

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Одеський державний екологічний університет

А.В. ЧУГАЙ

**МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ.
МЕТОДИ ВИМІРЮВАНЬ
ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО
СЕРЕДОВИЩА**

Конспект лекцій

**для студентів напряму підготовки
«Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування»**

**Одеса
ТЕС
2014**

ББК 28.081
Ч-83
УДК 504.064

Надруковано за рішенням Вченої ради Одеського державного екологічного університету (протокол № 8 від 31.10.2013 р.)

Чугай А.В.

Моніторинг довкілля. Методи вимірювань параметрів навколишнього природного середовища. Конспект лекцій для студентів напряму підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». – Одеса: «ТЕС», 2014. – 67 с.

В конспекті лекцій висвітлені основні питання методів контролю та аналізу в екологічному моніторингу, видів вимірювань, особливостей визначення концентрацій забруднюючих речовин у природних середовищах (атмосферне повітря, водне середовище та ґрунти), а також деякі відомості про дистанційні методи спостережень за якістю навколишнього природного середовища.

© Одеський державний
екологічний університет, 2014

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
1 ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ	7
1.1 Поняття про фізичну величину	8
1.2 Види вимірювань	9
1.3 Основні методи та операції вимірювань	11
1.4 Засоби вимірювань	12
1.5 Параметри засобів вимірювальної техніки	14
1.6 Похибки вимірювань	15
1.7 Похибки вимірювальних приладів	16
2 МЕТОДИ ВИМІРЮВАНЬ (КОНТРОЛЮ) В ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ	18
2.1 Аналітичні методи аналізу речовин	19
2.2 Електрофізичні методи аналізу речовини	20
2.2.1 Електрооптичні методи	20
2.2.2 Іонізаційні методи	23
2.2.3 Теплові методи	23
2.2.4 Хроматографічний метод	23
2.3 Електрохімічні методи аналізу речовини	24
2.3.1 Кондуктометричний метод	24
2.3.2 Потенціометричний метод	25
2.3.3 Амперометричний метод	26
2.3.4 Полярографія	26
2.4 Методи вимірювань концентрації пилу в повітрі	26
2.5 Дистанційні методи вимірювань	28
2.5.1 Види аерокосмічної зйомки	29
2.5.2 Інформаційні можливості дистанційного моніторингу ...	31
2.5.3 Класифікація систем дистанційного зондування	32
3 ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ	35
3.1 Вимірювання температури середовища	35
3.2 Вимірювання вологості повітря	37
3.2.1 Психрометричний метод	37
3.2.2 Сорбційні методи	38
3.3 Вимірювання швидкості водяних і повітряних потоків	38
4 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА	40
4.1 Відбір проб повітря на газові інгредієнти	40
4.1.1 Основні принципи роботи поглинальних пристроїв	41
4.1.2 Рідинні поглинальні прилади	42
4.1.3 Сорбційні трубки	43

4.1.4 Застосування твердих сорбентів	43
4.2 Відбір проб аерозольних домішок	44
4.3 Забезпечення і контроль витрати повітря	45
4.3.1 Витратовимірники	45
4.3.2 Збудники витрати	46
4.4 Комплектні лабораторії	46
4.4.1 Комплектна лабораторія ПОСТ-1	47
4.4.2 Комплектна лабораторія ПОСТ-2	48
4.4.3 Стационарний пост АТМОСФЕРА-10	48
4.4.4 Пересувна лабораторія АТМОСФЕРА-II	50
4.4.5 Пересувна екологічна лабораторія контролю забруднення атмосфери	50
4.4.6 Лабораторія інспекційного контролю	51
4.5 Газоаналізатори	52
4.6 Відбір проб води	54
4.7 Відбір проб ґрунту	57
5 АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА	60
5.1 Автоматична станція контролю забруднення атмосфери	61
5.2 Автоматизовані системи контролю якості водних об'єктів ...	61
5.3 Автоматизовані системи контролю радіаційної обстановки ...	63
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	66

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АСК – автоматизовані системи контролю
АСКЗА – автоматична станція контролю забруднення атмосфери
АСКЗС – автоматизована система контролю забруднення природного середовища
АСК ПВ – автоматизована система контролю якості природних вод
АСКРО – автоматизована система контролю радіаційної обстановки
АСКЯВ – автоматизована станція контролю якості води
АСЯНС-ВГ – автоматизоване спостереження якості навколишнього середовища – водний горизонт
ВП – вимірювальний прилад
ЕА – електроаспіратор
ЗВ – засіб вимірювань
ЗбВ – збудник витрати
ЛІК – лабораторія інспекційного контролю
МПТШ – Міжнародна практична температурна шкала
НАЕК – Національна атомна енергокомпанія
ПЕЛКЗА – пересувна екологічна лабораторія контролю забруднення атмосфери
ПК – пост контролю
ПП – поглинальний пристрій
ППК – пересувний пост контролю
РО – радіаційна обстановка
СКС – станція контролю середовища
СТ – сорбційна трубка
ТТ – термометричне тіло
ФВ – фізична величина
ЦОІ – центр обробки інформації
ШСЗ – штучні супутники Землі

ВСТУП

Курс “Моніторинг довкілля” відноситься до нормативних дисциплін і належить до циклу професійної та практичної підготовки. Дисципліна “Моніторинг довкілля” викладається при підготовці студентів-бакалаврів за напрямом підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».

Метою вивчення курсу “Моніторинг довкілля” є: вивчення принципів забезпечення природоохоронної діяльності своєчасною та вірогідною інформацією щодо оцінки показників стану наземних і водних екосистем та середовища мешкання людини, що зазнали значного техногенного навантаження, прогнозування змін цього стану та розробки рішень для запобігання негативним змінам стану довкілля у локальному, регіональному та глобальному масштабі, вивчення основних методів вимірювання параметрів навколишнього середовища.

В цілому дисципліна «Моніторинг довкілля» містить чотири основні розділи, в т.ч. розділ «Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища».

Завданням вивчення курсу є формування у студентів, майбутніх екологів, світогляду у галузі найбільш актуального напрямку охорони навколишнього природного середовища - інформаційної системи моніторингу, пріоритетами функціонування якої є:

- захист життєво важливих екологічних інтересів суспільства;
- збереження природних екосистем,
- відвернення кризових змін екологічного стану довкілля і запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям,
- ознайомлення студентів з теоретичними положеннями методів вимірювання фізичних величин, за допомогою яких характеризують стан повітря, води та ґрунтів, з будовою та основними характеристиками вимірювальної апаратури, яка використовується для контролю стану навколишнього середовища, та принципами її дії.

Останні задачі курсу висвітлені в представленому конспекті лекцій, присвяченому розгляду питань з основ метрології, основних методів вимірювань концентрацій забруднюючих речовин у природних середовищах та гідрометеорологічних параметрів, а також опису деяких технічних засобів контролю якості природних середовищ.

1 ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ

Метрологія (грец. *metron* – міра, *logos* – навчання) – це наука про вимірювання, яка вивчає теоретичні і практичні аспекти вимірювань як способу пізнання у всіх галузях науки і техніки.

Метою метрології є створення загальної теорії вимірювань, еталонів і мір, вимірювальних приладів і вимірювальних інформаційних систем, розроблення методів вимірювальних перетворень, методик оцінювання точності результатів вимірювань та ін.

Предметом метрології є методи та методики проведення вимірювальних операцій, засоби вимірювальної техніки та способи досягнення необхідної точності вимірювання властивостей фізичних об'єктів і процесів, а також правила і норми, які цьому сприяють.

Об'єктом метрології є сукупність метрологічного забезпечення всіх галузей виробництва, споживання та обслуговування суспільства, його елементів (промисловості, сільського господарства, охорони навколишнього середовища, науки, комунальної сфери, транспорту).

Суб'єктами метрології є особи чи організації, які здійснюють управлінську діяльність щодо об'єктів і предметів метрології.

Метрологія ґрунтується на загальнонаукових і спеціальних методах пізнання, які об'єднані в *методики* метрології - сукупність фізичних і математичних методів, які використовують для отримання інформації за допомогою вимірювань із заданими точністю і достовірністю.

Метрологія виконує такі функції:

а) *науково-технічну*: вирішення наукових і технічних завдань, покликаних забезпечити створення сучасних засобів і методик вимірювань, оцінювання їх точності;

б) *теоретичну*: розроблення й удосконалення теоретичних основ метрології, в т.ч. теорій вимірювань, похибок, надійності засобів вимірювальної техніки, вимірювальних перетворень і передавання вимірювальної інформації; розроблення нових принципів та методик вимірювань, у т.ч. фізичні дослідження з метою використання найновіших досягнень науки для створення нових методик вимірювань і засобів вимірювальної техніки, підвищення точності вимірювань; створення наукових основ державних випробувань вимірювальних засобів, розроблення й удосконалення нормативної документації в галузі вимірювальної техніки (стандарти, технічні умови, інструкції та методичні вказівки); створення й удосконалення наукових основ державної служби стандартних довідкових даних і стандартних зразків, у т.ч. розроблення методик експериментального визначення найдостовірніших значень фізичних констант; розроблення й удосконалення систем збору, апробації, зберігання та розповсюдження стандартних довідкових даних; створення й

удосконалення наукових основ державної служби атестації якості продукції, у т.ч. критеріїв оцінки якості продукції;

в) *законодавчу*: розроблення законодавчих актів, правил, вимог і норм, які регламентують усі параметри здійснення вимірювань;

г) *прикладну*: передавання правильних значень одиниць від еталонів до робочих засобів вимірювальної техніки і мір, метрологічний контроль (метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки, акредитація вимірювальних лабораторій, метрологічна експертиза документації і звітів про науково-дослідні роботи, атестація методик вимірювань, метрологічний нагляд за забезпеченням єдності вимірювань).

Функції науково-теоретичної, законодавчої та прикладної метрології взаємопов'язані і спрямовані на забезпечення єдності та точності вимірювань [1].

1.1 Поняття про фізичну величину

Відповідно до визначення, *вимірювання* – це знаходження значення фізичної величини експериментальним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. Предметом вимірювання є *фізична величина* (ФВ) – властивість, загальна в якісному відношенні множині об'єктів і індивідуальна в кількісному відношенні у кожного з них.

Сукупність ФВ, зв'язаних між собою деякими залежностями, утворює *систему ФВ*. Розрізняють *основні* та *похідні* ФВ. Як основні можуть бути обрані будь-які ФВ, але практично вибирають величини, що можуть бути відтворені й вимірювані з найбільш високою точністю.

Залежність кожної похідної ФВ від основних відображається її *розмірністю*. Розмірність ФВ визначається на основі відповідних законів фізики і є її якісною характеристикою.

Одиницею фізичної величини називається ФВ, розміру якої по визначенню привласнено числове значення, що дорівнює 1 [2].

Фізичні величини можна класифікувати (рис. 1.1) за такими параметрами: характером прояву розмірів під час виконання досліджень, ієрархічним принципом, наявністю розмірності.

За *характером прояву розмірів у процесі досліджень* ФВ поділяються на *енергетичні (активні)*, які здатні самі проявляти свої розміри (температура, струм) та *речовинні (пасивні)*, наприклад ємність, індуктивність. Розміри пасивних величин проявляються при дії на об'єкт відповідної активної величини.

За *ієрархічним принципом* ФВ умовно поділяють на *основні, похідні та додаткові*, що є основою класифікації системи СІ [1]. Як *основні* обрані



Рис. 1.1 – Класифікація фізичних величин [1].

сім величин і відповідних їм одиниць. До них належать: довжина (метр), маса (кілограм), час (секунда), сила електричного струму (ампер), температура (кельвін), сила світла (кандела), кількість речовини (моль). Крім цього, у систему включені ще дві додаткові величини: плоский кут (радіан) і тілесний кут (стерадіан), а також 111 похідних величин [2]. *Похідні* ФВ визначаються через основні величини системи (наприклад, прискорення, м/с^2). Вони поділяються на *просторові*, *механічні*, *теплові*, *акустичні*, *світлові*, *електричні*, *іонізуючих випромінювань*, *атомної і ядерної фізики*. *Додаткові* ФВ складаються з умовно прийнятих у якості додаткових: радіан (одиниця плоского кута) і стерадіан (одиниця тілесного кута). Вони не належать ні до основних, ні до похідних ФВ.

За наявності або відсутності розмірності ФВ поділяють на *розмірні* та *безрозмірні (відносні)*. *Розмірною* ФВ є така, в розмірності якої показник ступеня розмірності хоча б однієї з однакових величин не дорівнює нулю, *безрозмірною (відотною)* величиною – відношення певної фізичної величини до однорідної [1].

1.2 Види вимірювань

Кожну ФВ можна виміряти за допомогою кількох різних методик, які відрізнятимуться технічними і методичними особливостями.

Вимірювання ФВ – багатоступеневий процес пізнання навколишнього середовища, його явищ, елементів окремо й у взаємодії,

який полягає у відображенні вимірних величин їх значеннями шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів.

Результат вимірювання – це значення ФВ, знайдене шляхом вимірювання.

Характеристики якості результату вимірювання охоплюють:

- точність вимірювань (характеристику якості вимірювання, що відображає наближеність результатів вимірювання до істинного значення вимірюваної фізичної величини);
- правильність вимірювань (характеристику якості вимірювань, що відображає наближеність до нуля середнього значення похибок їх результатів);
- збіжність вимірювань (наближеність повторних результатів вимірювань однієї величини, виконаних у різних умовах (час, місце, методики)) [1].

По способу одержання значення вимірюваної величини розрізняють 4 види вимірювань: *прямі, непрямі, сукупні і спільні*.

Прямим називають вимірювання, при якому шукане значення ФВ знаходять безпосередньо з експериментальних даних. Приклади таких вимірювань: вимірювання температури повітря ртутним термометром, вимірювання електричної напруги вольтметром і т.д.

Непрямим називають вимірювання, при якому шукане значення ФВ знаходять на підставі відомої залежності між цією величиною й іншими величинами (їх називають аргументами), що піддаються прямим вимірюванням.

Сукупними і спільними називають вимірювання, при яких одночасно знаходять значення відразу декількох ФВ. Для цього вирішують систему рівнянь, коефіцієнти в яких одержують у результаті прямих вимірювань. Причому, при сукупних вимірюваннях знаходять декілька однойменних ФВ (наприклад, маси декількох гир), а при спільних вимірюваннях визначаються кілька різнойменних ФВ (наприклад, початковий опір і температурний коефіцієнт опору терморезистора). Сукупні і спільні вимірювання зустрічаються в практиці вимірювань досить рідко [2].

Залежно від *форми вимірювальної інформації* розрізняють два способи вимірювань: *аналоговий* та *цифровий*. При *аналоговому* вимірюванні візуальний сигнал є безперервною функцією вимірюваної величини (наприклад, візуальним сигналом є довжина стовпчика ртуті в термометрі, яка пропорційна температурі). При *цифровому* вимірюванні візуальний сигнал є дискретною (перервною) функцією вимірювальної величини і має вигляд цифр або символів (наприклад, візуальним сигналом є сукупність цифр на відліковому пристрої годинника на платформі метро).

Залежно від *мінливості фізичної величини* вимірювання поділяють на *статичні*, при яких вихідний сигнал засобу вимірювань залишається

незмінним протягом періоду вимірювання, та *динамічні*, при яких вихідний сигнал істотно змінюється за час вимірювання.

Зважаючи на *потрібну точність результатів*, усі вимірювання поділяють на такі класи:

- *еталонні*, тобто вимірювання якнайвищої точності;
- *контрольно-перевірні*, похибка яких не повинна перевищувати певного значення (використовують для контрольної перевірки інших засобів вимірювань);
- *технічні*, які, у свою чергу, поділяються на *лабораторні*, що здійснюються під час проведення різних досліджень, та *виробничі*, які виконуються для отримання інформації в системах керування технологічними процесами [1].

1.3 Основні методи та операції вимірювань

Метод вимірювань – сукупність способів використання засобів вимірювальної техніки та принципу вимірювань для створення вимірювальної інформації.

Послідовність вимірювальних операцій, що забезпечує вимірювання згідно з обраним методом, називають *процедурою вимірювань*. Сукупність процедур і правил виконання вимірювань, підготовки, оброблення та отримання результатів з потрібною точністю згідно з обраним методом називають *методикою виконання вимірювань*.

