

**Житомирський державний університет імені Івана Франка**  
**Факультет природничий**  
**Кафедра хімії**

**ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ**

**Обов'язкової освітньої компоненти**

***ЕКОЛОГІЧНА ХІМІЯ***

<b>Галузь знань</b>	10 Природничі науки
<b>Спеціальність</b>	102 Хімія
<b>Предметна спеціальність</b>	-
<b>Спеціалізація</b>	-
<b>Освітня програма</b>	Хімія
<b>Факультет/ННІ</b>	природничий

Автор:  
к.х.н., доцент Кичкирук Ольга

Розглянуто та схвалено  
на засіданні кафедри хімії  
Протокол від «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р. № \_\_\_\_\_  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Олена АНІЧКІНА

Житомир 2023

УДК 543 (05.3)

*Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_ 2023 р.)*

### **Рецензенти:**

**Віктор Дорохов** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри ґрунтознавства і землеробства Поліського національного університету

**Галина Біла** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів Навчально-наукового інституту харчових технологій Національного університету харчових технологій

**Микола Чайка** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка

К-46 Кичкирук О.Ю.

Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять з дисципліни  
«Екологічна хімія» - Житомир: Вид-во ЖДУ імені Івана Франка, 2023. – 48 с.

Інструктивно-методичні матеріали містять інструкції до лабораторних занять та методики хімічного аналізу об'єктів довкілля, зокрема природних води і ґрунтів, контрольні питання й задачі для підготовки до лабораторних занять та рекомендована навчальна література. Для здобувачів природничого факультету спеціальності 102 Хімія.

УДК 543 (05.3)

©Кичкирук О.Ю., 2023  
© Житомир: ЖДУ імені Івана Франка, 2023

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Критерії оцінювання.....	4
<i>Лабораторне заняття № 1. Відбір проб води і ґрунту для аналізу. Вивчення органолептичних властивостей мінеральних вод.....</i>	<i>5</i>
<i>Лабораторне заняття № 2. Визначення загальної та карбонатної твердості природної води .....</i>	<i>11</i>
<i>Лабораторне заняття № 3. Визначення хлоридів і сульфатів у природній воді.....</i>	<i>15</i>
<i>Лабораторне заняття № 4. Приготування розчинів та вивчення їх фізичних властивостей .....</i>	<i>18</i>
<i>Лабораторне заняття № 5. Визначення рН та лужності води .....</i>	<i>20</i>
<i>Лабораторне заняття № 6. Розділення катіонів III і IV груп хроматографією на папері. Підсумкова модульна контрольна робота №1 .....</i>	<i>24</i>
<i>Лабораторне заняття № 7. Визначення гігроскопічної води в ґрунтах.....</i>	<i>27</i>
<i>Лабораторне заняття № 8. Визначення втрати при прожарюванні ґрунтів.....</i>	<i>29</i>
<i>Лабораторне заняття № 9. Визначення кислотності ґрунту.....</i>	<i>31</i>
<i>Лабораторне заняття № 10. Визначення катіонів <math>\text{Ca}^{2+}</math> та <math>\text{Mg}^{2+}</math> у водній витяжці із ґрунту.....</i>	<i>34</i>
<i>Лабораторне заняття № 11. Хроматографічне розділення пігментів зеленого листя методом паперової хроматографії .....</i>	<i>36</i>
<i>Лабораторне заняття № 12. Статистична обробка результатів аналізу.....</i>	<i>38</i>
Завдання до модульних контрольних робіт.....	40
Питання до екзамену.....	43
Список рекомендованої літератури .....	44
Додатки.....	45

## ВСТУП

Запропоновані методичні рекомендації укладено відповідно до навчальної і робочої програм з освітньої компоненти «Екологічна хімія» для здобувачів спеціальності 102 Хімія.

Виконання лабораторних робіт з дисципліни «Екологічна хімія» включає виконання ряду досліджень об'єктів навколишнього середовища з використанням методів гравіметричного аналізу, титриметричних методів аналізу, а також фотометричного і потенціометричного аналізу, які були попередньо вивчені в рамках дисципліни «Аналітична хімія».

При укладенні інструктивно-методичних матеріалів використовувались навчальні видання і збірники стандартних методик хімічного аналізу об'єктів довкілля. У даному виданні містяться методики та інструкції до 12 лабораторних занять. Кожне лабораторне заняття містить назву, мету і завдання роботи, хід роботи (методика аналітичного визначення), розрахунки за результатами вимірювань. До кожного лабораторного заняття є контрольні питання, які дають змогу здобувачам більш повно зрозуміти суть та зміст теоретичних основ та практичних понять методів хімічного аналізу природних вод, ґрунтів, а також орієнтують їх на самостійну роботу з навчальною літературою.

В рамках лабораторних занять здобувачі мають можливість самостійно проаналізувати зразки природних вод і ґрунтів, відібраних власними руками.

