

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**



**ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра екології та технологій  
захисту навколишнього середовища**

**МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ  
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**  
студентами спеціальностей  
101 «Екологія»,  
183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Дніпро  
НГУ  
2017

Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальностей 101 «Екологія», 183 «Технології захисту навколишнього середовища» / О.О. Борисовська, О.В. Деменко, А.В. Павличенко. – Дніпро: Національний гірничий університет, 2017. – 48 с.

Автори:

О.О. Борисовська, канд. техн. наук, доц.;

О.В. Деменко, асист.;

А.В. Павличенко, канд. біол. наук, доц.

Затверджено методичною комісією з спеціальності 101 «Екологія» (протокол №2 від 21.03.17), 183 «Технології захисту навколишнього середовища» (протокол №2 від 22.03.17) за поданням кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища (протокол №10 від 20.03.2017).

Подано методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища» для студентів спеціальності 101 «Екологія», 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

Відповідальний за випуск, в.о. завідувача кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища канд. біол. наук, доц. А.В. Павличенко

## 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні рекомендації призначені для закріплення теоретичних знань, набутих студентами в лекційному курсі, а також для формування практичних навичок щодо виконання вимірювань параметрів навколишнього середовища.

Методичні рекомендації включають 8 лабораторних робіт, тексти яких викладено за типовою структурною схемою – тема, мета роботи, подання теоретичних положень за темою, завдання та контрольні запитання.

Послідовність проведення лабораторних робіт відповідає темам лекційних занять, що сприяє практичному закріпленню теоретичних знань з дисципліни.

***В результаті виконання лабораторних робіт студенти повинні набути практичні навички з:***

- ❖ вибору методики аналізу відповідно до цілей досліджень;
- ❖ статистичної обробки результатів вимірювання параметрів довкілля;
- ❖ визначення вмісту хлору у питній воді;
- ❖ визначення солоності та жорсткості води за допомогою датчика солоності;
- ❖ визначення водневого показника якості води (рН) за допомогою рН-метра;
- ❖ визначення рівня освітленості;
- ❖ визначення рівня шуму;
- ❖ визначення кислотності ґрунтів.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 ВИБІР ТА АНАЛІЗ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

**Мета роботи:** набуття студентами практичних навичок вибору методики аналізу параметрів навколишнього середовища відповідно до цілей досліджень.

Поставлена мета досягається послідовним вирішення **таких завдань:**

- ознайомлення з основними критеріями, які впливають на вибір методики аналізу об'єктів довкілля;
- проведення детального аналізу запропонованої методики дослідження;
- оцінювання переваг та недоліків обраної методики аналізу.

### **Загальні положення**

Обираючи методику для аналізу, необхідно знати мету аналізу, завдання, які слід вирішити, оцінити переваги і недоліки доступних методів аналізу. Основні критерії, за якими обирають методику аналізу, це:

- величина (маса, обсяг) проби;
- селективність методу;
- можливість виконання аналізу на місці відбору проб (у польових умовах);
- межа визначення;
- точність аналізу.

Обираючи оптимальну методику, слід враховувати *величину проби*, яка залежить від очікуваного вмісту інгредієнта, що визначається і чутливості вимірюваного аналітичного сигналу.

Так, наприклад, *величина проби питної води* становить:

- озон, марганець, свинець – 1 л;
- хлор, смак, запах, кольоровість, прозорість, сульфати, поліфосфати – 0,5 л;
- сухий залишок, цинк – 0,3 л;
- жорсткість, хлориди, мідь – 0,25 л;
- рН, нітрати, залізо, молібден – 0,2 л.

*Величина проби ґрунту:*

- для визначення вмісту в ґрунті хімічних речовин – не менше однієї об'єднаної проби;
- для визначення фізичних властивостей ґрунту – від трьох до п'яти точкових проб на один ґрунтовий горизонт;
- для визначення наявності патогенних організмів і вірусів – 10 об'єднаних проб, кожна з яких складається і трьох точкових.

Точкові проби відбирають з одного або декількох шарів або горизонтів методом конверта, по діагоналі або будь-яким іншим способом з таким розрахунком, щоб кожна проба являла собою частину ґрунту, типову для даної ділянки.

Об'єднану пробу складають змішуванням точкових проб, відібраних на одній пробній ділянці. Маса об'єднаної проби повинна бути не менше 1 кг.

*Проби забрудненого повітря* відбираються шляхом протягування

повітродувними пристроями – аспіраторами, насосами – через накопичувальні елементи або (в окремих випадках) шляхом заповнення посудин обмеженої ємності. Тривалість відбору проб забруднюючих речовин з повітря при визначенні разових і середньодобових концентрацій становить 20-30 хв. при витраті повітря від 0,25 до 15 л/хв., а отже обсяг проби повітря може становити від 5 до 450 л.

*Селективність* (специфічність, вибірковість) – це можливість методики виявляти досліджуваний елемент в присутності іншого елемента. Так, наприклад, при визначенні вмісту діоксиду вуглецю у воді титруванням проби лугом визначенню  $\text{CO}_2$  можуть заважати висока мінералізація води (понад  $1 \text{ г/дм}^3$ ), підвищена жорсткість та високий вміст заліза. В їх присутності результати виявляються мало достовірними.

Чим більш вибіркова методика, чим більше її селективність, тим менше часу витрачається на аналіз, бо немає необхідності у виключенні компонентів, які заважають аналізу (наприклад, атомно-абсорбційний метод вимірювання мікроелементів, зокрема міді, цинку, кобальту та ін., є значно селективні, ніж їх визначення фотометричною методикою). У випадку, коли методика не є селективною, доводиться вдаватися до таких прийомів, як маскування іонів, що перешкоджають аналізу.

*Маскування* – зв'язування іонів, що перешкоджають, у малодисоційовані комплексні сполуки при виявленні, визначенні та відділенні будь-яких компонентів аналізованого об'єкта.

Так, наприклад, залізо (III) перешкоджає визначенню нікелю (II) при осадженні діметілглюксімом, бо залізо (III) одночасно осідає у вигляді  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Але якщо у розчин ввести винну кислоту, яка утворює з залізом (III) малодисоційований розчинний комплекс, то воно не буде осідати і перешкоджати визначенню нікелю. Для маскування широко застосовуються органічні кислоти (лимонна, винна, оцтова, щавлева і інші), комплексопи, а також неорганічні сполуки, наприклад, фториди, ціаніди та ін.

*Можливість виконання аналізу безпосередньо на місці відбору проби* є важливою характеристикою методики, оскільки хімічний склад природних вод, повітря, донних відкладень може змінюватися в процесі транспортування і зберігання проб (наприклад, рН, вміст хлору, озону, запах, смак води обов'язково визначають на місці відбору проби з урахуванням температури та інших показників).

*Чутливість* – найменша кількість елемента, яка може бути виявлена даним методом. Чутливість методики є надзвичайно важливим критерієм вибору, оскільки при виборі методу аналізу необхідно враховувати очікуваний вміст компонента, який визначається.

Концентрація компонента і кількість аналізованого зразка можуть змінюватися в широких межах. Наприклад, вміст міді, нікелю, хрому може становити десятки відсотків у сплавах і соті частки відсотка в мінералах, рудах. У той же час, вміст цих металів у живих організмах, рослинах, харчових продуктах становить  $10^{-5}$ - $10^{-7}\%$ .

Всі методики і засоби вимірювальної техніки мають нижню і верхню межу

визначення (рис. 1) і певну точність (отримання результату з похибкою).

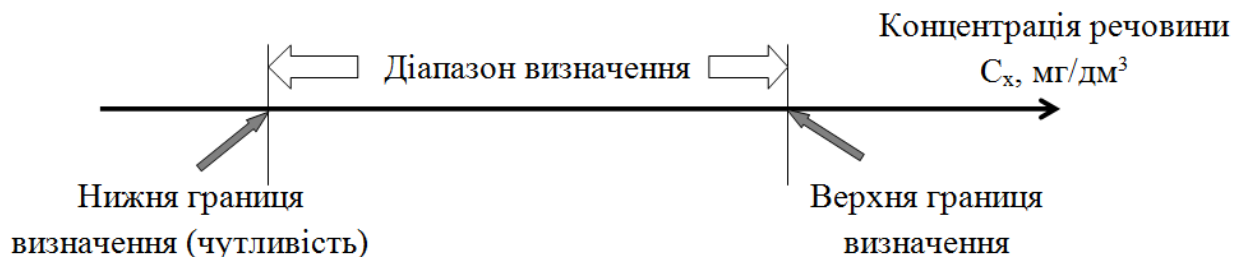


Рисунок 1 – Чутливість та діапазон визначення методики аналізу

*Точність* – характеристика результатів аналізу, що відображає ступінь близькості його результатів до істинного значення вимірюваної величини, тобто вплив на результати випадкових помилок методу визначення. Точність хімічних визначень залежить від обраного методу аналізу, а також від хіміко-аналітичних прийомів (наприклад, способу зважування). Точність аналізу частіше і найпростіше в практичній роботі виражається величиною середнього арифметичного результату деякого числа повторних аналізів і відхиленнями окремих результатів від цього середнього значення. Зазвичай в хімічному аналізі число паралельних визначень складає 2-5, а точність аналітичних методів знаходиться в межах 0,005-0,1%.

### **Контрольне завдання**

Після ознайомлення з теоретичною частиною даних методичних рекомендацій, з нижченаведеного переліку необхідно обрати одну методику аналізу, уважно її вивчити та дати відповіді на питання анкети.

#### *Перелік методик:*

1. Методика визначення масової концентрації аміаку: відбір проб у барботери (РД 52.04.186-89)
2. Методика визначення масової концентрації борної кислоти – потенціометричний метод (РД 52.04.186-89).
3. Методика визначення масової концентрації діоксиду азоту: відбір проб на плівковий сорбент (РД 52.04.186-89).
4. Методика визначення масової концентрації нітрат-іона в опадах (РД 52.04.186-89).
5. ГОСТ 4151-72. Вода питна. Метод визначення загальної жорсткості.
6. ГОСТ 17.2.4.05-83 Атмосфера. Гравіметричний метод визначення зважених часток пилу.
7. ГОСТ 17.5.4.01-84 Рекультивация земель. Метод визначення рН водної витяжки розкритих і вміщуючих порід.
8. ГОСТ 18190-72. Вода питна. Методи визначення вмісту залишкового активного хлору.
9. СОУ 01.41-37-757:2010. Ґрунти. Методи визначення вологості, максимальної гігроскопічної вологості і вологості стійкого в'янення рослин.
10. ДСТУ 4289:2004 Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини.

*Анкета:*

1. Назва методики \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Досліджуваний об'єкт навколишнього середовища \_\_\_\_\_

(вода, повітря, ґрунти або інше)

3. Компонент (властивість), що визначається \_\_\_\_\_

3. Метод аналізу \_\_\_\_\_

(хімічний, фізичний, фізико-хімічний)

4. Чутливість методу \_\_\_\_\_

5. Величина проби \_\_\_\_\_

(г, л, м<sup>3</sup>)

6. Аналіз здійснюється \_\_\_\_\_

(на місці відбору проб, протягом 2-6 годин після відбору проби, в день відбору проб і т.д.)

7. Необхідність консервування проби? так / ні (потрібне підкреслити)

8. Спосіб консервування проби \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

9. Необхідність пробопідготовки? так / ні (потрібне підкреслити)

10. Вид пробопідготовки \_\_\_\_\_

(розведення, концентрування, маскування компонентів, що заважають або інше)

11. Операції пробопідготовки (стисло) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

12. Проведення аналізу (стисло) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

13. Обчислення результату \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

14. Точність аналізу \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **Контрольні запитання**

1. Які критерії впливають на вибір методики аналізу?
2. Від яких чинників залежить величина проби об'єкту довкілля?
3. Яку методику можна назвати селективною?
4. Що таке маскування іонів і для чого іони необхідно маскувати?
5. У яких випадках методика повинна надавати можливість виконання аналізу безпосередньо на місці відбору проби?
6. Що таке чутливість методики?
7. Що таке точність методики?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ АНАЛІЗУ**

**Мета роботи:** набуття студентами практичних навичок статистичної обробки результатів вимірювання параметрів довкілля.

Поставлена мета досягається послідовним вирішення **таких завдань:**

- ознайомлення з типовою схемою аналізу об'єктів навколишнього природного середовища;
- опанування процедури розрахунку довірчого інтервалу та точності аналізу;
- самостійне виконання статистичної обробки результатів вимірювання вмісту цинку в стічних водах підприємства.

### **Загальні положення**

Статистична обробка є необхідним завершальним етапом будь-якого аналізу об'єктів природного середовища (рис. 2).

При статистичній обробці результатів вирішують два завдання:

- 1) знаходять оптимальну оцінку значення вимірюваної величини (довірчі інтервал);
- 2) оцінюють точність вимірювання.

Разом з результатом вимірювання доцільно вказати інші важливі дані, наприклад кількість спостережень (первинних вимірювань) і їх статистичний розподіл, алгоритм обробки, характеристики вимірювальних засобів, умови вимірювань, способи корекції систематичних похибок, імовірнісні показники і т.п. Наявність цих даних дає можливість порівнювати результати вимірювань, виконаних за допомогою однакових або різних методик, різними засобами вимірювальної техніки в різних установах.

Для визначення довірчого інтервалу необхідно розрахувати помилки вимірювання.

*Помилкою* визначення називається відхилення отриманої експериментально величини від істинного значення. Помилки в кількісному аналізі можуть з'являтися внаслідок різноманітних причин: недосконалість наших органів чуття, зміни зовнішніх умов, впливу різних чинників на показання вимірювальних приладів і т.д.