Методи *різночасного порівняння* часто називають методами безпосереднього оцінювання на тій підставі, що вони ґрунтуються на використанні вимірювальних приладів із заздалегідь проградуєваними в одиницях вимірюваної величини шкалами.

Методи *одночасного порівняння* об'єднані загальною назвою «методики порівняння». До них належать методи:

- *зіставлення*;
- *збігу*;
- *врівноваження з регульованою мірою*;
- *заміщення* [1].

Вимірювання – це багатоопераційна процедура. Число операцій, необхідних для виконання різних вимірювань, може бути різним. Однак у будь-якому вимірюванні обов'язково повинні бути присутні такі дві найважливіші операції:

- 1) *відтворення ФВ заданого розміру* (далі "відтворення");
- 2) *порівняння величин*, тобто визначення співвідношення між однорідними ФВ із метою одержання відповіді "більше", "менше" чи "приблизно дорівнює".

Відзначимо, що в найпростіших випадках цих операцій може бути достатньо для виконання усього вимірювання в цілому.

Для здійснення операції відтворення обов'язково використовують технічні засоби. Операцію порівняння часто здійснює спостерігач (оператор), тобто людина, що виконує вимірювання.

У переважній кількості випадків специфіка вимірюваної величини така, що технічно не вдається реалізувати для неї операцію відтворення чи порівняння. У цих випадках у процедуру вимірювання включають ще одну важливу операцію – *вимірювальне перетворення*. Його метою є перетворення даної ФВ в іншу ФВ, більш зручну для подальшої обробки. Так, барометрична трубка перетворює зміну атмосферного тиску в зміну висоти стовпа ртуті, тобто в довжину – величину, дуже зручну для відтворення і порівняння.

Різновидом вимірювального перетворення є *масштабне перетворення*. Це операція, у результаті якої не відбувається зміни виду ФВ, а тільки змінюється її розмір. Таку операцію, наприклад, виконує підсилювач напруги в електронних приладах.

Крім перелічених вище *основних* операцій до складу процедури вимірювання можуть також входити різні *допоміжні* операції, такі як запам'ятовування сигналів, передача їх на відстань, комутація та ін. [2].

1.4 Засоби вимірювань

Засоби вимірювань (ЗВ) – це технічні засоби, що використовуються при вимірюваннях і мають нормовані метрологічні властивості, тобто властивості, що впливають на результати і похибки вимірювань. Поряд із ЗВ при вимірюваннях можуть застосовуватися й інші технічні засоби, що не мають нормованих метрологічних властивостей, наприклад, лупа для зручності відліку, освітлювач для роботи в темний час доби, штативи для кріплення приладу і т.п.

Засоби вимірювань поділяються на дві групи:

- *елементарні*, що реалізують тільки окремі операції вимірювання;
- *комплексні*, що складаються з функціонально повного набору елементарних ЗВ і забезпечують виконання усього вимірювання в цілому (вимірювальні прилади, установки, системи).

Вимірювальний прилад (ВП) – це ЗВ, призначений для створення вихідного сигналу у формі, доступній безпосередньому сприйняттю спостерігачем.

Вимірювальна установка – це сукупність ЗВ і допоміжних пристроїв, розташованих в одному місці і призначених для вимірювань однієї чи декількох величин.

Вимірювальна система – це сукупність ЗВ і допоміжних пристроїв, з'єднаних каналами зв'язку і призначених для вимірювань і обробки їх результатів в автоматичному режимі [2].

За способом визначення вимірюваної величини ЗВ поділяють на дві групи: *прямої дії* та *порівняння*.

Прилади *прямої дії* безпосередньо оцінюють значення вимірюваної величини. Такі прилади складаються з кількох елементів, які здійснюють необхідне перетворення значення вимірюваної величини на певний сигнал і, за необхідності, посилюють його. У приладах *порівняння* вимірювану величину визначають через порівняння зі значенням відомої.

Іноді виникає необхідність формування таких засобів вимірювальних систем, які можуть працювати поряд та на значних відстанях від об'єкта виміру (при цьому зв'язок здійснюється різними каналами зв'язку) (рис. 1.2) [1].

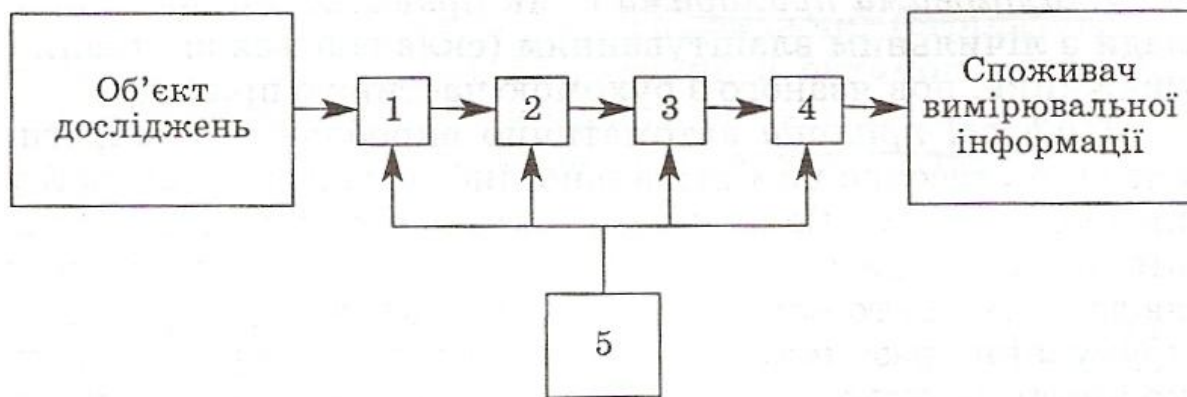


Рис. 1.2 – Структура вимірювального приладу [1]:

1 – вимірювальна система, до складу якої входять первинні вимірювальні перетворювачі, міри, аналогово-цифрові перетворювачі; 2 – пристрій математичного опрацювання вимірювальної інформації; 3 – пристрій передачі та зберігання вимірювальної інформації; 4 – пристрій відображення вимірювальної інформації; 5 – пристрій автоматичного керування роботою вимірювальної інформаційної системи.

Вимірювальні прилади є найбільш розповсюдженим видом комплексних ЗВ. Існує надзвичайне різноманіття ВП, що відрізняються методами вимірювань, режимом роботи, ступенем автоматизації, надійністю, вартістю і т.д. В практиці вимірювань ВП класифікують за різними ознаками.

За *формою вихідного сигналу* вимірювальні прилади поділяють на *аналогові* та *цифрові*.

Аналоговим називається вимірювальний прилад, вихідним сигналом якого є відхилення показчика (стрілки) відносно шкали. *Цифровим* називається вимірювальний прилад, вихідним сигналом якого є код,

представлений візуальним зображенням на цифровому відліковому пристрої.

За способом представлення показань вимірювальні прилади поділяють на *показуючі* та *реєструючі*. У свою чергу, реєструючі вимірювальні прилади поділяються на *самописні* та *друкуючі*. В перших запис здійснюється у формі діаграми, в других – у вигляді послідовності цифр [2].

1.5 Параметри засобів вимірювальної техніки

Кожний засіб вимірювальної техніки характеризується певними *параметрами* – об'єктивними характеристиками, закладеними в основу конструкції і необхідними для проведення процедури вимірювань.

У процедурі вимірювання засобами вимірювальної техніки використовуються теоретичні надбання щодо визначення ФВ. Тому основними параметрами мір фізичних величин є *номінальне*, *істинне* та *дійсне* значення величини, відтворюваної мірою [1].

Істинним значенням ФВ називається значення, що ідеальним образом відображає в кількісному відношенні відповідну властивість об'єкта [2].

Номінальним значенням називають значення величини, яке нею відтворюється, оскільки істинне значення цієї величини не може бути визначене [1].

Оскільки істинне значення ФВ ніколи не відоме, його на практиці замінюють *дійсним* значенням, тобто значенням, знайденим експериментально за допомогою високоточного (зразкового) приладу [2].

Важливою характеристикою засобів вимірювальної техніки є *клас точності* засобу вимірювальної техніки (засобу вимірювань) – узагальнена характеристика, що визначається границями допустимої основної і додаткової похибок, а також іншими характеристиками, що впливають на його точність, значення яких регламентується. Клас точності ЗВ характеризує його точність, але не є безпосереднім показником точності вимірювань, виконаних за допомогою цього засобу.

Засобам вимірювань із двома чи більшою кількістю діапазонів вимірювань певної ФВ присвоюють два і більше класів точності. Засобам вимірювань, які призначені для вимірювань двох і більше ФВ, також можна присвоювати різні класи точності для кожної вимірюваної величини [1].

1.6 Похибки вимірювань

Похибкою вимірювань називається відхилення результату виміру від істинного значення вимірюваної величини [2].

Якість вимірювань характеризується розміром похибок, а також точністю, достовірністю, збіжністю, правильністю.

Точністю вимірювань вважають якість вимірів, яка відображає наближеність їх результатів до істинного значення вимірюваної величини.

Достовірність вимірювань характеризує ступінь довіри до їх результатів. Достовірність оцінки похибок визначають на основі законів теорії імовірності і математичної статистики.

Збіжністю вимірювань є якість вимірів, яка відображає наближеність результатів однакових вимірювань (виконаних в однакових умовах).

Правильністю вимірювань вважають якість вимірів, яка відображає наближеність до нуля отриманих систематичних похибок.

Похибки виникають внаслідок причин, зумовлених:

- впливом навколишнього середовища (температура, тиск);
- властивостями вимірюваного об'єкта (зміна pH у річці протягом доби);
- недостатньою кваліфікацією експериментатора, що здійснює вимірювання;
- підготовчими роботами (прогрівання приладу);
- нестабільністю джерела додаткової енергії;
- динамічними (змінними) умовами вимірювань;
- похибкою шкали (неправильно проградуйована шкала);
- невідповідністю моделі вимірюваної величини і справжньої властивості об'єкта, параметри якої треба виміряти (вимірювання не тих показників);
- недосконалістю засобів, використаних при вимірюваннях;
- недосконалістю обчислювального алгоритму і виконуваних обчислень при опрацюванні первинних результатів для отримання результату виміру величини.

За способом представлення похибки вимірювань підрозділяють на абсолютні і відносні.

Абсолютна похибка ΔX визначається таким чином:

$$\Delta X = X_{\text{вим}} - X_{\text{іст}} \sim X_{\text{вим}} - X_{\text{дійсн}}, \quad (1.1)$$

де $X_{\text{вим}}$ – результат виміру;

$X_{\text{іст}}$ і $X_{\text{дійсн}}$ – відповідно, істинне і дійсне значення ФВ.

Відносна похибка δX дорівнює

$$\delta X = \frac{\Delta X}{X_{?no}} \approx \frac{\Delta O}{O_{aei}} . \quad (1.2)$$

Відносну похибку часто виражають у відсотках, використовуючи для цього такий вираз:

$$\delta X = \frac{\Delta O}{O_{aei}} \cdot 100\% . \quad (1.3)$$

За місцем виникнення похибки вимірювань підрозділяють на *методичні* й *інструментальні*.

Методична похибка – це складова похибки вимірювання, що походить від недосконалості методу вимірювання. Методична похибка може, наприклад, утворитися при непрямих вимірюваннях. Це відбувається, якщо залежність, що використовується при вимірюванні, містить величини, значення яких відомі приблизно. У цьому випадку навіть при відсутності похибок вимірювання аргументів результат непрямого вимірювання буде наближеним. Похибка, що утворюється при цьому, є методичною, оскільки її походження пов'язане з недоліками залежності, що лежить в основі методу вимірювання.

Інструментальна похибка – це складова похибки вимірювання, що залежить від похибок застосованих ЗВ. Вона є наслідком недосконалості конструкції вимірювального приладу, недоліків матеріалів, з яких виготовлені елементи приладу [2].

1.7 Похибки вимірювальних приладів

Похибкою вимірювального приладу називається різниця між показаннями приладу і істинним значенням вимірюваної величини.

Похибки вимірювальних приладів класифікують за різними ознаками.

За *характером зміни* похибки поділяють на *систематичні*, *випадкові* і *грубі*.

Систематичною називається складова похибки, що залишається постійною чи закономірно змінюється при повторних вимірах постійної величини X .

Випадковою називається складова похибки, що змінюється випадковим (непередбаченим) чином при повторних вимірах постійної величини X .

Грубою називається похибка, яка істотно перевищує очікувану за певних умов (наприклад, дія людського фактора).

За залежністю від вимірюваної величини X похибки поділяють на адитивні і мультиплікативні.

Адитивною називається складова похибки, що не залежить від величини X .

Мультиплікативною називається складова похибки, що змінюється пропорційно величині X .

Питання для самоконтролю:

1. Дайте визначення терміну «метрологія».
2. Що таке «фізична величина», «система фізичних величин», «одиниця фізичної величини»?
3. Які існують види вимірювань?
4. Які основні операції вимірювань?
5. Що відноситься до засобів вимірювань?
6. Які розрізняють похибки вимірювань та вимірювальних приладів?

2 МЕТОДИ ВИМІРЮВАНЬ (КОНТРОЛЮ) В ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ

Методи отримання екологічної інформації можна розділити на *прямі* і *непрямі*. Існуюча система комплексного екологічного моніторингу працює на отриманні первинної інформації насамперед прямими методами вимірювання, маючи широкий спектр засобів вимірювання (контролю).

До *прямих* відносяться метеорологічні спостереження, вимірювання температури, прозорості, солоності і хімічного складу води, визначення характеристик ґрунтового середовища, вимірювання освітленості, радіаційного фону, визначення хімічної і бактеріальної забрудненості середовища і т.п.

Прямі методи моніторингу в свою чергу диференціюються за засобами контролю, за допомогою яких ці методи реалізуються. Ці засоби умовно поділяють на *контактні* і *неконтактні (дистанційні)*. Зараз контактні і неконтактні засоби асоціюються з наземними і космічними, хоча наземні методи контролю також можуть бути як безпосередніми - контактними, так і непрямими - дистанційними.

Група *контактних* методів націлена переважно на отримання інформації про хімічний склад зразків тих чи інших середовищ в лабораторних умовах. В основі більшості методів лежить взаємозв'язок між хімічними та різноманітними фізичними властивостями речовини, які легко спостерігати і вимірювати.

Особливо широко контактні методи використовуються в так званому *геохімічному* методі, який полягає у вивченні функціонування природних систем за допомогою аналізу міграції хімічних елементів. Вивчається надходження елементів природним шляхом і в результаті господарської діяльності людини, виявляється інтенсивність їх водної і повітряної міграції, розглядається біологічний круговорот елементів і його зміни під впливом техногенезу. Геохімічний метод дає можливість визначити закономірності зміни хімічного складу навколишнього середовища, здатності природних систем до самоочищення, виявити напрямки потоків забруднюючих речовин, масштаби забруднення, наявність комплексних геохімічних аномалій.

В групі наземних *неконтактних* методів в даний час в гідрологічному блоці моніторингу застосовуються дистанційні рівнеміри, ультразвукові ехолоти, за допомогою яких виконуються вимірювання рівнів води, глибини водоймища, напрямку і швидкості течії і т.п., неможливі при безпосередньому контакті, і передаються по лініях зв'язку.

У блоці метеорологічного моніторингу застосовується ультразвуковий вимірювач нижньої межі хмарності. Широко застосовуються дистанційні електричні термометри, радіоізотопні

комплекси вимірювання показників водних та фізичних властивостей ґрунтів і т.д. [3].

2.1 Аналітичні методи аналізу речовин

Контроль стану природних середовищ – повітря, води, ґрунту – здійснюється за допомогою спеціальної вимірювальної апаратури, що забезпечує вимірювання концентрації шкідливих домішок у контрольованому середовищі в задані терміни.

У метрології вимірювання складу і концентрації речовин, що знаходяться в різних агрегатних станах (рідкому, твердому, газоподібному), називаються *аналітичними*. Розрізняють *якісні* і *кількісні* аналітичні вимірювання. Перші спрямовані на визначення переліку компонент, що входять до складу аналізованої речовини. Другі дозволяють визначити концентрації цих компонент. Компоненти, концентрації яких визначаються при вимірюваннях, називаються детектуємими.

