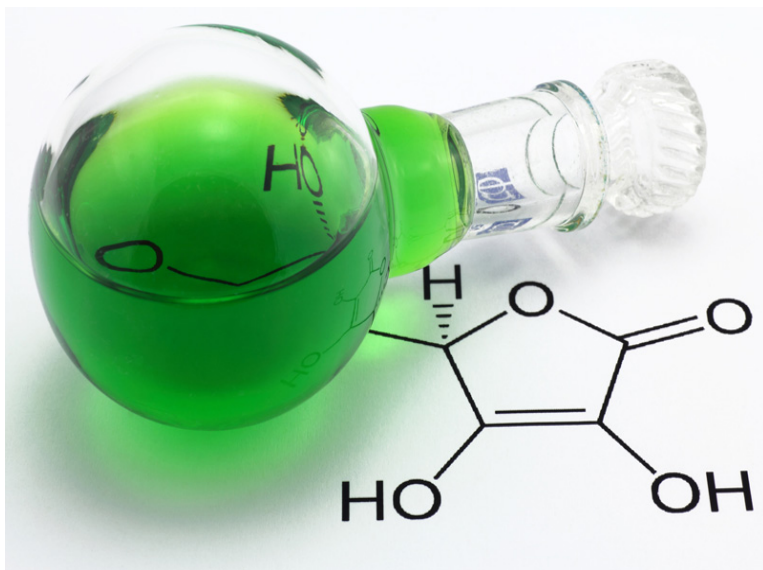


*Житомирський державний університет імені Івана Франка*

*Кафедра хімії*

*Кичкирук О.Ю., Махневич Д.С., Кондратенко О.У.*

Методичні рекомендації до лабораторних робіт з дисципліни  
**«Екоаналітична хімія»**



Житомир  
Вид-во ЖДУ імені Івана Франка  
2020

УДК 543 (05.3)

*Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного  
університету імені Івана Франка*

*(протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 20 р.)*

**Рецензенти:**

О.М. Старостенко – кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник лабораторії термостійких полімерів і нанокомпозитів Інституту хімії високомолекулярних сполук.

О.Ф. Мельник – кандидат педагогічних наук, викладач хімічних дисциплін, КЗВО «Житомирський базовий фармацевтичний коледж»

К-46 Кичкирук О.Ю.

Махневич Д.С.

Кондратенко О.У.

Методичні рекомендації для лабораторних робіт з дисципліни «Екоаналітична хімія» для студентів природничого факультету - Житомир: Вид-во ЖДУ імені Івана Франка, 2020. – 51 с.

Методичні рекомендації містять інструкції до лабораторного практикуму та методики хімічного аналізу природних об'єктів, зокрема води і ґрунтів, контрольні питання й задачі для підготовки до лабораторних робіт та рекомендована навчальна література. Для студентів природничого факультету спеціальності «Хімія».

<b>ЗМІСТ</b>	<b>Стор</b>
<b>Вступ</b>	<b>3</b>
Приклад оформлення лабораторної роботи.	4
Лабораторна робота № 1. Відбір проб води і ґрунту для аналізу	6
Лабораторна робота № 2. Визначення загальної та карбонатної твердості води титриметричним методом	7
Лабораторна робота № 3. Визначення хлоридів у природній воді	12
Лабораторна робота № 4. Спектрофотометричне визначення нітритів у промислових водах за допомогою реактиву Гриса	16
Лабораторна робота № 5. Вивчення органолептичних властивостей мінеральних вод	19
Лабораторна робота № 6. Визначення рН та лужності води	23
Лабораторна робота № 7-8. Визначення розчиненого кисню методом Вінклера, окиснюваності води та біохімічного споживання кисню	26
Лабораторна робота № 9. Визначення гігроскопічної води в ґрунтах, втрати при прожарюванні	30
Лабораторна робота № 10. Визначення кислотності ґрунту	33
Лабораторна робота № 11. Визначення кальцію і магнію у водній витяжці із ґрунту	36
Лабораторна робота № 12. Виділення хлорофілу з зеленого листя...	38
Лабораторна робота № 13. Статистична обробка результатів аналізу	40
Завдання до модульних контрольних робіт	41
Питання до іспиту	47
Рекомендована література	48
Додатки	49

## ВСТУП

Предметом навчальної дисципліни "Екоаналітична хімія" є склад, будова,

властивості об'єктів навколишнього середовища та методи їх якісного та кількісного аналізу.

Метою викладання навчальної дисципліни "Екоаналітична хімія" є закріпити, поглибити і розширити основні теоретичні поняття, практичні уміння і навички, одержані студентами в курсі аналітичної хімії, а також підготувати майбутнього хіміка до проведення аналізу не тільки в аудиторних, але й у природних умовах.

Важливим є поєднання старих класичних і нових сучасних методів аналізу об'єктів довкілля.

Основне завдання методичних рекомендацій навчити студентів практично виконувати типові аналізи різноманітних зразків з використанням хімічних та інструментальних методів.

У посібнику наведені приклади методик аналізу реальних об'єктів, зокрема розкриті питання з тем «Основні стадії підготовки проби до аналізу», «Особливості аналізу природних вод, ґрунтів», «Похибки аналізу, їх класифікація. Статистична обробка результатів аналізу». Такий виклад сприятиме більш ефективному засвоєнню курсу «Екоаналітична хімія».

Методичні рекомендації містять контрольні питання з кожної теми та список рекомендованої для підготовки навчальної літератури, що стане допомогою при самостійній підготовці студентів до складання колоквіумів та підсумкових модульних робіт, передбачених робочою програмою з дисципліни «Екоаналітична хімія» для студентів природничого факультету.

## Приклад оформлення лабораторної роботи

### Лабораторна робота №

**Дата.**

**Назва роботи.** Дата виконання роботи або відбору проби для аналізу.

**Мета роботи.**

**Розчини.** Перелік реактивів із зазначенням їх концентрацій та способу приготування (у випадку необхідності).

**Посуд. Обладнання.**

**Порядок виконання роботи.** Містить детальний опис процедури виконання аналізу та порядку проведення вимірювань. Результати вимірювань та розрахунків представляють у формі таблиць та у графічній формі.

**Висновок.**

Лабораторна робота вважається завершеною після складання усного звіту викладачу про основні результати експерименту та висновки.

Результати виконання лабораторної роботи оцінює викладач, враховуючи теоретичний рівень підготовки студента, правильність виконання методики аналізу, точність отриманих результатів

**Значущі цифри та правила заокруглення.**

Експериментальні дані та результати розрахунків у хімічному аналізі прийнято виражати лише *значущими цифрами*. Значущими називають усі достовірно відомі цифри плюс перша з недостовірних. Тому результат слід заокруглювати до першої недостовірної цифри.

При оцінці недостовірності результатів вимірювань необхідно враховувати реальні можливості методу чи методики. Як статистичний критерій може виступати, наприклад, стандартне відхилення або довірчий інтервал. У випадку відсутності таких відомостей, недостовірність приймають рівною  $\pm 1$  в останній значущій цифрі.

Якщо за першою недостовірною цифрою слідує цифра 5, то результат заокруглюють до найближчого парного числа. Наприклад, число 10,245 слід заокруглити до 10,24, а число 10,255 — до 10,26.

Рекомендується заокруглювати кінцевий результат після виконання всіх арифметичних дій.

Нулі, що стоять на початку числа, завжди не значущі і лише вказують на місце коми в десятковому дробі. Наприклад, число 0,0002 містить лише одну значущу цифру. Нулі, що стоять між цифрами, завжди значущі. Наприклад, у числі 0,306 є три значущі цифри. Нулі в кінці числа можуть бути значущими та не значущими. Наприклад, у числі 4000,0 п'ять значущих цифр. Нулі в кінці цілого числа можуть означати значущу цифру, а можуть вказувати на порядок величини. Наприклад, у числі 70 значущих цифр може бути одна (7) або дві (7 та 0). У таких випадках з метою запобігання невизначеності слід представити число у *нормальному вигляді*, тобто у вигляді добутку числа, яке містить лише значущі цифри, на  $10^n$ , де  $n$  – так званий *порядок* числа. Наприклад, якщо в числі 600 одна значуща цифра, то його слід записати як  $6 \cdot 10^2$ , якщо три —  $6,00 \cdot 10^2$ .

Надалі нулі в кінці числа вважаємо значущими, а *порядок* числавказуватимемо, використовуючи його нормальний вигляд.

**Додавання і віднімання.** Значимість суми або різниці визначається значимістю числа з *найменшою кількістю десяткових знаків*. Так, при додаванні чисел 28,3; 5,1 та 0,46 значимість суми визначається недостовірністю числа 5,1, тому її значення 33,88 слід заокруглити до десятих: 33,9.

Числа, які містять степені, перетворюють, зводячи показники степенів до однієї *найбільшої*. Наприклад, при додаванні чисел  $6,0 \cdot 10^{-2}$  і  $2,5 \cdot 10^{-3}$  їх потрібно звести до чисел одного (другого) порядку, тобто представити як  $6,0 \cdot 10^{-2}$  і  $0,25 \cdot 10^{-2}$ . Найменшу кількість десяткових знаків (один) має перший доданок. Тому в результаті ( $6,25 \cdot 10^{-2}$ ) слід залишити один десятковий знак:  $6,2 \cdot 10^{-2}$ .

**Множення та ділення.** Для оцінки значимості добутку (або частки) зазвичай користуються таким правилом: *кількість значущих цифр* у добутку чисел (або частці) визначається їх кількістю у числі з *найменшою кількістю значущих цифр*. Наприклад:  $2,56 / 2,3 = 1,1130 \approx 1,1$ ;  $0,004 / 2,34 = 0,01709 \dots \approx 0,02$ ;  $2,4$

**Піднесення до степеня.** При піднесенні числа до степеня відносна недостовірність результату збільшується у число разів рівне показнику степеня. Наприклад, при піднесенні до квадрату вона подвоюється, до кубу – потроюється. Кількість значущих цифр при піднесенні до квадрату не збільшується. Наприклад:  $1,22 = 1,44 \approx 1,4$ .

**Отримання квадратного кореня.** Відносна недостовірність результату отримання кореня вдвічі менша відносно недостовірності підкореневого виразу, тому в деяких випадках після отримання кореня кількість значущих цифр збільшується. Наприклад,  $2,00 = 1,414$ . В отриманому результаті недостовірним є третій знак після коми (відносна недостовірність числа 2,00 становить  $1 \cdot 10^{-2}$ , а результату –  $1 \cdot 10^{-2/2} \approx 0,005$ ). Значущих десяткових знаків у результаті на один більше, ніж у підкореному виразі.

**Логарифмування.** При логарифмуванні кількість значущих цифр у дробовій частині мантиси (*кількість значущих десяткових знаків*) дорівнює кількості значущих цифр у не степеневій частині числа, що стоїть під знаком логарифма. Наприклад,  $\lg 0,1 \cdot 10^{-2} = -3,0$  (один значущий десятковий знак),  $\lg 0,10 \cdot 10^{-2} = -3,00$  (два значущі десяткові знаки),  $\lg 3,13 \cdot 10^{-2} = -1,504$ . Абсолютна недостовірність логарифма приблизно в 2,5 рази менша відносно недостовірності числа під логарифмом. Наприклад, якщо логарифм відомий з точністю  $1 \cdot 10^{-2}$ , то відносна похибка величини під знаком логарифма не менша, ніж  $2,5 \cdot 10^{-2}$ . При розрахунку антилогарифму в не степеневій частині результату залишають стільки значущих цифр, скільки значущих десяткових знаків було у виразі під знаком антилогарифма (у показнику степеня). При цьому кількість значущих цифр зазвичай зменшується. Наприклад,  $\text{antlg } 10,23 = 1010,23 = 1,698 \dots \cdot 1010 \approx 1,7 \cdot 1010$ ;  $\text{antlg } (-5,7) = 10^{-5,7} = 1,995 \dots \cdot 10^{-6} \approx 2 \cdot 10^{-6}$ . (Примітка: жирним шрифтом виділено значущі цифри).

#### **Рекомендована література**

1. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы / Под. ред. акад. Золотова Ю.А. – М., 2002. – 412 с.

2. Основы аналитической химии В 2-х книгах / под ред.акад. Ю.А.Золотова,– М., 2000.

3. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2-х книгах /Пер.с англ.под ред. акад. Золотова Ю.А. – М., 1979.

4. В.Ф. Бойко, І.К. Цитович. Агрохимическая лаборатория. / М:Советская наука.// 1959. – 498 с.

## **Тема 1. Відбір проб природних об'єктів для аналізу**

### *Лабораторна робота № 1*

### **ВІДБІР ПРОБ ВОДИ І ҐРУНТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ**

Дата. \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ р

Мета. Ознайомитися з основними принципами відбору проб зразків води і ґрунту. Освоїти правила зберігання і транспортування проб і підготовки їх до аналізу.

#### План.

1. Відібрати зразки природної води у спеціальний посуд.
2. Відібрати зразки ґрунту у паперові пакети.
3. Оформити супроводжуючий документ до кожної відібраної проби.
4. Оформити інформацію про відібрані проби у робочому журналі.

#### Опрацювати контрольні питання

1. Які особливості відбору проб доквілля на аналіз складу?
2. Які загальні норми відбору проб повітря робочої зони?
3. Яка залежність періодичності відбору проб повітря від класу небезпеки речовин?
4. Для яких цілей використовують аналітичні фільтри?
5. Які пристрої використовують для відбору проб води?
6. Які загальні вимоги до відбору проб ґрунту?
7. Прилади для відбору проб ґрунту.
8. Як організувати санітарний контроль за радіаційною безпекою?
9. Відбір місця відбору проб води для аналізу.
10. Які загальні правила відбору проб води для хімічного аналізу?