### Критерії оцінювання

№ заняття:	Кількість балів за кожен вид роботи:										Сумарна кількість балів
	ТП	ДП	ПП	ПЗ	ОЗ	ТЗ	ІНДЗ	УО	...	...	
1	20			20	15	30		15			100
2	15			20	15	40		10			100
3	20			20	15	40		5			100
4	30			30	15		30				100
5	20				10	20		10			100
6	40			20	15	10		15			100
7	10	20	20	20	15			15			100
8	10	20	20	20	15			15			100
9	10	20	20	20	15			15			100
10	10	20	20		15		20	15			100
11	10	20	20	20	15			15			100
12	10	20	20	20	15			15			100

ТП – відповідь на теоретичні питання; ДП – демонстрація підготовленої презентації; ПП – презентація/ повідомлення; ПЗ – виконання практичного завдання; ОЗ – оформлення заняття; ТЗ – виконання тестових завдань; ІНДЗ – перевірка індивідуальних завдань; УО – участь в обговоренні

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

Лабораторне заняття № 1 (4 год)

### ВІДБІР ПРОБ ВОДИ І ҐРУНТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ

### ВІВЧЕННЯ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД

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 повітря на аналіз хімічного 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. При визначенні яких показників якості питної води необхідно консервування проби?
7. Які показники якості води визначаються відразу при відборі?
8. Як, коли і де проводиться відбір проб води з поверхневих водойм? Які види проб води відбирають?
9. Чим відрізняється відбір проб питної води із систем централізованого водопостачання від відбору проб стічних вод?
10. Які загальні вимоги до відбору проб ґрунту. Прилади для відбору проб ґрунту.
11. Як організувати санітарний контроль за радіаційною безпекою?
12. Правила зберігання і транспортування проб ґрунтів.

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. Федішин, 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 №1 і таблиця №2 з усіма даними окремо для проб води і ґрунту за зразком

## ЗРАЗОК ЗАПОВНЕННЯ ТАБЛИЦЬ

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

**Таблиця № 1.**

### Відібрані проби зразків води

№ зразка/ його назва	Місце відбору	Дата відбору
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		
13.		
14.		

**Таблиця № 2.**

### Відібрані проби зразків ґрунту

№ зразка/ його назва	Місце відбору	Дата відбору
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		

8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

## **ВИВЧЕННЯ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД**

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**

#### **1. 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:

- Запахи природного походження (від організмів, що живуть у воді та від омертвілих, від впливу ґрунтів, тощо) знаходять за класифікацією, наведеною в таблиці.
  - 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-бальною системою згідно таблиці ГДК інтенсивності кольору – 2 бали.

### Характер і особливості запаху води природного походження

Характер запаху	Особливість запаху
Ароматичний	Огірковий, квітковий
Болотний	Мулистий, тінистий
Гнилісний	Фекальний, стічної води
Дерев'янистий	Мокрої щепи, деревної кори
Землистий	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

### Інтенсивність запаху води

Бал	Інтенсивність запаху	Якісна характеристика
0	Відсутній	Відсутність відчутного запаху
1	Дуже слабкий	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 несхваленням
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

## 2. 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 25-30°C, набирають у рот близько 15-20 см<sup>3</sup> 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 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

### 3. Органолептичне визначення кольоровості природних вод

**Реактиви і обладнання:** дистильована вода, калій дихромат (крист.), кобальт сульфат кристалогідрат семиводний (крист.), сульфатна кислота, пробірки, мірні колби, ваги.

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 яким 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 феруму (II) і гумусових речовин.

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) сульфату семиводного, 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. Попередньо приготовлений лаборантом розчин сульфатної кислоти (1 мл 96%-ї сульфатної кислоти доводять дистильованою водою до 1 л). 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.

**Таблиця №3.**

### Результати органолептичного аналізу мінеральних вод

Назва води її характеристика	Параметри води				
	смак	запах	забарвленість	pH	хімічний склад

--	--	--	--	--	--

### Висновок.

---



---



---

\_\_\_\_\_ підпис викладача

## Тема 2. Хімічний та фізико-хімічний аналіз природних вод

*Лабораторне заняття № 2 (4 год)*

### ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ТА КАРБОНАТНОЇ ТВЕРДОСТІ ПРИРОДНОЇ ВОДИ

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.
4. Виконати тестові завдання по темі «Твердість води» (Гугл-форма).

#### Опрацювати 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.

5. 50,00 мл мінеральної води відтитрували 0,0568 н розчином  $\text{AgNO}_3$ . Знайти масу  $\text{Cl}^-$  іонів у воді, якщо на титрування її витрачено 9,25 мл  $\text{AgNO}_3$

6. Якою повинна бути маса наважки  $\text{NaCl}$  для приготування 100 мл 0,0500 н розчину, необхідного для встановлення титру  $\text{AgNO}_3$ ?

7. Вирахувати масову частку хлорид-аніонів у морській воді, якщо 10,00 мл її розбавили у мірній колбі 250 мл і на титрування аліквоти 20,00 мл витратили 8,45 мл 0,0592 н розчину  $\text{AgNO}_3$ . Густина морської води дорівнює  $1,03 \text{ г/см}^3$

8. 350 мл річкової води, що містить  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , протитрували 0,0500 н розчином комплексону(III), витративши його 23,40 мл. Вирахувати твердість річкової води (у ммоль екв/л)

9. Вміст сульфатів у воді визначають зворотним титруванням катіонів  $\text{Ba}^{2+}$  після розчинення осаду  $\text{BaSO}_4$ . Розрахувати число мг  $\text{SO}_4^{2-}$  в 1 л мінеральної води, якщо після додавання до 250 мл води барій хлориду осад розчинили кип'ятінням, а розчин обробили 10,00 мл 0,0500 н розчину комплексону(III) і надлишок його відтитрували 6,80 мл 0,0500 н розчину  $\text{MgSO}_4$ .