У залежності від характеру використаних технічних засобів існуючі методи вимірювань концентрації шкідливих домішок можна умовно розділити на дві великі групи:

- методи *лабораторного аналізу*;
- методи *автоматичного аналізу*.

При використанні першої групи методів процедура вимірювання включає декілька етапів, основні з яких такі:

- відбір проби речовини, що аналізується, на посту контролю;
- доставка проби в хімічну лабораторію;
- хімічний аналіз проби в лабораторії;
- обробка даних аналізу з метою одержання результату вимірювань в необхідній формі.

Вельми широке використання лабораторних методів аналізу обумовлено, насамперед, простотою вимірювальної апаратури і порівняно низькими вимогами до кваліфікації обслуговуючого персоналу. Поряд з цими перевагами, лабораторні методи мають ряд істотних недоліків. Це, насамперед, досить велика тривалість відбору проб (20 - 30 хв) і велике запізнювання інформації про вміст шкідливих домішок у контрольованому середовищі.

Цих недоліків позбавлені методи другої групи, що реалізуються за допомогою автоматичних аналізаторів. У них аналізована речовина надходить безпосередньо з контрольованого середовища (без участі оператора) і там піддається певному фізико-хімічному впливу. У результаті відбувається формування електричного сигналу, розмір якого пропорційний концентрації детектуємого компоненту.

Зручний вихідний сигнал автоматичних аналізаторів дозволяє практично миттєво передавати вимірювальну інформацію по каналах зв'язку з пункту виміру в центр збору даних. Завдяки цьому забезпечується висока оперативність контролю. Основними недоліками, що стримують сьогодні широке застосування методів автоматичного аналізу в нашій країні, є порівняльна складність і висока вартість вимірювальної апаратури та її обслуговування.

Хоча в Україні використовуються методи обох груп, однак найбільшого поширення набули методи лабораторного аналізу.

У залежності від того, які явища – фізичні чи хімічні – покладені в основу методів вимірювань, їх поділяють на дві групи: *електрофізичні* та *електрохімічні* методи [2].

2.2 Електрофізичні методи аналізу речовини

Електрофізичні методи засновані на використанні залежності фізичних властивостей речовин від їх складу і концентрації компонент. Діапазон фізичних властивостей, що можуть бути використані з метою проведення аналітичних вимірювань, дуже великий і відповідно дуже велике число електрофізичних методів.

2.2.1 Електрооптичні методи.

Електрооптичні методи засновані на вибіркового поглинанні, відображенні, розсіюванні чи випромінюванні компонентами аналізованої речовини світлового випромінювання в ультрафіолетовому, видимому чи інфрачервоному діапазонах довжин хвиль.

Розрізняють кілька різновидів електрооптичних методів: *спектрофотометричний* метод; *оптико-акустичний* метод; *фотоколориметричні* методи; *люмінесцентні* методи; *спектроскопічні* методи; методи *лазерної спектроскопії*.

Принцип дії більшості з цих методів передбачає використання зондуючого випромінювання, що направляється на зразок досліджуваної речовини і, взаємодіючи з ним, спричиняє відповідне оптичне явище.

1. Спектрофотометричний метод: заснований на вибіркового поглинанні оптичного випромінювання компонентами речовини, що аналізується. При використанні цього методу мірою концентрації детектуемого компонента служить міра ослаблення випромінювання, що пройшло крізь шар речовини певної товщини. Прилади, що реалізують такий підхід, називаються *спектрофотометрами*.

2. Оптико-акустичний метод: заснований на використанні оптико-акустичного ефекту. Він виникає при проникненні в замкнутий об'єм газу оптичного випромінювання з інтенсивністю, що періодично змінюється.

3. Фотоколориметричний метод: базується на визначенні концентрації детектуемого компонента речовини за інтенсивністю забарвлення продукту реакції, що пройшла між цим компонентом і спеціальною активною речовиною.

Так, вимірювання припускає дві стадії. На першій здійснюється хімічна реакція, що супроводжується забарвленням речовини, а на другій – оцінюється інтенсивність отриманого забарвлення. У залежності від способу здійснення другої стадії розрізняють два різновиди розглянутого методу:

- метод *спектрального відбивання*;
- метод *селективного поглинання*.

Метод *спектрального відбивання* використовується, наприклад, у стрічкових газоаналізаторах. Їхнім основним елементом є індикаторна стрічка, покрита (просочена) активною речовиною. Її реакція з детектуемим компонентом супроводжується зміною кольору стрічки. При цьому інтенсивність забарвлення залежить від концентрації цього компоненту. Розглянутий метод застосовують для вимірювання мікроконцентрацій широкого класу газів, таких як Cl_2 , SO_2 , H_2S , NH_3 , NO , NO_2 та ін.

Метод *селективного поглинання* базується на вимірюванні ступеня ослаблення світлового потоку в результаті проходження ним шару пофарбованого розчину, що є продуктом колірної реакції. Прилад, що реалізує розглянутий підхід, називається *фотоколориметром*. Фотоколориметри широко використовуються в сучасній практиці контролю забруднення навколишнього природного середовища для лабораторного аналізу проб

4. Люмінесцентні методи: базуються на вимірюванні інтенсивності оптичного випромінювання, що виникає в результаті певного збуджуючого впливу на атоми і молекули детектуемого компонента речовини, що аналізується. Таке випромінювання, якщо воно не пов'язано з нагріванням речовини, називають *люмінесценцією*.

За тривалістю світіння люмінесценцію умовно поділяють на *флуоресценцію* і *фосфоресценцію*. Перша припиняється відразу ж після закінчення дії збудника світіння, а друга зберігається протягом більш тривалого часу.

У засобах вимірювань найбільшого поширення набули два види люмінесценції:

- *хемілюмінесценція*, що виникає в результаті хімічних перетворень аналізованої речовини;

- *фотолумінесценція (фотофлуоресценція)*, що виникає під дією світлового опромінення аналізованої речовини.

Люмінесцентні методи досить широко застосовуються для побудови газоаналізаторів.

5. Спектроскопічні методи: базуються на вибіркового поглинанні чи випромінюванні світла аналізованою речовиною, що знаходиться в атомарному стані (у вигляді вільних атомів). Для одержання такого стану – для *атомізації* – використовують різні способи нагрівання аналізованої речовини. Розрізняють три основні різновиди спектроскопічних методів: *атомно-емісійний, атомно-абсорбційний, атомно-флуоресцентний*.

Розрізняють два види приладів, що реалізують даний метод: *спектрографи і спектрометри*.

6. Методи лазерної спектрометрії: Відмітною рисою цієї групи методів є використання квантових генераторів (лазерів). Лазерні методи ще не знайшли широкого застосування в практиці моніторингу навколишнього природного середовища, насамперед, через складність вимірювальної апаратури. Проте, багато лазерних приладів успішно працюють у лабораторних умовах.

Виділяють *лазерний абсорбційний* метод і метод *комбінаційного розсіювання*.

В основі *лазерного абсорбційного* методу лежить явище поглинання світла. Воно спостерігається, якщо частота зондуючого випромінювання збігається з лінією поглинання детектуемого компонента газової суміші (пари).

При застосуванні методу *комбінаційного розсіювання* при проходженні випромінювання крізь аналізоване середовище з'являються численні червоні і фіолетові супутники. За значеннями частот виявлених супутників можна визначити види компонентів, що входять до складу аналізованої речовини (якісний аналіз), а за інтенсивністю супутників – концентрації цих компонентів (кількісний аналіз).

При контролі забруднення атмосфери метод комбінаційного розсіювання можна використовувати як для аналізу відібраних проб повітря, так і для безпосереднього дистанційного аналізу повітряних мас, розташованих на різних відстанях від місця установки приладу.

Варіантом застосування методу комбінаційного розсіювання є метод, що базується на застосуванні оптичного локатора – *лідара*. Проте цей метод ефективний тільки при вимірюваннях великих значень концентрації шкідливих домішок, що мають місце, наприклад, у робочій зоні підприємства. При зондуванні повітря з низькими концентраціями забруднюючих речовин інтенсивність світлорозсіювання виявляється дуже малою і не забезпечує одержання достовірних результатів вимірювання. Крім низької чутливості недоліком лідарів є також їхня складність і громіздкість [2].

2.2.2 Іонізаційні методи.

Іонізаційні методи базуються на іонізації речовини, що аналізується, і вимірюванні сили іонного струму, пропорційної концентрації детектуємого компонента.

Найбільше застосування мають *полум'яно-іонізаційний*, *мас-спектрометричний* та *радіоізотопний* методи.

У практиці контролю забруднення атмосферного повітря *полум'яно-іонізаційний* метод знайшов застосування в автоматичних газоаналізаторах, призначених для визначення концентрації вуглеводнів.

Мас-спектрометричний метод у значній мірі є унікальним. Він дозволяє аналізувати речовини з досить великим числом компонентів – до 100 і більше. При цьому концентрація компонентів може бути дуже малою: до $10^{-4}\%$ і навіть менше.

У мас-спектрометричному аналізі повітряних забруднень є два підходи:

- 1) визначення специфічних сполук або класів;
- 2) загальний аналіз (якісний і кількісний) усіх сполук, присутніх у даній пробі повітря.

Іонізацію речовини при використанні *радіоізотопних* методів здійснюють за допомогою радіоактивного випромінювання. Найбільше розповсюдження отримали 2 основних види такого випромінювання: α -випромінювання і β -випромінювання.

Радіоізотопні аналізатори газів мають високу чутливість і здатні працювати при високих (до 300 °C) температурах [2].

2.2.3 Теплові методи.

В основі теплових методів лежить залежність теплових властивостей речовини, що аналізується, від її складу і концентрації компонент.

Найбільше застосування в практиці вимірювань отримав метод, заснований на залежності коефіцієнта теплопровідності газу (пари) від його складу.

Вимірювальні прилади, засновані на методі теплопровідності, називають *катарометрами*.

У практиці контролю стану природного середовища метод теплопровідності знаходить своє застосування як для побудови автоматичних газоаналізаторів, так і для створення детекторів, що працюють у складі газових хроматографів [2].

2.2.4 Хроматографічний метод.

Це один з найефективніших методів аналізу якісного і кількісного складу речовин, що містять значне число компонент (до 100...200).

Хроматографічний аналіз проводиться в два етапи. На першому етапі речовина, що аналізується, розділяється на окремі компоненти, на другому визначаються концентрації кожної з них. Прилади, що реалізують хроматографічний метод, називаються *хроматографами*.

На першому етапі невеликий об'єм речовини (проби) переміщується вздовж довгої трубки, що називається *хроматографічною колонкою*.

Компоненти речовини, що виходять з хроматографічної колонки, по черзі надходять до пристрою, який називається *детектором*. Детектор формує напругу, яка залежить від концентрації компоненту, що надійшов. Графік вихідного сигналу детектора має вигляд послідовності піків. Цей графік називається *хроматограмою*.

Розрізняють два основні різновиди хроматографічного методу: *газова* хроматографія та *рідинна* хроматографія. *Газова* хроматографія використовується для аналізу газових сумішей та парів. Похибка вимірювання концентрації за допомогою газових хроматографів звичайно складає 5 – 10 %. Хроматографи вищих класів забезпечують похибки не більше 0,5 – 2 %.

Розрізняють два основних види рідинної хроматографії: *твердо-рідинну* та *рідко-рідинну* хроматографію [2].

2.3 Електрохімічні методи аналізу речовини

В основі *електрохімічних* методів лежить використання електрохімічних перетворювачів

2.3.1 Кондуктометричний метод.

Кондуктометричний метод базується на залежності електропровідності розчинів від їхнього складу і концентрації компонентів. Цей метод широко застосовується для вимірювання концентрації солей, основ і кислот у рідких середовищах і розплавах, для вимірювання солоності води, для вимірювання концентрації газів за зміною електропровідності розчину при поглинанні ним проби аналізованого газу.

Кондуктометричний метод одержав значне поширення як у лабораторній практиці, так і для натурних вимірювань параметрів стану природного середовища. Недоліком методу є неоднозначність залежності електропровідності від концентрації, а також її нелінійний характер. Лінійною цю залежність можна вважати тільки у розчинах солей, основ і кислот, концентрація яких невелика і не перевищує 100 мг/дм³.

Концентрацію в розчині одного компонента (детектуємого) можна визначити тільки в тому випадку, коли концентрації невизначуваних (заважаючих) компонент залишаються постійними і можуть бути враховані при вимірюванні.

Прилади, що базуються на розглянутому методі, називаються по різному в залежності від об'єкта вимірювання. Їх називають *кондуктометричними концентратомірами, солемірами, кондуктометричними газоаналізаторами* й ін.

Кондуктометричні концентратоміри, що випускаються промисловістю, забезпечують вимірювання електричної провідності в рідких середовищах з похибкою 1 – 5 % при температурах 0 – 110 °C і тисках до 10^6 Па. У залежності від принципу дії їх поділяють на два види:

- *контактні*, у яких вимірювальні електроди містяться безпосередньо в розчині, що аналізується;
- *безконтактні*, у яких вимірювання опору розчину здійснюється без розміщення вимірювальних електродів усередині електрохімічної комірки.

У *кондуктометричних газоаналізаторах* газову суміш, що має бути аналізованою, попередньо пропускають через спеціальний робочий розчин. Він вступає в реакцію з детектуємим газом, що входить до складу суміші, і змінює при цьому свій опір.

У практиці контролю забруднення повітря кондуктометричні газоаналізатори застосовуються для вимірювань малих концентрацій широкого класу газів (CO , SO_2 , H_2S , NH_3 і ін.). При цьому похибка вимірювань, як правило, не перевищує 5 %.

Безконтактні концентратоміри поділяються на два види:

- *низькочастотні*, для живлення яких використовується змінний струм частотою не більш 40 – 50 кГц;
- *високочастотні*, для живлення яких звичайно використовується змінний струм частотою порядку одиниць чи десятків МГц.

Прикладом використання низькочастотного концентратовимірника є вимірювач солоності морської води, що використовується у складі океанологічних вимірювальних систем на науково-дослідних судах [2].

2.3.2 Потенціометричний метод.

Розрізняють два основні різновиди *потенціометричного* методу:

- метод, що базується на вимірюванні *граничного потенціалу*;
- метод, що базується на використанні *електродних потенціалів*.

При використанні методу *граничного потенціалу* використовуються дві камери: *вимірювальна* і *порівняльна*. *Вимірювальна* камера заповнюється розчином, що аналізується, *порівняльна* – спеціальним розчином відомої концентрації.

Більш широкого застосування набув метод *електродних потенціалів*. Даний метод використовується для вимірювань активності водневих іонів H^+ . Прилади, призначені для цієї мети, називаються *pH-метрами* [2].

2.3.3 Амперометричний метод.

Амперометричний метод базується на вимірюванні сили струму, що протікає через комірку при електролізі речовини, яка аналізується, чи речовини, що реагує з детектуємим компонентом.

Амперометричний метод досить широко використовується при побудові газоаналізаторів. Різновидом амперометричного методу є *полярографічний*. Його найважливішою особливістю є застосування електрохімічної комірки зі спеціальною системою електродів, що забезпечує можливість одночасно проводити якісний і кількісний аналіз багатокомпонентних розчинів [2].

2.3.4 Полярографія.

В основі *полярографії* лежить використання явища *поляризації* при електролізі досліджуваної речовини. Метод реалізується за допомогою *полярографічного перетворювача*

У полярографічному аналізі найчастіше визначають метали. Цей метод дозволяє одночасно виконати як якісний, так і кількісний аналіз досліджуваної речовини. Концентрації цих компонентів оцінюються по висоті відповідних сходинок полярограми [2].

2.4 Методи вимірювань концентрації пилу в повітрі

Значну частину промислових викидів, що забруднюють атмосферне повітря, складає пил. За діючими в Україні й інших країнах світу нормами вміст пилу в повітрі прийнято оцінювати з допомогою величини n_p , що називається *масовою концентрацією пилу*. Вона дорівнює сумарній масі пилових частинок, що містяться в одиниці об'єму повітря. Однак n_p – це не єдиний показник, що має практичний інтерес. Важливе значення мають і такі характеристики пилу, як хімічний склад, розподіл його частинок за розмірами тощо.