#### Рекомендована література.

1. Б.Й. Набиванець, В.В. Сухан, Л.В. Калабіна. Аналітична хімія природного середовища. - Київ: Либідь. - 1996. - 304 с.
2. Б.Й.Набиванець, О.П.Рябушко, В.В.Сухан, О.А.Запорожець та інші. Методичні вказівки до лабораторних робіт зі спецкурсу „Аналіз природних та стічних вод”. -Київ – 1993. - 119 с.
3. Б.М.Федишин, В.І.Дорохов, Г.В.Павлюк, Е.А. Головка, Б.В.Борисюк. Основи екологічної хімії. – Житомир: ДАУ. – 2006. - 500 с.
4. В.А. Копілевич, Л.В.Войтенко, С.Д. Мельничук, М.Д. Мельничук.. Хімія навколишнього середовища. К.: Фенікс. – 2004.- 389 с.

5. Б.М. Федішин, Б.В. Борисюк, М.В. Вовк, В.І. Дорохов, Г.В. Павлюк. Хімія та екологія атмосфери. - Київ: Алерта. - 2003. - 273 с.

**Інструкції до оформлення лабораторної роботи.**

1. Підготувати весь необхідний інвентар для відбору проб води і ґрунту.
2. У робочому журналі вказати дату виконання роботи і відбору проби.
3. Кожна проба супроводжується запискою, в якій вказується № проби, її назва, місце відбору проби і дата.

4. В лабораторії у робочому журналі заповнюється таблиця із усіма даними окремо для проб води і ґрунту за прикладом

№ зразка/ його назва	Місце відбору	Дата відбору
1. Джерельна вода	Житомирський р-н, с. Волиця	25.09.2018
2.		

№ зразка/ його назва	Місце відбору	Дата відбору
1. Ґрунт з клумби	Житомирський р-н, с. Волиця	25.09.2018
2.		

**Тема 2. Хімічний та фізико-хімічний аналіз вод**

*Лабораторна робота №2*

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ТА КАРБОНАТНОЇ ТВЕРДОСТІ ВОДИ  
МЕТОДОМ КОМПЛЕКСОМЕТРИЧНОГО ТИТРУВАННЯ**

Дата. \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ р

Мета. Методом хімічного аналізу визначити карбонатну і некарбонатну твердість води. Дати оцінку якості води.

План.

1. Підготувати реактиви і посуд, необхідні для аналізу зразків води.
2. Провести титрування природної води і визначити твердість води.
3. Дати оцінку якості води, порівнюючи з стандартами щодо якості питної води і води для споживання.

**Контрольні питання**

1. Суть методу комплексонометричного титрування, застосування, комплексонометричне визначення твердості води.
2. Індикатори в комплексонометрії. Поняття про метал-індикатори.



3. Для визначення кальцію і магнію взято 2,0850 г препарату і розчинено в мірній колбі на 250,00 мл. На титрування 25,00 мл одержаного розчину витрачено 11,20 мл 0,05240 н робочого розчину трилону Б, а на титрування 100,00 мл (після відокремлення  $\text{Ca}^{2+}$ ) пішло 21,65 мл. Розрахуйте масові частки (%) кальцію і магнію в препараті.

4. При комплексонометричному визначенні кальцію прямим титруванням в присутності індикатора хромового темно-синього на титрування 50,00 мл досліджуваного розчину витратили 22,45 мл розчину ЕДТА з титром за кальцієм 0,002004 г/мл. Визначте масу кальцію в досліджуваному розчині.

### ***Рекомендована література.***

1. Кичирук О.Ю. Аналітична хімія. Якісний та кількісний аналіз: курс лекцій / О.Ю. Кичирук. – Житомир.: Вид-во ЖДУ ім.І. Франка, 2018. – 160 с.
2. Онищенко Ю.К. Збірник задач і вправ з аналітичної хімії: навчальний посібник / Ю.К. Онищенко, Т.О. Онищенко, О.Ю. Кичирук, Н.В. Кусяк. - Житомир: Вид-во ЖДУ ім.І. Франка, 2014. – 221 с.

### **Реактиви.**

1. Розчин комплексону III 0,02 н;
2. Аміачний буферний розчин (рН 10);
3. Хромоген чорний Т, сухий у суміші з NaCl
4. 20% розчин NaOH,
5. Суха суміш мурексиду з NaCl.

### **Лабораторний посуд та обладнання.**

1. Колби Ерленмейєра на 300 мл;
2. Мірні циліндри на 100 мл і на 50 мл;
3. Бюретка на 50 мл;
4. Піпетки Мора на 10 мл і на 20 мл

Загальна твердість води включає карбонатну (усувається кип'ятінням води) і некарбонатну твердість води, що не усувається кип'ятінням води.

У інших країнах для вираження значень твердості води використовуються різні одиниці вимірювання наприклад, німецький градус твердості відповідає вмісту воді 10 мг  $\text{CaO}/\text{дм}^3$ .

Один французький градус твердості відповідає вмісту у воді 10 мг  $\text{CaCO}_3/\text{дм}^3$ .

Один американський градус твердості відповідає вмісту у воді 1 мг  $\text{CaCO}_3/\text{дм}^3$ .

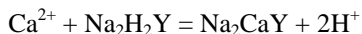
Між цими одиницями твердості можна записати співвідношення:

1 моль/м<sup>3</sup> = 2,804 німецьких градусів твердості;

1 моль/м<sup>3</sup> = 5,005 французьких градусів твердості;

1 моль/м<sup>3</sup> = 50,050 американських градусів твердості.

В усіх випадках реакція між трилон Б і катіонами металів проходить за дуже простим рівнянням: 1 моль комплексону завжди реагує з 1 моль металу у випадку всіх дво- і тривалентних металів. Наприклад з кальцієм, взаємодія відбувається за рівнянням:



Твердість води вимірюється числом мілімоль еквівалентів катіонів  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$  в 1 л води.

При  $\text{pH} = 10$   $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$  утворюють з трилоном Б стійкі безбарвні комплекси. Ці ж катіони з багатьма органічними реактивами, як, наприклад, мурексид, хромоген чорний Т, метилтимоловий синій, кислотний хром синій та інші, утворюють забарвлені комплексні сполуки, проте стійкість їх менша, ніж комплексів з трилоном Б. Отже, якщо до забарвленого комплексу  $\text{Ca}^{2+}(\text{Mg}^{2+})$  з хромогеном чорним Т додавати розчин трилону Б, то комплекси металів з хромогеном чорним Т розпадатимуться і утворюватимуться стійкіші, безбарвні комплекси з трилоном Б. Оскільки при  $\text{pH}=10$  хромоген чорний Т має синє забарвлення, а його комплекси з  $\text{Ca}^{2+}(\text{Mg}^{2+})$  – винно-червоне, титрування супроводжуватиметься зміною забарвлення з винно-червоного на синє.

#### Методика виконання аналізу.

### **1. Визначення загальної твердості води (сумарного вмісту іонів $\text{Ca}^{2+}$ і $\text{Mg}^{2+}$ ).**

В колбу Ерленмеєра місткістю 300 мл мірним циліндром відміряйте 100 мл досліджуваної води, додайте 15 мл аміачної буферної суміші та 10-20 мг твердої суміші хромогену чорного Т з натрій хлоридом (лаборант виготовляє індикаторну суміш у співвідношенні 1:100) і титруйте робочим розчином трилону Б до переходу забарвлення з винно-червоного на синє.

$V(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y})$		$V(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y})$ середнє знач., мл
I титрування., мл		
II титрування., мл		
III титрування., мл.		

Твердість води в мілімолях на літр розрахуйте за рівнянням:

$$\text{Тв. води} = \frac{C_{\text{екв Тр.Б}} \cdot V_{\text{Тр.Б}} \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}} =$$

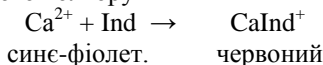
ммоль екв/л

Результати дослідження занести у таблицю в робочому журналі.

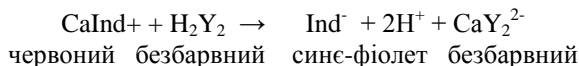
### **2. Визначення вмісту кальцій(II)- і магній(II)-іонів у воді при їх спільній присутності**

Визначення ґрунтоване на попередньому визначенні загального вмісту  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  іонів титруванням аліквотного об'єму розчину, який аналізують стандартним розчином ЕДТА і наступним визначенням в аліквотному об'ємі вмісту  $\text{Ca}^{2+}$ -іонів титруванням стандартним розчином ЕДТА в лужному середовищі ( $\text{pH} 12$ ) з індикатором мурексидом. В лужному середовищі  $\text{Mg}^{2+}$ -іони осаджуються у вигляді  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  і не реагують з ЕДТА. Вміст  $\text{Mg}^{2+}$ -іонів розраховують за різницею.

Мурексид ( $C_8H_8N_6O_6$ ) амонійна сіль пурпурної кислоти при рН 11 присутня у вигляді аніонів синьо-фіолетового кольору. З катіонами  $Ca^{2+}$  він утворює комплекси яскраво-червоного кольору



При титруванні ЕДТА комплекс  $Ca^{2+}$  з індикатором мурексидом руйнується, а аніони індикатора накопичуються в розчині, надаючи йому синьо-фіолетового кольору.



В бюретці стандартний розчин ЕДТА. В колбі для титрування аліквота води 100 мл, яку аналізують, 5 мл 20% розчину NaOH, 20-30 мг сухої суміші мурексиду з NaCl. Розчин, який аналізують, перемішуємо до розчинення індикатора. Розчин повинен мати яскраво-червоний колір. Титруємо розчином комплексону III до синьо-фіолетового кольору.

Розрахунок вмісту  $Ca^{2+}$ -іонів та  $Mg^{2+}$ -іонів в ммоль/л і мг/л

$$n(Ca^{2+}) = \frac{C_{Na_2H_2Y} \cdot V_{Na_2H_2Y} \cdot 1000}{A_{H_2O}}, \text{ ммоль/л}$$

$$n(Mg^{2+}) = T_v. \text{ води загальна} - n(Ca^{2+}), \text{ ммоль/л}$$

$$m(Mg^{2+}) = n(Mg^{2+}) \cdot M(Mg^{2+}) \text{ мг/л}$$

$$m(Ca^{2+}) = n(Ca^{2+}) \cdot M(Ca^{2+}) \text{ мг/л}$$

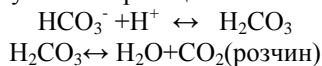
V(Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Y)		V(Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Y) <sub>середнє знач.</sub> , мл
I титрування.,мл		
II титрування.,мл		
III титрування., мл.		

### 3. Визначення тимчасової (карбонатної) твердості води методом кислотно-основного титрування

Некарбонатна твердість води визначається як різниця значень загальної і гідрокарбонатної твердості та являє собою твердість, що не видаляється при кип'ятінні.

Карбонатна твердість називається тимчасовою. Карбонатна твердість визначається загальною кількістю мілімоль еквівалентів речовин  $HCO_3^{-}$  в 1дм<sup>3</sup> води.

Визначення карбонатної твердості води проводять шляхом титрування стандартним розчином хлоридної кислоти аліквотного об'єму води, яку аналізують. При цьому відбуваються реакції:



рН в точці еквівалентності розраховується за формулою:

$$pH = \frac{1}{2}pK_1(H_2CO_3) - \frac{1}{2}\lg C_{\text{кислоти}}$$

Концентрація карбонатної кислоти визначається її розчинністю при даному атмосферному тискові.  $pH = 1/2(6,35) - 1/2 \lg 5 \cdot 10^{-2} = 3,715 + 0,65 = 3,83$

Значення pH в точці еквівалентності показує, що визначення карбонатної твердості води можна проводити шляхом титрування розчином хлоридної кислоти з метиловим-оранжевим.

### Хід виконання роботи

Аліквотною піпеткою відбираємо в конічну колбу 100 мл водопровідної води, додаємо 3 краплі розчину метилового-оранжевого і відтитруємо робочим розчином хлоридної кислоти до зміни жовтого забарвлення на оранжеве. Титрування проводимо три рази. Результати титрування і розрахунок тимчасової твердості води.

$$n(\text{HCO}_3^-) = n(\text{HCl}) = C(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}), \text{ ммоль}$$

$$\text{Твердість води(тимчасова)} = \frac{C_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot 1000}{A_{\text{H}_2\text{O}}}, \text{ ммоль/л}$$

V(HCl), мл		V(HCl) <sub>середнє знач.</sub> , мл
I титрування., мл		
II титрування., мл		
III титрування., мл.		

### 5. Зробіть висновки.

№ і назва зразка	Загальна твердість	Карбонатна твердість	n(Ca <sup>2+</sup> ), n(Mg <sup>2+</sup> )
1.			
2.			

### Лабораторна робота №3

### ВИЗНАЧЕННЯ ХЛОРИДІВ І СУЛЬФАТІВ У ПРИРОДНІЙ ВОДІ

Дата. \_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ р

Мета. Визначити вміст хлорид- і сульфат іонів з використанням методів осадового титрування з метою оцінки якості води.

План.

1. Підготувати реактиви і посуд для хімічного аналізу.
2. Провести хімічний аналіз води на вміст хлорид-іонів за методом Мора і методом меркуриметричного титрування.
3. Провести хімічний аналіз води на вміст сульфат-іонів методом осдового титрування.
4. Оцінити якість води згідно до вимог до якості питної води.

#### **Опрацювати контрольні питання.**

1. Перерахуйте вимоги до реакцій осадження у титриметрії.
2. Загальна класифікація методів осадження і комплексоутворення. Розчини, які використовуються в них як титранти.
3. Перерахуйте та опишіть способи фіксації точки еквівалентності в аргентометрії.
4. Переваги індикаторних методів в аргентометрії перед безіндикаторними.
5. Поясніть суть визначення іонів хлору методом Мора.
6. Суть методу Фольгарда?
7. Чому метод Мора не можна використовувати для визначення хлоридів у кислому середовищі?
8. Порівняльна характеристика методів Мора і Фольгарда. Переваги і недоліки. Принцип дії адсорбційних індикаторів у аргентометрії.