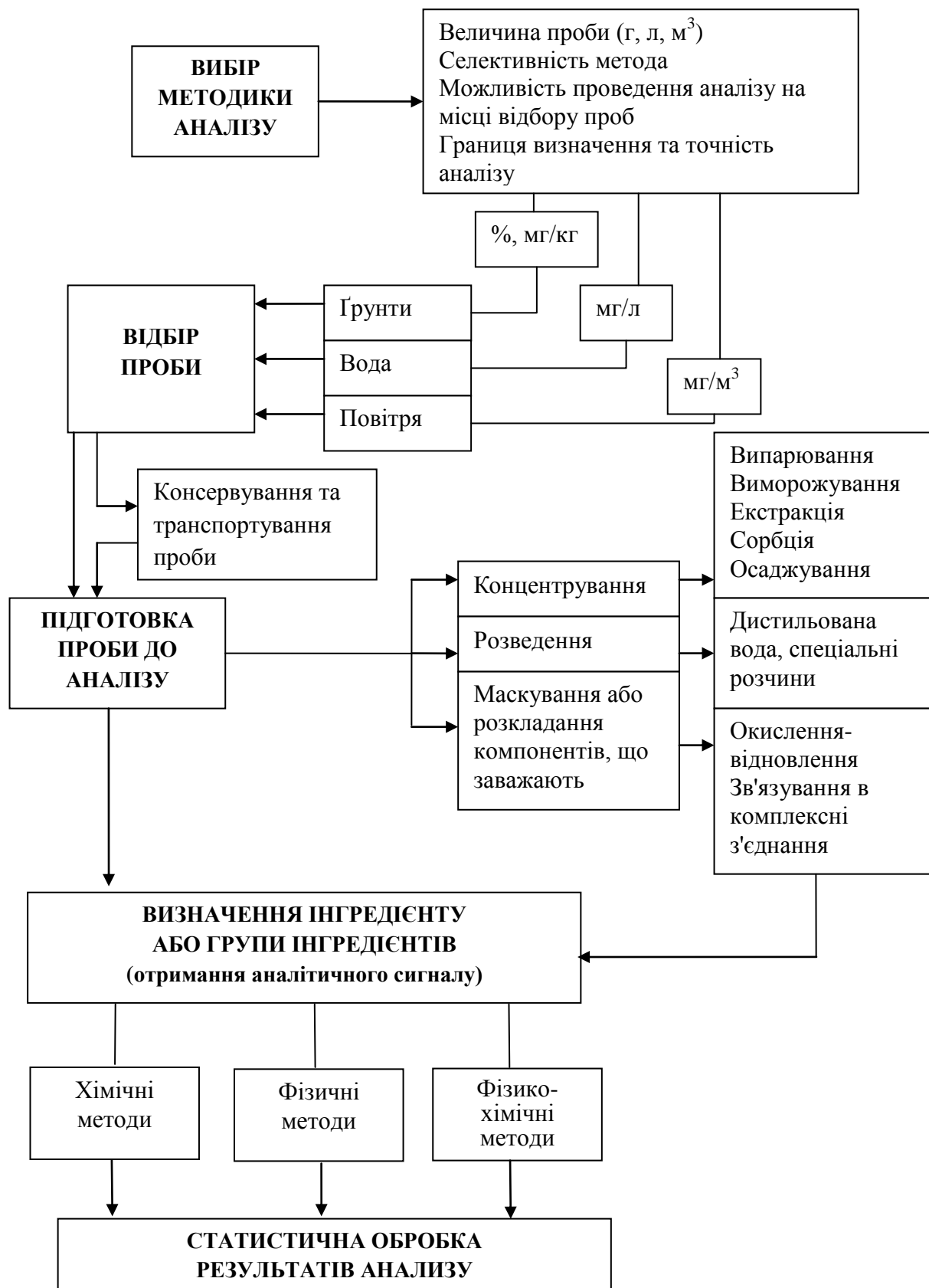


Рисунок 2 – Загальна схема аналізу об'єктів природного середовища

За характером виникнення помилки діляться на систематичні, випадкові і грубі (промахи).

Помилки, які залежать від постійних причин і повторюються при всіх спостереженнях, називаються *систематичними*. Ці помилки виникають, наприклад, при неточному градуванні мірного посуду (при об'ємних вимірюваннях) або важків (при гравіметричних вимірюваннях), при неправильно складеній аналітичній методиці та ін. Систематичні помилки мають один знак, тобто при всіх вимірах виходять результати, що відхиляються від істинного значення в одну сторону.

*Випадкові помилки* пов'язані з різними випадковими чинниками, що не піддаються обліку і усуненню. У кожному окремому випадку ці помилки призводять до різних результатів.

*Грубі помилки* (промахи) виникають при невірних відліках, неправильних записах, порушеннях вимог методики і т.п. Результати з грубими помилками при обробці експериментальних даних повинні бути виявлені та відкинуті.

За ступенем і видом відхилення отриманого результату від істинного значення розрізняють помилки абсолютні, відносні і середньоквадратичні.

*Абсолютною помилкою* ( $\Delta_0$ ) називається різниця між результатом спостереження або вимірювання та істинною ( $a$ ) або середньою ( $\bar{x}$ ) величиною:

$$\Delta_0 = x_i - \bar{x}. \quad (1)$$

*Відотною помилкою*  $\Delta$  називається відношення абсолютної помилки до середнього результату:

$$\Delta = \frac{\Delta_0}{x} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Середні квадратичні помилки діляться на:

- дисперсію  $S^2$ :

$$S^2 = \frac{\sum (\Delta_0)^2}{n-1} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}; \quad (3)$$

- стандартне відхилення окремого результату  $Sx$ :

$$Sx = \sqrt{S^2}, \quad (4)$$

- стандартне відхилення середнього результату  $Sx_{\text{сер}}$ :

$$Sx_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}}. \quad (5)$$

Ці помилки залежать від числа паралельних визначень і квадратів абсолютних помилок.

Середні квадратичні помилки можуть бути використані для оцінки аналітичного методу і виявлення грубих помилок. Так, грубими помилками вважаються такі значення результату вимірювання, у яких абсолютне відхилення від середнього значення перевищує потрібну величину стандартного відхилення окремого результату:

$$x_i - \bar{x} > 3 \cdot Sx. \quad (6)$$

Величина довірчого інтервалу визначається як  $\bar{x} \pm \varepsilon_P$ , де:

$$\varepsilon_P = t_{k,P} \cdot Sx_{сер} \quad (7)$$

У даному випадку  $t_{k,P}$  – коефіцієнт Стьюдента-Фішера, який залежить від заданої довірчої ймовірності  $P$  і кількості ступенів свободи  $k=n-1$ .

Передбачається, що шукане значення вимірюваного параметра із заданою вірогідністю знаходиться в цьому інтервалі.

Точність аналізу як якісна характеристика близькості до нуля всіх видів помилок вимірювання (систематичних і випадкових) обчислюється як відношення  $\varepsilon_P$  до середнього значення:

$$\Delta = \frac{\varepsilon_P}{x} \cdot 100\% \quad (8)$$

Необхідно враховувати, що особливості різних видів вимірювань зумовлюють певні відмінності при обробці їх результатів.

### **Приклад виконання статистичної обробки результатів аналізу.**

При повторних аналізах були отримані наступні значення вмісту цинку в стічних водах підприємства: 35,30; 35,40; 35,20; 35,50; 35,40; 35,30 мг/л. Провести статистичну обробку результатів аналізу при  $P=0,95$ .

Метою статистичної обробки результатів аналізу, як вказувалася раніше, є знаходження довірчого інтервалу і обчислення точності аналізу, бо у сучасній аналітичній практиці необхідно представляти результати кількісних визначень у вигляді меж довірчого інтервалу або числа з зазначенням стандартного відхилення.

Розрахунки починають з обчислення середнього значення:

$$\bar{x} = \frac{35,30 + 35,40 + 35,20 + 35,50 + 35,40 + 35,30}{6} = 35,35 \text{ мг/л.}$$

Потім визначають середньоквадратичні помилки  $S^2$  і  $Sx_{сер}$  за формулами (3) та (5).

Дисперсія:

$$S^2 = \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{0,05^2 + 0,05^2 + 0,15^2 + 0,15^2 + 0,05^2 + 0,05^2}{5} = 0,011.$$

Величини абсолютних помилок взяті за модулем, бо при зведенні в квадрат виходять позитивні числа, незалежно від знака абсолютної помилки.

Стандартне відхилення середнього результату  $Sx_{сер}$ :

$$Sx_{сер} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,011}{6}} = 0,043.$$

Обчислюють довірчий інтервал за формулою (7):

$$\varepsilon_P = t_{k,P} \cdot Sx_{сер} = 2,57 \cdot 0,043 = 0,11.$$

Коефіцієнт Стьюдента-Фішера в даному випадку дорівнює 2,57 (за табл. 1), так як значення заданої довірчої ймовірності  $P=0,95$  і  $k=n-1=6-1=5$ .

Таким чином, довірчий інтервал становить  $35,35 \pm 0,11$  мг/л, тобто шукане

значення вмісту цинку в стічних водах підприємства з імовірністю 95% знаходиться в інтервалі від 35,24 до 35,46 мг/л.

Перевіряють на наявність грубих помилок. Серед отриманих результатів аналізу значення 35,20 і 35,50 мг/л не вкладаються в довірчий інтервал.

Грубими помилками вважаються такі значення результату вимірювання, у яких абсолютне відхилення від середнього значення перевищує потрібну величину стандартного відхилення окремого результату – див. формулу (6):

$$x_i - \bar{x} > 3 \cdot Sx.$$

У даному випадку стандартне відхилення окремого результату  $Sx$ :

$$Sx = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,011} = 0,105.$$

Звідси:

$$3 \cdot Sx = 3 \cdot 0,105 = 0,315;$$

$$x_1 - \bar{x} = 35,20 - 35,35 = 0,15;$$

$$x_2 - \bar{x} = 35,50 - 35,35 = 0,15;$$

$$0,15 < 0,315.$$

Так як абсолютне відхилення від середнього значення 0,15 не перевищує потрібну величину стандартного відхилення окремого результату 0,315, значення концентрації цинку 35,20 і 35,50 мг/л не є грубими помилками.

Обчислюють точність аналізу за формулою (8):

$$\Delta = \frac{\varepsilon_P}{x} \cdot 100\% = \frac{0,11 \cdot 100}{35,35} = 0,31\%.$$

Тобто усі помилки, що були зроблені під час вимірювання концентрації цинку у стічних водах, відхилили отриманий результат від істинного значення на 0,31%.

### **Контрольне завдання**

При повторних аналізах були отримані наступні значення вмісту цинку в стічних водах підприємства:  $X_1, X_2, \dots, X_n$  (таблиця 2). Провести статистичну обробку результатів аналізу при заданому рівні ймовірності  $P$ . Номер варіанта для розрахунку вибирається згідно з номером студента за списком в журналі.

Таблиця 1 – Коефіцієнт Стюдента-Фішера при різних значеннях заданої довірчої ймовірності  $P$

Число ступенів свободи $k$	$P$			Число ступенів свободи $k$	$P$		
	0,95	0,99	0,999		0,95	0,99	0,999
1	2	3	4	5	6	7	8
1	12,71	63,66	64,60	18	2,10	2,88	3,92
2	4,30	9,92	31,60	19	2,09	2,86	3,88
3	3,18	5,84	12,92	20	2,09	2,85	3,85
4	2,78	4,60	8,61	21	2,08	2,83	3,82

1	2	3	4	5	6	7	8
5	2,57	4,03	6,87	22	2,07	2,82	3,79
6	2,45	3,71	5,96	23	2,07	2,81	3,77
7	2,37	3,50	5,41	24	2,06	2,80	3,75
8	2,31	3,36	5,04	25	2,06	2,79	3,73
9	2,26	3,25	4,78	26	2,06	2,78	3,71
10	2,23	3,17	4,59	27	2,05	2,77	3,69
11	2,20	3,11	4,44	28	2,05	2,76	3,67
12	2,18	3,05	4,32	29	2,05	2,75	3,66
13	2,16	3,01	4,22	30	2,04	2,70	3,65
14	2,14	2,98	4,14	40	2,02	2,66	3,55
15	2,13	2,95	4,07	60	2,00	2,66	3,46
16	2,12	2,92	4,02	120	1,98	2,62	3,37
17	2,11	2,90	3,97	$\infty$	1,96	2,58	3,29

Таблиця 2 – Вихідні дані для самостійної роботи студентів

Варіант	Вміст цинку в стічних водах підприємства, мг/л										P
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	
1	10,1	10,3	10,0	10,6	10,7	10,6	9,8	-	-	-	0,95
2	10,3	10,0	10,6	10,7	10,6	9,8	11,0	10,6	-	-	0,99
3	10,0	10,6	10,7	10,1	10,3	10,6	10,7	9,8	10,4	-	0,999
4	10,6	10,7	9,8	10,4	10,1	10,3	10,0	11,1	10,5	10,8	0,95
5	10,1	10,3	10,0	10,6	10,7	10,6	9,8	-	-	-	0,99
6	10,3	10,0	10,6	10,7	10,6	9,8	11,0	10,6	-	-	0,999
7	10,0	10,6	10,7	10,1	10,3	10,6	10,7	9,8	10,4		0,95
8	10,6	10,7	9,8	10,4	10,1	10,3	10,0	11,1	10,5	10,8	0,99
9	25,2	24,9	24,8	23,9	24,6	24,5	23,9	-	-	-	0,999
10	24,5	24,2	25,2	24,9	24,8	23,9	24,6	24,5	-	-	0,95
11	24,1	24,6	24,5	25,2	24,9	24,8	23,9	25,1	24,8		0,99
12	25,2	24,9	24,8	24,5	25,2	24,9	24,8	23,9	25,1	23,9	0,999
13	25,2	24,9	24,8	23,9	24,6	24,5	23,9	-	-	-	0,95
14	24,5	24,2	25,2	24,9	24,8	23,9	24,6	24,5	-	-	0,99
15	24,1	24,6	24,5	25,2	24,9	24,8	23,9	25,1	24,8	-	0,999

### Контрольні запитання

1. Для чого проводять статистичну обробку результатів вимірювань?
2. Що таке помилка визначення?
3. На які види розділяються помилки за характером виникнення?
4. Від яких причин залежать систематичні помилки?
5. Із якими чинниками пов'язані випадкові помилки?
6. При яких обставинах виникають грубі помилки (промахи)?
7. Що таке точність аналізу?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

### МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ХЛОРУ У ПИТНІЙ ВОДІ

**Мета роботи:** набуття студентами практичних навичок визначення вмісту хлору у питній воді.

Поставлена мета досягається послідовним вирішенням **таких завдань:**

- ознайомлення з проблемою знезараження питної води хлором;
- вивчення альтернативних способів знезараження питної води;
- опанування методики визначення вмісту залишкового активного хлору у питній воді;
- самостійного розрахунку концентрації залишкового активного хлору у питній воді згідно з поданим прикладом.

