менш, зазначені 40 речовин становлять приблизно 70% від загального їх числа за переліком хімічних сполук, які аналізуються. У число решти 30% офіційно аналізованих речовин, охоплених останнім документом, входять в основному органічні сполуки (акрилати, акролеїн, аміни, азбест, високомолекулярні спирти, капролактамі, карбонові кислоти, нітрили, цикло-гексан, фреони, хлорорганічні пестициди, поліхлорбіфеніли, поліхлоровані дибензо- і-діоксини та дибензофурані), неорганічні речовини (бром, миш'як, селен, телур, сполуки борної, фосфорної і вугільної кислот, важкі і інші метали – Fe, K, Ca, Co, Mg, Na, Sr, Ti, Zr та ін), а також деякі фізико-хімічні показники атмосферних опадів (рН, кислотність, питома електропровідність та ін), які традиційно відносяться до забруднення атмосфери.

В кінцевому підсумку мінімальне число хімічних речовин, що забруднюють атмосферу, які в першу чергу (в залежності від можливості невеликої контрольної-аналітичної лабораторії муніципальної освіти або громадської екологічної організації) повинні підлягати **екологічному моніторингу**, може складати всього кілька десятків (близько 40). При цьому кількість таких речовин поступово має наближатися до того їх числа, по якому встановлюються платежі за забруднення навколишнього середовища. У свою чергу кількість «оплачуваних» речовин повинна прагнути до числа нормованих в навколишньому середовищі сполук.