Методи вимірювань концентрації пилу в повітрі прийнято поділяти на дві групи:

- 1) методи, що базуються на попередньому осадженні пилу;
- 2) методи, що реалізуються без попереднього осадження.

Методи, що базуються на попередньому осадженні пилу. Вимірювальна процедура при використанні цієї групи методів включає два етапи.

1. На першому етапі здійснюється виділення (осадження) пилу з повітря, що аналізується. Найчастіше з цією метою використовується метод фільтрації запиленого повітря через фільтр із спеціальної тканини.
2. На другому етапі оцінюється кількість осадженого пилу. Для вирішення цієї задачі застосовується досить багато електричних і неелектричних методів.

Важливою перевагою методів, що розглядаються, є значна об'ємна показність одержаних результатів. Вона забезпечується тим, що в процесі осадження пилу (при відборі проби) через прилад прокачується досить великий об'єм повітря (декілька м³), і виміряне значення n_p є середнім для цього об'єму.

Методи, що реалізуються без попереднього осадження пилу. Цю групу методів можна розділити на дві досить великі підгрупи:

- *оптичні*, що базуються на явищах поглинання і розсіювання світла частинками пилу;
- *електростатичні*, що базуються на вимірюванні сумарного електричного заряду частинок пилу.

При використанні *оптичних* методів мірою концентрації пилу служить інтенсивність одного з видів випромінювання:

- *ослабленого* в результаті проходження через шар запиленого повітря;
- *розсіяного* частинками пилу.

Похибки оптичних методів, в основному, зумовлені значною залежністю оптичних властивостей аерозолів від їх дисперсного і хімічного складу. Мінливість форми, розмірів і складу частинок пилу ускладнює перехід від показань вимірювального оптичного приладу до шуканого значення масової концентрації пилу n_p . Прилад може ефективно використовуватися тільки для того виду пилу, для якого він був градуирований.

Визначення концентрації пилу *електростатичними* методами, базується на вимірюванні електричного заряду, який переносять аерозольні частинки.

Важливою частиною приладу є вимірювальний електрод, який розташовується в потоці повітря, що аналізується. В результаті контакту з частинками пилу електрод набуває заряду, розмір якого залежить від сумарної площі поверхні пилових частинок.

В даний час найбільшого практичного застосування набула група методів, що базуються на попередньому осадженні пилу. Для визначення маси осадженого пилу на мережі контролю забруднення атмосфери використовується *ваговий* метод. Його основною перевагою є простота.

Крім того, на відміну від багатьох інших методів, ваговий метод не потребує при вимірюваннях градувальної характеристики, тому що результат вимірювання не залежить від виду пилу: його хімічного складу і розподілу частинок за розмірами [2].

2.5 Дистанційні методи вимірювань

Дистанційні методи моніторингу застосовуються переважно для дослідження екосистем з літальних апаратів.

Вони засновані на використанні двох властивостей зондувальних фізичних полів:

- здійснювати взаємодії з контрольованим об'єктом;
- переносити отриману при цьому інформацію до датчика.

Всі дистанційні методи умовно поділяють на *пасивні* і *активні*. *Пасивний* метод - метод, коли здійснюється прийом зондуючого поля, що виходить від самого об'єкта контролю; *активний* – метод, коли проводиться прийом відображених або перевипромінених зондувальних полів, навмисно створених стороннім джерелом [3].

У роботах з проблем використання аерокосмічної інформації з метою вивчення екологічних умов розробляються і висвітлюються конкретні аспекти відображення на космічних знімках тих або інших екологічних параметрів природного середовища.

Екологічна інформативність космічних знімків – це кількість вірогідних відомостей про екологічне середовище, тобто умови життєдіяльності живих організмів (у т.ч. людини), які можна отримати при дешифруванні цих знімків.

При вивченні екологічної інформативності космічних знімків необхідно виділити такі чинники:

- об'єкт, що вивчається;
- вимоги об'єкту до екологічних умов;
- вхідні матеріали (вид знімання, можливості отримання диференційованого відображення екологічних умов, що вивчаються, або індикаторів).

У межах вивчення земних покривів виникають різноманітні проблеми, пов'язані з антропогенною і природною зміною (порушуються межі природних комплексів, міліють або висихають річки) екологічних умов (наземні, водні, едафічні екосистеми). Одні з цих умов можуть бути виявлені за космічними знімками безпосередньо, інші - лише шляхом побічного виявлення взаємозв'язків, треті потребують аналітичних засобів дослідження. Тому екологічна інформативність одних і тих же матеріалів космічного фотознімання різноманітна для різних природних об'єктів [4].

2.5.1 Види аерокосмічної зйомки.

Аерокосмічні методи являють собою багатопланові дослідження Землі і навколоземного космічного простору, які виконуються за матеріалами повітряної і космічної зйомки [4].

Перевагами аерокосмічного моніторингу є висока оперативність отримання інформації, можливість її обробки за допомогою сучасної обчислювальної техніки, зберігання, класифікації та організації використання. За даними дистанційного зондування прямо або побічно визначають такі параметри: біомасу пасовищ, урожайність сільськогосподарських угідь, потужність ґрунтового покриву, рівень ґрунтових вод, параметри ерозії ґрунтів, види рослинності і т.д.

Пряму користь приносять засоби оперативного космічного моніторингу при контролі надзвичайних екологічних ситуацій, наданні споживачам експрес-інформації, прогностичної оцінки наслідків аварій та кадастрів природно-техногенного походження.

Дистанційне зондування об'єктів екологічного моніторингу здійснюють з використанням двох основних груп приладів та обладнання:

- прилади, що дають відео- та фотоінформацію (аерофотоапаратура, багатозональні скануючі пристрої, радіолокатори, ТВ-камери);
- прилади трасової групи (спектрометри, ЗВЧ- і ІЧ-радіометри та ін.) [3].

Фізична сутність сучасних дистанційних видів зйомки полягає у цифровій, фотографічній або графічній реєстрації ультрафіолетового, видимого, інфрачервоного і γ -випромінювань, радіохвиль, радіоактивних процесів, а також геомагнітного, штучного електричного і гравітаційних полів.

Реєстрація сигналів може здійснюватися за допомогою цифрових фотографічних систем, оптико-електронних систем і геофізичних приймачів.

Таким чином, сучасні види дистанційних зйомок залежно від типу приймача і способу реєстрації об'єктів і явищ можна поділити на 4 види (табл. 2.1):

- 1) *візуальні*;
- 2) *фотографічні*;
- 3) *фотоелектронні*;
- 4) *геофізичні*.

Візуальні спостереження природних об'єктів з літаків, гелікоптерів або космічних кораблів дозволяють збільшити ефективність виконання низки задач щодо дослідження природних ресурсів Землі за рахунок скорочення обсягу інформації, що фіксується, її попереднього опрацювання і відбору перед передачею на Землю.

Фотографічна аерокосмічна зйомка дуже поширена через наочні знімки, які отримують за допомогою цієї зйомки. Такі зображення є

Таблиця 2.1 – Види космічних зйомок [4]

Аерокосмічні методи	Види зйомок
Візуальні дослідження	Візуальні спостереження, окомірна зйомка, дешифрування знімків у польоті
Фотографічна зйомка	Чорно-біла, спектро-зональна, кольорова, кольорова спектро-зональна, інфрачервона, голографія
Фотоелектронна зйомка	Телевізійна, тепла (ІК), радіотеплова, радіолокаційна, ультрафіолетова спектрометрична
Геофізична зйомка	Магнітна, радіометрична, електро-розвідка, гравіметрична

найбільш змістовними та детальними, тому фотографічна зйомка з літальних апаратів найбільш розповсюджена.

Фотоелектронна зйомка дає можливість систематичного одержання зображення всієї поверхні Землі протягом тривалого часу.

Геофізична зйомка використовується для геологічних досліджень, де основним чинником, що забезпечує формування сигналу, є гірські породи, у той час як вплив інших компонентів ландшафту близький до нуля.

Космічний ярус. Для зйомок із космосу, тобто з висот більше 100 км, використовують як автоматичні, так і пілотовані космічні апарати. Штучні супутники Землі (ШСЗ) – це відносно невеликі космічні апарати, призначені для зйомок. Значно більші можливості для розміщення й енергозабезпечення знімальної апаратури є на орбітальних станціях і комплексах.

Космічна зйомка виконується з носія, що переміщається за визначеною орбітою. Супутники для зйомки Землі запускаються на орбіти з різними висотами. Найбільш поширені висоти - 300, 600, 900, 36000 км. У міру збільшення висоти зростає час існування супутників, охоплення зйомкою, але зменшується роздільна здатність знімка. Супутник рухається по орбіті зі швидкістю, що перевищує швидкість літака в сотні разів. Для навколоземних орбіт період обертання супутника в середньому становить близько 1,5 години.

Авіаційний ярус. Для аерознімань використовують або спеціально пристосовані літаки, або гелікоптери. Залежно від напрямку оптичної осі знімального апарата розрізняють *планове* і *перспективне* аерознімання. У порівнянні з плановим, перспективний знімок охоплює велику площу, а зображення утворюється в більш звичному для людини ракурсі.

Крім того, використовують в залежності від характеру покриття місцевості знімками аерофотозйомку *одномаршрутну*, *багатомаршрутну* (або *площинну*) та *вибіркову*.

Вибіркова аерофотозйомка відбувається в тому випадку, коли об'єкт зйомки невеликий і розміщується на одному чи декількох знімках.

Одномаршрутна аерофотозйомка використовується при дослідженнях річкових долин, прибережної полоси та ін.

При *багатомаршрутному* (або *площинному*) аерозніманні ділянка, яка знімається, суцільно вкривається серією рівнобіжних прямолінійних маршрутів [4].

2.5.2 Інформаційні можливості дистанційного моніторингу.

Однією з важливих характеристик апаратури та систем, які реєструють інформацію, є *роздільна здатність* - це здатність відтворювати найменші деталі зображення, розміри яких на знімку вимірюються частками міліметра. Вона вимірюється числом ліній, що роздільно передаються на одному міліметрі зображення. При кількості ліній (штрихів), що перевищують роздільну здатність, зображення зіллється у рівномірний сірий фон [4].

У світі стійко функціонують комплекси ШСЗ серій *NOAA*, *LANDSAT*, *SPOT* і *IRS*, а також російські - серії *КОМЕТА*. Вони мають такі інформаційні характеристики:

1. *NOAA*. Працює з 1978 р. Незважаючи на невисоку роздільну здатність (1,1 км), вони мають високу частоту зйомок - 15 - 20 разів на добу. Дані використовуються для визначення температури суші, поверхні моря, виявлення пожеж, спостереження хмарного, снігового і льодяного покривів.

2. *LANDSAT*. Перевага даних цього комплексу перед іншими - цифрова форма даних, багаті архіви. Недоліки - одержувані знімки мають середню роздільну здатність (15 - 30 м) і високу вартість.

3. *SPOT*. Французька знімальна система. Роздільна здатність даних у видимому діапазоні - 10 м, при багатозональній зйомці - 20 м. Існує можливість обробки з одержанням рельєфу.

4. *IRS*. Індійська система дистанційного зондування. Дозволяє отримувати знімки з роздільною здатністю 5 - 6 м, а в багатозональному режимі - 23 м.

5. *КОМЕТА*. Має найбільший масштаб роздільної здатності. Встановлювана на цьому супутнику спеціальна топографічна камера дозволяє отримувати стереознімки, призначені для відновлення топографічних карт (роздільна здатність даних на місцевості - 10 м). Недолік - попереднє замовлення на зйомку, яке може задовольнятися тільки в разі прольоту супутника над необхідним районом при безхмарному небі.

Зазначені технічні системи штучних супутників Землі дають можливість вирішення широкого спектру завдань екологічного моніторингу.

Для ШСЗ серії *NOAA* - це виявлення пожеж, складання карти вегетаційного періоду, складання гідрометеорологічних карт (хмарного, снігового і льодяного покривів). Для ШСЗ серії *LANDSAT*, *SPOT* і *IRS* додатково отримання такої інформації:

- елементи комплексної оцінки стану природного середовища та елементів ландшафту (грунтовий та рослинний покриви, землекористування, стан лісових масивів, гідрографічної мережі, льодової обстановки на річках і озерах);
- небезпечні явища (детальне картування після пожежної обстановки, затоплення річкових заплав, поширення заболочених територій);
- результати комплексної оцінки техногенного навантаження (зони аварій на продуктопроводах, деградація ґрунтово-рослинного покриву);
- стан ґрунтів і посівів сільськогосподарських культур (сходи озимих та ярих культур, оцінка площ, схильних до впливу шкідників і хвороб с/г культур) [3].

2.5.3 Класифікація систем дистанційного зондування.

Методи і техніка дистанційного зондування ґрунтуються на реєстрації поглиненої, відбитої або випромінюваної енергії, що надає специфічних характерних ознак основним компонентам біосфери.

Реєстрація γ -випромінювання. Метод ґрунтується на вимірюванні природного короткохвильового γ -випромінювання присутніх у земній корі або в сніговому покриві радіоактивних елементів - природних радіоізоотопів ^{40}K , ^{238}U , ^{208}Ti . У звичайному ґрунті 90 % γ -випромінювання утворюється в 20-сантиметровому поверхневому шарі.

Фотографічні системи. В основі техніки повітряної фотографії лежить створення на фотоплівці зображень земної поверхні з авіаносіїв і супутників. Фотографічні системи здатні створювати зображення об'єктів навколишнього середовища з високим рівнем роздільної здатності; застосування інших технологій дозволяє отримати додаткову специфічну інформацію, на яку меншою мірою впливають температура і вологість навколишнього середовища. Фотографічні системи, що встановлюються на літаках, здатні забезпечити знімки з висоти близько 20 км; розміри площ, які фотографуються, можуть досягати 30 ? 50 км².

Відеографічні системи. Застосування відеокамер дозволяє створювати і записувати зображення у видимій, близькій та середній ІЧ областях спектра. Перевагою відеосистем є невисока вартість, створення

та накопичення послідовних зображень будь-якого процесу. До недоліків цієї техніки можна віднести невисоку роздільну здатність.

Багатоспектральні сканери. Принцип дії цих систем полягає в реєстрації спектрального відбивання об'єктами навколишнього середовища на певних спектральних ділянках видимого і ІЧ спектра. Прилади багатоспектрального сканування дають можливість отримати інформацію з роздільною здатністю близько 10 м, скануючи при цьому території розміром 60 ? 185 км. Перевагою багатоспектральних сканерів є здатність отримувати інформацію в цифровій формі.

Теплові сенсори. Теплове ІЧ випромінювання реєструється за допомогою техніки, схожої на багатоспектральне сканування. Характер зображення при цьому залежить від температури об'єкта та його випромінювальної здатності. Теплові сенсори, які встановлюються на авіаносіях, що зондують об'єкти на невеликих висотах, забезпечують високу роздільну здатність (близько 1 м), тоді як на супутниках теплові сенсори мають роздільну здатність 700 - 900 м. Сучасні прилади теплового зондування здатні реєструвати різницю температур близько 0,4 К. До недоліків слід віднести вплив метеорологічних умов на результати вимірювань; зондуванню ґрунту піддається тільки шар товщиною 2 - 4 см.

Надвисокочастотні локатори. Надвисокочастотні локаторні системи можуть бути *активними* (коли об'єкт дослідження опромінюється з подальшою реєстрацією відбитого випромінювання) і *пасивними* (коли реєструється природне випромінювання об'єкта). Принцип дії дистанційного зондування земної поверхні за допомогою локаторів полягає у вимірюванні її особливостей, які значною мірою залежать від вмісту вологи і температури ґрунту, нерівності земної поверхні, рівня снігового покриву, типу рослинного покриву і впливають на відбивальні та випромінювальні параметри. Серед основних типів локаторів, що застосовуються при дистанційному зондуванні, слід виділити *локатори зображення, вимірювачі розсіяного випромінювання, висотоміри, надвисокочастотні радіометри*. Завдяки високій проникності випромінювання через хмари і листя надвисокочастотні локатори здатні створювати зображення земної поверхні в дрібних деталях. До переваг локаційних приладів можна віднести високу роздільну здатність, до недоліків - вплив рослинного покриву та нерівностей ґрунту на сигнал, що реєструється [5].