#### 3.1. Загальні положення

Якість води природних джерел, а також вимоги, що пред'являються до якості води різними споживачами досить різноманітні. Оцінка якості води природного джерела з точки зору вимог споживачів дозволяє вирішити питання про можливість його використання для певного споживача, а також встановити необхідність і характер обробки води на очисних спорудах.

За своєю якістю вода, що використовується для господарсько-питних потреб, повинна відповідати вимогам ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості.

#### 3.2. Основні методи водопідготовки

Порівнюючи дані щодо якості води природних джерел (отримані за результатами аналізу) до вимог споживачів, визначають заходи для її обробки.

У практиці водопостачання застосовуються такі основні технологічні операції для поліпшення якості води:

- освітлення – процес видалення зважених речовин;
- знебарвлення – усунення речовин, що додають воді колір;
- знезараження – процес знищення патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів шляхом впливу на них фізичних (ультрафіолетове опромінювання, ультразвук тощо), хімічних (хлор, гіпохлорит, озон, діоксид хлору, оксидантний газ тощо) та фізико-хімічних факторів;
- опріснення – часткове видалення розчинених солей до норм;
- пом'якшення – видалення солей кальцію і магнію, які обумовлюють жорсткість води;
- знезалізнення – процес видалення з води розчинних сполук заліза;
- видалення фтору – видалення сполук фтору;
- фторування – додавання в воду фтору;
- дегазація – видалення з води розчинних газів ( $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ );
- дезактивація – видалення з води радіоактивних речовин.

### 3.3. Хлорування води

Однією з найголовніших проблем забезпечення якості водопровідної води, як в нашій країні, так і в усьому світі, є вибір технології та нешкідливого варіанту її знезараження.

На думку багатьох експертів, хлорування води – це найбільший винахід в медицині ХХ століття, який приніс найбільшу користь людині. Саме хлорування води, а не відкриття антибіотиків, інсуліну або пересадка серця врятувало найбільше життів. Воно зупинило поширення кишкових інфекцій в містах.

Хлорування води як засобу її знезараження було розпочато на початку ХХ ст. Вперше хлор для знезараження води стали використовувати у Лондоні після епідемії холери 1870 року. У наступні роки хлорування води як ефективний засіб боротьби з інфекційними захворюваннями поширилося у всьому світі швидкими темпами і в даний час такою водою користуються сотні мільйонів людей.

Механізм знезаражуючої дії хлору вивчений досить повно. Він полягає в окисленні органічних речовин бактеріальної клітини, коагуляції та пошкодженні її оболонки, пригніченні і денатурації ферментів, що і призводить до загибелі бактерій.

При хлоруванні застосовують чистий хлор або хлорвмісні препарати: хлорне вапно, гіпохлорит кальцію, гіпохлорит натрію, діоксид хлору, хлораміни.

З введенням хлору у воді відбувається гідроліз хлорагенту з утворенням хлорноватистої кислоти, що дисоціює далі до гіпохлорид-іона:



Рідкий хлор при розчиненні у воді утворює дві кислоти – соляну і хлорноватисту. У даному випадку окисниками є хлор і хлорноватиста кислота.

При використанні гіпохлориту натрію та хлорного вапна у водному середовищі окисником є тільки хлорноватиста кислота, яка має більш високий окислювальний потенціал у порівнянні з гіпохлорит-іоном. Крім того, хлорована вода підлужнюється, що створює сприятливі умови для створення хлорорганічних сполук (ХОС).

Необхідна доза речовини встановлюється пробним хлоруванням води, вона визначається *хлорпоглинальною здатністю води* – кількістю хлору, що необхідна для зв'язування органічних сполук, які містяться у воді.

З метою знищення мікробів хлор вводять з надлишком з такого розрахунку, щоб через 30 хв. після хлорування води вміст залишкового хлору був не менш як 0,3 мг/л.

Окрім безпосередньо хлорування води з метою знезараження, ще такі способи обробки води хлором, як:

- прехлорування;
- постхлорування;
- подвійне хлорування (прехлорування+постхлорування);

- подвійне хлорування;
- суперхлорування та ін.

*Мета прехлорування* – попередня обробка води перед очисними спорудами для поліпшення або полегшення подальшої її очистки. Вільний активний хлор у більшості випадків забезпечує значне поліпшення якості води за рахунок активного окислення органічних речовин.

*Постхлорування* використовується для знезараження води, що є завершальним етапом очищення води. Постхлорування проводиться невеликими дозами, що забезпечують наявність залишкового хлору після резервуарів чистої води. Надлишок хлору, неприпустимий з гігієнічних міркувань, перед подачею води населенню має бути видалений.

У деяких випадках проводиться *подвійне хлорування* води – до фільтрації і після чистки води.

Також при епідеміологічних катастрофах проводиться *суперхлорування* з подальшим дехлоруванням води.

Для дехлорування питної води використовують сірчистий газ  $\text{SO}_2$  і гіпосульфит натрію  $\text{NaS}_2\text{O}_3$ , а також гранульоване активоване вугілля і аміак  $\text{NH}_3$ .

Широкому поширенню хлору в технологіях водопідготовки сприяла його ефективність при знезараженні природних вод і здатність консервувати вже очищену воду тривалий час. Крім того, попереднє хлорування води дозволяє знизити кольоровість води, усунути її запах і присмак, зменшити витрату коагулянтів, а також підтримувати задовільний санітарний стан очисних споруд станцій водопідготовки.

Ефективність, доступність і помірна вартість, а так само значний досвід роботи з цим реагентом забезпечили хлору виняткову роль – більше 90% водопровідних станцій в світі знезаражують і знебарвлюють воду хлором, витрачаючи до 2 млн. т цього рідкого реагенту на рік.

Але хлор як реагент водопідготовки має істотні недоліки:

1. Хлор і з'єднання, які містять хлор, мають високу токсичність, що вимагає суворого дотримання підвищених вимог техніки безпеки.
2. Хлор впливає, в основному, на вегетативні форми мікроорганізмів, при цьому грам-позитивні штами бактерій більш стійкі до впливу хлору, ніж грам-негативні штами мікроорганізмів.
3. Віруси, спори і цисти найпростіших і яйця гельмінтів також мають високу резистентність до дії хлору.
4. Скиди хлору і його сполук у навколишнє середовище зумовлюють високу екологічну небезпеку, адже хлор робить певний внесок у стійкість патогенної водної мікробіоти.
5. Хлор має високу корозійну активність.
6. Хлор вступає у хімічні реакції з усіма органічними і неорганічними речовинами, що знаходяться у воді. У воді з поверхневих джерел (які в основному є джерелами водозабору) знаходиться величезна кількість складних органічних речовин природного походження, а також в більшості великих промислових міст в воду потрапляють з промисловими стоками барвники,



поверхнево-активні речовини, нафтопродукти, феноли та ін.

При хлоруванні води, що містить вищенаведені речовини, утворюються токсини, які містять хлор, а також мутагенні і канцерогенні речовини і отрути, в тому числі діоксиди, а саме:

- канцерогенно активний хлороформ;
- діхлорбромметан, хлорідбромметан, трібромметан, які володіють мутагенними властивостями;
- 2,4,6-трихлорфенол, 2-хлорфенол, діхлорацетонітріл, хлоргієредін, поліхлоровані біфеніли, які є імунотоксичними і канцерогенними речовинами;
- тригалогенметани – канцерогенні сполуки хлору.

Дані речовини негативно впливають на організм людини. Очищення питної води від хлору не вирішує проблеми, оскільки чимало небезпечних сполук, що утворюються у воді в процесі її хлорування, потрапляють в організм людини через шкіру, під час миття, прийому ванн або відвідування басейну.

На жаль дані щодо зв'язку між споживанням хлорованої питної води поверхневих джерел та частотою злоякісних новоутворень у населення стали накопичуватися тільки з 70-х років. Тому до цих пір на цей рахунок існують різні точки зору.

І все ж таки хлорування зараз є найбільш перевіреним і дешевим методом знезараження води. У найближчі 20 років хлорування води буде застосовуватися на більшості станцій водопідготовки, поступово витісняючись альтернативними методами – озонуванням і ультрафіолетом. Після процесу хлорування вільний хлор з води випаровується, однак у водопровідній воді залишковий хлор присутній завжди, а іноді, особливо у період паводків, у підвищених концентраціях. Тому воду рекомендують перед вживанням відстояти протягом доби.

Для гарантованого видалення хлору з води можна скористатися фільтром, який видалить всі шкідливі домішки і зробить її приємною на смак.

### **3.4. Знезараження озоном**

Озон є одним з найбільш сильних окиснювачів, що знищують бактерії, спори і віруси (зокрема, віруси поліомієліту). Безсумнівною перевагою озонування також є те, що при ньому одночасно із знезараженням відбувається знебарвлення води, а також її дезодорація і поліпшення смакових якостей. Озон не змінює природні властивості води, так як його надлишок (озон, який не відреагував) через кілька хвилин перетворюється у кисень.

Озон (O<sub>3</sub>), який використовується для озонування, отримують з атмосферного повітря у апаратах, які називаються *озонаторами*, у результаті впливу на нього «тихого» (тобто розсіяного без іскор) електричного заряду, що супроводжується виділенням озону.

Доза озону залежить від призначення озонування води. Якщо озон вводять тільки для знезараження у фільтровану воду (після її попереднього коагулювання), то дозу озону приймають 1-3 мг/л, для підземної води – 0,75-1 мг/л, при введенні озону для знебарвлення та знезараження води доза озону може доходити до 4 мг/л. Для знезараження води доза озону ще змінюється

відповідно до її температури і рН, а також вмісту в ній органічних речовин. Тривалість контакту води з озоном – 5-12 хв.

Озон – дуже сильний окиснювач, його окислювальний потенціал – 2,06 В. Патогенні мікроорганізми знищуються їм у 15-20 разів, а спорові форми бактерій – у 300-600 разів швидше, ніж хлором.

Механізм знезараження води озоном заснований на його здатності деактивувати складні органічні речовини білкової природи, що містяться у тваринних і рослинних організмах.

Перевагами застосування озону є:

- дуже висока окислювальна здатність;
- одночасно з знезараженням відбувається знебарвлення води, а також її дезодорація і поліпшення смакових якостей;
- передозування озону не становить небезпеки, бо через короткий час він перетворюється на кисень.

### 3.5. УФ-знезараження

*УФ-випромінювання* – електромагнітне випромінювання ультрафіолетового діапазону довжин хвиль в інтервалі від 10 до 300 нм. Цей вид випромінювання володіє енергією, достатньою для впливу на хімічні зв'язки, в тому числі і в живих клітинах. Найбільш бактерицидну дію має електромагнітне випромінювання на довжині хвилі 240-280 нм.

Знезаражуючий ефект ультрафіолетового випромінювання, в основному, обумовлений реакціями, в результаті яких відбуваються незворотні пошкодження ДНК. Крім ДНК, ультрафіолет діє і на інші структури мікроорганізмів, зокрема, на РНК і клітинні мембрани, що викликає, у кінцевому підсумку, загибель мікроорганізму.

Опірність різних типів мікроорганізмів до УФ-випромінювання значно змінюється: від малих доз для бактерій до дуже великих доз для спор і найпростіших. Найбільш чутливі до впливу ультрафіолетового випромінювання віруси і бактерії у вегетативної формі (палички, коки), наприклад такі відомі фахівцям збудники: *Salmonella typhosa* (черевний тиф); *Vibrio cholerae* (холера); *Shigella dysenteriae* (дизентерія); *Hepatitis virus* (вірусний гепатит А); *Mycobacterium tuberculosis* (туберкульоз).

Добуток інтенсивності УФ-випромінювання ( $\text{мВт/см}^2$ ) на час (с) називається *дозою опромінення* ( $\text{мДж/см}^2$ ) і є мірою бактерицидної енергії, що передається мікроорганізму.

У якості джерела бактерицидного випромінювання використовуються газорозрядні лампи. У них у процесі електричного розряду генерується випромінювання, що містить ультрафіолетовий бактерицидний діапазон.

Основними недоліками застосування методу є відносно високі витрати на електроенергію (проте не більше витрат на реагенти при хімічних методах знезараження) та відсутність ефекту післядії, що неприйнятно при транспортуванні води на відстань.

Переваги застосування УФ-випромінювання:

- висока ефективність знезараження без зміни хімічного складу води;

- час знезаражувального контакту 0,5-5 секунд;
- простота і низька періодичність обслуговування.

### **3.6. Методи визначення вмісту залишкового активного хлору у питній воді**

З рівнем надлишкового, або так званого *залишкового*, хлору в воді пов'язують у даний час уявлення про надійність знезаражування. Оскільки хлорування води проводять хлором, що знаходиться у воді у вільній або зв'язаній формі, його залишкові кількості присутні у воді у вигляді *вільного* або *зв'язаного* хлору.

Через відмінності у бактерицидній активності цих форм хлору різняться і нормативи їх вмісту в питній воді (для вільного хлору – 0,3-0,5 мг/л, для зв'язаного хлору – 0,8-1,2 мг/л). Усі з'єднання активного хлору мають дуже сильну бактерицидну дію, але якщо їх концентрація більше за нормативну, то вони викликають роздратування шкіри, слизових оболонок, дихальних шляхів. Відомо також, що під час хлорування води утворюється НСЮ (хлорнуватиста кислота), яка взаємодіє з залізом, утворюючи розчинні солі, що підвищує корозійну активність такої води.

*Відбір проб.* Об'єм проби води для визначення вмісту активного хлору не повинен бути менше 500 мл. Проби води не консервують. Визначення слід проводити відразу після відбору проби.