#### **Задачі.**

1. На титрування 10 мл розчину аргентум нітрату витрачається 11,50 мл 0,0473 н розчину амоній роданіду. Розрахувати титр амоній роданіду за аргентум(I) іонами.
2. 15,00 мл досліджуваного розчину NaBr обробили 25,00 мл 0,0460 н розчину  $\text{AgNO}_3$ . На титрування залишку  $\text{AgNO}_3$  витратили 10,80 мл 0,0473 н розчину  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . Розрахувати титр досліджуваного розчину.
3. Розчин, отриманий при розчиненні 0,1148 г кухонної солі, обробили 40,00 мл 0,0897 н розчином аргентум нітрату. На титрування залишку розчину аргентум нітрату витратили 18,40 мл розчину амоній роданіду. Яка масова частка (%) натрій хлориду у зразку кухонної солі?

#### **Лабораторний посуд та обладнання.**

1. Колби Ерленмейєра на 300-500 мл;
2. Мірні циліндри на 10 мл
3. Мірні циліндри на 100 мл
4. Бюретка на 25 мл;
5. Піпетки Мора на 10 мл і на 20 мл

#### **Визначення хлоридів**

Хлориди є неодмінною складовою природних вод. Значні надходження хлоридів геологічного походження у поверхневі води – це рідкісне явище, тому збільшення їх концентрації є показником забруднення води побутовими та деякими промисловими стічними водами. Хлориди визначають у поверхневих водах аргентометричним методом Мора або Фольгарда, чи меркуриметричним методом з використанням дифенілкарбазону як індикатора. Результати

виражають у мілімолях еквівалентів або в міліграмах хлоридів в 1 л води.

### **Визначення хлоридів методом МОРА**

#### **Реактиви.**

1. Розчин калій хромату 1 М;
2. Розчин аргентум нітрату, 0,1 н; 0,05 н; 0,02 н

Суть методу. Титриметричне визначення хлоридів аргентометричним методом Мора ґрунтується на утворенні в нейтральному або слаболужному середовищі (рН 7-10) малорозчинного осаду аргентум хлориду ( $DP_{AgCl}=1,78 \cdot 10^{-10}$ ). Метод Мора застосовують для визначення хлоридів у воді при концентраціях понад 2 мг/л.

Виконання роботи. Для аналізу відбирають 50-100 мл природної води. Додають 1 мл 1М розчину калій хромату і титрують розчином аргентум нітрату з відповідною концентрацією до зміни кольору від лимонно-жовтого до оранжевого. Паралельно проводять холостий дослід з таким же об'ємом дистильованої води.

Концентрацію хлорид-іонів у мг/л ( $C_x$ ) або у ммоль екв/л ( $C_y$ ) розраховують за формулами

$$C_x = \frac{(V_1 - V_2) \cdot C_{AgNO_3} \cdot M_{еквCl^-} \cdot 1000}{V_{H_2O}} =$$

$$C_y = \frac{(V_1 - V_2) \cdot C_{AgNO_3} \cdot 1000}{V_{H_2O}} =$$

де  $V_1$ - об'єм робочого розчину аргентум нітрату, витраченого на титрування проби води, мл;  $V_2$ -б'єм робочого розчину аргентум нітрату, витраченого на титрування холостого розчину, мл;  $M_{еквCl^-}=35,45$  г/моль екв

### **Меркуриметричне визначення хлоридів**

#### **Реактиви.**

1. Розчин меркурій(II) нітрату 0,05 н;
2. Індикатор (0,5 г дифенілкарбазону і 0,05 г бромфенолового синього в 100 мл 96 % етанолу)
3. Розчин нітратної кислоти 0,2 М

Суть методу. Меркуриметричне визначення хлоридів базується на тому, що вони утворюють з іонами меркурію(II) добре розчинні комплексні сполуки. Як індикатор використовують розчин дифенілкарбазон в 95 % етанолі. Після практично повного зв'язування хлоридів або в точці еквівалентності виникає фіолетове забарвлення комплексної сполуки меркурію з дифенілкарбазоном. Правильність встановлення точки еквівалентності залежить від кислотності розчину. Оптимальна кислотність розчину – с межах рН-3,0-3,5. Для встановлення оптимального рН використовують як кислотно-основний індикатор бромфеноловий синій, який після додавання нітратної кислоти за рН3,6 змінює свій колір на жовтий. Жовтий колір сприяє більш чіткому встановленню точки

еквівалентності з дифенілкарбазоном.

Іони  $Zn^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$  та  $Cr^{3+}$  заважають визначенню хлоридів при концентрації понад 100 мг/л.

**Виконання роботи.** Визначення хлоридів у воді меркуриметричним методом можна проводити як прямим титруванням розчином меркурій(II) нітрату, так і зворотнім титруванням розчином амоній роданіду. При прямому титруванні беруть в конічну колбу 100 мл води, додають 10 мл 2 н розчину нітратної кислоти та 1 мл 2%-го розчину дифенілкарбазону. Титрування закінчують при появі синьо-фіолетового забарвлення.

Концентрацію хлорид-іонів у мг/л ( $C_x$ ) розраховують за формулою

$$C_x = \frac{V_{Hg(NO_3)_2} \cdot C_{Hg(NO_3)_2} \cdot M_{еквCl^-} \cdot 1000}{V_{H_2O}}$$

Результати аналізу і розрахунків занесіть у таблицю в робочому зошиті. Висновок зробіть у вигляді таблиці

№ зразка його назва	Титрування по методу Мора		Меркуриметричне титрування	
	Об'єм роб.розчину, мл	$C_{екв} Cl^-$ , мг/л	Об'єм роб.розчину, мл	$C_{екв} Cl^-$ , мг/л

### **Визначення сульфатів**

**Суть методу.** Титриметричний метод визначення сульфат-іонів ґрунтується на їх взаємодії з іонами  $Pb^{2+}$ , в результаті чого утворюється малорозчинний осад  $PbSO_4$ . Появу надлишку іонів плюмбуму фіксують з допомогою індикатора дитизона, який в точці еквівалентності змінює свій колір від синьо-зеленого до червоно-фіолетового внаслідок утворення плюмбум дитизонату. Для зменшення розчинності осаду плюмбум сульфату титрування проводять у водно-спиртовому або водно-ацетоновому середовищі. Цим методом можна визначати іони  $SO_4^{2-}$  при їх концентрації не менше 10 мг/л.

### **Реактиви.**

1. Розчин калій сульфату, 0,02 н
2. Плюмбум нітрат, 0,02 н
3. Індикатор дитизон, розчинений в бензойній кислоті
4. Етанол або ацетон

**Виконання роботи.** Пробу води об'ємом 10 мл вміщують в колбу ємністю 100 мл, додають 30 мл спирту або ацетону і стільки дитизону, щоб розчин став синьо-

зеленим. Титрують розчином плюмбум сульфату до переходу забарвлення в червоно-фіолетове.

Концентрацію сульфат-іонів у мг/л ( $C_x$ ) або у ммоль/л ( $C_y$ ) розраховують за формулами:

$$C_x = \frac{V_{Pb(NO_3)_2} \cdot C_{Pb(NO_3)_2} \cdot M_{еквSO_4^{2-}} \cdot 1000}{V_{H_2O}} = \text{мг/л}$$

$$C_y = \frac{V_{Pb(NO_3)_2} \cdot C_{Pb(NO_3)_2} \cdot M_{еквSO_4^{2-}} \cdot 1000}{V_{H_2O}} = \text{ммоль екв/л}$$

*Зробіть висновки.*



## СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ НІТРИТІВ У ПРОМИСЛОВИХ ВОДАХ ЗА ДОПОМОГОЮ РЕАКТИВУ ГРИСА

Дата. \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ р

Мета. Ознайомитися з методикою визначення нітрит-іонів у природній воді з метою оцінки її якості

План.

1. Ознайомитися з основними вузлами фотоколориметра КФК-2 та принципами його роботи.
2. Приготувати необхідні реактиви та розчини для аналізу.
3. Визначити вміст нітрит-іонів у зразках природної води і оцінити якість згідно стандартів.

Опрацювати контрольні питання.

1. Сформулюйте основний закон світлопоглинання і запишіть його математичний вираз.
2. За якими критеріями можна оцінити специфічність реагенту для спектрофотометричного визначення?
3. На чому засновано спектрофотометричне визначення нітритів за допомогою реактиву Гриса?
4. Які речовини заважають визначенню нітритів в водах за допомогою реактиву Гриса?
5. Як готують стандартні розчини натрію нітриту?
6. Як проводиться побудова градуального графіку при визначенні нітритів з використанням методу найменших квадратів?
7. Як розрахувати кількісний вміст нітритів в водах?

Рекомендована література

1. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Т.3.: учебник / А.П.Крешков – М.:Химия, 1970. – 540 с.
2. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Кількісний аналіз : навч.посіб. / А.С. Сегеда. – К.: ЦУЛ, 2002. – 544 с
3. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа. – Л., Химия, 1968

Принцип методу.

Метод оснований на здатності нітрит-іонів давати інтенсивно забарвлені діазосполуки з первинними ароматичними амінами. При визначенні використовується реакція із сульфанілової кислотою та  $\alpha$ -нафтиламіном (реактив Гриса) з утворенням рожевого забарвлення, інтенсивність якого пропорційна вмісту нітритів у воді. Визначенню заважають зважені речовини, мутність розчину, забарвлення води, а також сильні окисники та відновники. Звичайно зважені речовини, мутність і забарвленість усувають фільтруванням і коагулюванням. До 300 мл проби води додають 0,5 г активованого вугілля чи

гідроксиду алюмінію (0,5 г чи 2–4 мл суспензії), перемішують, відстоюють 15–20 хв. і фільтрують через промитий дистильованою водою беззольний фільтр «синя стрічка». Вплив окисників та відновників у забруднених водах усувають відповідним розведенням проби дистильованою водою. Висока чутливість методу вимагає, щоб дистильована вода і всі реактиви не були забруднені нітритами.

#### **Реактиви:**

1. Сульфанілова кислота, 0,6% водний розчин з додаванням льодяної оцтової кислоти
2.  $\alpha$ -нафтиламін, 0,6% розчин з додаванням льодяної оцтової кислоти (Реактив Гриса)
2. Стандартний та робочий розчини натрій нітриту, з вмістом  $\text{NO}_2^-$  іонів 1 мг/мл. *Стандартний розчин.* У мірній колбі об'ємом 1 л у бідистильованій воді розчиняють 1,4970 г висушеного при 105°C натрію нітриту, доводять до мітки. Розчин консервують, додаючи 1–2 мл хлороформу.

*Робочий розчин.* Готують розведенням основного розчину бідистильованою водою в мірній колбі спочатку в 100 разів, а потім отриманий розчин ще в 10 разів. У отриманому розчині міститься 0,1мг/мл  $\text{NO}_2^-$ . Застосовують свіжоприготовленим.

#### **Хід визначення.**

У мірну колбу об'ємом 50 мл поміщають близько 50 мл досліджуваної води доводять до мітки, додають 1 мл сульфанілової кислоти і ретельно перемішують. Через 5 хвилин додають 1 мл розчину  $\alpha$ -нафтиламіну. Розчин перемішують. Забарвлення з'являється через 40 хв. (або через 10 хв. При нагріванні на водяній бані при 50–60°C). Через 40 хв. (або 10 хв.) за допомогою фотоколориметру визначають оптичну густину розчину у кюветах з товщиною оптичного шару 2–5 см із зеленим світлофільтром ( $\lambda = 520$  нм). У якості розчину порівняння використовують дистильовану воду з додаванням по 1 мл сульфанілової кислоти і  $\alpha$ -нафтиламіну. Вміст нітритів у аналізованій пробі (мкг) знаходять за допомогою градувального графіку.

#### **Побудова градувального графіку**

У ряд мірних колб об'ємом 50 мл вносять робочий розчин нітриту об'ємом 0; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 мл. Концентрація нітрит-іонів у цих розчинах відповідно становить 0,02; 0,04; 0,1; 0,2; 0,4 і 0,6 мг/л. У кожен колбу доливають дистильовану воду до мітки і додають по 1 мл розчинів сульфанілової кислоти і  $\alpha$ -нафтиламіну як при аналізі проби, перемішують та через 40 хв. (або через 10 хв. при нагріванні розчинів на водяній бані) вимірюють оптичну густину проб при вищевказаних умовах. Будують градувальний графік у координатах: оптична густина – вміст нітритів (мкг). Кількісний вміст нітритів ( $m$ , мкг) у пробі розраховують за формулою:

$$m = V_{\text{проби}} C_x$$

де  $C_x$  – концентрація нітритів у пробі, знайдена за допомогою градувального графіку, мкг/мл;

$V_{\text{проби}}$  – об'єм проби, узятій для аналізу, мл.

Зробіть висновки щодо якості досліджуваних зразків.

*Лабораторна робота №5*

# ВИВЧЕННЯ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД

Дата. \_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ р

Мета. Вивчення органолептичних властивостей мінеральних і газованих вод, що знаходяться у продажу. Дати порівняльну характеристику.

План.

1. Придбати 5- 6 зразків мінеральних вод різної газованості та різних виробників.
2. Вивчити мінеральну воду на смак, на загальну мінералізацію, силу газованості, її медичне призначення.
3. Дослідити хімічні характеристики мінеральної води: кислотність, твердість, сухий залишок після упарювання.
4. Одержані результати оформити у вигляді таблиці із зазначенням назви води та всіх вивчених характеристик.

## **Органолептичне визначення запаху води.**

Органолептичні визначення - метод встановлення стану водного об'єкта шляхом безпосереднього його огляду. При органолептичних спостереженнях особлива увагу звертають на явища, незвичні для даної водойми або водотоку: загибель риби й інших водяних організмів, рослин, що свідчить часто про його забруднення, виділення пухирців газу з донних відкладень, поява підвищеної каламутності, стороннього кольору, запаху, цвітіння води.