Питання для самоконтролю:

1. Назвіть основні методи контролю в екологічному моніторингу.
2. Дайте коротку характеристику методів лабораторного та автоматичного аналізу.
3. Які методи аналізу відносяться до групи електрофізичних?

4. Які методи входять в групу електрооптичних методів аналізу забруднень?
5. Які методи аналізу забруднень відносяться до групи електрохімічних?
6. Охарактеризуйте методи вимірювань концентрації пилу у повітрі.
7. На які групи поділяються дистанційні методи вимірювань?
8. Які існують види аерокосмічної зйомки?
9. Охарактеризуйте інформаційні можливості дистанційного моніторингу.
10. Які існують системи дистанційного зондування?

3 ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

Задачі аналізу і прогнозу рівня забруднення навколишнього природного середовища не можуть вирішуватись без використання інформації про гідрометеорологічні параметри його стану. Температура середовища, швидкість і напрямок потоків у ньому, деякі інші гідрометеорологічні величини впливають на характер розповсюдження шкідливих домішок. Тому вимірювання концентрації забруднюючих речовин завжди супроводжуються вимірюваннями відповідних гідрометеорологічних величин.

3.1 Вимірювання температури середовища

Одним з основних питань організації температурних вимірювань вважається вибір температурної шкали, що забезпечує одержання порівнянних даних про тепловий стан середовища. В даний час у світовій практиці вимірювань температури використовується Міжнародна практична температурна шкала, прийнята Міжнародним комітетом мір і ваг у 1968 р. (МПТШ-68).

Ця шкала базується на 11 реперних точках – температурах, наданих певним станам рівноваги в природі, що піддаються відтворенню. Реперні точки охоплюють великий температурний діапазон: від точки рівноваги між твердою, рідкою і газоподібною фазами рівноважного водню з температурою 13,81 К до точки затвердіння золота з температурою 1337,58 К. Температурна шкала, запропонована Андерсом Цельсієм у 1742 р., мала всього дві реперні точки: танення льоду (0 °С) і кипіння води (100 °С).

Температура може бути виражена як у кельвінах, так і в градусах Цельсія. Для переходу від однієї форми представлення температури до іншої встановлено відоме співвідношення:

$$T (0\text{ }^{\circ}\text{C}) = T (\text{K}) - T_0, \quad (3.1)$$

де $T_0 = 273,15\text{ K}$ (температура танення льоду).

Поряд із МПТШ-68 у світовій практиці (зокрема, у США) знаходить застосування шкала Фаренгейта, запропонована в 1724 р. Вона базується на двох реперних точках. Зв'язок між температурами за шкалою Фаренгейта і МПТШ має такий вигляд:

$$T(^{\circ}C) = \frac{5}{9}[T(^{\circ}F) - 32]. \quad (3.2)$$

Градування всіх засобів вимірювання температури в даний час здійснюється тільки за МПТШ-68.

Методи вимірювання температури, що застосовують у практиці контролю забруднення природного середовища, можна поділити в залежності від принципу дії на дві великі групи:

- *прямі* методи;
- *непрямі* методи.

Група *прямих* методів базується на застосуванні *термометричних тіл*. Термометричне тіло (ТТ) розміщується в досліджуваному середовищі і сприймає його температуру у результаті теплообміну. Серед різних вимірювачів температури, що реалізують прямі методи, необхідно, насамперед, відзначити *ртутні термометри*. У них роль ТТ виконує ртуть, що змінює свій об'єм у залежності від температури. До числа широко розповсюджених ТТ також належать *терморезистори*, про температуру яких можна судити по їх опору.

Прямі методи вимірювання температури середовища набули найбільшого поширення в практиці контролю стану природного середовища.

Група *непрямих* методів базується на використанні залежності деяких параметрів досліджуваного середовища від його температури. Наприклад, швидкість поширення звукових коливань у повітрі залежить від його температури.

Ще одним важливим прикладом непрямих методів є методи, що ґрунтуються на законах температурного випромінювання тіл. Їх прийнято називати *безконтактними*.

Безконтактні методи використовуються для дистанційних вимірювань температури різних об'єктів земної поверхні чи атмосфери. Вимірювання інтегральної температури досліджуваних територій і акваторій дозволяє, зокрема, оцінювати рівень їхнього забруднення.

Такий підхід використовується, наприклад, для виявлення забруднень водних басейнів нафтою і нафтопродуктами. При їхніх розливах на поверхні акваторій згодом утворюється найтонший шар, що спричиняє утворення в районі розливу температурної аномалії. Її поява пов'язана зі зменшенням швидкості випаровування з поверхні забрудненої води, а також зі зниженням її випромінювальної здатності, зменшенням теплопровідності і теплоємності поверхневого шару. В сонячний день температурний контраст між чистою водою і водою, забрудненою нафтопродуктами, досягає 1 – 2 К, а вночі – 0,5 – 1 К. Ці аномалії можуть визначатись безконтактними методами [2].

3.2 Вимірювання вологості повітря

Під вологістю повітря розуміють вміст водяної пари – одного з найважливіших газових компонентів атмосферного повітря. Концентрацію водяної пари в повітрі оцінюють цілою низкою пов'язаних між собою величин, що називають *гігрометричними*, у тому числі такі:

e – парціальний тиск водяної пари, який прийнято вимірювати в гектопаскалях (гПа);

f – відносна вологість, що визначається звичайно у відсотках за допомогою співвідношення

$$f = \frac{e}{E} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

де E – тиск насиченої водяної пари, чи скорочено тиск насичення, гПа.

Вимірювання концентрації водяної пари в повітрі може, у принципі, здійснюватися за допомогою різних електрофізичних методів. У практиці метеорологічних вимірювань найбільшого поширення набули методи, що базуються на використанні процесів *випаровування* і *конденсації* вологи.

3.2.1 Психрометричний метод.

Йому властиві такі переваги: досить висока точність, порівняльна простота та ін. Цей метод базується на залежності інтенсивності випаровування з водяної поверхні від вологості дотичного з нею повітря.

Прилади, що реалізують психрометричний метод, називаються *психрометрами*. До складу психрометра входять два ртутні термометри (або термометри опору). За допомогою одного термометра (його називають «сухим») вимірюють температуру навколишнього повітря. За допомогою другого термометра (його називають «змоченим») вимірюють температуру випарної поверхні – нейтрального гігроскопічного покриття, що змочується дистильованою водою.

Роль гігроскопічного покриття (тобто гігрометричного тіла) відіграє смужка зі спеціального сорту батисту, що покриває одним шаром резервуар ртутного термометра і щільно прилягає до нього. Батист повинен бути обов'язково чистим і м'яким, тому що забруднений батист погано поглинає воду. Змочування батисту проводиться постійно або безпосередньо перед виміром. Вода для змочування батисту повинна бути обов'язково дистильованою, тому що присутність у воді будь-яких розчинених речовин призводить до появи додаткової похибки.

Після виміру температур за сухим і змоченим термометрами приступають до розрахунку необхідних гігрометричних величин. На

практиці для цієї мети використовуються спеціальні *психрометричні таблиці*.

Дуже надійним і точним приладом для визначення температури і вологості повітря є аспіраційний психрометр. Для виконання цих вимірювань він застосовується у складі комплектних лабораторій ПОСТ-1 і ПОСТ-2 [2].

3.2.2 Сорбційні методи.

Вони ґрунтовані на залежності деяких фізичних властивостей гігрометричних тіл від кількості сорбованої ними з повітря води, що знаходиться в стані динамічної рівноваги з водяною парою в повітрі. При динамічній рівновазі інтенсивності процесів конденсації і випаровування на поверхні тіла однакові. Тому маса сорбованої вологи згодом не змінюється і залежить від відносної вологості повітря.

Прилад, який реалізує даний метод, називається *сорбційним гігрометром* [2].

3.3 Вимірювання швидкості водяних і повітряних потоків

У практиці контролю забруднення природного середовища виникає необхідність оцінювати швидкість руху двох середовищ: водяного і повітряного. У першому випадку говорять про *швидкість течії* (у річці, морі і т.д.), у другому – про *швидкість вітру*.

Швидкість течії (вітру) вимірюють у метрах за секунду (іноді – у кілометрах за годину). Напрямок вітру визначають у румбах обрію по 16-румбовій системі або в градусах.

Практика вимірювань швидкості і напрямку потоку в різних умовах показує, що вони змінюються майже безупинно. Тому при вимірюваннях прийнято визначати не миттєві, а усереднені значення швидкості і напрямку. Інтервал усереднення, як правило, складає від 1 до 10 хв – у залежності від використовуваної апаратури і задачі вимірювань.

Прилади, що служать для вимірювань швидкості вітру, називають *анемометрами*. Прилади, що вимірюють одночасно швидкість і напрямок вітру, називаються *анеморумбометрами*. Прилади, що реєструють ці величини, називають *анеморумбографами*. Швидкість і напрямок вітру прийнято вимірювати на висоті близько 10 м над поверхнею землі.

Прилади, що вимірюють одночасно швидкість і напрямок течії, називають *вимірниками течії*. Глибина занурення приладів у поверхневих водах суші, як правило, не перевищує 20 м, у морському середовищі вона може досягати декількох тисяч метрів [2].

Питання для самоконтролю:

1. Які існують методи вимірювання температури середовища?
2. Охарактеризуйте прямі та непрямі методи вимірювання температури.
3. Які існують методи вимірювання вологості повітря?
4. Дайте коротку характеристику психрометричного та сорбційних методів вимірювання вологості.
5. Як виконуються вимірювання швидкості водних та повітряних потоків?

4 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

У нашій країні найбільша увага приділяється контролю забруднення атмосферного повітря. Такий контроль здійснюється регулярно на спеціально обладнаній мережі контрольно-вимірювальних станцій (постів). Причому, для вимірювань концентрації шкідливих домішок використовуються як методи лабораторного, так і автоматичного аналізу. Що стосується поточного контролю забруднення ґрунту, прісної і морської води, то він проводиться нерегулярно і, головним чином, здійснюється методами лабораторного аналізу.

4.1 Відбір проб повітря на газові інгредієнти

Вимірювання концентрації газових компонентів атмосферного повітря методами лабораторного аналізу здійснюється шляхом відбору проб повітря на місці спостереження і подальшого їх хімічного аналізу. Відбір проб повітря здійснюється шляхом протягання повітря, що аналізується, крізь спеціальні поглинальні пристрої зі швидкістю, що складає для різних забруднюючих речовин від 0,1 до 100 л/хв.

У процесі протягання забруднююча речовина (детектуємий компонент) розчиняється чи вступає в хімічну взаємодію з поглинальним середовищем. При цьому його концентрація в середовищі стає значно вищою, ніж в аналізованому повітрі, що полегшує проведення аналізу.

Для переходу від знайденого значення концентрації розчину до шуканої концентрації детектуемого компонента в аналізованому повітрі необхідно обов'язково знати об'єм повітря, що пройшло через поглинальний пристрій. Для вирішення цієї задачі до складу установки для відбору проб повітря обов'язково включається вимірювач витрати – витратомір, і строго контролюється тривалість проведення відбору.

При спостереженнях за рівнем забруднення атмосфери використовується кілька режимів відбору проб повітря. Основні з них такі:

- *разовий*, що триває 20-30 хв;
- *дискретний*, при якому в один поглинальний прилад через рівні проміжки часу протягом доби відбирають декілька (від 3 до 8) разових проб;
- *добовий*, при якому відбір в один поглинальний пристрій проводиться безупинно протягом доби.

Відібрані проби доставляються до хімічної лабораторії, де інгредієнти, що знаходяться в пробах повітря, переводяться за допомогою хімічних реакцій у забарвлені чи мутні сполуки [2].

4.1.1 Основні принципи роботи поглинальних пристроїв.

Поглинальні пристрої (ПП) – це найважливіша частина установки для відбору проб повітря. Від їх властивостей у величезній мірі залежать точність і показовість результатів вимірювань концентрацій парогазових інгредієнтів лабораторними методами.

Співвідношення, що пов'язує концентрації детектуемого компонента, в аналізованому повітрі і поглинальному розчині, має такий вигляд:

$$C_p = \frac{sC_xV_0}{V_p}, \quad (4.1)$$

де C_p – концентрація детектуемого компонента (чи продукту його реакції) у поглинальному розчині (мг/м³);

C_x – шукана концентрація детектуемого компонента в аналізованому повітрі (мг/м³);

V_0 – об'єм повітря, що протягається крізь поглинальний розчин при нормальних умовах (м³);

V_p – об'єм поглинального розчину (м³);

s – ступінь поглинання детектуемого компонента розчином.

Значення s залежить від властивостей розчину і конструкції поглинального пристрою. Воно повинно складати не менше 0,95, тобто не менш ніж 95 % кількості детектуемого компонента повинно бути поглиняним поглинальним розчином.

Маючи результати хімічного аналізу, тобто значення C_p , неважко визначити шукану концентрацію домішки в повітрі. Розрахункове співвідношення для цього представляється в такому вигляді:

$$C_x = \frac{C_p V_p}{s V_0}, \quad (4.2)$$

$$V_0 = \frac{T_0 P}{T P_0} \cdot Q \cdot t_0 = a \cdot Q \cdot t_0, \quad (4.3)$$

де P – фактичний атмосферний тиск у момент відбору проби;

T – фактична температура повітря в момент відбору проби;

$T_0 = 273$ К, $P_0 = 1013,25$ гПа (760 мм рт. ст.) – параметри, що визначають нормальні умови;

Q – витрата повітря крізь поглинальний пристрій при відборі проби ($\text{м}^3/\text{с}$);

t_o – тривалість відбору проби (с);

a – коефіцієнт, що служить для приведення об'єму протягнутого повітря до нормальних умов

$$a = \frac{T_0 P}{T P_0}. \quad (4.4)$$

Сьогодні у практиці контролю забруднення атмосферного повітря використовуються два основних види поглинальних пристроїв:

- *рідинні поглинальні прилади;*
- *сорбційні трубки.*

У деяких випадках здійснюється також відбір проб на тверді сорбенти [2].

4.1.2 Рідинні поглинальні прилади.

Для аналізу атмосферного повітря використовуються досить багато типів рідинних поглинальних приладів. В даний час найбільше застосування одержали два типи ПП (рис. 4.1):

- *U-подібний прилад з пористою скляною пластинкою;*
- *прилад Ріхтера.*



Рис. 4.1. Рідинні поглинальні пристрої [6]:
а - U-подібний прилад; б – прилад Ріхтера.

Ці ПП забезпечують достатньо ефективне уловлювання детектуємого компонента порівняно невеликою кількістю поглинального розчину (як правило, 6 мл). Хімічний склад поглинального розчину залежить від виду детектуємого компонента.

Перевагою ПП Ріхтера в порівнянні з U-подібним є можливість роботи при значно вищих витратах повітря крізь розчин. Це дозволяє

підвищити ступінь концентрування детектуемого компонента. Крім того, ПП Ріхтера має вищу механічну міцність, ніж U-подібний.

Загальними недоліками всіх рідинних ПП є невисока припустима швидкість протягання повітря, їхня крихкість і громіздкість, небезпека розливання поглинального розчину [2].

4.1.3 Сорбційні трубки.

Більш досконалим поглинальним пристроєм є сорбційна трубка (СТ), будова якої показана на рис. 4.2. СТ виготовляється зі скла, її корпус 1 має довжину 170 мм, діаметр – 8 – 10 мм. У корпус впаяні дві пористі скляні платівки-перегородки, простір між якими заповнений скляними гранулами. Гранули покриті плівкою спеціального невисихаючого розчину – сорбенту товщиною 1 – 2 мкм. При контакті з досліджуваним повітрям плівка сорбенту утворює малолетку сполюку з детектуємим компонентом [2].



Рис. 4.2. Сорбційна трубка [6].

4.1.4 Застосування твердих сорбентів.