### **3.7. Йодометричний метод визначення сумарного залишкового хлору**

*Сутність методу.* Метод заснований на окисленні йодиду активним хлором до йоду, який титрують тіосульфатом натрію. Озон, нітрити, окис заліза та інші сполуки в кислому розчині виділяють йод з йодистого калію, тому проби води підкисляють буферним розчином з рН 4,5. Йодометричний метод призначений для аналізу води з вмістом активного хлору більше 0,3 мг/л при об'ємі проби 250 мл. Метод може бути рекомендований також для забарвлених і каламутних вод.

*Підготовка до аналізу:*

1. Приготування 0,5%-го розчину крохмалю: 0,5 г розчинного крохмалю змішують з невеликим обсягом дистильованої води, доливають до 100 мл киплячої дистильованої води і кип'ятять кілька хвилин. Після охолодження консервують, додаючи хлороформ або 0,1 г саліцилової кислоти.

2. Приготування буферного розчину рН 4,5: 102 мл 1 М оцтової кислоти (60 г крижаної оцтової кислоти в 1 л води) і 98 мл 1 М розчину оцтовокислого натрію (136,1 г оцтовокислого натрію  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  в 1 л води) наливають в мірну колбу місткістю 1 л і доводять до мітки дистильованою водою (попередньо прокип'яченою і охолодженою до 20°C, вільною від двоокису вуглецю).

*Проведення аналізу.* У конічну колбу насипають 0,5 г йодистого калію, розчиняють його в 1-2 мл дистильованої води, потім додають буферний розчин у кількості, приблизно рівній полуторній величині лужності аналізованої води, після чого додають 250-500 мл аналізованої води. Йод, що виділився, титрують

0,005 н розчином тіосульфату натрію з мікробюретки до появи світло-жовтого забарвлення, після чого додають 1 мл 0,5%-го розчину крохмалю і розчин титрують до зникнення синього забарвлення. При визначенні лужності воду попередньо дехлорують за допомогою тіосульфату натрію в окремій пробі.

При концентрації активного хлору менше 0,3 мг відбирають для титрування більші обсяги води.

*Обробка результатів.* Вміст сумарного залишкового хлору ( $X$ ), мг/л обчислюють за формулою:

$$X = \frac{V \cdot 0,177 \cdot 1000}{V_{H_2O}}, \quad (9)$$

де  $V$  – об'єм 0,005 н розчину тіосульфату натрію, витрачений на титрування, мл; 0,177 – вміст активного хлору, що відповідає 1 мл 0,005 н розчину тіосульфату натрію;  $V_{H_2O}$  – об'єм проби води, взятий для аналізу, мл.

### **3.8. Визначення вільного залишкового хлору титруванням метиловим оранжевим**

*Сутність методу.* Метод заснований на окисленні метилового оранжевого вільним хлором.

*Підготовка до аналізу:*

1. Приготування 0,005%-го розчину метилового оранжевого: 50 мг метилового оранжевого розчиняють в дистильованій воді у мірній колбі і доводять дистильованою водою до 1 л. Один мілілітр цього розчину відповідає 0,0217 мг вільного хлору.

2. Приготування 5 н розчину соляної кислоти: в мірну колбу наливають дистильовану воду, потім повільно додають 400 мл соляної кислоти HCl і доводять дистильованою водою до 1 л.

*Проведення аналізу.* 100 мл аналізованої води помішують у порцелянову чашку, додають 2-3 краплі 5 н розчину соляної кислоти і, помішуючи, швидко титрують розчином метилового оранжевого до появи рожевого забарвлення, що не зникає.

*Обробка результатів*

Вміст вільного залишкового хлору ( $X_1$ ), мг / л, обчислюють за формулою:

$$X_1 = \frac{0,04 + V \cdot 0,0217 \cdot 1000}{V_{H_2O}}, \quad (10)$$

де  $V$  – об'єм 0,005%-го розчину метилового оранжевого, витрачений на титрування, мл; 0,0217 – титр розчину метилового оранжевого; 0,04 – емпіричний коефіцієнт;  $V_{H_2O}$  – обсяг проби води, взятий для аналізу, мл.

За різницею між вмістом сумарного залишкового хлору, визначеного йодометричним методом ( $X$ ), і вмістом вільного залишкового хлору, визначеного методом титрування з метиловим оранжевим ( $X_1$ ), знаходять вміст хлорамінового хлору ( $X_2$ ):

$$X_2 = X - X_1. \quad (11)$$

### 3.9. Приклад розрахунку

*Завдання:*

1. Визначити вміст сумарного залишкового хлору, вільного залишкового хлору і зв'язаного хлору в питній воді, якщо при визначенні йодометричним методом на титрування проби води було витрачено 4,5 мл розчину тіосульфату натрію, а при визначенні титруванням метиловим оранжевим відповідно 1,8 мл його розчину.

2. Визначити, чи відповідає досліджувана вода санітарним нормам. Згідно ДСТУ 7525:2014. «Вода питна» ГДК залишкового вільного хлору становить 0,5 мг/л, для залишкового зв'язаного –1,2 мг/л.

1. Визначаємо вміст сумарного залишкового хлору у воді ( $X$ ) за формулою (9):

$$X = \frac{V \cdot 0,177 \cdot 1000}{V_{H_2O}} = \frac{4,5 \cdot 0,177 \cdot 1000}{500} = 1,59 \text{ мг/л.}$$

2. Визначаємо вміст вільного хлору у воді ( $X_1$ ) за формулою (10):

$$X_1 = \frac{0,04 + V \cdot 0,0217 \cdot 1000}{V_{H_2O}} = \frac{0,04 + 1,8 \cdot 0,0217 \cdot 1000}{100} = 0,39 \text{ мг/л.}$$

3. Визначаємо вміст зв'язаного (хлорамінового) хлору ( $X_2$ ) у воді за формулою (11):

$$X_2 = X - X_1 = 1,59 - 0,39 = 1,2 \text{ мг/л.}$$

*Висновки:* аналізована питна вода повністю відповідає ДСТУ 7525:2014. Вода питна» (ГДК для вільного хлору 0,5 мг/л, для зв'язаного –1,2 мг/л).

#### **Контрольне завдання**

1. Визначити вміст сумарного залишкового хлору, вільного залишкового хлору і зв'язаного хлору в питній воді. Об'єм титранту, витраченого на титрування, наведений у таблиці 3. Номер варіанта для розрахунку вибирається згідно з номером студента за списком в журналі.

2. Визначити, чи відповідає досліджувана вода санітарним нормам: ГДК для залишкового вільного хлору становить 0,5 мг/л, для залишкового зв'язаного –1,2 мг/л.

Таблиця 3 – Кількість титранту, витраченого на титрування води при визначенні концентрації хлору

Номер варіанту	Об'єм (мл) титранта, що витрачений на титрування	
	йодометричним методом	метиловим оранжевим
1	2	3
1	3,5	2,3
2	4,1	3,2
3	6,3	2,5
4	8,5	5,5
5	2,1	1,9

1	2	3
6	2,9	2,5
7	5,6	1,9
8	3,8	3,7
9	4,9	5,8
10	2,7	2,5
11	3,6	3,1
12	5,4	4,9
13	5,5	3,7
14	7,1	5,1
15	4,1	3,7

### **Контрольні запитання**

1. Які основні методи водопідготовки ви знаєте?
2. Чим обумовлена необхідність знезараження питної води?
3. Яку небезпеку становить хлорована води для здоров'я людини?
4. Що являє собою процес знезараження питної води озоном?
5. Що являє собою процес знезараження питної води УФ-випромінюванням?
6. Які існують методи визначення вмісту хлору у воді?
7. Якою є ГДК для залишкового вільного хлору у питній воді?
8. Якою є ГДК для залишкового зв'язаного хлору у питній воді?
9. Яким є принцип обробки експериментальних даних при визначенні хлору у питній воді?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 ВИЗНАЧЕННЯ СОЛОНОСТІ ТА ЖОРСТКОСТІ ВОДИ**

**Мета роботи:** набуття студентами практичних навичок визначення солоності та жорсткості води за допомогою датчика солоності.

Поставлена мета досягається послідовним вирішення **таких завдань:**

- ознайомлення з поняттями солоності та жорсткості води, їх фізичним змістом;
- ознайомлення з сутністю кондуктометричного методу визначення солоності води;
- ознайомлення з будовою, принципом дії датчика солоності **TDS 5**;
- опанування методик визначення солоності та жорсткості води;
- самостійного визначення солоності та жорсткості води за допомогою датчика солоності.

#### 4.1. Загальні положення

Будь-яка вода має в собі певну кількість солей. Вода з розчиненими в ній різними простими солями – необхідне середовище для життєво важливих біохімічних процесів. Важливими характеристиками є солоність та жорсткість води.

#### 4.2. Солоність води

*Солоністю* називається загальна сума солей, що містяться у воді (міра концентрації розчинених солей). Виражається солоність в проміле ‰, тобто в десятих частках відсотка. Наприклад, якщо середня солоність води дорівнює 35‰, це означає, що в одному літрі води розчинено 35 грамів солі.

До числа найбільш поширених у воді солей належать неорганічні (бікарбонати, хлориди, сульфати Ca, Mg, K, Na) і невелика кількість органічних речовин.

Рівень солевмісту залежить від геологічних умов розташування водоносного горизонту. Крім природних факторів, великий вплив надає антропогенний вплив у вигляді, наприклад, промислових стічних вод, міських зливових стоків і т. д.

За величиною концентрації солей природні води поділяються на кілька градацій: прісна вода – до 1 г/л, солонувата – до 25 г/л, води морської солоності – 25-50 г/л, розсоли – вище 50 г/л, ропа – 250-300 г/л.

Площа солоних вод (морів, океанів) – трохи більше 70% поверхні Землі. Прісні води складають трохи менше 6% запасів, з яких близько 3% – легкодоступні запаси типу річок, озер і водосховищ, решта – льодовики, підземні води.

Океанські води характеризуються певним хімічним складом і солоністю. В табл. 4 наведено дані про солоність води морів і Атлантичного океану.

Таблиця 4 – Солоність води морів і Атлантичного океану

Водойма	Солоність, г/л
Атлантичний океан	34,00-37,30
Середземне море	36,00-39,50
Червоне море	38,00-42,00
Мертве море	260-270, в окремі роки 310
Чорне море	18
Балтійське море	5,00-11,00
Каспійське море	13
Азовське море	10

Морський лід на відміну від морської води має принципово іншу солоність, що пояснюється специфікою його утворення. У більшості випадків солоність морського льоду перебуває в діапазоні від 2 до 20 ‰, причому більш старий лід має в середньому більш низьку солоність.

Загальна кількість солей, розчинених у воді океанів, становить  $5 \cdot 10^{16}$  т.

Світовий океан постійно поповнюється солями, переважно за рахунок їх виносу материковим стоком. Щорічно річки виносять в океан приблизно  $2,5 \cdot 10^9$  т солей. Втрати ж солі в океані відбуваються при випаровуванні (коли сіль випадає в осад) і розбризкуванні води під дією приливної діяльності в береговій зоні.

Води океану містять майже всі відомі хімічні елементи та їх ізотопи. Більшу частину розчинених в морській воді речовин становить хлористий натрій. Карбонати, кремнезем і деякі інші речовини широко вилучаються з води морськими організмами на побудову скелета. Тому сольовий склад океанічних вод різко відрізняється від складу річкових (табл. 5).

Таблиця 5 – Сольовий склад океанічних і річкових вод

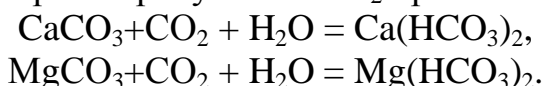
Хімічні речовини	Води океанів, %	Річкові води, %
Хлориди – NaCl, MgCl <sub>2</sub>	88,7	5,2
Сульфати – Mg(SO <sub>4</sub> ), Ca(SO <sub>4</sub> ), K <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )	10,8	9,9
Карбонати – Ca(CO <sub>3</sub> )	0,3	60,1
Інші речовини	0,2	24,8

#### 4.3. Жорсткість води

*Жорсткість води* – сукупність хімічних і фізичних властивостей води, пов'язаних з вмістом в ній розчинених солей лужноземельних металів, головним чином, кальцію і магнію.

Жорсткість води обумовлюють карбонати – солі кальцію і магнію: CaCO<sub>3</sub> і MgCO<sub>3</sub>, гідрокарбонати Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> і Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, сульфати CaSO<sub>4</sub> і MgSO<sub>4</sub>, хлориди CaCl<sub>2</sub> і MgCl<sub>2</sub>. Набір речовин, що містяться у воді, може бути самим різним, що обумовлено геологічними особливостями тієї місцевості, де розташована водойма. Джерелом іонів жорсткості є природні поклади вапняків, гіпсу і доломітів. Іони кальцію і магнію надходять у воду в результаті взаємодії розчиненого діоксиду вуглецю з мінералами і при інших процесах розчинення і хімічного вивітрювання гірських порід. Джерелом цих іонів можуть служити також мікробіологічні процеси, що протікають у ґрунтах на площі водозбору, в донних відкладах, а також стічні води різних підприємств.

Карбонати кальцію і магнію відносяться до речовин, які дуже мало розчиняються у воді. Їх розчинність істотно зростає у присутності вуглекислого газу, який міститься в повітрі. У присутності CO<sub>2</sub> протікають реакції:



В результаті утворюються добре розчинні у воді гідрокарбонати кальцію та магнію. Як правило, саме ці солі, а не карбонати містяться в жорсткій воді.

Крім кальцію і магнію на жорсткість води впливають всі двовалентні катіони в тій чи іншій мірі. Вони взаємодіють з аніонами, утворюючи сполуки (солі жорсткості), здатні випадати в осад. Одновалентні катіони (наприклад, натрій Na<sup>+</sup>) такою властивістю не володіють.