Запах води характеризується видами й інтенсивністю запаху. Інтенсивність запаху води вимірюється в балах. Запах води викликають леткі речовини, що пахнуть, і надходять у воду в результаті процесів життєдіяльності водяних організмів, при біохімічному розкладанні органічних речовин, при хімічній взаємодії компонентів, що містяться у воді, а також із промисловими, сільськогосподарськими і господарсько-побутовими стічними водами. На запах води впливають: склад речовин, температура, значення рН, ступінь забруднення водяного об'єкта, біологічна обстановка, гідрологічні умови і тощо. Запах води водойм не повинен перевищувати двох балів, що визначаються безпосередньо у воді або (для водойм господарсько-питного призначення) після її хлорування. Визначення базується на органолептичному дослідженні характеру й інтенсивності запаху води за температури 20-60°C.

**Обладнання:** колби (об'єм 200 мл), годинникове скло або притертий корок, водяна баня.

## **Хід виконання роботи**

### **Органолептичне визначення запаху води**

100 мл досліджуваної води кімнатної температури наливають в колбу ємністю 200 см<sup>3</sup> з широким горлом, накривають годинниковим склом або притертим корком, струшують коловим рухом, відкривають корок або зсувають годинникове

скло і швидко визначають характер та інтенсивність запаху. Потім колбу нагрівають до температури 60°C на водяній бані і також оцінюють запах.

За характером запахи поділяють на дві групи:

1. Запахи природного походження (від організмів, що живуть у воді та від мертвої, від впливу ґрунтів, тощо) знаходять за класифікацією, наведеною в таблиці .

#### **Характер і особливість запаху води природного походження**

<b>Характер запаху</b>	<b>Особливість запаху</b>
Ароматичний	Огірковий, квітковий
Болотний	Мулистий, тінистий
Гнилісний	Фекальний, стічної води
Дерев'янистий	Мокрої щепи, деревної кори
Землистый	Прілий, свіжообробленої землі, глинистий
Пліснявий	Затхлий, застійний
Рибний	Риби, рибного жиру
Дигідроген сульфідний	Тухлих яєць
Трав'янистий	Скошеної трави, сіна
Невизначений	Не підходить під попередні визначення

2. Запахи штучного походження (від промислових викидів, для питної води – від обробки води реагентами на станціях водопідготовки, тощо) називаються за відповідними речовинами: хлорфенольний, камфорний, хлорний, тощо.

Інтенсивність запаху води також оцінюється за температури 20-60°C за 5-ти бальною системою згідно таблиці ГДК інтенсивності кольору – 2 бали.

#### **Органолептичне визначення смаку води**

**Обладнання:** пробірки, пробіркотримач, спиртівка.

*Хід виконання роботи*

Визначають смак тільки доброякісної води. Недоброякісну воду на смак пробувати не можна. Для визначення смаку воду нагрівають до 25-300C, набирають у рот близько 15-20 см3 і тримають кілька секунд, ковтати воду не потрібно. Розрізняють 4 види смаку: солодкий, кислий, солоний, гіркий, але слід відзначити і сильно виражені присмаки, як гірко-солоний, болотистий, рибний, металічний, затхлий та інші. Інтенсивність смаку та присмаку оцінюють за п'ятибальною шкалою і відповідно вимогам поданим у таблиці.

#### **Інтенсивність запаху води**

<b>Бал</b>	<b>Інтенсивність запаху</b>	<b>Якісна характеристика</b>
0	Дуже слабкий	Відсутність відчутного запаху
1		Запах, що не визначається користувачем, але визначається в лабораторії дослідним шляхом
2	Слабкий	Запах, що не привертає уваги користувача, але визначається, якщо на нього звернути увагу

3	Помітний	Запах, що легко визначається і дає привід відноситися до води з неохваленням
4	Чіткий	Запах, що звертає на себе увагу і робить воду непридатною для пиття
5	Дуже сильний	Запах настільки сильний, що вода стає непридатною для пиття

#### Інтенсивність смаку та присмаку питної води

Інтенсивність	Характер прояву смаку та присмаку	Оцінка (бал)
Немає	Смак і присмак не відчувається	0
Дуже слабкий	Смак і присмак не відчувається споживачем, але визначається при лабораторному дослідженні	1
Слабкий	Смак і присмак помічає споживач, якщо на це звернути його увагу	2
Помітний	Смак і присмак легко помічаються і викликають негативний відгук	3
Чіткий	Смак і присмак звертають на себе увагу і примушують утриматися від пиття	4
Дуже сильний	Смак і присмак дуже сильний, що робить воду непридатною до пиття	5

#### Органолептичне визначення кольоровості природних вод

Кольоровість природних вод зумовлена головним чином присутністю гумінових речовин і комплексних сполук ферум (III)-іонів. Кількість цих речовин залежить від геологічних умов, водоносних горизонтів, характеру ґрунту, наявності боліт і торф'яників у басейні річки. Кольоровість води визначають візуально, порівнюючи з розчинами, що імітують кольоровість природних вод, наявності боліт і торфовищ в басейні ріки і т.п. Стічні води деяких підприємств також можуть створювати досить інтенсивне забарвлення води. Кольоровість природних вод коливається від одиниць до тисяч градусів. Розрізняють "натуральний колір", обумовлений тільки розчиненими речовинами, і "вдаваний колір", викликаний присутністю у воді колоїдних і зважених часток, співвідношення між якими значною мірою визначаються розміром рН. Гранично припустимий розмір забарвлення у водах, використовуваних для питних цілей, складає 35 градусів. Відповідно до вимог до якості води в зонах рекреації забарвлення води не повинно виявлятися візуально в стовпчику висотою 10 см. Значне забарвлення води погіршує її органолептичні властивості і має негативний вплив на розвиток водних рослинних і тваринних організмів за рахунок різкого зниження концентрації розчинного кисню у воді, що витрачається на окиснення сполук заліза (II) і гумусових речовин.

**Реактиви:** дистильована вода, калій дихромат (крист.), кобальт сульфат-вода(1/7) (крист.), сульфатна(VI) кислота (конц).

Обладнання: пробірки, мірні колби, ваги.

### ***Хід виконання роботи***

Готують два розчини. Розчин № 1. У мірній колбі об'ємом 1 мл розчиняють у дистильованій воді 0,0875 г калій дихромату і 2 г кобальт(II) сульфат- вода (1/7), додають 1 мл розчину концентрованої сульфатної кислоти (густиною 1,84 г/мл). Перемішують, доводять до мітки дистильованою водою. Цей розчин відповідає забарвленості 5000.

Розчин № 2. 1 мл концентрованої сульфатної (VI) кислоти доводять дистильованою водою до 1 мл (КИСЛОТУ ЛИТИ У ВОДУ!) Змішуючи розчини № 1 і № 2 у співвідношеннях, вказаних у таблиці готують шкалу забарвленості.

### **Шкала забарвленості із калій дихромату і кобальт сульфату**

Розчин	Градуси забарвленості											
	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
№1, мл	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
№ 2, мл	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	86	84

При візуальному визначенні в прозорий циліндр із безбарвного скла з рівним дном наливають 100 мл досліджуваної, при необхідності профільтрованої води і, проглядаючи зверху на білому фоні, підбирають розчин шкали з подібним забарвленням. Якщо досліджувана вода має забарвленість вищу 800, то її попередньо розводять дистильованою водою. Величину забарвленості в цьому випадку множать на кратність розведення.

Результати досліджень оформити у вигляді таблиці

Зразок води його характеристика	Параметри води				
	смак	запах	забарвленість	pH	хімічний склад

Зробіть висновки щодо якості досліджуваної води.

### *Лабораторна робота № 6*

### **ВИЗНАЧЕННЯ pH ТА ЛУЖНОСТІ ВОДИ**

Дата. \_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ р

Мета. Ознайомитися з принциповою схемою і принципами роботи pH-метра і виміряти кислотність природних зразків вод.

### План.

1. Підготувати прилад до роботи.
2. Визначити кислотність води.
3. Визначити лужність води.
4. Дати порівняльну характеристику природних вод і оцінити якість природних вод за визначеними параметрами.

### Контрольні питання по темі.

1. Основні індикаторні електроди та їх характеристики. Навести приклади.
2. Іонселективні електроди. Їх класифікація.
3. Потенціометричний аналіз, його типи. Рівняння Нернста. Аналітичні прилади. Аналітичне використання.
4. Потенціометричне титрування. Теоретичні основи методу

### Рекомендована література

1. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Кількісний аналіз. –К.: Фітосоціоцентр, 2006. – 544 с.
2. Фритц Дж., Шенк Г. Количественный анализ. - М.: Мир. – 1978, 557 с.

Лужність води зумовлена вмістом аніонів слабких органічних та неорганічних кислот, а також, гідроксильними іонами. У більшості незабруднених поверхневих водах лужність обумовлена співвідношенням концентрацій діоксиду вуглецю та йонів гідрокарбонату, яке обумовлене значенням рН розчину. Користуючись значеннями рК карбонатної кислоти, можна встановити, що в лужних розчинах присутні, в основному,  $\text{CO}_3^{2-}$  іони. При зменшенні рН збільшується вміст  $\text{HCO}_3^-$ , внаслідок протікання реакції:

$\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{HCO}_3^-$ , при  $\text{pH} \approx 8,3$  досягається рівновага  $[\text{CO}_3^{2-}] = [\text{HCO}_3^-]$  При подальшому зменшенні рН протікає реакція:  $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ , при  $\text{pH} \approx 4,5$  досягається рівновага  $[\text{HCO}_3^-] = [\text{H}_2\text{CO}_3]$ .

При  $\text{pH} < 4$  гідрокарбонати та карбонати у воді практично відсутні.

На практиці визначення розчинених у воді вільних лугів та компонентів карбонатної системи ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  та  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) проводиться титруванням проби води розчином сильної кислоти до певних значень рН, які фіксуються за допомогою кольорових індикаторів або потенціометрично із скляним рН-чутливим електродом. Перевагою останнього методу є можливість його застосування для аналізу будь-яких вод, в тому числі, забарвлених такаламутних. Лужність виражають в моль/л.

Визначати лужність треба безпосередньо після відбору проби води, оскільки внаслідок проходження в ній хімічних та біохімічних процесів рН та співвідношення компонентів карбонатної системи може значно змінюватися. При необхідності, пробу води транспортують в лабораторії в спеціальній склянці, забезпечивши відсутність контакту зі повітрям, визначення проводять не пізніше ніж через 24 години після відбору.

*Спеціальні прилади, реактиви, посуд*

1. Скляний рН-чутливий електрод



2. Стандартний розчин HCl, 0,1 моль/л

*Порядок виконання роботи*

Підготувати до роботи рН-метр згідно інструкції.

1. **Визначення рН води.** Електроди промивають дистильованою водою, досліджуваною водою та занурюють у стакан з досліджуваною водою. Стакан вміщують намагнітну мішалку та включають її. (Перевірити, щоб якір магнітної мішалки не торкався електродів!)

Включають рН-метр, натисненням кнопки “рН”. Після досягнення сталого значення записують показання приладу. Розраховують концентрацію іонів гідрогену за наближеною формулою:  $[H^+] = 10^{-pH}$  моль/л.

Якщо виміряне значення рН досліджуваного зразка води  $> 5,4$ , визначають її лужність. Якщо  $pH \leq 5,4$ , то лужність води вважають рівною нулю.

2. **Визначення лужності.** Піпеткою відбирають пробу води об'ємом 100,0 мл, переносять її в стакан ємністю 250 мл, занурюють електроди та включають прилади (див. п.1). Титрують стандартним розчином HCl, додаючи його з мікробюретки по 0,2 мл, а поблизу рН 8 та 4 – по 0,1 мл. Після додавання кожної порції титранту та встановлення рівноваги, записують рН.

За отриманими результатами будують криву в координатах «рН— $V_{HCl}$ ». За перегинами кривої визначають  $V_1$  та  $V_2$ . За  $V_1$  (при  $pH \approx 8,3$ ) визначається вільна лужність ( $n$ ), яка обумовлена наявністю  $OH^-$  та  $CO_3^{2-}$ -іонів.

$$n = \frac{C_{екв} \cdot V_1 \cdot 1000}{V}$$

де  $V$  – об'єм аліквоти води, мл;  $C_{екв}$  – молярна концентрація еквівалента стандартного розчину HCl, моль екв /л.

За величиною  $V_2$  (при  $pH \approx 4,0$ ) визначають загальну лужність ( $q$ ).

$$q = \frac{C_{екв} \cdot V_2 \cdot 1000}{V}$$

За різницею ( $q - n$ ) визначають карбонатну (тимчасову) лужність, що обумовлена наявністю лише гідрокарбонат-іонів.

Дослід проводять тричі, результати статистично обробляють.

## **ВИЗНАЧЕННЯ рН-РОЗЧИНУ І МОЛЯРНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГІДРОГЕН-ІОНІВ ПРЯМОЮ ПОТЕНЦІОМЕТРІЄЮ**

### Реактиви і прилади

1. Стандартні 0,1000 М розчини NaOH, HCl,  $CH_3COOH$
2. іономір
3. рН-340
4. скляний індикаторний електрод
5. аргентум хлоридний електрод порівняння

6. мірні колби місткістю 100 мл

7. піпетки на 10 мл

**Крок 1.** Приготувати серію стандартних розчинів натрій гідроксиду і кожної з кислот ( $\text{HCl}$  і  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

Піпеткою по 10,00 мл кожного зі стандартних 0,1000 М розчинів  $\text{NaOH}$ ,  $\text{HCl}$  і  $\text{CH}_3\text{COOH}$  переносять у мірні колби місткістю 100,00 мл, доводять дистильованою водою до риски, закривають і добре перемішують. Наступне розведення кожного розчину проводять з 10,00 мл попередньо розведеного розчину. Отже, одержують 0,01 М і 0,001 М розчини  $\text{NaOH}$ ,  $\text{HCl}$  і  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

**Крок 2.** Визначити рН приготовлених стандартних розчинів  $\text{NaOH}$ ,  $\text{HCl}$  і  $\text{CH}_3\text{COOH}$

Вихідні і приготовлені розчини по чергово заливають у хімічний стаканчик місткістю 50 мл. у який занурюють скляний електрод і сольовий місток. Об'єм розчину беруть такий, щоб кулька скляного електрода занурилась у розчин. Включають прилад на вимірювання в діапазоні рН 1—14. Показання приладу записують в одиницях рН у формі таблиці.