Відбір проб на тверді сорбенти має низку переваг у порівнянні з використанням рідинних ПП. Насамперед, з'являється можливість збільшити швидкість протягання повітря і за більш короткий час накопичити детектуємий компонент у кількості, достатній для його визначення. Крім того, тверді сорбенти більш зручні як при відборі проб, так і при транспортуванні і збереженні відібраних проб.

Тверді сорбенти, що використовуються для аналізу забруднення повітря, повинні:

- мати механічну міцність;
- мати однорідну структуру поверхні;

- погано сорбувати водяну пару;
- мати максимальну сорбційну здатність до речовин, що аналізуються;
- легко десорбувати поглинену речовину при проведенні хімічного аналізу проби.

Для аналізу атмосферного повітря застосовують кілька видів твердих сорбентів. Серед них: силікагелі, активоване вугілля і спеціальні полімерні пористі сорбенти.

Для відбору проб повітря на тверді сорбенти використовуються спеціальні сорбційні пристрої – *колектори*. Вони розрізняються матеріалом, з якого виготовлені, формою і розмірами.

Форма колекторів залежить від кількості сорбенту, розміщеного всередині, і техніки подальшої десорбції поглиненої речовини із сорбенту. Найбільшого поширення набули прямі сорбційні трубки різних розмірів, виготовлені зі скла. Їхня довжина становить від 7 до 15 см, внутрішній діаметр – 3 – 8 мм.

Відбір проб на тверді сорбенти не набув широкого поширення на існуючій загальнодержавній мережі контролю забруднення атмосфери. Він іноді знаходить застосування на промислових підприємствах, що здійснюють контроль стану повітря робочої зони [2].

4.2 Відбір проб аерозольних домішок

Токсичні речовини, що містяться в повітрі у вигляді аерозолі, концентрують, як правило, шляхом аспірації повітря крізь фільтр, закріплений у спеціальному фільтротримачі.

Для уловлювання високодисперсних аерозолів – димів, туманів, пилу – використовуються різні фільтруючі матеріали: щільні паперові (беззольні), мембранні, скловолокнисті фільтри тощо.

При дослідженні повітряного середовища найчастіше застосовують фільтри з ущільненої спресованої тканини й аналітичні фільтри, виготовлені з ультратонких волокнистих полімерів – тканини Петрянова. Вони мають невелику масу, негігроскопічні, стійки до хімічних агресивних середовищ, не затримують паро- і газоподібні домішки. Їх головні переваги перед іншими фільтрами – це висока затримуюча здатність та малий опір потоку повітря, що дозволяє досягати великих швидкостей аспірації (до 200 л/хв).

Процес підготовки фільтра до відбору проб включає визначення його початкової маси за допомогою зважування. Після зважування кожен фільтр укладають у пакетик з кальки і відправляють на зберігання. Зберігають фільтри в сухому приміщенні при кімнатній температурі в умовах, що виключають попадання вологи.

При відборі проб фільтри поміщають у спеціальні фільтротримачі. Після відбору проби фільтр за допомогою пінцета обережно витягають із тримача, складають вчетверо запиленою поверхнею всередину і поміщають у той же пакетик, з якого він був взятий. В упакованому вигляді фільтр доставляється до лабораторії, де його повторно зважують [2].

4.3 Забезпечення і контроль витрати повітря

При дослідженні атмосферних забруднень важливе значення має задача забезпечення стабільної витрати повітря крізь вимірювальний пристрій. Це пов'язано з тим, що похибка вимірювання концентрації інгредієнтів насамперед залежить від того, наскільки точні відомості про об'єм повітря, протягнутого при аналізі. Для визначення цього об'єму необхідно знати тривалість відбору проби і витрату повітря крізь вимірювальний пристрій.

У загальному випадку, *витрата* – це фізична величина, що визначається кількістю рідини чи газу, що проходять через деяку трубу чи русло в одиницю часу.

У залежності від того, в яких одиницях вказується кількість речовини, розрізняють два види витрати:

- об'ємна витрата Q_v (м³/с);
- масова витрата Q_m (кг/с).

Контроль часу, протягом якого відбувається відбір проби, здійснюється за допомогою таймера або звичайного годинника, а для контролю витрати повітря використовуються спеціальні пристрої – *витратоміри* [2].

4.3.1 Витратовимірники.

Найбільшого поширення в практиці контролю забруднення атмосфери набули методи вимірювання витрати, що базуються на явищі утворення перепаду тиску повітря. Розрізняють два види витратомірів:

- витратоміри *змінного перепаду тиску*;
- витратоміри *постійного перепаду тиску*.

Витратоміри змінного перепаду тиску називають *реометрами*. Витратоміри постійного перепаду тиску називають *ротаметрами* [2].

4.3.2 Збудники витрати.

Для протягання повітря через поглинальні пристрої, фільтри і робочі камери автоматичних газоаналізаторів застосовуються різні види збудників витрати (ЗБВ) повітря.

Збудники витрати, як правило, встановлюються на виході пристрою для відбору проб. Для протягання повітря в установках, де необхідні високі (до 100 л/хв) значення витрати (наприклад, для відбору проб на пил) найширше застосування в практиці контролю забруднення повітря знайшли побутові пилососи.

В даний час працюють спеціальні аспіратори, призначені для відбору проб повітря на фільтри з метою подальшого визначення концентрації аерозольних домішок. До них, наприклад, належить *електроаспіратор ЕА-2*, що використовується у складі комплектної лабораторії «ПОСТ-2» (або самостійно).

У пристроях для відбору проб на газові інгредієнти, де необхідно забезпечити витрату повітря не вище 10 л/хв, як правило, використовуються ротаційні збудники витрати повітря (повітродувки).

Ротаційна повітродувка застосовується в декількох моделях електроаспіраторів. Серед них моделі: 822, *ЕА-1А* і *ЕА-1*.

Електроаспіратор моделі 822 використовується у складі комплектної лабораторії «ПОСТ-1» і пересувної лабораторії «Атмосфера II». Аспіратор має 4 канали, що забезпечують одночасний відбір чотирьох проб повітря через поглинальні пристрої. Вимірювання витрати повітря здійснюється за допомогою чотирьох ротаметрів, що працюють у різних діапазонах.

Аналогічно працює *електроаспіратор ЕА-1А*. Його основна відмінність від моделі 822 полягає в тому, що він призначений для використання в пересувній лабораторії.

Електроаспіратор ЕА-1 призначений для використання у складі комплектної лабораторії «ПОСТ-2» або самостійно. Він має 4 канали для відбору проб повітря. В комплект ЕА-1 входить реле часу, за допомогою якого задається час початку відбору проби і забезпечується автоматичне вимикання аспіратора по закінченні відбору (через 20 хв) [2].

4.4 Комплектні лабораторії

Комплектні лабораторії призначені для проведення спостережень за станом атмосферного повітря. Вони, зазвичай, встановлюються в містах та населених пунктах, які обслуговуються централізованими хімічними лабораторіями.

До складу комплектної лабораторії входять вимірювальний комплекс, який забезпечує контроль рівня забруднення і метеорологічних величин, а також система життєзабезпечення, що включає підсистеми електропостачання, опалювання та освітлення.

В даний час на мережі контролю забруднення атмосферного повітря України використовується декілька типів комплектних лабораторій: стаціонарні (*ПОСТ-1*, *ПОСТ-2*, *АТМОСФЕРА-10*) та пересувні (*АТМОСФЕРА-П*, пересувна екологічна лабораторія контролю забруднення атмосфери *ПЕЛКЗА*, лабораторія інспекційного контролю *ЛІК*) [2, 7, 8].

4.4.1 Комплектна лабораторія ПОСТ-1.

Лабораторія *ПОСТ-1* належить до першого покоління подібних технічних засобів, призначених для стаціонарних спостережень. Її вимірювальний комплекс забезпечує виконання таких операцій:

- одночасний відбір до 6-ти проб повітря на різні газові домішки;
- відбір проб повітря на пил і сажу;
- автоматичну реєстрацію вмісту в атмосферному повітрі двох інгредієнтів (CO та SO_2);
- вимірювання основних метеорологічних величин (швидкості і напрямку вітру, температури і вологості повітря).

Конструктивно лабораторія *ПОСТ-1* являє собою укомплектований приладами і відповідним устаткуванням павільйон, виконаний з термоізолюючого матеріалу. Із зовнішньої сторони павільйон облицьований декоративними дюралюмінієвими елементами. На стінах павільйону розташовані вікна для надходження денного світла і люки для установки фільтротримачів.

Крім того, на передній стінці павільйону розміщена камера, в якій у проміжках часу між спостереженнями зберігається датчик температури і вологості повітря. Камера закривається зовні жалюзійними дверцятами. При спостереженнях дверцята відкриваються, і датчик висувається за межі камери на відстань до 1,5 м від стінки лабораторії.

На даху павільйону розташовується повітрозабірник, за допомогою якого повітря для відбору проб на газові домішки подається всередину павільйону. На даху також встановлена щогла висотою 4 м, на вершині якої укріплений датчик швидкості і напрямку вітру.

Крім відбору проб у комплектній лабораторії також передбачена автоматична реєстрація змін концентрації двох газових домішок: CO та SO_2 . З цією метою усередині павільйону передбачені місця для установки газоаналізаторів ГКП-1 та ГМК-3 або «Палладій».

Для вимірювань метеорологічних величин, які необхідно враховувати при контролі забруднення атмосфери, використовується

дистанційна метеорологічна станція М-49. Її датчик параметрів вітру розташовується на даху, а датчик температури і вологості висувається в момент вимірювання назовні. Датчики станції з'єднані електричними кабелями з пультом, розташованим на робочому столі лабораторії [2].

4.4.2 Комплектна лабораторія ПОСТ-2.

Лабораторія *ПОСТ-2* є більш досконалим, ніж *ПОСТ-1*, засобом стаціонарних спостережень за рівнем забруднення атмосферного повітря в містах і зонах розміщення промислових об'єктів.

Вимірювальний комплекс лабораторії *ПОСТ-2* забезпечує виконання наступних операцій:

- ручний відбір проб повітря на газові домішки, пил та саджу;
- автоматичний відбір восьми серій проб повітря на газові домішки;
- автоматичні вимірювання і реєстрація основних метеорологічних величин (швидкості і напрямку вітру, температури і вологості повітря);
- вимірювання низки метеорологічних величин переносними метеорологічними приладами, такими як барометр-анероїд, термометр і психрометр.

Конструктивно лабораторія *ПОСТ-2* близька до лабораторії *ПОСТ-1* і являє собою павільйон, на даху якого встановлені два повітрозабірники, розташовані на висоті 3,9 м, а також щогла для кріплення датчиків параметрів вітру, температури і вологості. На стінах павільйону є чотири люки для ручного відбору проб на пил і саджу і два люки для природної і примусової (за допомогою кондиціонера) вентиляції внутрішнього приміщення лабораторії.

Для вимірювань метеорологічних величин у лабораторії використовується автоматичний метеорологічний комплекс, що складається з анеморумбометра, гігрометра сорбційного і термометра [2].

4.4.3 Стаціонарний пост АТМОСФЕРА-10.

Пост *АТМОСФЕРА-10* (рис. 4.3) є одним з прикладів сучасних стаціонарних постів, які діють на мережі контролю забруднення атмосферного повітря в Україні.

Пост являє собою вимірювально-інформаційну систему, призначену для автоматичного безперервного контролю і спостережень за станом приземного шару атмосфери міст та крупних промислових центрів.

Пост *АТМОСФЕРА-10* здійснює автоматичний прийом вимірюваної інформації від газоаналізаторів та вимірювача метеопараметрів, передачу даних через модеми в центральний персональний комп'ютер (ПК) споживача за запитом з ПК. Пост забезпечує накопичення, архівацію,

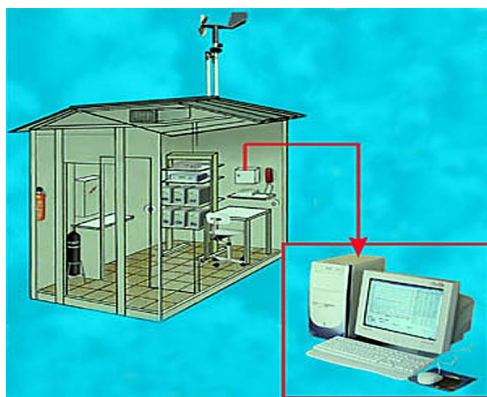


Рис. 4.3. Стационарний пост АТМОСФЕРА-10 [8].

обробку контрольнo-вимірювальної інформації та її зберігання на протязі 5 років. В табл. 4.1 наведені основні технічні характеристики поста.

Таблиця 4.1 – Основні технічні характеристики стаціонарного поста АТМОСФЕРА-10 [7]

Вимірюваний компонент	Діапазон вимірювань	Допустима похибка
Діоксид азоту, мг/м ³	0,000 – 10,000	±0,005
Оксид азоту, мг/м ³	0,000 – 10,000	±0,005
Оксид вуглецю, мг/м ³	0,00 – 50,00	±0,2
Діоксид сірки, мг/м ³	0,000 – 1,000	±0,005
Температура, °С	-40 – +50	±0,8
Відносна вологість, %	30 – 98	±10
Атмосферний тиск, гПа	650 – 1080	±1,0
Швидкість вітру, м/с	1,5 – 50	±0,5 при $v \leq 5$ м/с ±10 при $v > 5$ м/с
Напрямок вітру, град.	0 – 359	±10

Програмне забезпечення поста дозволяє щохвилино опитувати кожен газоаналізатор і метеодатчик, розраховувати середні за 20 хв значення по кожному компоненту, що вимірюється, формувати щоденні файли, які містять дату, час, значення концентрацій і метеопараметрів за кожні 20 хв.

Пост забезпечує ручний відбір проб повітря для визначення концентрацій пилу, бенз(а)пірена, свинцю, формальдегіду.

На посту передбачені три рівні захисту вимірюваної екологічної інформації:

- зберігання вимірюваної інформації в енергонезалежній пам'яті кожного газоаналізатора протягом не менше 30 діб (*перший рівень*);
- зберігання вимірюваної інформації в енергонезалежній пам'яті контролера поста протягом не менше 5 років (*другий рівень*);
- зберігання вимірюваної інформації в енергонезалежній пам'яті центрального ПК протягом не менше 10 років (*третій рівень*).

Робота поста автоматично відновлюється після перебоїв енергопостачання і модемного зв'язку [8].

4.4.4 Пересувна лабораторія АТМОСФЕРА-II.

Лабораторія *АТМОСФЕРА-II* призначена для мобільного контролю стану атмосферного повітря в містах і зонах розміщення промислових об'єктів, а також для спостереження за поширенням шкідливих речовин від промислових джерел.

Вимірювальний комплекс лабораторії Атмосфера-II змонтований у кузові автофургона типу УАЗ і забезпечує виконання таких операцій:

- одночасний відбір до чотирьох-шести проб повітря на необхідні газові домішки;
- відбір проб повітря на пил і сажу;
- інструментальний аналіз вмісту в атмосферному повітрі чотирьох інгредієнтів: діоксиду сірки, сірководню, озону і хлору;
- вимірювання основних метеорологічних величин.

Система вимірювань метеорологічних величин включає декілька вітровимірювальних приладів, аспіраційний психрометр і барометр-анероїд. Основним вітровимірювальним приладом є дистанційний анеморумбометр М-47, датчик якого розташовується на невеликій щоглі, закріпленій на даху фургону [2].

4.4.5 Пересувна екологічна лабораторія контролю забруднення атмосфери.

Пересувна лабораторія *ПЕЛКЗА* (рис. 4.4) призначена для спостережень за станом атмосферного повітря в населених пунктах, санітарно-захисних зонах та робочих зонах промислових підприємств.



Рис. 4.4. Пересувна екологічна лабораторія *ПЕЛКЗА* [8].

Лабораторія розміщується в мікроавтобусі «Газель» або аналогічному. До складу лабораторії входить контрольно-вимірювальний комплекс, збудований з урахуванням наявності автоматичних газоаналізаторів, портативних приладів для контролю повітря робочої зони, пробовідбірних приладів тощо.

Результати вимірювань обробляються за допомогою спеціальних програм на портативному ПК і можуть бути виведені на принтер або передані в центр. Основні технічні характеристики лабораторії наведені в табл. 4.2 [8].