Зазвичай в маломінералізованих водах переважає (до 70-80 %) жорсткість води, обумовлена іонами кальцію (хоча в окремих випадках магнієва



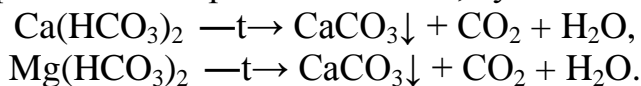
жорсткість може досягати 50-60 %). Зі збільшенням ступеня мінералізації води вміст іонів кальцію ( $\text{Ca}^{2+}$ ) швидко падає і рідко перевищує 1 г/л. Вміст іонів магнію ( $\text{Mg}^{2+}$ ) у високомінералізованих водах може досягати декількох грамів, а в солоних озерах – десятків грамів на один літр води.

Жорсткість природних вод може варіюватися в досить широких межах і протягом року непостійна. Збільшується жорсткість за рахунок випаровування води, зменшується в сезон дощів, а також в період танення снігу і льоду.

Розрізняють наступні види жорсткості:

1. *Загальна жорсткість*. Визначається сумарною концентрацією іонів кальцію і магнію. Являє собою суму карбонатної (тимчасової) і некарбонатної (постійної) жорсткості.

2. *Тимчасова жорсткість (карбонатна)* обумовлена присутністю у воді гідрокарбонатів кальцію і магнію. Тимчасову жорсткість можна усунути шляхом кип'ятіння. При кип'ятінні води гідрокарбонати розкладаються, утворюючи погано розчинний карбонат кальцію, вуглекислий газ і воду:



З іонами заліза реакція протікає складніше із-за того, що  $\text{FeCO}_3$  – нестійка у воді речовина. У присутності кисню кінцевим продуктом ланцюжка реакцій є  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , що представляє собою темно-рудий осад. Тому чим більше у воді заліза, тим сильніше забарвлення у накипу, який осідає на стінках і дні посудини при кип'ятінні.

3. *Постійна жорсткість (некарбонатна)* обумовлена присутністю кальцієвих і магнієвих солей сильних кислот (сірчаної, азотної, соляної), тобто постійна жорсткість не забруднених промисловими стоками слабомінералізованих поверхневих природних вод характеризує кількість розчинених сульфатів, хлоридів і деяких інших солей кальцію і магнію. При кип'ятінні такої води концентрації цих катіонів і аніонів практично не змінюються – жорсткість не усувається.

*Одиниці вимірювання жорсткості*. У світовій практиці використовується декілька одиниць вимірювання жорсткості. В Україні одиницею жорсткості води прийнято вважати мілімоль на дециметр кубічний (ммоль/дм<sup>3</sup>). 1 ммоль/л відповідає кількості будь-якої речовини в мг/л, що дорівнює його молекулярній масі, поділеній на валентність. Величина 1 ммоль/л говорить про вміст в 1 літрі води 20,04 мг/л кальцію або 12,10 мг/л магнію. Для зручності користуються величиною мг-екв/л, що відповідає моль/м<sup>3</sup> – рекомендована одиниця СІ для вимірювання концентрації. Числове значення жорсткості, виражене в молях на кубічний метр дорівнює числовому значенню жорсткості, вираженому в міліграм-еквівалентах на літр (або кубічний дециметр), тобто:

$$1 \text{ моль/м}^3 = 1 \text{ ммоль/л} = 1 \text{ мг-екв/л} = 1 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

В інших країнах широко використовуються такі одиниці жорсткості, як німецький градус ( $d^\circ$ ,  $d\text{H}$ ), французький градус ( $f^\circ$ ), американський градус, ppm карбонату кальцію.

Всі використовувані у світовій практиці одиниці вимірювання жорсткості певним чином співвідносяться одна з одною. Співвідношення цих одиниць

жорсткості представлено в табл. 6.

Таблиця 6 – Співвідношення одиниць жорсткості води

Одиниці жорсткості води	Значення
Моль/м <sup>3</sup> (мг-екв/л)	1,000
Німецький градус, d°	2,804
Французький градус, f°	5,005
Американський градус	50,050
ppm (мг/дм <sup>3</sup> ) CaCO <sub>3</sub>	50,050

*Методи усунення жорсткості.*

*Термічний метод (кип'ятіння).* Є найпростішим, проте усуває тільки тимчасову (карбонатну) жорсткість. Знаходить застосування в побуті. У промисловості застосовується, наприклад, на ТЕЦ.

*Зворотний осмос.* Метод заснований на проходженні води через напівпроникні мембрани. Разом з солями жорсткості видаляється і більшість інших солей. Цей метод знайшов найбільше застосування в побутових системах підготовки питної води. У процесі зворотного осмосу вода і розчинені в ній речовини поділяються на молекулярному рівні, при цьому з однієї сторони мембрани накопичується чиста вода, а забруднюючі речовини залишаються з іншої сторони. Метод забезпечує високий ступінь очищення, вимагає попередньої підготовки води і видаляє, крім солей жорсткості, більшість інших солей.

*Електродіаліз.* Заснований на видаленні з води солей під дією електричного поля. Видалення іонів розчинених речовин відбувається за рахунок спеціальних мембран. Тобто іони розчинених речовин осідають на спеціальних мембранах під дією електричного поля. Так само як і при використанні технології зворотного осмосу, відбувається видалення і інших солей, крім іонів жорсткості.

*Реагентне пом'якшення.* Метод заснований на додаванні в воду соди або гашеного вапна. При цьому солі кальцію і магнію переходять в нерозчинні з'єднання і, як наслідок, випадають в осад. Цей метод виправданий при відносно великих витратах води, оскільки пов'язаний з вирішенням ряду специфічних проблем: фільтрації осаду, точного дозування реагенту.

*Катіонування (іонний обмін).* Метод заснований на використанні іонообмінного гранульованого завантаження (найчастіше іонообмінні смоли). Так, завантаження при контакті з водою поглинає катіони солей жорсткості (кальцій і магній).

#### **4.4. Будова і принцип дії датчика солоності TDS 5.**

Датчик солоності використовується для визначення концентрації солі в рідинах. Принцип вимірювання солоності заснований на кондуктометричному методі, який базується на залежності електропровідності розчинів від їх складу і концентрації компонентів.

Для визначення солоності, сенсори датчика, поміщаються в досліджувану рідину, і через кілька секунд на дисплеї показується концентрація солі, яка в ній міститься. Показання приладу виражаються в ppm (parts per million – частин на мільйон) або в мг/л –  $1 \text{ ppm} = 1 \text{ мг/л}$ .

Для оцінки жорсткості води показання приладу перераховуються у відповідності з наступним правилом: мг-екв/л =  $50,05 \text{ ppm}$ .

Загальний вигляд та будова датчика солоності показані на рис. 3.

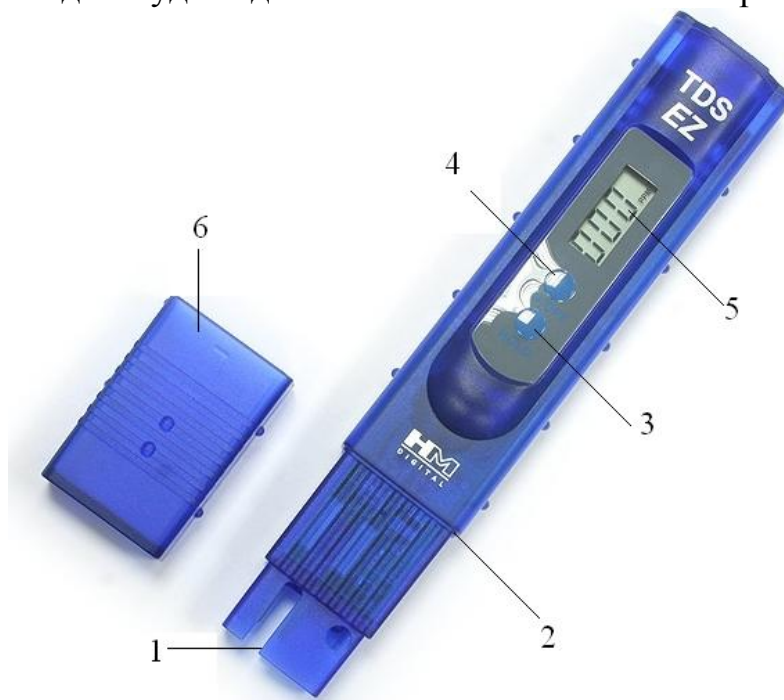


Рисунок 3 – Датчик солоності TDS 5

1 – вимірювальні електроди, 2 – рівень занурення, 3 – кнопка утримання результату, 4 – кнопка включення/виключення, 5 – екран, 6 – захисна кришка

Досліджувана рідина попередньо збовтується, щоб концентрація солі рівномірно розподілилася по всьому її об'єму.

Щоб уникнути потрапляння на сенсори сторонніх речовин, вони протираються перед і після застосування.

Під час вимірювань головка сенсора повинна знаходитися на глибині не менше 1 см від поверхні води.

В рідину можна занурювати тільки сенсор. Основний корпус приладу не захищений від попадання вологи, тому його не можна промивати водою.

Щоб отримати точні і стабільні результати, на вимірювання відводиться не менше 15 секунд.

Не можна занурювати прилад у рідину з температурою вище  $100^{\circ}\text{C}$  на більш ніж 1 хвилину.

#### 4.5. Виконання вимірювань

Для визначення солоності досліджуваної рідини необхідно:

1. Зняти кришку сенсорів.
2. Натиснути кнопку ON (ввімкнути).
3. Помістити датчик в рідину таким чином, щоб в неї занурилися сенсори.

4. Зафіксувати показання приладу та занести їх в табл. 7.
5. Вимкнути прилад, натиснувши кнопку OFF (вимкнути).
6. Струсити воду, що залишилася, витерти і закрити ковпачок.
7. За результатами вимірювання солоності визначить жорсткість досліджуваної рідини.
8. Зробити висновки за результатами досліджень.

### ***Контрольне завдання***

1. За допомогою датчика солоності визначити рівень концентрації солі в пробах рідини (води).
2. Визначити жорсткість наданих зразків води в залежності від її солоності.
3. Результати вимірювань і розрахунків занести в таблицю 7.

Таблиця 7 – Результати вимірювань

№ проби	Солоність, г/л	Жорсткість, мг-екв/л

### ***Контрольні запитання***

1. Що називається солоністю води?
2. Що називається жорсткістю води?
3. Наведіть класифікацію природних вод за величиною концентрації солей.
4. Назвіть хімічний склад морських вод.
5. Назвіть види жорсткості води.
6. Назвіть методи усунення жорсткості.
7. На чому заснований принцип вимірювання концентрації солі датчиком солоності?
8. Принцип дії приладу TDS5?
9. Як проводиться вимірювання солоності води?
10. Як знаючи солоність води визначити її жорсткість?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 ВИЗНАЧЕННЯ рН ВОДИ**

**Мета роботи:** набуття студентами практичних навичок визначення водневого показника (рН) води за допомогою рН-метра.

Поставлена мета досягається послідовним вирішення **таких завдань:**

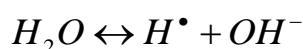
- ознайомлення з фізичним змістом показника рН;
- ознайомлення з сутністю електрохімічного методу вимірювання рН;
- ознайомлення з будовою, принципом дії рН-метра РН-009(1);
- опанування методики визначення водневого показника води;
- самостійного визначення показника рН в пробах води за допомогою рН-метра.

## 5.1. Загальні положення

Водневий показник (рН) – показник, що характеризує властивість води, зумовлену наявністю у ній вільних іонів водню.

Надзвичайна роль води пов'язана з тим, що вона є універсальним розчинником, і розчиняє навіть золото, хоча і в дуже малих кількостях. Внаслідок розчинення утворюються складні розчини солей, газів та органічних речовин. Від складу води залежать її властивості.

В багатьох технологічних процесах і лабораторних дослідженнях при вивченні явищ, що відбуваються в живих організмах, важливою характеристикою водних розчинів реагентів є концентрація іонів водню. Чиста вода дуже погано проводить електричний струм, але все ж володіє деякою вимірною електропровідністю, яка пояснюється незначною дисоціацією води на водневі та гідроксильні іони:



Для чистої води полярна концентрація іонів водню та іонів гідроксилу дорівнює  $10^{-7}$  г-іон/л.

Розчини, в яких концентрація водневих і гідроксильних іонів однакова і складає кожна  $10^{-7}$  г-іон/л, називаються нейтральними.

Для води та розбавлених водних розчинів при незмінній температурі добуток концентрацій водневих та гідроксильних іонів є величиною постійною

$$K_{H_2O} = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}$$

В кислих розчинах більшою є концентрація водневих іонів, в лужних – концентрація гідроксильних іонів. Але яка б не була реакція розчину, добуток концентрацій іонів  $H^+$  та  $OH^-$  повинен залишатися постійним.

Якщо вказується концентрація водневих іонів в будь-якому розчині, то тим самим буде визначена і концентрація гідроксильних іонів. Тому як ступінь кислотності, так і ступінь лужності можна кількісно охарактеризувати концентрацією водневих іонів:

Нейтральний розчин	$[H^+] = 10^{-7}$
Кислий розчин	$[H^+] > 10^{-7}$
Лужний розчин	$[H^+] < 10^{-7}$

Таким чином, для характеристики розчину достатньо знати концентрацію водневих іонів, яку для зручності запису и розрахунків чисельно характеризують від'ємним логарифмом концентрації водневих іонів – водневим показником рН.

$$pH = - \lg [H^+].$$

Наприклад, якщо  $[H^+] = 10^{-5}$ , то  $pH = 5$ ; якщо  $[H^+] = 10^{-9}$ , то  $pH = 9$  і т. д.

Звідси ясно, що в нейтральному розчині  $pH = 7$ .

Діапазон значень рН водних розчинів любых речовин складає 0-14 од.

В залежності від рівня рН водні розчини можна умовно розділити на декілька груп (табл. 8).

Для питної і господарсько-побутової води оптимальним є рівень рН в діапазоні від 6 до 9. В річкових водах рН зазвичай знаходиться в межах 6,5-8,5; в атмосферних опадах 4,6-6,1; в болотах 5,5-6,0; у морських водах 7,9-8,3.