рН	$a(\text{H}^+)$ , моль/л

За значенням рН розраховують активну молекулярну концентрацію гідроген-іонів. Будують графік залежності рН від концентрації кислоти і основи. Встановлюють вплив природи електроліту та його ступеня дисоціації на величину рН.

**Крок 3.** Приготувати буферну суміш ацетатна кислота - натрій гідроксид.

Змішують 10 мл 0,1000 М розчину  $\text{CH}_3\text{COOH}$  і 5 мл 0,1000 М розчину  $\text{NaOH}$ .

**Крок 4.** Виміряти рН приготовленої буферної суміші.

**Крок 5.** Перевірити буферну дію приготовленої буферної суміші.

До приготовленої буферної суміші додають 1-2 мл 0,1 М розчину  $\text{HCl}$  чи  $\text{NaOH}$  і вимірюють рН.

Зробіть висновок.

### Лабораторна робота № 7 – 8

## ВИЗНАЧЕННЯ РОЗЧИНЕНОГО КИСНЮ МЕТОДОМ ВІНКЛЕРА, ОКИСНЮВАНOSTІ ВОДИ ТА БІОХІМІЧНОГО СПОЖИВАННЯ КИСНЮ

Дата. \_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ р

Мета. Навчитися визначати біохімічне споживання кисню (БСК) та окиснюваність води.

Контрольні питання

1. Визначення фізичних властивостей води.
2. Що таке окиснюваність води?
3. Які існують види окиснюваності?
4. Що таке біохімічне споживання кисню?
5. Що характеризує БСК?
6. На чому ґрунтується визначення перманганатної окиснюваності?

### ***Рекомендована література***

1. Б.Й. Набиванець, В.В. Сухан, Л.В. Калабіна. Аналітична хімія природного середовища. - К: Либідь. - 1996. - 304 с.
2. Б.Й. Набиванець, О.П. Рябушко, В.В.Сухан, О.А.Запорожець та інші. Методичні вказівки до лабораторних робіт зі спецкурсу „Аналіз природних та стічних вод”. -Київ – 1993. - 119 с.

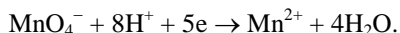
### ***Методика визначення перманганатної окиснюваності***

#### ***Реактиви і прилади***

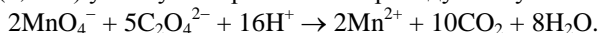
1. Колба Ерленмеєра (250мл)
2.  $H_2SO_4$  (розведена 1:3)
3.  $KMnO_4$  (0,01 н)
4.  $H_2C_2O_4$ (0,01 н)
5. бюретка

В конічну колбу місткістю 250 см<sup>3</sup> наливають 100 см<sup>3</sup> води, додають 5 мл сульфатної кислоти (розведення 1:3) і 10 мл розчину перманганату калію (0,01 н). Накривши колбу воронкою кип'ятять 10 хвилин від моменту закипання.

Перманганат калію, як сильний окислювач, реагує з присутніми у воді відновниками:



Оскільки перманганат додають з надлишком, його залишок забарвлює досліджувану пробу води і реагує з оксалатною кислотою, яку додають у кількості 10 мл(0,01 н) у зняту з нагрівального приладу колбу:



Гарячий розчин після введення оксалатної кислоти втрачає колір. Щоб визначити залишок оксалатної кислоти пробу у колбі відразу титрують розчином  $KMnO_4$  (0,01 н) до слабкорожевого кольору. Кількість витраченого розчину  $KMnO_4$  позначаємо  $v_1$  (перше титрування). Таким чином, на реакції з органічними речовинами досліджуваної води і 10 мл щавлевої кислоти витрачено ( $v_n + v_1$ ) мл розчину  $KMnO_4$  (0,01 н).

Для визначення кількості розчину перманганату калію, який витрачається на титрування 10 мл щавлевої кислоти (0,01 н), тобто для визначення титру  $KMnO_4$ , в ту саму колбу в ще гарячий розчин доливають 10 мл розчину щавлевої кислоти і знову відтитровують перманганатом калію до слабкорожевого кольору, який зберігається протягом 1 хвилини. Кількість витраченого розчину  $KMnO_4$  позначаємо  $v_2$  (друге титрування). Об'єм розчину  $KMnO_4$ , який витрачено на реакції з органічними домішками досліджуваної води, становить ( $v_n + v_1 - v_2$ ) см<sup>3</sup>.

Перманганатну окиснюваність,  $O_k$ , обчислюють за формулою:

$$O_k = \frac{(Vn + V1 - V2) \cdot k \cdot Me \cdot C \cdot 1000}{V_0}$$

де  $k$  – поправочний коефіцієнт,  $k = 10/V_2$

$Me$  – молярна маса еквівалента кисню,  $e = 8$  г/моль;

$V_0$  – об'єм досліджуваної води, мл.

**Методика визначення розчиненого кисню у воді методом Вінклера**

Реактиви:

1.  $MgCl_2 \cdot 4H_2O$
2.  $H_2SO_{4(конц)}$
3.  $KMnO_4$  (0,2н)
4.  $Na_2C_2O_4$  (2%-ий)
5. КОН(гранульований)
6. KI
7.  $HCl_{(конц)}$
8.  $Na_2S_2O_3$  (0,01н)
9. розчин крохмалю 1%-ий

Визначення розчиненого кисню виконують наступним чином: якщо у воді присутні нітроти та органічні речовини, то їх попередньо окиснюють, для чого до води додають 0,7 мл  $H_2SO_{4(конц)}$  і 2 – 5 мл 0,2 н розчин  $KMnO_4$  (на 1л води). Для цього, відкривши пробку склянки з пробой води, занурюють у пробу кінчик градуйованої піпетки з реактивом, що додається, до тих пір, поки рівень води у склянці не підійде до краю горлечка склянки. Як тільки рівень води підійшов до краю з піпетки випускають потрібну кількість реактиву; при цьому зі склянки вилється такий же об'єм проби води, як і реактиву, якого додали. Об'єм проби води, що виллявся, віднімають від взятої проби. Склянку закривають пробкою, перемішують і залишають на 20 хв.

Якщо після відстоювання проба води знебарвилась, то потрібно додати ще таку ж кількість  $KMnO_4$  (0,2 н), щоб після відстоювання вода залишалась забарвленою. Забарвлення води прибирають додаванням 1 – 2 мл 2% розчину натрій оксалату ( $Na_2C_2O_4$ ). Оксалат натрію додають таким самим способом, що і калій перманганат.

**ЯКЩО У ВОДІ НІТРАТИ ТА ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ ВІДСУТНІ – ЦІ ОПЕРАЦІЇ МОЖНА НЕ РОБИТИ!**

Після окиснення нітратів та органічних речовин до взятої проби додають 1 мл 33%-ий  $MgCl_2 \cdot 4H_2O$  (або 480 г  $MgCl_2 \cdot 4H_2O$  в 1 л води) і 3 мл лужного розчину KI (700 г КОН і 150 г KI розчиняють в 500 мл води та доводять розчин до 1л). Додавання розчині виконують способом, що описаний вище, враховуючи об'єм, який виллявся зі склянки.

Склянку закривають пробкою, добре перемішують і дають осаду, що утворився, осісти. Після чого доливають 3 мл  $\text{HCl}_{(\text{конц})}$  і перемішують до розчинення осаду. При цьому рідина набуває жовтого забарвлення від виділення йоду.

З цієї проби вібирають в конічну колбу 200 мл розчину і титрують 0,01 н розчином натрій тіосульфату ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) до тих пір, поки не почне з'являтися слабкожовте забарвлення, після чого додають 1 мл 1%-го розчину крохмалю (з'являється синє забарвлення) і дотитровують до зникнення синього кольору.

Спостереження:

V склянки, мл	V(H <sub>2</sub> O), що виллявся мл	V(H <sub>2</sub> O)взятий на титрування мл	V(Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), що пішов на титрування мл	k = 10/V поправочний коефіцієнт для 0,01 н розчину Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

Вміст O<sub>2</sub> визначають (в г/л) за формулою:

$$O_2 = \frac{8 \cdot 0,01 \cdot k \cdot A \cdot O \cdot 1000}{V} = \quad \text{г/л,}$$

H(O – B)

Де O – об'єм склянки (мл); B – об'єм води, яка була витіснена зі склянки додаванням реактивів (мл); H – об'єм води, що була взята на титрування (мл); A – об'єм 0,01 н розчину Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, що пішов на титрування; k – поправочний коефіцієнт для 0,01 н розчину Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. **k = 10/V.**

Зробіть висновки.

#### **Методика визначення біохімічного споживання кисню**

Для визначення біохімічного споживання кисню користуються склянковим методом. Суть його полягає у знаходженні показника БСК за визначеної температури в ізольованих водних мікросистемах (склянках). За цим методом виконується одна з найважливіших при оцінці БСК вимог – запобігається можливість поповнення запасу розчиненого кисню, який є у водному середовищі.

Показник БСК знаходять за різницею між вмістом кисню до і після інкубації проб води в темряві протягом 5 діб при 20°C без доступу кисню.

Досліджувану воду наливають у колбу місткістю 1 дм<sup>3</sup>, підігрівають (або охолоджують) до 20°C та сильно струшують протягом 1 хв. для насичення киснем. Коли бульбашки кисню вийдуть, воду наливають у дві склянки з притертими пробками. В одній з них визначають розчинений кисень [O<sub>2</sub>]<sub>0</sub>. Другу склянку з досліджуваною водою (інкубаційну) ставлять у термостат і витримують при температурі 20°C 5 діб. Потому в ній, як і в першій склянці, визначають розчинений кисень [O<sub>2</sub>]<sub>5</sub>. БСК розраховують за формулою:

$$БСК = [O_2]_0 - [O_2]_5, \text{ мг } O_2 / \text{дм}^3$$

де [O<sub>2</sub>]<sub>0</sub> – початковий вміст кисню, розчиненого у воді, мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;

[O<sub>2</sub>]<sub>5</sub> – кількість кисню у воді після п'яти діб інкубації, мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

Зробіть висновки.

### **Тема 3. Хімічний та фізико-хімічний аналіз проб ґрунтів**

#### **Лабораторна робота № 9**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ГІГРОСКОПІЧНОЇ ВОДИ В ҐРУНТАХ І ВТРАТИ ПРИ ПРОЖАРЮВАННІ**

Дата. \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ р

**Мета.** Провести визначення вмісту гігроскопічної води і органічної частини ґрунтів гравіметричним методом аналізу.

#### **План.**

1. Визначення втрати при прожарюванні ґрунтів
2. Визначення вмісту гігроскопічної води ґрунтів
3. Дати порівняльну характеристику ґрунтів по якості і родючості за результатами виконаного аналізу.

#### **Контрольні питання.**

1. Дати поняття про обмінну поглинальну здатність ґрунтів
  2. Дати поняття про органічні забруднювачі
  3. Охарактеризувати органічний та неорганічний склад ґрунтів та донних відкладень
  4. Правило відбору проб природних вод і ґрунтів. Їх зберігання і транспортування.
  5. Мінеральна та органічна частина ґрунтів.
- Мінералогічний склад ґрунтів. Класифікація мінералів за походженням і хімічним складом

#### **Рекомендована література**

3. Б.Й. Набиванець, В.В. Сухан, Л.В. Калабіна. Аналітична хімія природного середовища. - К: Либідь. - 1996. - 304 с.
4. Б.Й. Набиванець, О.П. Рябушко, В.В. Сухан, О.А. Запорожець та інші. Методичні вказівки до лабораторних робіт зі спецкурсу „Аналіз природних та стічних вод”. - Київ – 1993. - 119 с.

#### **Лабораторний посуд та обладнання.**

1. Фарфорові тиглі;
2. Скляні бюкси з кришкою на 100 мл;
3. Аналітичні ваги;
4. Сушильна шафа;
5. Муфельна піч.

**Суть методу.** Гігроскопічною називають воду, яка поглинається ґрунтом із повітря і видаляється з нього при температурі 100—105°C. Гігроскопічна вода перебуває в рівновазі з паруватою водою атмосфери і характеризує, таким чином, вологість повітряно-сухого ґрунту. У донних відкладах гігроскопічну воду визначають у повітряно-сухих пробах і її вміст залежить від дисперсного складу проби.

Висушування при температурі 100—105°C призводить також до втрат адсорбованих ґрунтом газів — таких, як CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> та інших — і частково до втрати гідратної води, яка входить, наприклад, до складу гіпсу CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O. Через те результати визначення гігроскопічної води можуть бути завищеними, зокрема при аналізі ґрунтів, відібраних з гіпсоносних горизонтів.

Методика визначення гігроскопічної води. В бюксі з притертою кришкою зважують 1—2 г лабораторної проби повітряно-сухого ґрунту, помішають відкритий бюкс в сушильну шафу і висушують пробу при 100—105°C протягом 5 годин. Бюкс виймають з сушильної шафи, закривають кришкою і поміщають в ексикатор на 20—30 хв. Вміст гігроскопічної води в процентах відносно маси сухої проби розраховують за формулою

$$(H_2O)_{зир} = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{g},$$

де  $m_1$ —маса бюкса з наважкою ґрунту до висушування, г;  $m_2$ — те ж саме після висушування, г;  $g$ — маса проби після висушування, г. В подальшому результати визначення хімічних інгредієнтів у пробі повітряно-сухого ґрунту перераховують на сухий, тобто висушений при 100 — 105°C.