10. Знайти титр робочого розчину комплексону(III) за  $\text{Mg}^{2+}$ , якщо на титрування розчину наважки  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  масою 0,3080 г витратилось 22,50 мл розчину титранта.

#### **Рекомендована література.**

1. Кичкирук О.Ю. Аналітична хімія. Якісний та кількісний аналіз: курс лекцій / О.Ю. Кичкирук. – 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. Кичкирук, Н.В. Кусяк. - Житомир: Вид-во ЖДУ ім.І. Франка, 2014. – 221 с.

#### **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

#### **Реактиви.**

1. Розчин комплексону III (Трилон Б) 0,02 н;
2. Аміачний буферний розчин (рН 10);
3. Хромоген чорний Т, сухий у суміші з  $\text{NaCl}$
4. 20% розчин  $\text{NaOH}$ ,

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  $\text{CaCO}_3/\text{дм}^3$ .

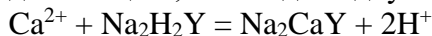
Між цими одиницями твердості можна записати співвідношення:

$1 \text{ моль}/\text{м}^3 = 2,804 \text{ німецьких градусів твердості};$

$1 \text{ моль}/\text{м}^3 = 5,005 \text{ французьких градусів твердості};$

$1 \text{ моль}/\text{м}^3 = 50,050 \text{ американських градусів твердості}.$

В усіх випадках реакція між трилоном Б і катіонами металів проходить за дуже простим рівнянням: 1 моль трилону Б 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 рН = 10  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$  утворюють з трилоном Б стійкі безбарвні комплекси. Ці ж катіони з багатьма органічними реактивами, як, наприклад, мулексид, 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 рН=10 хромоген чорний Т має сине забарвлення, а його комплекси з  $\text{Ca}^{2+}(\text{Mg}^{2+})$  – винно-червоне, титрування

супроводжуватиметься зміною забарвлення з винно-червоного на синє.

5. Суха суміш мурексиду з NaCl.

### Хід виконання роботи

#### 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 кілька 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.

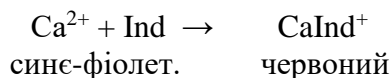
Твердість води в ммоль екв/л розрахуйте за рівнянням:

$$T_{\text{в. води}} = \frac{C_{\text{екв } Tr. Б} \cdot V_{Tr. Б} \cdot 1000}{V_{H_2O}} =$$

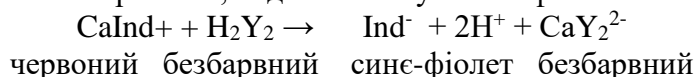
#### 2. Визначення вмісту кальцій(II)- і магній(II)-іонів у воді при їх спільній присутності

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

Мурексид ( $\text{C}_8\text{H}_8\text{N}_6\text{O}_6$ ) амонійна сіль пурпурної кислоти при рН 11 присутня у вигляді аніонів синьо-фіолетового кольору. З катіонами  $\text{Ca}^{2+}$  він утворює комплекси яскраво-червоного кольору



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



В бюретці стандартний розчин трилону Б. 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. Титрують розчином трилону Б до синьо-фіолетового кольору.

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

$$C_{\text{екв}}(\text{Ca}^{2+}) = \frac{C_{Na_2H_2Y} \cdot V_{Na_2H_2Y} \cdot 1000}{A_{H_2O}} =$$

$$C_{\text{екв}}(\text{Mg}^{2+}) = T_{\text{в. води загальна}} - C_{\text{екв}}(\text{Ca}^{2+}) =$$

$$m(\text{Ca}^{2+}) = C_{\text{екв}}(\text{Ca}^{2+}) \cdot M_{\text{екв}}(\text{Ca}^{2+}) = \text{мг/л}$$

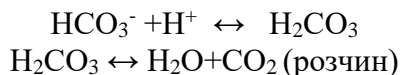
$$m(\text{Mg}^{2+}) = C_{\text{екв}}(\text{Mg}^{2+}) \cdot M_{\text{екв}}(\text{Mg}^{2+}) = \text{мг/л}$$

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

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

Карбонатна твердість називається тимчасовою. Карбонатна твердість визначається загальною кількістю мілімоль еквівалентів речовин  $\text{HCO}_3^-$  в 1 л води.

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



pH в точці еквівалентності розраховується за формулою:

$$\text{pH} = 1/2\text{pK}_1(\text{H}_2\text{CO}_3) - 1/2\lg C_{\text{кислоти}}$$

Концентрація карбонатної кислоти визначається її розчинністю при даному атмосферному тискові.

$$\text{pH} = 1/2(6,35) - 1/2\lg 5 \cdot 10^{-2} = 3,715 + 0,65 = 3,83$$

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

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 червоне.