Таблиця 8 – Класифікація водних розчинів за рН

Група	Величина рН
Сильнокислі води	<3
Кислі води	3-5
Слабокислі води	5-6,5
Нейтральні води	6,5-7,5
Слаболужні води	7,5-8,5
Лужні води	8,5-9,5
Сильнолужні води	>9,5

## 5.2. Методи вимірювання

Якісно реакцію розчину можна визначити за допомогою спеціальних реактивів, які називаються *індикаторами*. Вони змінюють забарвлення залежно від концентрації водневих іонів.

Але найбільш точним і універсальним методом вимірювання рН є *електрохімічний метод*, тобто визначення електродних потенціалів різних електродів, поміщених у досліджуваній розчин, що містить іони водню.

У загальному випадку електрохімічний перетворювач являє собою електролітичний осередок, заповнений розчином з поміщеними у нього двома електродами, які слугують для включення перетворювача в вимірювальний ланцюг. В залежності від природи, складу розчину і електродів електричний осередок може характеризуватися електрорушійною силою (ЕРС), що ним розвивається, живленням напруги від прохідного струму, опором, ємністю та індуктивністю.

При розчиненні відбувається дисоціація – розщеплення молекул на позитивні іони (катіони) і негативні іони (аніони), в результаті чого утворюються електропровідні розчини, які називаються електролітами.

Між двома електродами, опущеними в розчин електроліту, внаслідок хімічних процесів виникає різниця потенціалів, тобто електролітичний осередок є джерелом гальванічної ЕРС. Це пояснюється тим, що у розчин переходять позитивно заряджені іони металу, і розчин заряджається, а на електроді залишаються надлишкові електрони, і він заряджається негативно щодо розчину.

Потенціали електрода відносно розчину визначити не можна, так як для цього потрібно опустити в розчин інший електрод, який внесе в ланцюг свій потенціал. Таким чином, можуть бути виміряні не абсолютні величини потенціалів різних електродів, а різниці потенціалів різних пар електродів.

Гальванічні перетворювачі, які є датчиками рН-метрів, в якості природної вхідної величини мають значення концентрації водневих іонів, що виражається в одиницях рН, а в якості вихідної величини – гальванічну напругу, яка дорівнює різниці електродних потенціалів. Із-за неможливості вимірювання потенціалу одного електрода гальванічний перетворювач завжди складається з двох електродів: вимірювального (рис. 4) і допоміжного (рис. 5), які розміщені в досліджуваному розчині.

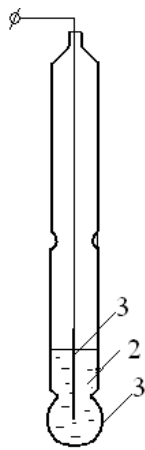


Рисунок 4 – Вимірювальний електрод

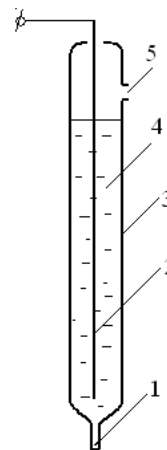


Рисунок 5 – Допоміжний електрод

Вимірювальний електрод являє собою скляний електрод, на кінці якого є кульова поверхня (мембрана) 1 із спеціальних сортів скла. Товщина скла 0,05-0,1 мм. Кульова порожнина заповнюється контрольним розчином якої-небудь солі або кислоти 2. В цей розчин вставлений хлорсрібний електрод 3.

Принцип дії заснований на процесі іонного обміну. При приміщенні скляного електрода в розчин лужні іони скла ( $\text{Na}$  і  $\text{Li}$ ) переходять у розчин, а їх місця займають більш рухомі іони водню з розчину. В результаті на межі «скло – розчин» з'являється певний потенціал, що залежить від концентрації водневих іонів. Обидві поверхні потрібно розглядати як водневі електроди, один з яких при практичних вимірах повинен мати постійний потенціал. Шар скла між поверхнями є по суті провідником, який з'єднує обидва електроди.

Допоміжний електрод призначений для створення опорного потенціалу при роботі в парі з вимірювальним електродом. Електрод являє собою скляний корпус 3, що має в нижній частині електролітичний ключ 1. За добу через цей ключ протікає від 0,3 до 3,5 мл хлористого калію, яким заповнюється електрод через отвір 5. Усередині є хлорсрібний електрод 2.

Гальванічний перетворювач являє собою два електроди, опущені в досліджуваний водний розчин. Принцип роботи заснований на залежності ЕРС гальванічного ланцюга від концентрації іонів в електроліті і окислювально-відновних процесів, що відбуваються на електродах. ЕРС гальванічного перетворювача є алгебраїчною сумою потенціалів хлорсрібного елемента внутрішньої і зовнішньої поверхні скляного електрода і потенціалу допоміжного електрода. Різниця ЕРС між двома електродами  $\Delta E$  є алгебраїчною сумою ЕРС хлорсрібного електрода  $E_{\text{вим}}$ , внутрішньої  $E_{\text{внутр}}$  і зовнішньої  $E_{\text{зовн}}$  поверхні скляного електрода і потенціалу допоміжного електрода  $E_{\text{доп}}$ :

$$\Delta E = E_{\text{вим}} + E_{\text{внутр}} + E_{\text{зовн}} + E_{\text{доп}}$$

При вимірюванні рН досліджуваного розчину змінюється тільки потенціал зовнішньої поверхні електрода, який залежить від концентрації іонів водню в розчині. Всі інші складові ЕРС залишаються незмінними (при постійній температурі).

### 5.3. Принцип роботи іономіра РН-009(1)

Прилади, призначені для аналізу рідких розчинів по водневому показнику рН, називаються іономірами або рН-метрами. Ці прилади складаються з гальванічного перетворювача та вимірювального пристрою. На практиці використовуються різні за конструкцією і застосуванням гальванічні перетворювачі, вибір яких визначається межами вимірювання рН та умовами експлуатації перетворювачів.

Прилад РН-009(1) призначений для вимірювання рівня рН практично в будь-яких рідинах, за винятком рідин з вмістом алкоголю більше 50%. Діапазон вимірювань рН становить 0,00–14,00. Ціна поділу дорівнює 0,1 рН. Похибка вимірювань  $\pm 0,1$  рН. Прилад працює в температурному діапазоні від 0 до 50°C. Прилад має вбудований сенсор для автоматичної компенсації температури.

Загальний вигляд рН-метра РН-009(1) показаний на рис. 6. Його розміри складають 142×29×15 мм.

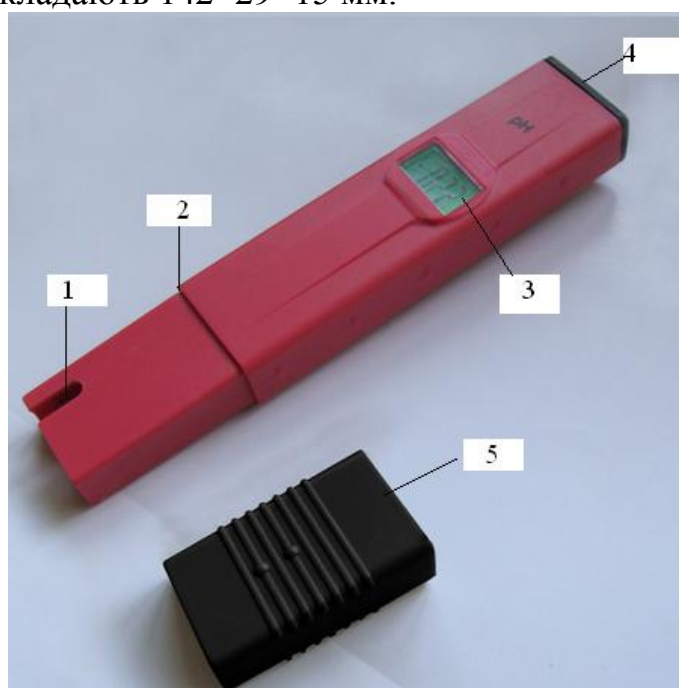


Рисунок 6 – Прилад РН-009(1)  
1 – вимірювальний електрод; 2 – рівень занурення; 3 – екран; 4 – кнопка включення/виключення;  
5 – захисна кришка

### 5.4. Виконання вимірювань

Для проведення вимірювань необхідно:

1. Зняти захисний ковпачок.
2. Опустити електрод приладу в дистильовану воду, потім дістати і обережно просушити в фільтрувальному папері.
3. Включити прилад, натиснувши клавішу ON (ввімкнути).
4. Опустити електрод у ємність для вимірювань і трохи побовтати.
5. Дочекатися, поки показання приладу стабілізуються. Рекомендується проводити кілька вимірів. За остаточний результат береться середнє значення.
6. Після вимірювань очистити електрод приладу (див. пункт 2).
7. Встановити захисний ковпачок.

При проведенні вимірювань не рекомендується торкатися електродів приладу. Якщо це відбулося, необхідно виконати процедуру очищення (промивання) електродів.



Для більш високої точності вимірювань завжди використовується чиста ємність.

Допускається проведення вимірювань практично в будь-яких рідинах, за винятком рідин з вмістом алкоголю понад 50%.

Прилад не можна повністю занурювати в рідину.

Електрод приладу повинен зберігатися з закритим захисним ковпачком.

Не допускається попадання на прилад прямих сонячних променів і зберігання приладу при високих температурах.

У разі вимірювання рН рідини з високою температурою не можна залишати надовго електрод в рідині.

При проведенні вимірювань в різних рідинах після закінчення вимірювань навіть в одній рідині треба завжди промивати електрод, опустивши його в дистильовану воду або в буферний розчин рН=7.

Для підвищення точності вимірювань прилад повинен проходити калібрування не рідше, ніж один раз на місяць. Калібрування проводиться наступним чином:

1. Помістити електрод приладу в стандартний фосфатний буферний розчин рН 6,86 (при температурі розчину 25°C) і трохи побовтати.

2. Відрегулювати за допомогою годинникової викрутки (додається) через отвір, розташований в корпусі приладу, показання приладу.

3. Помістити електрод приладу в стандартний буферний розчин бури рН 4,01, або рН 9,18.

4. Приблизно через 1 хвилину переконатися в показаннях приладу, відповідно розчинів «4,01» або «9,18».

### ***Контрольне завдання***

1. За допомогою рН-метра визначити рН п'яти проб водного розчину.
2. За знайденими значеннями рН визначити тип реакції.
3. Результати вимірювань і розрахунків занести в табл. 9.

Таблиця 9 – Результати вимірювань

№ проби	Значення рН	Реакція

### ***Контрольні запитання***

1. Фізичний зміст показника рН.
2. На які групи поділяються води в залежності від рівня рН?
3. Назвіть методи вимірювання рН води.
4. У чому полягає сутність електрохімічного методу визначення рН?
5. Які прилади використовуються для аналізу рідких розчинів по водневому показнику рН?
6. Як проводяться вимірювання рН води приладом РН-009(1)?
8. Яких заходів безпеки необхідно дотримуватися при роботі з приладом РН-009(1)?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6 ВИЗНАЧЕННЯ ОСВІТЛЕНОСТІ

**Мета роботи:** набуття студентами практичних навичок визначення освітленості.

Поставлена мета досягається послідовним вирішення таких завдань:

- ознайомлення з фізичним змістом освітленості;
- ознайомлення з сутністю фотометричного методу вимірювання;
- ознайомлення з будовою та принципом дії люксметра LX 1330B;
- опанування методики визначення освітленості;
- самостійне визначення освітленості за допомогою люксметра.

### 6.1. Загальні положення

*Освітленість* – це величина відношення світлового потоку до площі, на яку він падає. Тобто, освітленість — це світлова величина, яка визначає кількість світла, що потрапляє на певну площу поверхні тіла.

Освітленість позначається символом  $E$  і визначається за формулою:

$$E = \Phi/S,$$

де  $\Phi$  – світловий потік;  $S$  – площа поверхні, на яку падає світловий потік.

Одиницею вимірювання освітленості в Міжнародній системі одиниць (СІ) служить люкс (лк) (від латин. lux – «світло»).

Один люкс дорівнює відношенню одного люмена (одиниця вимірювання світлового потоку) до одного квадратного метру поверхні:  $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм}/\text{м}^2$ .

В Англії та Америці застосовують таку одиницю вимірювання освітленості, як фут-кандела – люмен на фут в квадраті (фут·кд). Фут у назві використовується тому, що одна фут-кандела означає освітленість однією канделою поверхні в один квадратний фут, яку вимірюють на відстані одного футу (трохи більше 30 см). Часто її застосовують у фотографії і кіно, а також в деяких інших областях.  $1 \text{ фут-кандела} = 10,76 \text{ лк}$ .

Освітленість поверхні  $E$  залежить від відстані до освітлюваної поверхні; кута, під яким світло падає на поверхню; сили світла джерела; прозорості середовища, в якому поширюється світло, проходячи від джерела до поверхні.

Освітленість прямо пропорційна силі світла джерела світла і обернено пропорційна площі, на яку падає світло. Тобто, при освітленні поверхні однією і тією ж лампою освітленість більшої площі буде меншою, ніж освітленість меншої площі. Освітленість обернено пропорційна квадрату відстані від точкового джерела світла до поверхні. Наприклад, якщо збільшити відстань удвічі, можна помітити, що один і той ж світловий потік буде освітлювати в 4 рази більшу площу. Оскільки  $E = \Phi/S$ , то освітленість у цьому випадку зменшиться в 4 рази. Якщо збільшити відстань в 3 рази, освітленість зменшиться у 9–32 разів.

Коли промені світла падають з ухилом до освітлюваної поверхні, освітленість зменшується пропорційно косинусу кута падіння променів.

Освітлення буває природним і штучним. Джерелами природного освітлення є сонце, місяць (точніше відбите ним світло сонця), розсіяне світло

небосхилу. Джерелами штучного освітлення є різного роду форми і конструкції, лампи і світильники, світло дисплеїв комп'ютерів і мобільних пристроїв, екрани телевізорів і т. д.

Освітленість зменшується, якщо у повітрі є частинки пилу, туману, диму, так як вони відображають і розсіюють певну частину світлової енергії.

У табл. 10 наведено деякі значення освітленості поверхні.