Методика визначення втрати при прожарюванні. Зважують у фарфоровому тиглі 1-2 г лабораторної проби повітряно-сухого ґрунту. Тигель ставлять у холодну муфельну піч і прожарюють при 900°C протягом 1-1,5 год. Потім тигель охолоджують в ексикаторі і зважують. Повторюють прожарювання протягом 15-20 хв до сталої маси тигля з залишком. Величину ВПП, % розраховують за формулою

$$\text{ВПП} = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100 \cdot K}{g} - \% (H_2O)_{зир},$$

де  $m_1$  - маса тигля з наважкою ґрунту до прожарювання, г;  $m_2$  те ж саме після прожарювання, г;  $g$  - маса наважки повітряно-сухого ґрунту, г;  $K$  - коефіцієнт перерахунку на сухий ґрунт, який розраховують так:  $K = \frac{100}{100 - \% (H_2O)_{зир}}$

Проведіть розрахунки для всіх відібраних зразків ґрунту і заповніть таблицю в робочому зошиті.

Результати визначення гігроскопічної води та втрати при прожарюванні

назва №зразка	Гігроскопічна вода	ВПП
------------------	--------------------	-----



	$m_1$	$m_2$	$(H_2O)_{\text{зизр}}$	$m_1$	$m_2$	$B_{III}$

Висновки.

*Лабораторна робота № 10*  
**ВИЗНАЧЕННЯ КИСЛОТНОСТІ ҐРУНТУ**

Дата. \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ р

Мета. Провести фізико-хімічний аналіз ґрунтів і оцінити їхню якість

План.

1. Одержання водної та сольової витяжки з ґрунтів.
2. Налаштування приладу для вимірювання рН
3. Одержати результати і дати порівняльну характеристику ґрунтів щодо їхньої кислотності.

Контрольні питання

1. Які функції у потенціометрії виконують індикаторні електроди та електроди порівняння.
2. Яку залежність встановлює рівняння Нернста
3. Які переваги та недоліки має потенціометрія.
4. У чому особливості будови іоніміру та рН-метра

**Суть методу**

У природних умовах кислотність ґрунтових розчинів коливається в межах 3-10 шкали рН. Розрізняють *активну, обмінну та гідролітичну* кислотність ґрунту.

*Активна* кислотність - це кислотність ґрунтового розчину, її визначають у водній витяжці ґрунту. Активна кислотність впливає на кореневу систему рослин та діяльність ґрунтових мікроорганізмів.

Обмінна і гідролітична кислотність зумовлена вмістом йонів гідрогену у поглинальному комплексі ґрунту. Та кількість йонів гідрогену, яка може бути витіснена із поглинального комплексу солями (NaCl, KCl) і вилучена із ґрунту у вигляді кислот, називається *обмінною*. *Гідролітична* кислотність визначається як наслідок обробки ґрунту розчином солей, що здатні гідролізуватися, наприклад  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .

Для аналізу використовують повітряно-сухий ґрунт. Маса зразка ґрунту повинна бути не менше 500 г. пробу для аналізу відбирають квартуванням подрібненого і просіяного зразка ґрунту.

Суть методу. Потенціометричне визначення рН із скляним електродом ґрунтується на тому, що зміна рН розчину на одиницю викликає зміну електродного потенціалу на 58,16 мВ при 20°C, оскільки відповідно до рівняння Нернста  $\varphi = \varphi^0 + 0,058 \cdot \lg[\text{H}^+]$ . Діапазон лінійної залежності потенціалу електрода від рН зумовлений властивостями скляного електрода. Треба мати на увазі, що за допомогою скляного електрода вимірюють не концентрацію, а активність іонів гідрогену, що пов'язана з їх концентрацією рівнянням

$$a_{\text{H}^+} = y_{\text{H}^+} \cdot [\text{H}^+],$$

де  $y_{\text{H}^+}$  — коефіцієнт активності іонів гідрогену.

Результат визначення рН залежить від температури, вплив якої можна регулювати спеціальним компенсатором у приладі. Якщо такого компенсатора немає, то пробу підігрівають або охолоджують до потрібної температури (20°C).

Потенціометричному визначенню рН не заважають кольоровість та каламутність води, наявність у ній суспендованих речовин, вільного хлору, окисників та відновників, а також концентрація солей у пробі. Деякі помилки у вимірюванні рН виникають при підвищеному вмісті солей натрію або при  $\text{pH} > 10$ . У таких випадках необхідно користуватися спеціальними електродами для вимірювання рН або вводити поправки, відзначені до електрода.

Точність потенціометричного визначення рН залежить також від чистоти поверхні електрода. Для дослідження забруджених проб води доцільно користуватися спеціально виділеним для цього електродом. Для регенерації електрода його занурюють на 2 години у 2% розчин хлоридної кислоти, а потім промивають дистильованою водою. Електрод слід зберігати в дистильованій воді.

Перед початком виміру електрод промивають дистильованою водою, потім досліджуваною водою і лише після цього занурюють у пробу. Перед цим пробу води необхідно перемішати, щоб її склад безпосередньо біля поверхні електрода відповідав її загальному складу. Разом з електродами у пробу занурюють термометр для виміру температури і для внесення, при необхідності, поправок. Величину потенціалу скляного електрода відлічують у мілівольтах або одиницях рН. Метод виміру залежить від типу приладу, яким користуються

### **Лабораторний посуд та обладнання**

1. Піпетки Мора на 20 мл;
2. Мірні циліндри на 50 мл і 100 мл;
3. Колби Ерленмейєра на 300 мл;
4. Скляні стакани на 50 мл;
5. Паперовий фільтр;
6. Скляна лійка;
7. Штатив під лійку;
8. Бюретка на 25 мл;
9. Іономір ;
10. Технічні та електронні аналітичні ваги

### ***Визначення активної кислотності***

#### **Реактиви:**

1. Дистильована вода;
2. Розчини  $\text{KCl}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$  з концентрацією 1 моль/л;
3. Розчин  $\text{NaOH}$  з концентрацією 1 моль/л

Наважку повітряно-сухого ґрунту масою 6,00 г вносять у хімічний стакан, доливають 30 мл дистильованої води і збовтують протягом 20 хв. Після неповного відстоювання відбирають порцію розчину над осадом і вимірюють рН на рН-метрі зі скляним електродом.

### **Визначення обмінної кислотності**

**Реактиви:** Розчин KCl з концентрацією 1 моль/л

Наважку 20,00 г повітряно-сухого ґрунту вносять в хімічний стакан, доливають 50 мл 1 М розчину KCl і збовтують 15 хв. Через 10-15 хв відбирають порцію розчину над осадом і вимірюють рН. За значенням рН сольової витяжки роблять висновок про необхідність вапнування ґрунтів, яка є нагальною при рН 4-5.

### **Визначення гідролітичної кислотності**

**Реактиви:**

1. 1 М розчин натрій ацетату
2. 0,1 М розчин натрій гідроксиду
3. Фенолфталеїн, спиртовий розчин

Наважку 40,00 г повітряно-сухої проби вносять у хімічний стакан, доливають 100 мл 1 М розчину натрій ацетату і збовтують протягом 30 хв. Після неповного відстоювання одержаний розчин фільтрують через паперовий фільтр. Піпеткою відбирають 50 мл прозорого фільтрату, вносять у колбу для титрування і титрують 0,1 М розчином NaOH у присутності фенолфталеїну до блідо-рожевого забарвлення.

Гідролітичну кислотність ґрунту ( $H_{\text{гидр}}$ ) виражають у ммоль еквівалентів  $H^+$  на 1 кг ґрунту і розраховують за формулою:

$$H_{\text{гидр}} = \frac{0,1 \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot 50 \cdot 1,75}{1000} =$$

ммоль/кг

де  $V_{\text{NaOH}}$  – об'єм розчину, витрачений на титрування 50 мл ґрунтової витяжки; 1,75 – коефіцієнт перерахунку повної гідролітичної кислотності на 1 кг ґрунту.

Величина гідролітичної кислотності є більшою, ніж обмінної. Величина рН водної витяжки дещо вища за величину рН сольової витяжки, тому що у сольову витяжку переходять гідроген-іони як із ґрунтового розчину, так і з поглинального комплексу.

Результати дослідження занести у таблицю:

№ і назва зразка ґрунту	наважка ґрунту, г	активна кислотність	обмінна кислотність	гідролітична кислотність

### *Лабораторна робота № 11*

## **ВИЗНАЧЕННЯ КАЛЬЦІЮ І МАГНІЮ У ВОДНІЙ ВИТЯЖЦІ ІЗ ҐРУНТУ**

Дата. \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ р

Мета. Методом титри мерії визначити вміст мікроелементів у ґрунтах

План.

1. Взяття навжки ґрунту і підготовка до аналізу
2. Приготування водної витяжки з ґрунту
3. Методом комплексонометрії провести визначення водної витяжки на вміст іонів кальцію(II) і магнію(II).

### **Реактиви**

1. Розчин комплексну III 0,02 н;
2. Аміачний буферний розчин (рН 10);
3. Розчин NaOH 2 н;
4. Хромоген чорний Т;
5. Мурексид

### **Лабораторний посуд та обладнання**

1. Колби Ерленмейєра на 500 мл;
2. Мірні циліндри на 100 мл і на 10 мл;
3. Бюретка на 50 мл;
4. Піпетки Мора на 10 мл і на 20 мл
5. Технічні ваги
6. Паперовий фільтр

Суть методу. Визначення  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  у водній витяжці з ґрунту дозволяє оцінювати вміст у ньому розчинних сполук Кальцію і Магнію.

Спочатку, титруючи водну витяжку розчином трилону Б в присутності хромогену чорного визначають сумарний вміст у ній іонів  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$ . Потім, титруючи іншу пробу робочим розчином трилону Б з індикатором мурексидом, знаходять вміст кальцій-катионів. За різницею визначень вираховують вміст у витяжці магній(II)-катионів.

Приготування водної витяжки з ґрунту. З подрібненого і просіяного крізь сито ґрунту візьміть на технічних терезах наважку 50-100 г. Перенесіть в конічну колбу місткістю 500 мл, додайте 200-400 мл прокип'яченої (для видалення  $\text{CO}_2$ ) дистильованої води, закрийте корком і струшуйте впродовж 5 хв. Після цього профільтруйте водну витяжку крізь великий паперовий фільтр, вставлений у ліжку. Якщо фільтрат виявиться мутним, повторно профільтруйте його через той самий фільтр. Добре перемішайте фільтрат.

Методика сумарного визначення  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ . 40 мл витяжки (відміряйте циліндром) внесіть у колбу для титрування, додайте 5 мл аміачної буферної суміші, 10-20 мг індикатора хромогену чорного Т і титруйте робочим розчином трилону Б до переходу забарвлення з винно-червоного на синє. Провівши декілька титрувань і визначивши середнє значення трилону Б, вирахуйте вміст кальцій(II) і магній(II)-катионів у моль еквівалентах за рівнянням:

$$n_{\text{екв}(\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+})} = C_{(\text{ТрБ})} \cdot V_{(\text{ТрБ})} \cdot 10 = \underline{\hspace{10cm}}$$

Методика визначення  $\text{Ca}^{2+}$ . 40 мл витяжки ґрунту внесіть у колбу для титрування, додайте 2 мл 2 н розчину NaOH, додайте 10-20 мг твердої суміші індикатора мурексиду з натрій хлоридом і повільно титруйте суміш робочим розчином трилону Б до переходу забарвлення з рожевого на синьо-фіолетове. Одержавши середнє значення об'єму трилону Б, що пішов на титрування, розрахуйте вміст у витяжці ґрунту магній(II)-катіонів у моль-еквівалентах:

$$n_{\text{екв}}(\text{Ca}^{2+}) = C_{(\text{ТрБ})} \cdot V_{(\text{ТрБ})} \cdot 10 =$$

За різницею  $n_{\text{екв}}(\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}) - n_{\text{екв}}(\text{Ca}^{2+})$  вирахуйте вміст у витяжці магній(II)-катіонів:

$$n_{\text{екв}}(\text{Mg}^{2+}) =$$

Результати аналізу і розрахунків занесіть у таблицю в робочому зошиті:

№ і назва зразка	Титрування суміші $\text{Ca}^{2+}$ і $\text{Mg}^{2+}$		Титрування $\text{Ca}^{2+}$	
	Об'єм трилону, мл	Вміст $\text{Ca}^{2+}$ і $\text{Mg}^{2+}$	Об'єм трилону, мл	Вміст $\text{Ca}^{2+}$

Лабораторна робота № 12  
**ВИДІЛЕННЯ ХЛОРОФІЛУ З ЗЕЛЕНОГО ЛИСТЯ**

Дата. \_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ р

Мета. Методом хроматографії провести розділення на компоненти хлорофілу зеленого листя.

План.

1. Відбір зразків рослини для аналізу.
2. Підготовка зразків для аналізу і

Запитання та завдання.

1. Принцип хроматографічного розділення речовин.
2. Класифікація хроматографічних методів.
3. Що таке нерухома, рухома фаза, їх тип, вимоги до них.
4. Пояснить роль елюентів.
5. Рідинна хроматографія (РХ), її різновиди. Рухома фаза та нерухома фаза у рідинній хроматографії.
6. Методи концентрування високотоксичних речовин та їх відокремлення від макрокомпонентів при виконанні еко-лого-аналітичних робіт (випаровування, виморожування, екстракція, сорбція, співосадження, хроматографія).
7. Методи розкладання ґрунтів, матеріалів рослинного та тваринного походження: мокра та суха мінералізація, мі-крохвильове, автоклавне та фоторозкладання.
8. Маскування – усунення речовин, що заважають аналізу

Рекомендована література

1. Дж. Фритц, Г.Шенк. Количественный анализ. - М.: Мир. - 1978.
2. А.Т.Пилипенко, И.В.Пятницкий. Аналитическая химия. Т.1-2. - М.: Химия. - 1990.

Хлорофіли – це магнійзаміщені похідні порфірину – природні пігменти, які надають зеленого забарвлення багатьом рослинам, овочам і плодам.

Хлорофіл - зелений пігмент рослин - складається із суміші декількох пігментів: синьо-зеленого хлорофілу  $\alpha$  і жовто-зеленого хлорофілу  $\beta$ .

При підготовці розчину для хроматографування пігменти вилучають із рослинного матеріалу полярним розчинником, а потім розчиняють у суміші неполярних розчинників. Отриманий розчин хроматографують. Первинну хроматограму промивають полярним розчинником й у розчині, що витікає, збирають окремі фракції пігментів.