Результати титрування і розрахунків тимчасової твердості води (ммоль екв/л)

Оскільки  $n_{\text{екв}}(\text{HCO}_3^-) = n_{\text{екв}}(\text{HCl}) = C_{\text{екв}}(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})$ , тому твердість води розраховують так:

$$\text{Твердість води (тимчасова)} = \frac{C_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot 1000}{A_{\text{H}_2\text{O}}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

#### Таблиця № 4.

#### Результати визначення загальної і карбонатної твердості природних вод

№ і назва зразка	Загальна твердість	Карбонатна твердість	m(Ca <sup>2+</sup> )	m(Mg <sup>2+</sup> )
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				
13.				
14.				

#### Висновок.

---



---

\_\_\_\_\_ підпис викладача

*Лабораторне заняття № 3 (4 год)*  
**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 осадового титрування.
4. Оцінити якість води згідно до вимог до якості питної води.
5. Пройти опитування в гугл формах «Визначення хлоридів»

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 хлорид-іонів 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 AgNO<sub>3</sub>. На титрування залишку AgNO<sub>3</sub> витратили 10,80 мл 0,0473 н розчину NH<sub>4</sub>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 0,0500 н розчину амоній роданіду. Яка масова частка (%) натрій хлориду у зразку кухонної солі?

Рекомендована література

1. Кичкирук О.Ю. Аналітична хімія. Якісний та кількісний аналіз: курс лекцій / О.Ю. Кичкирук. – 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. Кичкирук, Н.В. Кусяк. - Житомир: Вид-во ЖДУ ім.І. Франка, 2014. – 221 с.
3. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Кількісний аналіз. –К.: Фітосоціоцентр, 2006. – 544 с.

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

## Хід виконання роботи

### 1. Визначення хлоридів методом Мора

#### Реактиви.

1. Розчин 1 М калій хромату;
2. Розчин аргентум нітрату, 0,1 н; 0,05 н; 0,02 н (на вибір)

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.

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.

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

### 2. Визначення сульфатів

#### Реактиви.

1. Розчин натрій сульфату, 0,01 н
2. Розчин плюмбум нітрату, 0,01 н
3. Індикатор кристалічний дитизон в суміші з бензойною кислотою у співвідношенні 1:50
4. Етиловий спирт, 96%-вий (або диетиловий етер або розчинник для лаку)

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 середовищі. Цим методом можна визначати іони  $SO_4^{2-}$  при їх концентрації не менше 10 мг/л.

Розчин 0,01 н плюмбум нітрату готують за приблизною наважкою, стандартизують за 0,01 н розчином натрій сульфату.



Для приготування 0,01 н розчину натрій сульфату, зважують 1,4204 г безводної солі і розводять дистильованою водою до 1 л. Для одержання безводної солі кристалічний натрій сульфат (ч.д.а.) нагрівають у фарфоровій чашці при температурі близько 100°C до тих пір, поки не залишиться пухкий білий порошок.

Якщо концентрація сульфат-іонів перевищує 1 мг перед аналізом природної води на їх вміст, 100 мл досліджуваної води обробляють 5 г катіоніту КУ-2. Додають 1 краплю концентрованої оцтової кислоти, перемішують 5 хв. Потім відбирають 10-20 мл обробленої катіонітом води в колбу для титрування.

Якщо сульфат-іонів в пробі мало, наприклад 10-20 мг/л, то відбирають піпеткою 50 мл або більше проби, переносять в колбу для титрування і випаровують до 10-20 мл.

Для підготовки катіоніта, близько 10 г катіоніта вміщують в стакан ємністю 50 мл, доливають 40 мл 1М розчину оцтової кислоти, перемішують 10-15 хв, зливають кислоту (або відфільтровують катіоніт), промивають дистильованою водою і підсушують 1 год при 65-70 °C.

Пробу води об'ємом 10 мл вміщують в колбу ємністю 100 мл, додають 20 мл етилового спирту і стільки дитизону, щоб розчин став синьо-зеленим. Далі підігрівають розчин до 50°C і титрують розчином плюмбум нітрату до переходу зеленого забарвлення в червоно-фіолетове.

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

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

$$C_x = \frac{V_{Pb(NO_3)_2} \cdot C_{Pb(NO_3)_2} \cdot 1000}{V_{H_2O}} = \text{ммоль екв/л}$$

**Таблиця №5.**

**Результати визначення вмісту хлорид та сульфат іонів у природних водах**

№ зразка його назва	Вміст хлоридів у природній воді,	
	Вміст хлоридів у воді методом Мора, мг/л	Вміст сульфатів у воді, мг/л


## Висновок.

---



---



---

\_\_\_\_\_ підпис викладача

### Лабораторне заняття № 4 (4 год)

## ПРИГОТУВАННЯ РОЗЧИНІВ ТА ВИВЧЕННЯ ЇХ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

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

### Мета.

1. Навчитися користуватися довідником і таблицями зі сталими величинами
2. Виміряти густину розчинів за допомогою ареометра.
3. Встановлювати концентрації розчинів за відомою густиною.
4. Розраховувати молярну концентрацію розчину, знаючи масову частку
5. Готувати розчини з певною масовою часткою речовини шляхом зважування, розведення концентрованих розчинів і з фіксаналів.