Таблиця 10 – Значення освітленості поверхні

Опис	Освітленість, лк
Поза атмосферою на середній відстані Землі від Сонця	135 000
Найбільша сонячна освітленість при чистому небі	100 000
Звичайна освітленість влітку в середніх широтах опівдні	17 000
В хмарну погоду влітку опівдні	12 000
При кінозйомці в студії	10 000
Звичайна освітленість узимку в середніх широтах	5 000
На футбольному стадіоні (штучне освітлення)	1200
На відкритому місці у похмурий день	1000-2000
Схід і захід Сонця в ясну погоду	1000
У світлій кімнаті поблизу вікна	100
На робочому столі для тонких робіт	400-500
На екрані кінотеатру	85-120
Необхідне для читання	30-50
На вулиці при штучному освітленні	до 4
У морі на глибині 50-60 м	до 20
Вночі в повний місяць	0,2
У безмісячну ніч	0,001-0,002
У безмісячну ніч при суцільній хмарності	до 0,0002

## 6.2. Нормування освітленості

На території України діють норми освітлення «Природне і штучне освітлення» (СНіП II-4-79). Вони поширюються на проектування знову споруджуваних і реконструйованих будівель і споруд. В кінці 2002 року Міжнародна комісія з освітлення (CIE) поширила міжнародний стандарт по освітленню ISO 8995. У стандарті ISO 8995 більш детально нормоване освітлення, а також акцентовані вимоги щодо обмежень дискомфортової блякlosti і вимоги до коефіцієнта передачі кольору. Однак наведені норми не є обмеженням у вимогах, у кожному окремому випадку вимоги можуть бути збільшені.

У табл. 11 наводиться порівняльна характеристика норм освітленості на прикладі будівель освітніх закладів.

Таблиця 11 – Порівняльна характеристика норм освітленості

Типи приміщень, просторів, видів діяльності	СНіП	ISO 8995
	$E_{\text{середнє}}, \text{ЛК}$	$E_{\text{середнє}}, \text{ЛК}$
Класні кімнати	300	300
Аудиторії	300	500
Дошки	500	500
Демонстраційні столи	-	500
Кімнати для праці	300	500
Класи для заняття живописом	500	750
Класи для креслення	500	750
Лабораторії	-	500
Майстерні	300	500
Музичні класи	-	300
Комп'ютерні класи	400	500
Кімнати загального призначення	200	200
Спортивні зали, басейни	200	300

### 6.3. Прилади для вимірювання освітленості

Виходячи з назви одиниці освітлення (люкс), назва приладу, яким її вимірюють, – люксометр. Це мобільний, портативний прилад для вимірювання освітленості. Всі люксометри оцінюють освітленість виключно фізичним методом. Тобто невід'ємною частиною люксометрів є фотоелемент, що перетворює потік видимого випромінювання в електричний сигнал.

Потік світла, потрапляючи на фотоелемент, вивільняє потік електронів у тілі напівпровідника. Завдяки цьому фотоелемент починає проводити електричний струм. Величина цього струму прямопропорційна освітленості фотоелемента. Вона і відображається на шкалі. У перших аналогових люксометрах шкала проградуєвана в люксах, результат визначається по відхиленню стрілки. Зараз на зміну аналоговим приходять цифрові прилади для вимірювання освітленості. В них результат вимірювань виводиться на рідкокристалічний дисплей. Похибка люксометра повинна бути не більше 10%.

### 6.4. Характеристика і принцип дії люксометра LX 1330B

Люксометр LX 1330B – прилад, що дозволяє вимірювати освітленість в широкому діапазоні при максимальній похибці 3-4% у двох величинах – люксах і фут-канделах. Призначений для вимірювання освітленості, створеної різними джерелами, довільно розташованими в просторі. Прилад має функцію заміру пікових значень. Кремнієвий фотодіод з корекцією кольору відповідає спектральній чутливості ока людини V (I). Прилад можна використовувати для контролю освітленості в житлових і виробничих приміщеннях, музеях, бібліотеках, архівах, теплицях, садівництві, а також застосовувати при світло – дизайні, фотографії і т. д. Окрім того, завдяки косинусній корекції поперечного освітлення, яка підвищує точність люксометра, прилад є незамінним у використанні при перевірці освітленості робочих і

навчальних місць, у виробництві освітлювальних приладів і т. д.

Загальний вигляд люксметра показаний на рис. 8. Одиниці вимірювання: лк, фут-кандела. Діапазон вимірювання: 0,1-200 000 лк.



Рисунок 7 – Люксметр LX 1330В

1 – датчик; 2 – кнопка включення/виключення; 3 – кнопка утримання результату; 4 – кнопка вибору величини вимірювання; 5 – екран; 6 – кнопка виміру максимального результату; 7 – кнопка переключення піддіапазонів

Вимірювальна частина люксметра знаходиться в окремому корпусі і з'єднується з приладом гнучким дротом. Це дозволяє проводити вимірювання у важкодоступних місцях.

### 6.5. Порядок роботи з люксметром LX 1330В

Для проведення вимірювань необхідно:

1. Встановити батарейку у відповідне відділення на задній стороні приладу, дотримуючись полярності.

2. Зняти захисну кришку з датчика і натиснути кнопку POWER для початку вимірювань.

Завдяки набору світлофільтрів межі вимірювань можна регулювати. В цьому випадку показання приладу потрібно множити на певні коефіцієнти.

При натисненні кнопки утримання результату HOLD припиняє виміри. Щоб відмінити режим утримання результатів, необхідно натиснути кнопку повторно.

### **Контрольне завдання**

1. За допомогою люксметра визначити освітленість певних поверхонь (завдання видає викладач).
2. Результати вимірювань занести в табл. 12.

Таблиця 12 – Результати вимірювань освітленості

№ з/п	Освітленість	
	лк	фут·кд

### **Контрольні запитання**

1. Що називається освітленістю?
2. Назвіть одиниці вимірювання освітленості.
3. Які прилади використовуються для вимірювання освітленості?
4. На якому методі основана робота люксметра LX 1330B?
5. В яких документах указані нормативні значення освітленості?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ШУМУ**

**Мета роботи:** набуття студентами практичних навичок визначення рівня шуму.

Поставлена мета досягається послідовним вирішення **таких завдань:**

- ознайомлення з фізичним змістом шуму;
- ознайомлення з принципом дії приладів для вимірювання шуму;
- опанування методики визначення рівня шуму;
- самостійного визначення рівнів шуму у різних точках за допомогою шумоміра.

### **7.1. Загальні положення**

*Шум* – коливання частинок навколишнього середовища, що сприймається органами слуху людини як небажані сигнали. З точки зору акустики шум – нестійкі або випадкові акустичні коливання, що характеризуються випадковою зміною амплітуди і частоти.

Зазвичай шум – це неприємний або небажаний звук чи сукупність звуків, що заважають сприйняттю корисних звукових сигналів, порушують тишу, чинять шкідливу або подразливу дію на організм людини, знижують її працездатність. Шум підвищеного рівня несприятливо діє на організм людини. Ступінь цієї дії залежить від характеристики шуму та індивідуальних особливостей людини. Шум діє не тільки на органи слуху, але й на нервову систему, призводить до підвищення кров'яного тиску, ослаблення уваги, зниження продуктивності праці і підвищення рівня травматизму. При дії шуму високих рівнів (більше 140 дБ) можливі розрив барабанних перетінок, контузія, а при ще більш високих (більше 160 дБ) – навіть смерть.

Шум класифікують:

1. *За походженням:*

- механічний (виникає внаслідок вібрацій поверхонь машин та обладнання, ударів у з'єднаннях деталей, конструкцій та ін.);
- аеродинамічний (виникає у газах);
- гідродинамічний (виникає у рідинах);
- електромагнітний (виникає внаслідок коливань елементів електромеханічних пристроїв під впливом магнітних змінних сил).

2. *За частотною характеристикою шуми:*

- низькочастотний (<400 Гц);
- середньочастотний (400-1000 Гц);
- високочастотний (>1000 Гц).

3. *По спектру:*

- стаціонарний;
- нестаціонарний.

4. *По характеру спектра:*

- широкопasmовий шум з безперервним спектром шириною більш 1 октави;
- тональний шум, у спектрі якого є виражені тони (вираженим тоном вважається, якщо одна з третьоктавних смуг частот перевищує інші не менш, ніж на 10 дБ.)

5. *За часовими характеристиками:*

- постійний;
- непостійний.

В деяких галузях техніки, зокрема в електроніці та акустиці існує абстрактне поняття кольору шуму, що приписує шумовому сигналу певний колір виходячи з його статистичних властивостей.

*Білий шум* – стаціонарний шум, спектральні складові якого рівномірно розподілені по всьому діапазону задіяних частот.

*Кольорові шуми* – деякі види шумових сигналів, які мають певні кольори, виходячи з аналогії між спектральною щільністю сигналу довільної природи і спектрами різних кольорів видимого світла.

*Рожевий шум* (в будівельній акустиці), у якого рівень звукового тиску змінюється в октавній смузі частот.

Крім вказаних виділяють також червоний (коричневий), сірий та інші різновиди.

## **7.2. Одиниці вимірювання**

Рівень шуму частіше всього вимірюють в децибелах (дБ). Звуки різної частоти, що створюють однаковий (фізичний) звуковий тиск, суб'єктивно сприймаються органом слуху людини як маючі не однакову гучність. Для оцінки шуму одним числом, враховуючим суб'єктивну оцінку його людиною, в даний час широко використовується «рівень звуку» (дБА) – загальний (віднесений до всіх смуг частот) рівень звукового тиску, скоригований по кривій частотної корекції «А», що характеризує наближено частотну

характеристику сприйняття шуму людським вухом.

В якості основної величини для оцінки шумового режиму в місцях життєдіяльності людини встановлений еквівалентний рівень звуку. Еквівалентним (по енергії) рівнем звуку називається значення рівня звуку тривалого постійного шуму, який у межах встановленого інтервалу часу має те ж саме середньоквадратичне значення рівня звуку, що і непостійний шум.

### 7.3. Нормування шуму

*Допустимий рівень шуму* – це рівень, який не викликає у людини значного занепокоєння і істотних змін показників функціонального стану систем і аналізаторів, чутливих до шуму.

На практиці застосовуються два принципи нормування шуму:

1. Нормування на основі граничних спектрів (гранично допустимих рівнів звукового тиску) в октавних смугах частот.

2. Нормування шуму, що базується на регламентуванні рівня звуку в дБА.

Суть першого принципу нормування шуму: нормами передбачаються диференційовані вимоги до допустимих рівнів шуму в приміщеннях різного призначення залежно від кваліфікації, характеру та категорії напруженості праці. Шум вважається допустимим, якщо рівні звукового тиску у всіх октавних смугах частот у нормованому діапазоні 63-8000 Гц будуть нижчими, ніж значення, які визначаються граничним спектром.

Суть другого принципу нормування шуму полягає в інтегральному оцінюванні всього шуму, визначенні його середньої величини.

Нормування шуму як за граничними спектрами, так і за рівнями звуку в дБА застосовується лише для оцінювання постійного шуму на робочих місцях. Для оцінювання непостійного шуму використовують еквівалентний рівень, що прирівнюється до рівня постійного звуку, широкосмугового, неімпульсного шуму, який впливає на людину аналогічно непостійному шуму.

Нормованою характеристикою постійного шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску в октавних смугах із середньо геометричними частотами (табл. 13). Нормованою характеристикою непостійного шуму на робочих місцях є інтегральний критерій – еквівалентний рівень звуку в дБА. Важливим при нормуванні шуму є врахування категорії важкості та напруженості праці.

Таблиця 13 – Нормативні величини на робочих місцях

Найменування приміщень	Рівень звукового тиску (дБ) в октавних смугах із середньо геометричними частотами (Гц)								Рівень звуку та еквівалентний рівень звуку, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Постійні робочі місця у виробничих приміщеннях і на території підприємств	95	87	82	78	75	73	71	69	80



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Приміщення конструкторських бюро, лабораторій, програмістів, користувачів комп'ютерів, поліклінік, медпунктів	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Приміщення пультів, кабін для спостереження, дистанційного керування	83	74	68	63	60	57	55	54	65

#### 7.4. Прилади для вимірювання характеристик шуму

Для вимірювання характеристик шуму застосовуються шумоміри, частотні аналізатори, корелометри та ін. Для об'єктивного вимірювання рівня звуку застосовують шумоміри.

Фактично шумомір являє собою мікрофон, до якого підключений вольтметр, проградуєований в децибелах. Оскільки електричний сигнал на виході з мікрофону пропорційний вихідному звуковому сигналу, приріст рівня звукового тиску, що впливає на мембрану мікрофона, викликає відповідний приріст напруги електричного струму на вході у вольтметр, що і відображається за допомогою індикаторного пристрою, проградуєованого в децибелах. Для вимірювання рівнів звукового тиску в контрольованих смугах частот (наприклад, 31,5; 63; 125 Гц та ін.), а також для вимірювання рівнів звуку (дБА), коректованих за шкалою А з урахуванням особливостей сприйняття людським вухом звуків різних частот, сигнал після виходу з мікрофону, але до входу в вольтметр, пропускають через відповідні електричні фільтри. Загальна схема шумоміра обирається так, щоб його властивості наближалися до властивостей людського вуха.

Оскільки чутливість вуха залежить як від частоти звуку, так і від його інтенсивності, в шумомірі використовуються кілька комплектів фільтрів, що відповідають різній інтенсивності шуму. Дані фільтри дозволяють імітувати амплітудно-частотну характеристику вуха при заданій потужності звуку. Ці фільтри називаються А, В, С, D.

Фільтр А приблизно відповідає амплітудно-частотній характеристиці «посереднього вуха» при слабких рівнях шуму, фільтр В – при сильних рівнях шуму. Фільтр D був розроблений для оцінки авіаційного шуму.

В даний час для нормування шуму застосовуються тільки фільтри А і С (останній – для оцінки пікових рівнів шуму). Останні версії стандартів на шумоміри не встановлюють вимог до фільтрів В і D.