**Методика визначення.** Для аналізу беруть наважку рослинного матеріалу зі свіжих зелених (3 - 5 г) або сухих листів (1 г). Свіжий рослинний матеріал поміщають у порцелянову ступку й ретельно розтирають. Для кращого розтирання додають дрібне скло або кварцовий пісок. Якщо для дослідів взятий сухий матеріал, то його подрібнюють у ступці.

В отриману рослинну масу додають 15 мл суміші бензину й бензолу (9:1) і 10 мл ацетону, знову розтирають і перемішують. Суміш переносять на скляний фільтр № 2. Ступку очищають, обполіскуючи її чистим ацетоном. Промивнумістяться у співвідношенні 3:1. При пропусканні розчину хлорофілу через колонку відбувається сорбція й поділ пігментів відповідно до їх вибіркової

сорбційності. Хроматографічне розділення пігментів зеленого листя рослин складається з наступних етапів: 1) екстрагування пігментів з рослинного матеріалу; 2) утворення хроматограми; 3) одержання розчинів хлорофілу- $\alpha$ , хлорофілу- $\beta$  і каротиноїдів. рідину також переносять на фільтр №2. Екстракт пігментів відфільтровують. Для більш повного відділення пігментів масу, що залишилася на фільтрі, промивають декількома порціями ацетону (по 5 мл) доти, поки фільтрат, що витікає, не стане безбарвним, тобто не буде містити пігментів.

Отриманий після фільтрування екстракт пігментів переносять із приймача в ділильну лійку, відокремлюють ацетон шляхом обережного введення в лійку 50 мл дистильованої води. Рідину в ділильній лійці злегка збовтують. Варто уникати сильного збовтування, тому що може утворитися стійка емульсія. Після того як відбудеться розшарування двох рідких фаз, що не змішуються, нижню фазу (вода - ацетон) зливають. У ділильну лійку обережно вводять нову порцію води (50 мл). Після розшарування рідин водну фазу зливають. Операцію відмивання ацетону проводять 10 разів. Бензино-бензольний екстракт просушують після видалення всіх водорозчинних речовин. Для цього екстракт переносять у колбу місткістю 50 мл, у яку додають 2 - 3 г прожареного натрію сульфату. Екстракт відфільтровують через скляний або паперовий фільтр.

Хроматографування проводять у скляній колонці розміром 20x1 см. Унизу колонки розміщують ватний тампон і вносять невеликими порціями сорбент  $\text{CaCO}_3$  або цукровий порошок. Ущільнення сорбенту проводять постукуванням трубки об тверду поверхню.

У підготовану колонку вводять порцію (5 мл) екстракту. Отриману первинну хроматограму промивають сумішшю бензину й бензолу (9:1). При промиванні колонки відбувається поділ зон, угорі колонки розташовується зелена зона  $\alpha$ -хлорофілу, потім синьо-зелена  $\beta$ -хлорофілу, трохи нижче - зона жовтого кольору (каротиноїди). При подальшому промиванні колонки розчинником у фільтрат переводяться спочатку жовті пігменти (каротиноїди), потім  $\alpha$ -хлорофіл й  $\beta$ -хлорофіл. Фракції збирають в окремі приймачі.

### *Лабораторна робота № 13* **СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ АНАЛІЗУ**

Дата. \_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ р

Мета. Використовуючи методи математичної обробки провести розрахунки результатів аналізу.

План.



1. Теоретичні аспекти теми.
2. Розв'язування експериментальних задач.

### Запитання та завдання

1. Поясніть, що розуміють під поняттям «систематичні помилки».
2. Розшифруйте поняття: методична, реактивна, іструментальна помика.
3. Характеризуйте методи розпізнавання систематичної помилки.
4. Чи можна перевести систематичну помилку в випадкову?
5. Що розуміють під поняттям «стандартний зразок»?
6. Дайте визначення наступним термінам: правильність, відтворюваність, систематична похибка, випадкова похибка.
7. Що таке середній результат, медіана, абсолютне та відносне відхилення?
8. Що таке «промахи»? Як перевірити чи є результат промахом?
9. Які закони розподілу випадкових чисел Ви знаєте?
10. Що таке генеральна сукупність випадкових величин та вибірка з неї? Як вони пов'язані?
11. Чи є сенс робити більше тринадцяти вимірювань вмісту визначуваної речовини?
12. Що таке довірчий інтервал?
13. Поясніть поняття «t- критерій».
14. Скільки визначень необхідно зробити при перевірці нової методики?
15. Що таке межа виявлення і межа визначення.
16. Розрахувати квадратичне відхилення та довірчий інтервал при  $P = 95\%$  для наступних результатів визначення фосфору в сталі: 0,084, 0,089, 0,079, 0,082, 0,085 %.
17. При визначенні феруму в відпрацьованому дизельному паливі атомно-абсорбційним методом було розраховано квадратичне відхилення  $= 2,4$  мкг/мл за об'єднаними результатами 30 аналізів. Розрахувати довірчий інтервал для результату 18,5 мкг/мл з довірчою імовірністю 95%.
18. Одержані наступні результати чотирьох паралельних визначень фторид-іонів у джерельній воді: 0,89, 0,96, 0,94, 0,89 мг/мл  $F^-$  Які довірчі межі середнього результату при  $P=95$  і 99%?
19. Для визначення нікелю у сплаві одержані наступні результати: 8,25; 8,08; 8,15; 8,20; 8,02 %. Знайти випадкову похибку аналізу ( $P = 95\%$ ) та довірчий інтервал.
20. У срібній монеті при аналізі паралельних зразків одержали такі результати (%): 90,04; 90,12; 89,92; 89,94; 90,08; 90,02. Обчислити квадратичне відхилення одиничного результату та довірчий інтервал при  $P = 95\%$ .
21. При аналізі залізної руди на вміст  $Fe_2O_3$  (%) знайдено: 55,93; 56,00; 56,02; 56,07; 56,25 %. Перевірити, чи є результат 56,25 % промахом.
22. Одержані такі дані про вміст алкоголю в крові: 0,089; 0,084; 0,079 % етанолу . Розрахуйте довірчий інтервал середнього результату при  $P = 95\%$ , якщо квадратичне відхилення  $= 0,005$  %.

23. При гравіметричному визначенні нікелю в сплаві були одержані такі значення: 4,64; 4,68; 4,63; 4,58 %. Зробити статистичний аналіз результатів при  $P = 95\%$ .

24. Перевірити, чи необхідно відкинути один із результатів визначення хлорид-іонів (%) у вибірці: 11,25; 11,30; 11,31; 10,76; 11,31.

25. При визначенні СН-груп в органічній сполуці два аналітика одержали результати, які дещо відрізняються. Розрахуйте квадратичне відхилення, довірчий інтервал та відносну похибку, а також оцініть, чи відносяться ці дані до однієї генеральної сукупності: 1 - 15,69; 15,67; 15,71; 15,74; 2 - 15,76; 15,81; 15,74; 15,75; 15,79 (%).

### ***Рекомендована література***

1. Кичирук О.Ю. Аналітична хімія. Якісний та кількісний аналіз: курс лекцій / О.Ю. Кичирук. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім.І. Франка, 2018. – 160 с.
2. Онищенко Ю.К. Збірник задач і вправ з аналітичної хімії: навчальний посібник / Ю.К. Онищенко, Т.О. Онищенко, О.Ю. Кичирук, Н.В. Кусяк. - Житомир: Вид-во ЖДУ ім.І. Франка, 2014. – 221 с.
3. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Т.3.: учебник / А.П.Крешков – М.:Химия, 1970. – 540 с.
4. Лайтинен Г.А. Химический анализ: учебник / Г.А.Лайтинен. – М.: Химия, 1966. – 656 с.
5. Фритц Дж. Количественный анализ : учебник / Дж. Фритц, Г. Шенк. – М.: Мир, 1978. – 558 с.

### ***Завдання для модульної контрольної роботи № 1***

#### ***Теоретичні питання.***

1. Дати загальну характеристику природних компонентів атмосфери землі.
2. Дати поняття та характеристику парникового ефекту.
3. Метан у атмосфері, його вплив на парниковий ефект
4. Розкрити склад і будову компонентів атмосфери землі.
5. Дати загальну характеристику природних компонентів ґрунтів.
6. Дати поняття про основні індивідуальні показники хімічного складу природних вод
7. Охарактеризувати хімічний склад поверхневих вод суші
8. Підземні води та їх хімічний склад
9. Морські та океанські води
10. Тверді адсорбенти для вловлювання газів
11. Причини забруднення природних вод сільськогосподарськими господарствами
12. Розкрити хімічний склад морських та океанських вод
13. Дати поняття про гігроскопічну воду ґрунтів
14. Дати загальну характеристику хімічного складу підземних природних вод
15. Запропонувати класифікацію помилок в аналізі.
16. Дати поняття про обмінну поглинальну здатність ґрунтів

17. Дати поняття про органічні забруднювачі
18. Охарактеризувати органічний та неорганічний склад ґрунтів та донних відкладень
19. Фотохімічні процеси атмосфери
20. Вплив наземного, водного і повітряного транспорту на навколишнє середовище
21. Правило відбору проб природних вод і ґрунтів. Їх зберігання і транспортування.
22. Мінеральна та органічна частина ґрунтів.
23. Мінералогічний склад ґрунтів. Класифікація мінералів за походженням і хімічним складом
24. Методи концентрування водних зразків
25. Основні консерванти та їх характеристика
26. Статистична обробка результатів аналізу
27. Шляхи альтернативної енергетики
28. Способи знезараження та утилізації твердих та рідких відходів
29. Продукція та забруднюючі речовини виробництв різних галузей
30. Добування корисні копалини та забруднення навколишнього середовища

### ***Завдання для модульної контрольної роботи № 2***

#### ***Тестові завдання.***

1. Закінчити фразу: «неконсервативні компоненти довкілля» - це природні інгредієнти, концентрація яких а) збільшується у відібраній пробі з часом б) зменшується у відібраній пробі з часом в) не змінюється у відібраній пробі з часом
2. Природні води, що переважно містять іони  $\text{CO}_3^{2-}$  називають
3. а) сульфатними б) карбонатними в) магнієвими
4. Яка галузь виробництва випускає продукцію целюлоза, папір, картон:
5. а) металургія б) целюлозно-паперова промисловість в) виробництво мінеральних сполук
6. «концентрування»-це а) збільшення концентрації речовин шляхом зменшення об'єму проби б) фільтрування води крізь паперовий фільтр в) зменшення концентрації речовин шляхом розведення проби
7. Вміст летких компонентів у ґрунті визначають гравіметричним методом. При цьому пробу ґрунту необхідно прожарити в муфельній печі при температурі: а) 10-20 °С б) 20-60 °С в) 500-800 °С
8. Міський центр хімічного аналізу, що розташований в м. Житомирі проводить аналіз: а) природної води на вміст токсичних елементів б) ґрунтів на родючість, вміст токсичних елементів в) вміст мінеральних добрив в природних об'єктах
9. 1 М розчин калій гідроксиду містить: а) в 1 л розчину 100 г КОН б) в 1 л розчину 56 г (1 моль) КОН в) в 1 л розчину 1 г КОН

10. Для аналізу природного об'єкту взяли землечерпалку і відправились на місце відбору проби. Який зразок привезли в лабораторію: а) зразок забрудненого повітря промислової зони міста б) зразок води, що стікає з хім..виробництва у річку в) зразок ґрунту певного с/г господарства для аналізу на родючість

11. «ґрунтом називається природне тіло», яке складається з таких частин: а) твердої, рідкої та газоподібної б) твердої та газоподібної в) твердої

**Оцініть правильність тверджень так (+), ні (-)**

1. Кислий характер природних вод обумовлений наявністю у них розчиненого вуглекислого газу

2. Аргентометричний аналіз дозволяє визначати твердість природної води

3. Гігроскопічну воду ґрунту визначають методом висушування наважки ґрунту в сушильних шафах при температурі 100-105 °С.

4. Умовою титрування методом перманганатометрії є кисле середовище

5. Висушування осадів та ґрунтів проводять в сушильних шафах

6. Атмосферне повітря менше забруднене у горах та над морями і океанами.

7. Лужний характер природних вод обумовлений наявністю у ній розчиненого вуглекислого газу.

8. Твердість природної води обумовлена наявністю у ній солей Феруму і Магнію.

9. Концентрування – це фізико-хімічний процес збільшення концентрації речовин шляхом фільтрування розчину

10. Ґрунтом називається природне тіло яке складається тільки з твердої частини

11. Основною продукцією енергетичної промисловості є скло та пісок

12. Підзолистий піщаний, підзолистий суглинний, лісостеповий суглинний – це різні типи ґрунтів.

**Задачі**

1. Яку наважку NaCl слід взяти для виготовлення 450 мл 0,05 М розчину?

2. Вирахувати рН розчину що містить у 200 мл розчину 3,24 л розчиненого газоподібного HCl.

3. Осад BaCrO<sub>4</sub> масою 0,3098 г прожарили в тиглі масою 14,7654 г. Після прожарювання зважили тигель з осадом. Маса склала 14,9876 г. Розрахувати масову частку домішок в осаді BaCrO<sub>4</sub>

4. Вирахувати наважку H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O необхідну для виготовлення 750 мл 0,05 М розчину необхідне для стандартизації розчину NaOH.

5. Яким є титр 0,05 н розчину K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>?

6. Які об'єми розчинів сульфатної кислоти з масовими частками 87 % (ρ=0,987 г/см<sup>3</sup>) і 12 % (ρ=0,387 г/см<sup>3</sup>) необхідно взяти для приготування 200 мл розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 34%?

7. Знайти рН 0,1 М розчину нітратної кислоти (у ≠ 1).