### Задачі для самостійного розв'язування

1. 10 г  $\text{KNO}_3$  розчинено у 80 г води. Розрахувати масову частку (%)  $\text{KNO}_3$  у розчині
2. Скільки грамів  $\text{AgNO}_3$  необхідно розчинити в 250 мл води для приготування 2%-ного розчину?
3. 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?
4. Скільки грамів  $\text{HNO}_3$  міститься в 2 л її 0,1 н розчину?
5. Скільки грамів натрій тіосульфату необхідно для приготування 250 мл 0,1 М?
6. 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.
7. Який об'єм 68%-ного розчину  $\text{HNO}_3$  ( $\rho=1,4$  г/мл) необхідний для приготування 50 мл 2 н розчину?
8. Який об'єм 20%-ного розчину  $\text{HCl}$  (густина 1,1 г/мл) потрібно взяти для нейтралізації 45 г 15%-ного розчину  $\text{KOH}$ ?
9. 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)

10. 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  $\text{BaCl}_2$ ?

### Хід виконання роботи

- I. а) Приготувати \_\_\_\_\_ мл розчину \_\_\_\_\_ з фіксаналу.  
б) Виміряти густину приготовленого розчину \_\_\_\_\_ за допомогою ареометра.  
Густина становить \_\_\_\_\_ г/мл.  
в) З довідника встановити концентрацію приготовленого розчину.  
Концентрація розчину становить \_\_\_\_\_ моль/л; масова частка \_\_\_\_\_ %.  
г) Приготувати \_\_\_\_\_ мл \_\_\_\_\_ розчину \_\_\_\_\_ розведенням попереднього розчину.  
д) Виміряти густину нового розчину і за довідником визначити його концентрацію.  
Густина розчину \_\_\_\_\_ становить \_\_\_\_\_ г/мл.  
З довідника: концентрація \_\_\_\_\_ моль/л; масова частка \_\_\_\_\_ %.
- II. а) Приготувати \_\_\_\_\_ мл \_\_\_\_\_ розчину \_\_\_\_\_ методом приблизної або точної наважки.  
Для цього необхідно зважити на технічних (аналітичних) вагах \_\_\_\_\_ г речовини \_\_\_\_\_. Розчинити у циліндрі (мірній колбі) в \_\_\_\_\_ мл води.  
б) Виміряти густину приготованого розчину \_\_\_\_\_ за допомогою ареометра.  
Густина за ареометром становить \_\_\_\_\_ г/мл.  
в) За довідником встановити концентрацію приготовленого розчину \_\_\_\_\_.  
З довідника: концентрація \_\_\_\_\_ моль/л; масова частка \_\_\_\_\_ %.  
г) Приготувати \_\_\_\_\_ мл \_\_\_\_\_ розчину \_\_\_\_\_ шляхом розведення попереднього розчину \_\_\_\_\_.  
Для цього необхідно відміряти \_\_\_\_\_ мл виданого розчину і довести \_\_\_\_\_ мл води у \_\_\_\_\_.  
д) Виміряти густину приготовленого розчину і за довідником встановити його концентрацію.  
Густина розчину \_\_\_\_\_ становить \_\_\_\_\_ г/мл.  
З довідника: концентрація \_\_\_\_\_ моль/л; масова частка \_\_\_\_\_ %.
- III.
- а). Встановити експериментально густину розчину, виданого викладачем.  
За довідником: густина розчину \_\_\_\_\_ г/мл; концентрація розчину \_\_\_\_\_ моль/л, масова частка \_\_\_\_\_ %  
Експериментально встановлено: густина \_\_\_\_\_ г/мл; концентрація \_\_\_\_\_ моль/л, масова частка \_\_\_\_\_ %  
б) Приготувати \_\_\_\_\_ мл \_\_\_\_\_ розчину \_\_\_\_\_ шляхом розведення виданого розчину \_\_\_\_\_.  
Для цього необхідно відміряти \_\_\_\_\_ мл виданого розчину і довести \_\_\_\_\_ мл води у \_\_\_\_\_.  
г) Виміряти густину приготовленого розчину і за довідником встановити його концентрацію.  
Густина розчину \_\_\_\_\_ становить \_\_\_\_\_ г/мл.  
З довідника: концентрація \_\_\_\_\_ моль/л; масова частка \_\_\_\_\_ %.

Довідникова література, що була використана під час виконання роботи

- 1.
- 2.
- 3.

## Висновок.

---

---

---

\_\_\_\_\_ підпис викладача

### Лабораторне заняття № 5 (4 год) ВИЗНАЧЕННЯ pH ТА ЛУЖНОСТІ ВОДИ

### ВИЗНАЧЕННЯ pH-РОЗЧИНУ І МОЛЯРНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГІДРОГЕН-ЙОНІВ ПРЯМОЮ ПОТЕНЦІОМЕТРІЄЮ

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.
5. Опитування в гугл-формі «Потенціометрія»

Опрацювати контрольні питання

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. Н.І. Смик, Е.А. Шпак. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з електрохімічних методів аналізу для студентів хімічного факультету, К.: Поліграфічна дільниця Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, 2005, 39 с.
6. Н.І. Смик. Збірник задач з електрохімічних методів аналізу, К.: ВПЦ "Київський університет", 2006, 82 с
7. Б.М. Федішин, В.І. Дорохов, Г.В. Павлюк, Е.А. Головка, Б.В. Борисюк. Основи екологічної хімії. – Житомир: ДАУ. – 2006. - 500 с.
8. Масленко С.Н., Величко В.В., Великонська Н.М., Перескока В.В. Аналітична хімія і методи аналізу: Навч. Посібник, Дніпропетровськ: НМетАУ, 2011, 162 с.