Таблиця 4.2 – Основні технічні характеристики ПЕЛКЗА [8]

Вимірюваний компонент	Діапазон вимірювань, мг/м ³	Допустима похибка
Діоксид азоту	0,000 – 10,000	±0,005
Оксид азоту	0,000 – 10,000	±0,005
Оксид вуглецю	0,00 – 50,00	±0,2
Діоксид сірки	0,000 – 1,000	±0,005
Озон	0,000 – 1,000	±0,005
Вуглеводні	0,00 – 50,00	±0,3

4.4.6 Лабораторія інспекційного контролю.

Основні області застосування лабораторії ЛІК – контроль інспекційними органами шкідливих викидів в атмосферу і контроль відхідних газів в технологічних процесах з метою забезпечення оптимального спалювання палива.

Лабораторія розміщується в мікроавтобусі на базі автомобіля «Газель» і призначена для контролю валових викидів та масової концентрації основних забруднюючих речовин.

Лабораторія забезпечує вимірювання таких параметрів:

- масова концентрація забруднюючих речовин у пробах газів, що безперервно відбираються від димових труб;
- тиск і температура топкових газів;
- температура навколишнього середовища;
- абсолютний тиск і різниця тиску.

Для збору і обробки інформації використовується персональний комп'ютер. Результати вимірювань можна виводити на принтер або передавати в регіональний центр за допомогою ліній зв'язку.

Вимірювальний комплекс лабораторії забезпечує визначення таких газів:

- оксид вуглецю (діапазон вимірювання 0 – 5,0 г/м³);
- оксид азоту (діапазон вимірювання 0 – 2,0 г/м³);
- діоксид азоту (діапазон вимірювання 0 – 0,2 г/м³);

- діоксид сірки (діапазон вимірювання $0 - 5,0 \text{ г/м}^3$) [8].

4.5 Газоаналізатори

В наш час розроблено значну кількість газоаналізаторів для оцінки вмісту в атмосферному повітрі концентрацій різних забруднюючих речовин. Розглянемо принципи роботи деяких з них.

Газоаналізатор ГМК-3. Автоматичний оптико-акустичний газоаналізатор ГМК-3 призначений для визначення у повітрі концентрації оксиду вуглецю. Діапазон вимірюваних концентрацій – $0 - 40 \text{ мг/м}^3$ ($\pm 10 \%$) та $0 - 80 \text{ мг/м}^3$ ($\pm 5 \%$).

Газоаналізатор ГМК-3 може використовуватися як для аналізу дискретних проб повітря, так і для безперервної реєстрації рівня забруднення атмосферного повітря *СО* в районі розташування лабораторії ПОСТ.

При безперервній роботі газоаналізатора на його діаграмній стрічці записується назва вимірюваного газу, вказується номер поста, його місцезнаходження, тип та заводський номер приладу, швидкість протягання стрічки, дата та час встановлення стрічки.

Газоаналізатор ГКП-1. Автоматичний газоаналізатор ГКП-1 призначений для визначення у повітрі концентрації діоксиду сірки. Діапазон вимірюваних концентрацій – $0,5 - 10,0 \text{ мг/м}^3$ ($\pm 20 \%$).

Основним елементом газоаналізатора є датчик, який містить:

- 1) систему забору і очищення повітря від пилу;
- 2) електрохімічну комірку з оргскла;
- 3) систему підтримання постійної витрати, що забезпечує прокачування повітря через електрохімічну комірку;
- 4) систему термостатування, яка забезпечує підтримання всередині датчика постійної температури $18 - 20 \text{ }^\circ\text{C}$ при роботі у зимових умовах.

При експлуатації газоаналізатора ГКП-1 необхідно своєчасне проведення профілактичних робіт.

Газоаналізатор 667ФФ. Автоматичний газоаналізатор 667ФФ призначений для забезпечення контролю за концентрацією діоксиду сірки. В основу роботи газоаналізатора покладений флуоресцентний метод. Діапазони вимірюваної концентрації – $0 - 0,5$, $0 - 1,5$, $0 - 5,0 \text{ мг/м}^3$ ($\pm 20 \%$) [6].

Газоаналізатор 667ФФ05. Автоматичний газоаналізатор 667ФФ05 також призначений для визначення концентрацій діоксиду сірки в атмосферному повітрі у складі пересувних та стаціонарних лабораторій (постів). Він використовується також автономно, в т.ч. для наукових

досліджень. Діапазон вимірювання – 0 – 1,0 мг/м³ ($\pm 0,005$ мг/м³). Результати вимірювань за останні 128 діб роботи газоаналізатора зберігаються в енергонезалежній пам'яті [8].

Газоаналізатор 645ХЛ. Автоматичний хемолюмінісцентний газоаналізатор 645ХЛ призначений для вимірювання концентрацій оксиду азоту, діоксиду азоту і суми оксидів азоту. Діапазони вимірюваних концентрацій – 0 – 0,25, 0 – 0,75, 0 – 2,5 та 0 – 7,5 мг/м³. При цьому значення похибок для оксиду та діоксиду азоту не перевищує ± 20 %, для суми оксидів азоту – ± 30 %.

Газоаналізатори 645ХЛ можуть працювати у складі автоматичних станцій контролю забруднення атмосферного повітря, а також в автономному режимі в лабораторіях ПОСТ та інших лабораторних приміщеннях. При виконанні вимірювань температура навколишнього середовища повинна бути у межах 10 – 35 °С. Різких змін температури, що приводять до конденсації вологи, не припускається [6].

Газоаналізатор 645ХЛ10. Газоаналізатор 645ХЛ10 призначений для визначення концентрації оксидів азоту (NO , NO_2) в атмосферному повітрі або повітрі робочої зони у складі пересувних і стаціонарних лабораторій (постів). Він використовується також автономно, в т.ч. для наукових досліджень. Діапазон вимірювання – 0 – 10 мг/м³ ($\pm 0,005$ мг/м³). Результати вимірювань за останні 128 діб роботи газоаналізатора зберігаються в енергонезалежній пам'яті [8].

Газоаналізатор 652ХЛ. Автоматичний газоаналізатор 652ХЛ призначений для контролю вмісту озону. В основу його роботи також покладений хемолюмінісцентний метод. Діапазони вимірюваних концентрацій – 0 – 0,05, 0 – 0,15, 0 – 0,5 та 0 – 1,5 мг/м³ (± 20 %) [6].

Газоаналізатор 652ХЛ04. Газоаналізатор 652ХЛ04 призначений для визначення концентрації озону в повітрі та виведенні цієї інформації на цифрове табло, а також виведенні усередненої (30 хв) інформації за попередню добу та усередненої (6 год) інформації за попередній місяць у вигляді протоколу на принтер або ПК. Діапазон вимірювання – 0 – 1,0 мг/м³ ($\pm 0,003$ мг/м³) [8].

Газоаналізатор 623ІН02. Газоаналізатор 623ІН02 використовується для контролю масових концентрацій суми вуглеводнів, метану та суми вуглеводнів за виключенням метану. Робота газоаналізатора заснована на використанні полум'яно-іонізаційного методу вимірювань. Діапазони вимірюваних концентрацій – 0 – 5, 0 – 15 та 0 – 50 мг/м³ (± 15 %).

Газоаналізатор Палладій-3. Газоаналізатор Палладій-3 призначений для контролю за забрудненням атмосфери і повітря виробничих приміщень оксидом вуглецю. Контроль здійснюється шляхом вимірювання вмісту CO у повітрі та видачі інформації у вигляді уніфікованого вихідного сигналу, пропорційного величині, що аналізується. Газоаналізатор працює у безперервному режимі [6].

Газоаналізатор 604EX14. Портативний багатокомпонентний газоаналізатор 604EX14 призначений для одночасного автоматичного вимірювання концентрацій чотирьох газових компонентів в повітрі, а також для здійснення тривожної звукової та світлової сигналізації про перевищення заданих рівнів концентрацій аналізуємих газів при контролі повітря робочої зони промислових підприємств. В основу роботи покладений електрохімічний принцип вимірювань. Діапазони вимірювань складають: для сірководню – 0 – 50 мг/м³, для аміаку – 0 – 100 мг/м³, для оксиду вуглецю – 0 – 200 мг/м³, для діоксиду азоту – 0 – 10 мг/м³. Похибка вимірювань складає ±25 %.

Газоаналізатор 621EX15. Стаціонарний газоаналізатор 621EX15 призначений для вимірювання масових концентрацій оксиду вуглецю в атмосферному повітрі. Він має можливість архівації вимірюваних значень з дискретністю 20 хв протягом не менше одного місяця. Принцип дії газоаналізатора – електрохімічний. Діапазони вимірюваних концентрацій – 0 – 3,0 мг/м³ (±0,6 мг/м³) та 3,0 – 50,0 мг/м³ (±20 %).

Газоаналізатор Спектр-4. Газоаналізатор Спектр-4 призначений для безперервного вимірювання масових концентрацій оксиду азоту, діоксиду азоту, діоксиду сірки, оксиду вуглецю, метану. Він застосовується при моніторингу шкідливих газових викидів в атмосферу, а також при контролі відхідних газів в технологічних процесах. Діапазони вимірювань складають: для оксиду вуглецю – 0 – 1 та 0 – 15 г/м³, для оксиду азоту – 0 – 1 та 0 – 6 г/м³, для діоксиду азоту – 0 – 0,2 та 0 – 0,6 г/м³, для діоксиду сірки – 0 – 0,5 та 0 – 15 г/м³, для метану – 0 – 1 та 0 – 5 г/м³. Похибка вимірювань складає ±10 %.

Газоаналізатор 603EX01M. Автотрасовий багатокомпонентний газоаналізатор 603EX01M призначений для безперервного моніторингу забруднення повітря уздовж автомагістралей токсичними компонентами відпрацьованих газів транспортних засобів. Він також може застосовуватися для контролю складу повітря робочих зон, на промислових майданчиках у складі систем техногенно-екологічного моніторингу підприємств різних галузей господарства. В основу роботи газоаналізатора покладений електрохімічний принцип вимірювання. Діапазони вимірювань складають: для оксиду вуглецю – 1,8 – 100 мг/м³, для діоксиду азоту – 0,6 – 15 мг/м³, для діоксиду сірки – 0,8 – 20 мг/м³. Похибка вимірювань складає ±15 % [8].

4.6 Відбір проб води

Метрологічне забезпечення контролювання якості води передбачає вирішення таких завдань:

- визначення необхідного ступеня очистки стічних вод;
- прогнозування якості води на перспективу;
- забезпечення робіт необхідною вимірною, лабораторною, нормативною базою;
- встановлення у певному створі необхідного ступеня очистки та ін.

Інгредієнти водних ресурсів часто можуть перебувати у різному агрегатному стані, хімічних формах, які мають неоднакові фізико-хімічні властивості, або вміст домішок може бути настільки малий, що унеможливить визначення без попереднього відокремлення і концентрування.

Особливості відбору проб з природних водних об'єктів зумовлюються метою, завданням досліджень, типами водних об'єктів і виконуються відповідно до програми моніторингу (спостережень) – теоретично і експериментально визначеної оптимальної кількості показників та послідовності досліджень, які дають змогу отримати повну і достовірну інформацію про якість води в певному місці у визначений час.

При організації моніторингу природних вод слід дотримуватися метрологічних вимог, які регламентують об'єм, місце відбору, консервацію, транспортування, зберігання проб, які, як правило, наводяться у стандартизованих методиках щодо кожного конкретного випадку.

Об'єм проби води для аналізу визначається з урахуванням кількості визначуваних інгредієнтів, чутливості обраних методик аналізу та особливостей підготовки проб до аналізу.

Місце відбору проб має важливе значення при аналізі води річок і водосховищ, оскільки в них концентрації хімічних інгредієнтів можуть змінюватися з огляду на площу, глибину і час.

Відбір проб води може бути *одноразовим, серійним, змішаним*.

Одноразовий відбір проб використовують переважно при аналізі глибинних підземних вод, хімічний склад яких є досить сталим у часі, просторі і глибині. Такий відбір необхідний також для періодичного контролювання якості води природного водного об'єкта, закономірності зміни концентрацій інгредієнтів якого уже досліджені й з'ясовані.

Серійний відбір проб забезпечує регулярною інформацією завдяки узгодженню місця і часу відбору та кількості спостережень. Найпоширенішими варіантами серійного відбору проб води є такі:

- відбір води через певні проміжки часу (година, день, декада, сезон);
- зональний відбір (за певною схемою точок відбору);
- узгоджений відбір проб (після скидів, для вивчення біологічних, фізико-хімічних процесів у водоймах).

Змішані проби відбирають одночасно в різних місцях досліджуваного водного об'єкта або в одному місці через визначені

проміжки часу. Такі проби характеризують середній хімічний склад води певного об'єкта в просторі або за встановлені проміжки часу.

Проби з річок відбирають у місцях найшвидшої течії, проби із водосховищ і озер відбирають на стаціонарних точках.

Хімічний склад атмосферних опадів формується переважно в повітрі, тому проби дощової води вловлюють лійками протягом визначеного періоду досліджень. Якщо необхідно визначити середній хімічний склад дощової води, то її відбирають протягом усього часу випадання дощу. За необхідності визначити якість чистої дощової води пробу відбирають через 5 - 10 хв після початку дощу.

Метою консервації проб води є збереження її фізичних властивостей і хімічного складу в такому стані, в якому вони були на момент відбору проби. Консервацію проводять тоді, коли неможливо виконати аналіз на місці відбору проби. Однак консервація не може повністю запобігти змінам хімічного складу, тому визначення фізичних властивостей та хімічного складу законсервованих проб рекомендовано проводити наступного дня, але не пізніше ніж на третій день після відбору проби води.

Проби питної води слід відбирати перед потраплянням її в розподільчу мережу, а також у самій мережі. Проби відбирають в хімічно чистий посуд, виконаний з матеріалу, який може контактувати з питною водою. Проби, призначені для аналізу на вміст органічних речовин, відбирають тільки у скляний посуд. Відбір проби виконується після 15-хвилинного спускання води при відкритому крані. Аналізують пробу в день відбору зразків (табл. 4.3).

Для транспортування проби води відбирають у скляний або поліетиленовий посуд, що герметично закривається. При цьому у тарі не повинно бути повітря.

Проби не можна консервувати при визначенні багатьох показників (у дужках зазначена допустима тривалість збереження води): температури, CO_2 , HCO_3^- , кислотності, лужності, озону, хлору, сульфідів; розчиненого кисню (фіксують одразу); смаку, запаху, кольоровості (2 год.); біохімічного споживання кисню (1 доба); зависей, прозорості, каламутності, розчинених речовин, pH , жирних кислот (1 доба), ароматичних вуглеводнів; фенолів (5 діб); Na^+ , K^+ , Ca^{+} , Mg^{2+} , Cl^- , F^- , SO_4^{2-} (до 3 діб).

Пробовідбірники відбирають проби в одну або кілька пробовідбірних посудин відповідно до вимог нормативних документів. Під час експлуатації пробовідбірників з кількома пробовідбірними посудинами повинна забезпечуватися черговість їхнього заповнення, не слід допускати змішування проб. Матеріал, з якого виготовляють пробовідбірники, повинен бути хімічно стійким і не змінювати складу і властивостей проби [1].

Таблиця 4.3 - Способи консервування і умови зберігання проб питної води
[1]

Визначуваний інгредієнт	Об'єм проби, см ³	Кількість консерванту на 1 дм ³ проби	Посуд	Термін і умови зберігання проб
Залишковий озон	1000	Не консервують	Скляний	Не зберігають. Визначення проводять на місці відбору
Залишковий хлор	500	-//-	-//-	-//-
<i>pH</i>	200		Скляний або пластиковий	Не зберігають. Визначення проводять не пізніше ніж через 2 год після відбору
Смак, запах при 60 °С, кольоровість	500	-//-	Скляний	-//-
Поліфосфати	500	2 – 4 мл хлороформу	Скляний або поліетиленовий	Зберігають у холодильнику. Визначення проводять не пізніше ніж через 24 год після відбору
Нітрати	200	2 – 4 мл хлороформу	-//-	Зберігають у холодильнику. Визначення проводять не пізніше ніж через 72 год після відбору

4.7 Відбір проб ґрунту

Виконання вимог методик відбору проб ґрунтів на всіх етапах дає змогу отримати достовірні експериментальні дані.