8. Розрахувати  $DP_{CaCO_3}$ , якщо в 1 л насиченого розчину міститься  $6,93 \cdot 10^{-3}$  г цієї солі

9. Який об'єм води і сульфатної кислоти з масовою часткою 87 % ( $\rho=0,987$  г/см<sup>3</sup>) необхідно взяти для приготування 200 мл розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 25 %?
10. Для визначення кальцію і магнію взято 2,0850 г препарату і розчинено в мірній колбі на 250,00 мл. На титрування 25,00 мл одержаного розчину витрачено 11,20 мл 0,05240 н робочого розчину трилону Б, а на титрування 100,00 мл (після відокремлення  $\text{Ca}^{2+}$ ) пішло 21,65 мл. Розрахуйте масові частки (%) кальцію і магнію в препараті.
11. При комплексонометричному визначенні кальцію прямим титруванням в присутності індикатора хромового темно-синього на титрування 50,00 мл досліджуваного розчину витратили 22,45 мл розчину ЕДТА з титром за кальцієм 0,002004 г/мл. Визначте масу кальцію в досліджуваному розчині.
12. 10 г  $\text{KNO}_3$  розчинено у 80 г води. Розрахувати масову частку (%)  $\text{KNO}_3$  у розчині
13. Скільки грамів  $\text{AgNO}_3$  необхідно розчинити в 250 мл води для приготування 2%-ного розчину?
14. Скільки грамів мідного купоросу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  і води необхідно для приготування 200 г 5%-ного розчину  $\text{CuSO}_4$ , розрахованого на безводну сіль?
15. Скільки грамів  $\text{HNO}_3$  міститься в 2 л її 0,1 н розчину?
16. Скільки грамів натрій тіосульфату необхідно для приготування 250 мл 0,1 М?
17. 66,8 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  розчинено в 133,2 г води. Густина одержаного розчину 1,25 г/мл. Визначити масову частку (%) і молярну концентрацію розчину.
18. Який об'єм 68%-ного розчину  $\text{HNO}_3$  ( $\rho=1,4$  г/мл) необхідний для приготування 50 мл 2 н розчину?
19. Яку кількість 20%-ного розчину  $\text{HCl}$  (густина 1,1 г/мл) потрібно взяти для нейтралізації 45 г 15%-ного розчину  $\text{KOH}$ ?
20. Які об'єми 37%-ного розчину  $\text{HCl}$  (густина 1,19 г/мл) і води необхідні для приготування 1 л 10%-ного розчину (густина 1,049 г/мл)
21. Скільки грамів барій сульфату утвориться при змішуванні 200 мл 0,5 М розчину  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  і 150 мл 2 М розчину  $\text{BaCl}_2$ ?
22. У 2000 мл води пропустили 11,2 л гідроген хлориду, який при цьому повністю поглинувся. Визначити рН утвореного розчину ( $y=1$ )
23. Наважку вологого ґрунту масою 2,3098 г прожарили в тиглі масою 24,7654 г. Після прожарювання зважили тигель з ґрунтом. Маса склала 26,9876 г. Розрахувати масову частку води в ґрунті
24. Розрахувати титр розчину, в 200,00 мл якого розчинено 2 гречовини
25. Який об'єм 0,1208 н розчину  $\text{NaOH}$  витратиться на титрування 10,00 мл 0,0974 н розчину  $\text{HCl}$
26. Осад  $\text{BaCrO}_4$  масою 0,3098 г прожарили в тиглі масою 14,7654 г. Після прожарювання зважили тигель з осадом. Маса склала 14,9876 г. Розрахувати масову частку домішок в осаді  $\text{BaCrO}_4$
27. Для приготування 100,00 мл 0,1 н розчину натрій хлориду скільки необхідно зважити солі

28. Скільки грам речовини містить 0,05 н розчин калій перманганату
29. Розрахувати рН 0,1 М розчину нітратної кислоти ( $y \neq 1$ ).
30. Який об'єм 0,1108 н розчину  $\text{HCl}$  витратиться на титрування 12,00 мл 0,1097 н розчину  $\text{NaOH}$

### ***Завдання для модульної контрольної роботи № 3***

#### ***Теоретичні завдання. Дайте обґрунтовану відповідь на питання***

1. Основні методи визначення концентрацій вуглекислого газу в повітрі
2. Методи аналізу озону в повітрі
3. Поняття про озонові дірки. Причини їх виникнення та шляхи зменшення
4. Методи аналізу металевих забруднювачів атмосферного повітря.
5. Сучасні методи аналізу органічних компонентів атмосферного повітря.
6. Тверді адсорбенти для вловлювання газів
7. Фізико-хімічні методи визначення йонів в природних водах
8. Органічний та неорганічний склад ґрунтів та донних відкладень
9. Екстракційні методи аналізу природних вод
10. Спектроскопічні методи аналізу природних вод
11. Визначення індивідуальних показників хімічного складу вод
12. Методики хімічного аналізу природних вод
13. Основні методи визначення концентрацій вуглекислого газу в повітрі
14. Методи аналізу озону в повітрі
15. Методи аналізу металевих забруднювачів атмосферного повітря.
16. Сучасні методи аналізу органічних компонентів атмосферного повітря.
17. Фізико-хімічні методи визначення йонів в природних водах
18. Вміст органічного вуглецю у воді
19. Органічні забруднювачі та їх виявлення у водах
20. Органічний та неорганічний склад ґрунтів та донних відкладень
21. Екстракційні методи аналізу природних вод
22. Спектроскопічні методи аналізу природних вод
23. Приклади статистичної обробки результатів
24. Визначення індивідуальних показників хімічного складу вод
25. Методики хімічного аналізу природних вод
26. Методи аналізу жирних одноосновних кислот, галоген органічних сполук у ґрунтах і повітрі
27. Методи аналізу атмосферного озону
28. Визначення гумусу у ґрунтах
29. Хроматографічний аналіз визначення токсичних елементів
30. Фізико-хімічні методи аналізу катіонів металів у природних об'єктах

#### ***Творчі завдання. Навести методик :***

1. Очищення природної води методами фільтрування, коагуляції і визначення якості одержаної води
2. Очищення стічних вод перед спуском у природні водойми

3. Водопідготовка води до споживання
4. Визначення маси гігроскопічної води у ґрунтах
5. Визначення втрати при прожарюванні ґрунтів
6. Визначення амінокислот у воді
7. Визначення біологічного споживання кисню у воді
8. Визначення хімічного споживання кисню у воді
9. Визначення органічних речовин у природних водах
10. Визначення NPK - комплексу у ґрунтах
11. Визначення солонцюватості ґрунтів
12. Визначення катіонообмінної здатності ґрунтів
13. Визначення біогенних елементів ґрунтів
14. Визначення силіційвмісних сполук у ґрунтах
15. Визначення поглинальної здатності ґрунтів
16. Визначення озону у повітрі
17. Визначення вмісту вуглекислого газу у повітрі
18. Визначення індекса забрудненості води та його властивості
19. Визначення твердості води
20. Визначення мікроелементів у ґрунтах
21. Визначення фізичних властивостей води
22. Визначення гідроген хлориду у воді
23. Визначення аліфатичних амінів у воді
24. Визначення амінокислот у повітрі
25. Визначення гумусу в ґрунтах
26. Визначення крохмалю у природній воді

## ПИТАННЯ ДО ІСПИТУ З ДИСЦИПЛІНИ «ЕКОАНАЛІТИЧНА ХІМІЯ»

1. Загальна характеристика природних вод. Хімічний склад та класифікація
2. Природні компоненти ґрунтів та донних відкладень. Класифікація ґрунтів за їх хімічним складом та походженням.
3. На чому ґрунтуються фізико-хімічні методи аналізу?
4. Особливості відбору проб об'єктів навколишнього середовища та способи їх концентрування.
5. Визначення органічних сполук в ґрунтах та природних водах.
6. Аналіз металевих забруднювачів повітря
7. Методи аналізу галогенвмісних неорганічних забруднювачів атмосферного повітря
8. Методи аналізу атмосферного озону
9. Доступні до споживання рослинами азот, фосфор, калій
10. Визначення катіонообмінної здатності ґрунтів
11. Визначення рухливих форм силіцевої кислоти.
12. Визначення мікроелементів в ґрунтах
13. Визначення гігроскопічності ґрунтів
14. Визначення хімічного споживання кисню в природних водах
15. Визначення фізичних властивостей води.
16. Біохімічне споживання кисню природних вод.
17. Визначення твердості води
18. Визначення амінокислот у природних водах
19. Основні методи визначення концентрацій вуглекислого газу в повітрі
20. Методи аналізу озону в повітрі
21. Методи аналізу металевих забруднювачів атмосферного повітря.
22. Сучасні методи аналізу органічних компонентів атмосферного повітря.
23. Поверхневі води суші
24. Підземні води та їх хімічний склад
25. Морські та океанські води
26. Тверді адсорбенти для вловлювання газів
27. Фізико-хімічні методи визначення йонів в природних водах
28. Вміст органічного вуглецю у воді
29. Органічні забруднювачі та їх виявлення у водах
30. Органічний та неорганічний склад ґрунтів та донних відкладень
31. Екстракційні методи аналізу природних вод
32. Спектроскопічні методи аналізу природних вод
33. Приклади статистичної обробки результатів
34. Визначення індивідуальних показників хімічного складу вод

### **Практичні завдання**

1. Яку наважку NaCl слід взяти для виготовлення 450 мл 0,05 М розчину?
2. Вирахувати рН розчину що містить у 200 мл розчину 3,24 л розчиненого газоподібного HCl.



3. Осад  $\text{BaCrO}_4$  масою 0,3098 г прожарили в тиглі масою 14,7654 г. Після прожарювання зважили тигель з осадом. Маса склала 14,9876 г. Розрахувати масову частку домішок в осаді  $\text{BaCrO}_4$
4. Вирахувати наважку  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  необхідну для виготовлення 750 мл 0,05 М розчину необхідне для стандартизації розчину  $\text{NaOH}$ .
5. Яким є титр 0,05 н розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ?
6. Які об'єми розчинів сульфатної кислоти з масовими частками 87 % ( $\rho=0,987 \text{ г/см}^3$ ) і 12 % ( $\rho=0,387 \text{ г/см}^3$ ) необхідно взяти для приготування 200 мл розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 34%?
7. Знайти рН 0,1 М розчину нітратної кислоти ( $y \neq 1$ ).
8. Розрахувати  $DP_{\text{CaCO}_3}$ , якщо в 1 л насиченого розчину при  $25^\circ\text{C}$  міститься  $6,93 \cdot 10^{-3} \text{ г}$  цієї солі
9. Який об'єм води і сульфатної кислоти з масовою часткою 87% ( $\rho=0,987 \text{ г/см}^3$ ) необхідно взяти для приготування 200 мл розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 25 %?

### СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Б.Й. Набиванець, В.В. Сухан, Л.В. Калабіна. Аналітична хімія природного середовища. - К: Либідь. - 1996. - 304 с.
2. Б.Й. Набиванець, О.П. Рябушко, В.В.Сухан, О.А.Запорожець та інші. Методичні вказівки до лабораторних робіт зі спецкурсу „Аналіз природних та стічних вод” -Київ – 1993. - 119 с.
3. Б.М.Федишин, В.І.Дорохов, Г.В.Павлюк, Е.А. Головка, Б.В.Борисюк. Основи екологічної хімії. – Житомир: ДАУ. – 2006. - 500 с.
4. О.П. Перепелиця. Екохімія та ендоекологія елементів. – К. - 2007. - 460 с.
5. В.А. Копілевич, Л.В.Войтенко, С.Д. Мельничук, М.Д. Мельничук.. Хімія навколишнього середовища. К.: Фенікс. – 2004.- 389 с.
6. Г.О.Білявський, Л.І.Бутченко, В.Н.Навроцький. Основи екології, теорія і практикум. - К: Лібра. - 2002. - 352 с.
7. Б.М. Федишин, Б.В. Борисюк, М.В. Вовк, В.І. Дорохов, Г.В. Павлюк. Хімія та екологія атмосфери. - К: Алерта. - 2003. - 273 с.
8. Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Загальна гідрохімія. -К: Либідь. - 1997. 384с.
9. Унифицированные методы анализа вод. / Под. ред. Ю.Ю.Лурье. – М: Химия. - 1971. - 275 с.
10. Ю.Ю.Лурье. Аналитическа химия промышленных сточных вод. М.:Химия. – 1984. – 447 с.

## Додаток. Чотирьохзначні мантиси логарифмів

### Правила знаходження логарифма числа

Перш за все число  $C$  записують у вигляді добутку  $a \cdot 10^N$ , де  $a$  – число у вигляді десяткового дробу з комою після першої значущої цифри, а  $N$  – ціле число, яке вказує на скільки цифр необхідно перенести кому у числі  $C$ .

Якщо кому переносять вліво, то  $N$  – число додатне; якщо кому переносять вправо, то  $N$  – число від’ємне.

Наприклад, число 31,5 записують як  $3,15 \cdot 10^1$ . Далі, користуючись таблицею логарифмів знаходять логарифм  $a$ . Логарифм числа  $10^N$  дорівнює  $N$ .

У результаті, логарифм числа  $C = N + \lg a$ .

Наприклад:

Число $C$	$\lg C$	Форма запису числа $C$
14,3	$1 + \lg 1,43 = 1,165$	$1,43 \cdot 10^1$
143	$2 + \lg 1,43 = 2,16$	$1,43 \cdot 10^2$
0,295	$-1 + \lg 2,95 = -0,53$	$2,95 \cdot 10^{-1}$
0,00295	$-3 + \lg 2,95 = -2,531$	$2,95 \cdot 10^{-3}$
2,95	$0 + \lg 2,95 = 0,47$	$2,95 \cdot 10^0$

### Знаходження $\lg a$

Число $a$	У таблиці число		$\lg a$
	по вертикалі	по горизонталі	
1,43	14	3	0,155
2,95	29	5	0,469
7,7	77	0	0,886

Навчальне видання

**Кичкирук Ольга Юріївна  
Махневич Дмитро Сергійович  
Кондратенко Олена Ульянівна**

**Методичні рекомендації до лабораторних робіт  
з дисципліни «Екоаналітична хімія»  
для студентів природничого факультету**

Дизайн обкладинки Д.С. Махневич