**Прилади, реактиви, обладнання**

1. Складний pH-чутливий електрод
2. Стандартний розчин HCl, 0,1 моль/л

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 pH розчину. Користуючись значеннями рК карбонатної кислоти, можна встановити, що в лужних розчинах присутні, в основному,  $\text{CO}_3^{2-}$  іони. При зменшенні pH збільшується вміст  $\text{HCO}_3^-$ , внаслідок протікання реакції:

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

При  $pH < 4$  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 pH, які фіксуються за допомогою кольорових індикаторів або потенціометрично із скляним pH-чутливим електродом. Перевагою останнього методу є можливість його застосування для аналізу будь-яких вод, в тому числі, забарвлених та каламутних. Лужність виражають в моль/л.

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

### Хід виконання роботи

Підготувати до роботи pH-метр згідно інструкції.

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

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

Якщо виміряне значення pH 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 pH 8 та 4 – по 0,1 мл. Після додавання кожної порції титранту та встановлення рівноваги, записують pH.

За отриманими результатами будують криву в координатах «pH— $V_{\text{HCl}}$ ». За перегинами кривої визначають  $V_1$  та  $V_2$ . За  $V_1$  (при  $pH \approx 8,3$ ) визначається вільна лужність ( $n$ ), яка обумовлена наявністю  $\text{OH}^-$  та  $\text{CO}_3^{2-}$ -іонів.

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

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

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

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

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

### ВИЗНАЧЕННЯ pH-РОЗЧИНУ І МОЛЯРНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГІДРОГЕН-ЙОНІВ ПРЯМОЮ ПОТЕНЦІОМЕТРІЄЮ

#### Реактиви і прилади

1. Стандартні 0,1000 М розчини NaOH, HCl,  $\text{CH}_3\text{COOH}$
2. Іономір
3. pH-340
4. Скляний індикаторний електрод

5. Хлоридно срібний електрод порівняння

6. Мірні колби місткістю 100 мл

7. Піпетки на 10 мл

**Крок 1.** Розрахувати рН розчинів  $\text{NaOH}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  із концентраціями 0,1; 0,01; 0,001 моль/л.

Пригадати формули для розрахунку рН розчинів сильних і слабких кислот і основ та буферних розчинів

Розрахувати величини рН розчинів із відповідними концентраціями і заповнити таблицю.

Формули для розрахунку рН	Сполука
	$\text{HCl}$
	$\text{CH}_3\text{COOH}$
	$\text{NaOH}$
	Ацетатний буферний розчин
	Аміачний буферний розчин

**Крок 2.** 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 3.** 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 таблицю.

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

Розчин та його концентрація	Значення рН		$a(\text{H}^+)$ , моль/л
	Розрахункове	Експериментальне	
0,1 М $\text{HCl}$			
0,01 М $\text{HCl}$			
0,001 М $\text{HCl}$			
0,1 М $\text{CH}_3\text{COOH}$			
0,01 М $\text{CH}_3\text{COOH}$			
0,001 М $\text{CH}_3\text{COOH}$			
0,1 М $\text{NaOH}$			
0,01 М $\text{NaOH}$			
0,001 М $\text{NaOH}$			

**Графік залежності рН від концентрації слабого і сильного електроліту**

**Крок 4.** Приготувати буферну суміш ацетатна кислота - натрій гідроксид.

Змішати 10 мл 0,1000 М розчину  $\text{CH}_3\text{COOH}$  і 5 мл 0,1000 М розчину  $\text{NaOH}$ . Визначити за допомогою обрахунків якісний і кількісний склад утвореного буферного розчину.

---

---

---

---

---

**Крок 5.** Виміряти рН приготовленої буферної суміші.

**Крок 6.** 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. Зробити висновок як змінюється рН розчинів під час додавання до них сильних електролітів.

Значення рН буферного розчину			
Розрахункове	Експериментальне	Після додавання $\text{HCl}$	Після додавання $\text{NaOH}$

**Висновок.**

---

---

---

\_\_\_\_\_ підпис викладача

## РОЗДІЛЕННЯ КАТІОНІВ III ТА IV ГРУП ХРОМАТОГРАФІЄЮ НА ПАПЕРІ

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

Мета. Методом паперової хроматографії провести розділення суміші катіонів металів

План.

1. Отримати хроматограму із суміші катіонів
2. Проявити хроматограму за допомогою якісних реакцій виявити катіони, які були в суміші.
3. Зробити висновки
4. Опитування по темі «Хроматографія» (Гугл-форма)

**Опрацювати контрольні питання**

1. Суть паперової хроматографії.
2. Розчинники та обладнання в паперовій хроматографії
3. Ідентифікація речовин за допомогою хроматографії на папері
4. Кількісні характеристики хроматографічних методів.
5. Розділення і виявлення катіонів хроматографією на папері.
6. Класифікація методів паперової хроматографії
7. Дати визначення термінам і поняттям по темі «Паперова хроматографія»: *розподільна хроматографія, коефіцієнт рухливості  $R_f$ , спадаюча паперова хроматографія, радіальна паперова хроматографія, елюент, паперова хроматограма*

**Рекомендована література**

1. Методичні вказівки до спецпрактикуму “Хроматографія” / Гребіник Д.М., Савчук О.М.