Хімічний склад ґрунтів є стабільнішим, ніж води і повітря, у часі й у просторі, особливо щодо вмісту основних компонентів. Для визначення антропогенних забруднюючих речовин проби ґрунтів відбирають в

інтенсивно забруднених районах. Проте антропогенне забруднення часто має мозаїчний характер, тому найзабрудненіші місця виявляють за допомогою спеціальних досліджень.

Як основу розміщення сітки стаціонарних площадок для відбору проб застосовують розу вітрів, орієнтуючись на 2 – 3 напрямки. Як правило, проби відбирають на відстані 5 – 50 км від джерела забруднення по осі переносу повітряних мас за переважними напрямками розсіювання викидів. У зонах дії автомагістралей проби відбирають у межах 10 – 200 м, селищних доріг – 5 – 50 м від дороги. Проби ґрунтів відбирають у поліетиленові пакети і висушують.

Для відбору проб, як правило, використовують бюкси – алюмінієві стаканчики. Вибирають характерні забруднені ділянки, позначають місця відбору та записують у журнали вертикальну структуру відбору і відповідні номери бюксів згідно з критеріями системи моніторингу.

Відбір проб має забезпечити репрезентативність досліджень, а його точність є обов'язковою передумовою отримання точних результатів вимірювань.

Після відбору і транспортування проб їх висушують, якщо метою аналізування є визначення механічного складу та хімічних інгредієнтів. Для визначення вологості необхідно попередньо зважувати бюкси з вологим ґрунтом, а потім висушувати їх у спеціальних печах. Після цього ті самі зразки можна використовувати для визначення механічного складу ґрунту.

Визначення механічного складу передбачає просіювання зразків ґрунту через набір стандартних сит, кожне з яких має певний діаметр отворів, через які послідовно просіюються фракції від більших до найменших.

Для визначення хімічного складу ґрунтів проби висушують на повітрі протягом кількох діб. Сухі зразки за потреби відбору середньої проби (на певній ділянці) добре перемішують. Оскільки при висушуванні змінюється pH , гідролітична кислотність, вміст захисного заліза, сполук азоту, фосфору тощо, при необхідності спеціальних досліджень аналізують свіжий відібраний ґрунт.

При підготовці проб до аналізу (особливо твердих) використовують різноманітні дробарки з метою подрібнення ґрунтових зразків.

Повітряно-сухий ґрунт масою 600 – 700 г розміщують на чистому папері й вилучають корені рослин, каміння та інші включення. Великі грудки ґрунту розбивають у фарфоровій ступці та перемішують з основною масою.

Для відбору лабораторної проби просіяну середню пробу розміщують на аркуші чистого паперу і перемішують. Для аналізу необхідно відібрати 5 – 6 г дрібно розтертої і добре перемішаної проби.

Використовують також інші способи підготовки ґрунтів і донних відкладів для спеціальних аналізів. Наприклад, автоклавована підготовка проби ґрунту ґрунтується на повному розкладі (мінералізації) її органічної основи кислотами та їх парами у герметично закритому об'ємі автоклава при температурі до 240 °С. Автоклави використовують для підготовки проб ґрунтів, кормів, продуктів рослинництва, лікарської сировини і з метою визначення зольності та вмісту токсичних металів [1].

Питання для самоконтролю:

1. Як здійснюється відбір проб повітря на газові інгредієнти?
2. Які існують види поглинальних пристроїв?
3. Як здійснюється відбір проб на аналіз аерозольних домішок?
4. Які існують пристрої, що забезпечують і контролюють витрату повітря?
5. Охарактеризуйте комплектну лабораторію спостережень за забрудненням повітря ПОСТ-1.
6. Охарактеризуйте комплектну лабораторію спостережень за забрудненням повітря ПОСТ-2.
7. Які особливості стаціонарного поста АТМОСФЕРА-10?
8. Які існують пересувні лабораторії контролю забруднення атмосферного повітря?
9. Охарактеризуйте основні типи газоаналізаторів.
10. Які існують види відбору проб води?
11. Загальні вимоги до відбору проб ґрунту.

5 АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Автоматизовані системи контролю забруднення природного середовища (АСКЗС) – це інформаційно-вимірювальні системи, які служать для оперативного збору, обробки і представлення даних про стан довкілля. Наявність таких даних є найважливішою умовою для здійснення оперативних і планування перспективних заходів з регулювання якості природного середовища, боротьби з його забрудненням.

У практиці екологічного моніторингу автоматизовані системи, головним чином, використовуються для контролю двох середовищ: атмосферного повітря та поверхневих і морських вод, а також для контролю радіаційної обстановки в районах розташування АЕС. Такі АСКЗС, як правило, мають дворівневу ієрархічну структуру.

На першому рівні функціонують стаціонарні і пересувні станції контролю забруднення середовища (СКС). Вони здійснюють вимірювання концентрацій інгредієнтів забруднення і супутніх гідрометеорологічних величин, а також виконують попередню обробку отриманих даних. Результати вимірювань представляються в зручному для сприйняття вигляді, тобто в дійсних значеннях фізичних величин, і потім передаються на другий рівень.

На другому рівні АСКЗС функціонує центр обробки інформації (ЦОІ). До його складу входить інформаційно-керуючий обчислювальний комплекс, а також засоби відображення, реєстрації і розмноження вимірювальної інформації, засоби зв'язку і апаратура передачі даних. Перелічені засоби призначені для виконання таких функцій:

- централізований збір даних;
- обробка і аналіз інформації, що надходить, з метою оцінки її достовірності;
- аналіз виникаючих ситуацій;
- короткострокове прогнозування забруднення;
- ретроспективна обробка інформації для наукових досліджень і з метою вдосконалення системи;
- підготовка і передача відповідним споживачам штормової, підсумкової і прогнозної інформації про стан природного середовища, що контролюється (штормова інформація містить відомості про перевищення вимірюваними величинами небезпечних значень) [2].

5.1 Автоматична станція контролю забруднення атмосфери

Стаціонарна станція АСКЗА призначена для здійснення безперервного тривалого спостереження за станом атмосферного повітря в населених пунктах, санітарно-захисних зонах промислових підприємств. Станція має засіб збору та обробки вимірюваної інформації, яке через модем забезпечує передачу накопиченої інформації в центр по лініях зв'язку. Наявність комплексу метеоприладів дозволяє при організації мережі станцій спостережень отримувати інформацію не лише про концентрації забруднюючих речовин, але і про місце їх локалізації. Вимірювальний комплекс розміщується в павільйоні ПОСТ-2. В табл. 5.1 наведено інформацію про основні технічні характеристики станції.

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики АСКЗА [8]

Вимірювані компоненти і параметри	Діапазон вимірювань
Діоксид сірки, мг/м ³	0 – 0,2 – 1,0 – 2,5
Оксид і діоксид азоту, мг/м ³	0 – 0,1 – 0,5 – 2,0 – 10,0
Вуглеводні (за виключенням метану, мг/м ³	0 – 5,0 – 15,0 – 50,0
Оксид вуглецю, мг/м ³	0 – 5,0 – 50,0
Озон, мг/м ³	0 – 0,1 – 0,5 – 1,0
Аміак, мг/м ³	0 – 0,2 – 1,0 – 5,0
Сірководень, мг/м ³	0 – 0,1 – 0,5
Пил, мг/м ³	0 – 3,0 – 10,0 – 30,0
Напрямок вітру, град.	0 – 360
Швидкість вітру, м/с	0 – 35
Відносна вологість, %	0 – 100
Температура, °С	-40 – +50
Атмосферний тиск, гПа	650 – 1080

Вимірювана інформація представляється у вигляді:

- миттєвих значень;
- усереднених значень;
- накопичення інформації за останні 3 доби [8].

5.2 Автоматизовані системи контролю якості водних об'єктів

Автоматизовані системи контролю якості призначені для визначення стану водних об'єктів, під яким розуміють кількісні та якісні показники відповідності критеріям природного стану водного об'єкта або критеріям водокористування.

Автоматизована система контролювання поверхневих вод – комплекс технічних засобів, що вимірюють у часі та просторі фізичні, хімічні й біологічні показники якості води, передають інформацію на центральний пункт управління і попереджають про порушення норм водокористування.

Автоматизовані системи дають змогу автоматично здійснювати відбір проб води, вимірювання, оброблення і передавання інформації. Найпоширенішими з них є *автоматизована система контролю якості природних вод (АСК ПВ)*, *автоматизована система контролю якості води АСЯНС-ВГ* (автоматизоване спостереження якості навколишнього середовища – водний горизонт; *автоматизована станція контролю якості води (АСКЯВ)* та ін.

Залежно від складу і кількості об'єктів, що належать до АСК, їх поділяють на прості системи контролю якості води в одному пункті водного об'єкта, які мають лише одну станцію контролю, і складні басейнові системи, що охоплюють велику кількість станцій контролю, тобто весь річковий басейн.

АСК виконують функції відбору і транспортування проб води; консервування та зберігання проб; вимірювання показників кількості й якості води; реєстрації і сигналізації; введення даних; оброблення і передавання інформації.

В табл. 5.2 наведені показники якості води, які можна визначати автоматично [1].

Таблиця 5.2 – Характерні показники якості води, які можуть бути рекомендовані для автоматичних визначень [1]

Характерні показники	Властивості води та інгредієнти, що вимірюються
Мінеральні речовини	Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-
Органічні речовини	Загальний розчинений вуглець, БСК, розчинений кисень
Показники евтрофікації	Первинна продукція та деструкція або хлорофіл; розчинений кисень; NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , $N_{заг}$, PO_4^{3-} , $P_{заг}$
Показники токсичності	Специфічні біологічні тести (водні організми, ферментативні реакції)
Специфічні ЗР	Важкі метали, пестициди, нафтопродукти, феноли, СПАР
Загальні показники	Температура, pH , електропровідність, окисно-відновний потенціал, завислі речовини

5.3 Автоматизовані системи контролю радіаційної обстановки

Автоматизована система контролю радіаційної обстановки (АСКРО) призначена для виконання інформаційно-обчислювальних, керуючих і допоміжних функцій при спостереженнях за станом радіаційної безпеки на АЕС України (Рівненська, Хмельницька, Запорізька, Південно-Українська) і в районі їх розташування як в нормальному режимі експлуатації, так і в аварійних ситуаціях.

АСКРО призначена для:

- постійного контролю радіаційної обстановки (РО) на промисловому майданчику АЕС, у санітарно-захисній зоні і зоні спостереження у всіх режимах експлуатації АЕС (нормальної експлуатації, проектної і позапроектної аварії, зняття з експлуатації), в обсязі, достатньому для оперативного висновку про відповідність або невідповідність РО вимогам нормативних документів, що визначають міри і порядок забезпечення радіаційної безпеки на АЕС;
- підвищення рівня радіаційної безпеки АЕС;
- забезпечення достовірною інформацією про радіаційний стан навколишнього середовища, прогнозування змін РО, а також для одержання інформації, необхідної для визначення активності і складу радіонуклідів, що надійшли за межі території АЕС, і розробки рекомендацій для прийняття рішень по ліквідації чи ослабленню радіаційних наслідків можливої аварії.

Діяльність АСКРО полягає у зборі, оперативному і довгостроковому збереженні і наданні поточної і ретроспективної інформації про стан РО в місцях контролю.

Збір інформації про параметри РО здійснюється за допомогою набору датчиків, розташованих на стаціонарних постах контролю (ПК) і пересувних постах контролю (ППК). Кожен ПК має локальний архів, у якому зберігаються дані про вимірювані параметри за останні 24 год. Відповідно до заданого циклу проводяться опитування відповідних ПК і ППК і формуються бази даних вимірюваних параметрів [7].

АСКРО забезпечує:

- оцінку радіаційного стану на проммайданчику, санітарно-захисній зоні, зоні спостереження в нормальному й аварійному режимах експлуатації станції;
- вимір радіоактивності рідких скидів;
- контроль газоаерозольних викидів;
- виявлення радіаційної аварії на АЕС;
- радіаційний контроль стану захисних бар'єрів;
- радіаційний контроль технологічних систем;
- дозиметричний контроль;

- радіаційний контроль навколишнього середовища;
- виявлення негерметичності технологічного устаткування [9].

Спостереження за РО ведуться безупинно в автоматичному режимі, що дозволяє оперативно одержувати інформацію з постів контролю, проводити систематичний аналіз даних, виконувати прогноз радіаційної обстановки для всіх населених пунктів 30-тикілометрової зони спостереження.

Постами контролю здійснюється вимір газо-аерозольних викидів через вентиляційні труби енергоблоків, рідких скидів, потужності дози, концентрації аерозолів на промайданчиках і в населених пунктах зони розташування АЕС [10].

Моніторинг проводиться автоматично й лабораторно. Пересувні радіаційні лабораторії призначені для контролю радіаційного стану в найбільш критичних місцях санітарно-захисної зони й зони спостереження, а також для експрес-аналізу проб ґрунту, рослин і води з передачею інформації на центральний пост контролю [10].

Технічні засоби АСКРО за рівнями ієрархії розділені на дві підсистеми:

1) підсистему нижнього рівня, до якої входять:

- засоби вимірювання радіаційних параметрів у зоні, що спостерігається;
- засоби вимірювання метеорологічних параметрів;
- засоби збору і первинної обробки інформації, отриманої з усіх засобів вимірювання;
- засоби обміну інформацією;
- засоби відображення інформації;

2) підсистему верхнього рівня, що містить:

- засоби обробки інформації і прогнозування змін РО в зоні контролю;
- засоби відображення інформації;
- засоби архівування і документування інформації;
- засоби інформаційного обміну із суміжними системами [7].

Інформація системи АСКРО передається керівництву НАЕК «Енергоатом» України, відповідних АЕС, обласні управління МНС та екології [10].

Слід зазначити, що в Україні було розроблено кілька варіантів автоматизованих систем контролю забруднення довкілля. В основному, вони призначалися для контролю атмосферного повітря у великих містах і промислових центрах. Проте, жодна з цих систем не доведена до серійного випуску. Зараз АСКЗС застосовуються на промислових майданчиках, де існує значна загроза аварійного забруднення повітря чи води, а також для контролю радіаційної обстановки на АЕС.

Питання для самоконтролю:

1. Для чого призначені автоматизовані системи контролю забруднення навколишнього середовища?
2. Які основні функції станції АСКЗА?
3. Що таке автоматизована система спостережень за якістю водного середовища?
4. Які існують основні види автоматизованих систем спостережень за якістю водного середовища?
5. Які показники можна визначати за допомогою АСК водного середовища?
6. Для чого призначені і що забезпечують АСКРО?
7. Які підсистеми входять для складу АСКРО?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Клименко М.О., Скрипчук П.М.* Метрологія, стандартизація і сертифікація в екології. Підручник. – К.: Видавничий центр «Академія», 2006. – 368 с.
2. *Ауров В.В.* Методи вимірювань параметрів навколишнього середовища: Підручник. – Одеса: ТЭС, 2002. – 284 с.
3. *Белый А.В.* Мониторинг и охрана городской среды: Учебное пособие. – Вологда: ВоГТУ, 2010. – 198 с.
4. *Некос А.Н., Щукін Г.Г., Некос В.Ю.* Дистанційні методи досліджень в екології: Навчальний посібник. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2007. – 372 с.
5. *Посудін Ю.І.* Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. – К.: Світ, 2003. – 288 с.
6. *Беккер А.А., Агаев Т.Б.* Охрана и контроль загрязнения природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 286 с.
7. *Моніторинг довкілля: Підручник / За ред. Боголюбова В.М. і Сафранова Т.А.* – Херсон: Грінь Д.С., 2011. – 530 с.
8. *Офіційний веб-сайт ЗАТ «Украналіт» www.ukranalyt.com.ua.*
9. *Офіційний веб-сайт ВП «Хмельницька АЕС» www.xaes.org.ua.*
10. *Офіційний веб-сайт Рівненської АЕС www.rnpp.rv.ua.*