#### 7.5. Принцип дії і будова шумоміра AR814

Цифровий шумомір AR814 – спеціалізований пристрій для вимірювання характеристик шуму (рівня звуку). Цифровий шумомір перетворює аналоговий звуковий сигнал, сприйнятий мікрофоном шумоміра, у вигляд цифрового. Таким чином, характеристики звуку можуть бути відображені на екрані шумоміра. Діапазон вимірів складає: 30-130 дБА, 35-130 дБС. Чуттєвість

приладу – 2 с, тобто показання на дисплеї відображаються миттєво.

Електронний шумомір AR814 використовується в широкому діапазоні сфер застосування. Загальний вигляд приладу показаний на рис. 8, будова – на рис. 9.



Рисунок 8 – Шумомір AR814

### 7.6. Виконання вимірювань

Для проведення вимірювань необхідно:

1. Ввімкнути живлення.
2. Вибрати необхідний діапазон вимірів.
3. Вибрати необхідний режим: для проведення вимірів коротких звукових піків використовується швидкий режим, для вимірів загального фону – повільний.

У разі включення функції максимальних показань на дисплеї приладу буде відображатися тільки максимальний досягнутий рівень звука.

Прилад не рекомендується використовувати при високих температурах та значній вологості. У разі довгого інтервалу між вимірами шумомір зберігається без елемента живлення (батареї). При вимірах на відкритому повітрі в цілях зменшення завад використовується насадка на мікрофон.

### *Контрольне завдання*

1. За допомогою шумоміра AR814 визначити еквівалентні рівні звуку у різних точках (завдання видає викладач).
2. Визначити пікові рівні шуму у різних точках.
3. Результати вимірювань занести у табл. 14.

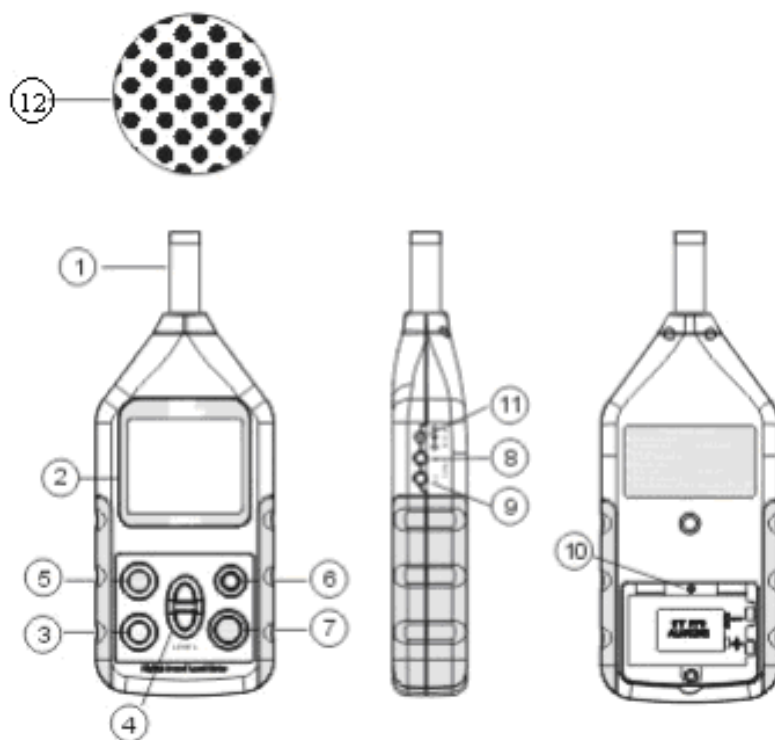


Рисунок 9 – Будова шумоміра AR814

1 – мікрофон; 2 – дисплей; 3 – кнопка вклучення; 4 – перемикач контрольних діапазонів; 5 – кнопка фіксації максимального значення; 6 – кнопка вибору частотного навантаження (А – для більшості вимірів, С – для низькочастотних шумів); 7 – кнопка установки часу частотного навантаження (FAST – для звичайних вимірів, SLOW – для середнього рівня плаваючих шумів); 8 – вихід АС; 9 – вихід DC; 10 – гвинт для калібрування (потенціометр); 11 – вхід живлення 9 В; 12 – насадка на мікрофон

Таблиця 14 – Результати вимірювань

№ з/п	Рівні звуку	
	еквівалентний, дБА	піковий, дБС

### ***Контрольні запитання***

1. Що називається шумом?
2. Назвіть одиниці вимірювання рівнів звуку.
3. За якими показниками класифікують шуми?
4. Які прилади використовуються для вимірювання рівнів звуку?
5. Що називається допустимим рівнем шуму?
6. Що представляє собою шумомір?
7. Принцип дії шумоміра.
8. Яких заходів обережності необхідно дотримуватися при роботі з приладом?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8 ВИЗНАЧЕННЯ КИСЛОТНОСТІ ҐРУНТІВ

**Мета роботи:** набуття студентами практичних навичок визначення рН за допомогою вимірювача кислотності ґрунту.

Поставлена мета досягається послідовним вирішення **таких завдань:**

- ознайомлення з фізичним змістом кислотності ґрунту;
- ознайомлення з принципом дії вимірювача ЕТР-307;
- опанування методики визначення показника рН ґрунту;
- самостійного визначення показника рН в пробах ґрунту.

### 8.1. Загальні положення

Реакція ґрунту проявляється при взаємодії його з водою або розчинами солей. Вона визначається співвідношенням водневих і гідроксильних іонів у ґрунтовому розчині і характеризується показником рН – від'ємним логарифмом концентрації водневих іонів:

$$pH = -\lg [H^+].$$

Якщо рН=7, то реакція нейтральна, при рН більше 7 – лужна, менше 7 – кисла.

В ґрунтах рН коливається в межах від 3,5 (верхові торф'яники) до 8-9 (солончаки і солонці). Оптимальний рН (близько 7) характерний для некарбонатних ґрунтів, ґрунтовий поглинаючий комплекс яких повністю насичений Са та Mg.

Таким чином, *кислотність ґрунтів* – це властивість, зумовлена наявністю в ґрунтовому розчині водневих ( $H^+$ ) іонів. Кислі ґрунти мають рН менше 7, нейтральні – близько 7, а лужні – понад 7.

Підвищена кислотність ґрунту негативно позначається на розвитку більшості культурних рослин за рахунок зменшення доступності ряду макро- і мікроелементів і збільшення розчинності токсичних сполук марганцю, алюмінію, заліза, бору та ін., а також погіршення фізичних властивостей. У рослинах, які ростуть на кислих ґрунтах, затримується перетворення моносахарів у дисахариди та інші складні сполуки та порушуються процеси утворення білків і процесів обміну. Ґрунти, у яких рН менше 6, потребують зниження кислотності. Для цього використовують вапнування.

*Підкислення ґрунту* – зміна кислотно-основних властивостей ґрунту, викликана природним ґрунтоутворювальним процесом, надходженням забруднюючих речовин, внесенням кислих добрив та іншими видами антропогенного впливу.

### 8.2. Види кислотності

Розрізняють *актуальну* (активну) і *потенційну* (пасивну) кислотність ґрунту. Актуальна кислотність зумовлюється наявністю іонів водню у ґрунтовому розчині, а потенційна – водневих іонів і іонів алюмінію у ґрунтовому поглинаючому комплексі.

*Актуальну кислотність* ґрунтового розчину спричинюють здебільшого

розчинні органічні кислоти, які утворюються в ґрунті внаслідок біохімічних процесів. У ґрунтовий розчин потрапляє певна кількість вуглекислого газу, який з водою утворює вуглекислоту. Потім вуглекислота дисоціює на іони  $H^+$  і  $HCO_3^-$ . Іони водню також підкислюють розчин. Підкислюється ґрунтовий розчин і внаслідок розкладу гідролітично-кислих солей алюмінію й заліза, бо в розчин виділяється кислота.

Потенційна *кислотність* – здатність ґрунту при взаємодії з розчинами солей вести себе як слабка кислота. Визначається вона властивостями твердої фази ґрунту, яка зумовлює появу додаткових водневих іонів у розчині при взаємодії з добривами або хімікатами. Характеризує сумарну концентрацію кислот і кислотних агентів, що існують у даному ґрунті як у дисоційованому, так і недисоційованому стані. Потенційну (приховану) кислотність можна виявити тільки в тому разі, якщо витиснути з поглинаючого комплексу увібрані іони водню. Залежно від характеру взаємодії ґрунту з розчинами розрізняють дві форми потенційної кислотності ґрунтів: *обмінну і гідролітичну*.

*Обмінна* кислотність виявляється при взаємодії з ґрунтом розчинів нейтральних солей. При взаємодії кислого ґрунту з розчином хлориду калію в результаті обміну калію на водень в розчині появляється соляна кислота, а при обміні на алюміній – хлорид алюмінію, який при гідролізі утворює сильну кислоту.

При рН ґрунту менше 4 кислотність зумовлена в основному обмінним воднем, при рН від 4,0 до 5,5 – обмінним алюмінієм. Виражається в мг-екв на 100 г ґрунту або рН сольовим (КС1). За величиною рН ґрунти поділяються на: сильнокислі (<4,5), кислі (4,6-5,0), слабокислі (5,1-5,5), близькі до нейтральних (5,6-6,0), нейтральні (6,1-7,0). Для слаболужних і лужних ґрунтів (рН > 7,0) рН сол. не визначають.

*Гідролітична* кислотність виявляється при взаємодії ґрунту з розчинами гідролітично лужних солей (сильного луку і слабкої кислоти). Гідролітична кислотність звичайно більша, ніж обмінна. Виражається в мг-екв на 100 г ґрунту. Наявність потенційної кислотності характерна для ґрунтів, збіднених лужноземельними металами ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ). Чим більше ґрунт збіднений основами, тим значніше виявляє він кислотні властивості.

### **8.3. Характеристика вимірювача кислотності і родючості ґрунту ЕТР-307 (SR7032 2 in 1)**

ЕТР-307 (SR7032 2 in 1) – комбінований прилад для визначення кислотності і родючості ґрунту. Не потребує елементів живлення – механічний. Прилад працює в 2 режимах: режим рН – для вимірювання рН ґрунту, і режим Fertility – для визначення родючості ґрунту. Вибір режиму вимірювання здійснюється перемикачем на лицьовій панелі приладу (рис. 10). Діапазон вимірювання рН: від 1 до 9.

### **8.4. Визначення кислотності ґрунту**

Ґрунт повинен бути вологим, якщо ґрунт сухий, його необхідно полити. Для визначення кислотності необхідно:

1. Включити режим рН.
2. Вставити електроди у ґрунт на 6-7 см і залишити на 2 хвилини.
3. По верхній шкалі визначити рівень кислотності ґрунту.
4. Після використання приладу очистити електроди.



Рисунок 10 – Вимірювач кислотності і родючості ґрунту ETP-307 (SR7032 2in1)

### ***Контрольне завдання***

1. За допомогою вимірювача кислотності знайти значення рН для 5 проб ґрунтової суміші.
2. За знайденими значеннями рН визначити тип реакції.
3. Результати вимірювань і розрахунків занести в табл. 15.

Таблиця 15 – Результати вимірювань

№ проби	Значення рН	Реакція

### ***Контрольні запитання***

1. Що називається кислотністю ґрунтів?
2. Що називається підкисленням ґрунту?
3. Як підвищена кислотність ґрунту позначається на розвитку рослин?
4. На які види поділяється кислотність ґрунтів?
5. Характеристика вимірювача кислотності ґрунту ETP-307.
6. Як проводяться вимірювання рН ґрунту приладом ETP-307?

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Клименко М.О., Скрипчук П.М. Метрологія, стандартизація і сертифікація в екології: Підручник. – К.: Видавничий центр „Академія”, 2006–368 с.
2. Основи метрології та вимірювань / Д.Б. Головка, К.Г. Реґо, Ю.О. Скрипник. – К.: Либідь, 2001. – 408 с.
3. Ауров В.В. Методи і засоби вимірювань параметрів довкілля. Уч. посібник. - Одеса, 2001. – 260 с.
4. Некос А.Н. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: дистанційні методи : підручник / А.Н. Некос, А.Б. Ачасов, Е.О. Кочанов. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. – 244 с.
5. Полетаєва Л.М., Сафранов Т.А. Моніторинг навколишнього природного середовища. Навчальний посібник. – К. КНТ, 2007. –172 с.
6. ДСанПіН 2.2.4-171 Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> – Загол. з екрану.
7. ДСТУ 7525:2014 Національний стандарт України. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL: <http://metrology.com.ua/download/dstu-gost-gost-r/59-gost/1205-dstu-7525-2014> – Загол. з екрану.
8. Мокієнко А. В. Хлорування води: знезараження чи адаптивність, інактивація чи стимуляція? / А. В. Мокієнко, А. І. Гоженко, Н. Ф. Петренко // Вісник Національної академії наук України. - 2012. - № 11. - С. 32-40.
9. Коробкин В. И., Передельский Л. В. Экология. Изд. 4-е, доп. и переработ. – Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 2003. – 576 с.
10. рН-метры, контроллеры [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <http://www.ecounit.com.ua> – Загл. с экрана.
11. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. – Київ: Світ, 2003. – 288 с.
12. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища : навч. посібник / В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар [та ін.]. – К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. – 312 с.

## ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	3
Лабораторна робота №1. Вибір та аналіз методики дослідження .....	4
Лабораторна робота № 2. Статистична обробка результатів аналізу.....	8
Лабораторна робота №3. Методи визначення вмісту хлору у питній воді.....	14
Лабораторна робота №4. Визначення солоності та жорсткості води.....	22
Лабораторна робота № 5. Визначення рН води .....	28
Лабораторна робота №6. Визначення освітленості .....	34
Лабораторна робота № 7. Визначення рівня шуму.....	38
Лабораторна робота № 8. Визначення кислотності ґрунтів .....	44
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....	47

**БОРИСОВСЬКА** Олена Олександрівна  
**ДЕМЕНКО** Ольга Володимирівна  
**ПАВЛИЧЕНКО** Артем Володимирович

МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ  
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.  
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ  
студентами спеціальностей

101 «Екологія»,  
183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Друкується в редакційній обробці авторів.

Підписано до друку 27.03.2017. Формат 30х42/4.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,6.  
Обл.-вид. арк. 2,6. Тираж 50 прим. Зам. №227

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»  
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.