[https://biology.univ.kiev.ua/images/stories/Kafedry/Biochimiya/Biblioteka/6\\_Metodychni\\_vkazyvky\\_Chromatographya.pdf](https://biology.univ.kiev.ua/images/stories/Kafedry/Biochimiya/Biblioteka/6_Metodychni_vkazyvky_Chromatographya.pdf)

2. Тести по темі Хроматографія <https://studfile.net/preview/5342870/page:81/>

3. <http://studentus.net/book/140-zagalnij-praktikum-z-organichnoyi-ximiyi/21-136-xromatografiya.html>

4. [https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/188839/mod\\_resource/content/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F5.pdf](https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/188839/mod_resource/content/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F5.pdf)

5. <https://studfile.net/preview/2276217/page:100/>

6. <https://blog.chem-bio.com.ua/%D0%BF%D0%B0%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F/>

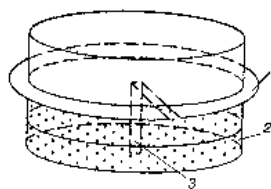
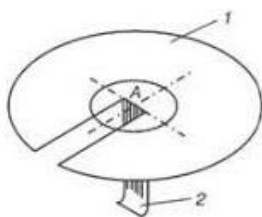
**Реактиви і обладнання.**

1. Папір для хроматографії з червоною смугою;
2. Суміш розчинників **ацетон+2М НСІ**
3. Сушильна шафа;
4. Чашки Петрі 2 шт.

### Хід виконання роботи

Для розділення катіонів використовують паперовий фільтр великого діаметру, в якому вирізано смужечку до центра, яку відгинають донизу і вкорочують так, аби вона потім тільки занурювалась в розчинник. В центр фільтра зверху наносять невелику краплину розчину, що містить суміш катіонів третьої та четвертої аналітичних груп. Пламу підсушують, після чого фільтр затискають між двома основами (чи двома кришками) чашок Петрі. В нижню частину заздалегідь наливають розчинник так, щоб смужка, відігнута до низу, була в нього занурена (див. рис).





А — місце нанесення крапель розчину і розчинника; 1 — фільтр; 2 — гніт для подачі розчинника; 3 — розчинник

Після закінчення процесу розділення солей, коли фронт розчинника дійде до стінки чашки Петрі (30-50 хв), хроматограму виймають, відмічають фронт розчинника простим олівцем, підсушують на повітрі, розрізають на сектори, кожний з яких проявляють різними реагентами-проявниками (наносять кожний на зону, що відповідає  $R_f$  певного іону). Висновок щодо складу досліджуваного розчину роблять на підставі спостережень ефекту дії реагентів-проявників і даних про значення  $R_f$  іонів металів (див.табл.).

### Значення коефіцієнтів рухливості $R_f$ деяких катіонів

Катіон	$R_f$	Реагент	Спостереження
Ni(II)	0,13	диметилдіоксим і $\text{NH}_4\text{OH}$	червоно-рожева пляма
Al(III)	0,15	алізарин і $\text{NH}_4\text{OH}$	рожева пляма
Mn(II)	0,25	$\text{AgNO}_3$ в лужному середовищі $\text{NH}_4\text{OH}$ + бензидин	чорна пляма синя пляма
Co(II)	0,54	$\text{NH}_4\text{SCN}$ в аміловому спирті $\alpha$ -нітрозо- $\beta$ -нафтол в кислому середовищі	блакитна або зелено-блакитна пляма коричнева пляма
Pb(II)	0,70	$\text{Na}_2\text{S}^*$	чорна пляма
Cu(II)	0,77	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	червоно-бура пляма
Cd(II)	0,86	$\text{Na}_2\text{S}$	жовта пляма
Bi(III)	1,00	Надлишок $\text{KI}$ і $\text{KNO}_3$	оранжево-рожева пляма
Fe(III)	1,00	$\text{NH}_4\text{SCN}$ в аміловому спирті $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	червона пляма синя пляма
Hg(II)	1,00	Дифенілкарбазид Надлишок $\text{SnCl}_2$ Розведений розчин $\text{KI}$	синьо-фіолетова пляма оранжево-червона пляма чорна пляма мет. ртуті

В кислому середовищі осад  $\text{CoS}$  не утворюється. Від йонів  $\text{Cu}^{2+}$  плумбум можна відділити у вигляді сульфата: зону обробляють сульфатною кислотою, потім добре промивають водою і діють натрій сульфідом - в присутності  $\text{Pb}^{2+}$  утворюється чорна пляма.

$R_f = \frac{L_1}{L_2}$ , де  $L_1$  - відстань пройдена розчинником,  $L_2$  - відстань пройдена речовиною.

Для виявлення катіонів, наведених в таблиці, після розділення їх методом паперової хроматографії застосовуються такі реакції:

$\text{Ni}^{2+}$  виявляють дією диметилглюксиму і гідроксиду амонію. В присутності нікелю з'являється яскрава червоно-рожева пляма диметилглюксимату нікелю.

Рубеановоднева кислота утворює з  $\text{Ni}^{2+}$  синьо-фіолетову пляму.

$\text{Al}^{3+}$  виявляють дією алізарину і гідроксиду амонію. В присутності алюмінію виникає рожева пляма алізаринового лаку. Якщо алюміній відсутній, пляма буде фіолетова. Для більшої контрастності реакції пляму можна або підсушити або обробити розчином розведеної оцтової кислоти.

$\text{Mn}^{2+}$  виявляють: а) дією азотнокислого срібла в лужному середовищі – в присутності  $\text{Mn}^{2+}$  виникає чорна пляма металічного срібла (паралельно виконується холостий дослід); б)

бензидином після обробки зони гідроксидом амонію – в присутності  $Mn^{2+}$  з'являється синє забарвлення.

$Co^{2+}$  можна виявити таким чином: а) дією розчину роданіду амонію в аміловому спирті – в присутності кобальту виникає блакитна або зеленкувато-блакитна пляма, яка властива роданідному комплексу кобальту; б) дією 1-нітрозно-2-нафтолу в кислому середовищі – в присутності кобальту з'являється буро-червона пляма; в) дією рубеановодневої кислоти – в присутності кобальту в нейтральному середовищі утворюється жовто-бура пляма.

$Pb^{2+}$  виявляють дією сульфідів натрію. В присутності свинцю з'являється чорна пляма.  $Co^{2+}$  та  $Cu^{2+}$ , які мають близькі значення  $R_f$ , заважають, бо їх сульфідів теж мають чорний колір. В кислому середовищі сульфід кобальту не утворюється. Від іонів міді свинець можна відділити у вигляді сульфату. Зону потрібно спочатку обробити розчином сірчаної кислоти, потім добре промити водою і після цього подіяти сульфідом натрію (в ту саму точку, куди вводили сірчану кислоту). Поява чорного забарвлення в центрі плями (з білим ободком) вкаже на присутність свинцю.

$Cu^{2+}$  виявляють дією  $K_4[Fe(CN)_6]$ . Якщо мідь присутня, утворюється червоно бура пляма.

Рубеановоднева кислота в присутності гідроксиду амонію дає з  $Cu^{2+}$  чорну або оливкову пляму.

$Cd^{2+}$  виявляють дією сульфідів натрію. В присутності кадмію утворюється сульфід кадмію жовтого кольору.

$Zn^{2+}$  виявляють дією розчину дитизону в хлороформі. Зону перед цим обробляють розчином луку. В присутності цинку виникає яскраве червоне забарвлення.

$Bi^{3+}$  можна виявити: а) дією надлишку  $KI$  і  $SnCl_2$  (для відновлення  $I_2$ , що може утворитись в присутності  $Fe^{3+}$ ) – в присутності вісмуту виникає оранжеве забарвлення; б) дією йодиду калію і нітрату цезію – в присутності вісмуту виникає оранжево-рожева пляма  $Cs[BiI_4]$ , в) дією тіосечовини – в присутності вісмуту виникає жовта пляма.

$Fe^{3+}$  виявляють: а) дією розчину роданіду амонію в аміловому спирті – в присутності  $Fe^{3+}$  виникає червоне забарвлення; б) дією  $K_4[Fe(CN)_6]$  – в присутності  $Fe^{3+}$  з'являється синя пляма.

$Hg^{2+}$  виявляють: а) дією дифенілкарбазиду або дифенілкарбазону – в присутності ртуті виникає синьо-фіолетове забарвлення; б) дією надлишку розчину  $SnCl_2$  – на присутність ртуті вказує поява чорного або сірого осаду металічної ртуті; в) дією розведеного розчину йодиду калію – в присутності  $Hg^{2+}$  з'являється оранжево-червона пляма йодиду ртуті (II).

Для задачі використовують фільтр великого діаметру із прикріпленою знизу до середини цього фільтра невеликою смужкою фільтрувального паперу. В центр фільтра поміщають краплину досліджуваного розчину і підсушують в сушильній шафі. Сухий фільтр зажимають між двома чашками Петрі, в нижню з яких наливають розчинник (ацетон + 2M  $HCl$ ) так, щоб смужка, закріплена знизу, була занурена в розчинник. Після розділення солей (30-40 хв) висушують хроматограму, розрізають на сектори і проявляють різними реагентами - проявниками (кожний сектор окремими реагентами). Висновок про склад досліджуваного розчину роблять на основі спостережень зовнішнього ефекту при дії реагентів- проявників і по даних значеннях величин  $R_f$  йонів металів.

### **Висновок.**

---

---

---

\_\_\_\_\_ підпис викладача

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

Лабораторне заняття № 7 (4 год)

#### **ВИЗНАЧЕННЯ ГІГРОСКОПІЧНОЇ ВОДИ В ҐРУНТАХ**

<https://www.youtube.com/watch?v=It2hmtqwEoM>

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.

**Підготувати доповідь на відповідну тему.**

1. Органічна частина ґрунтів. Класифікація ґрунтів по вмісту гумусу
2. Мінеральний склад ґрунтів. Класифікація мінералів за походженням і хімічним складом.
3. Поняття про обмінну поглинальну здатність ґрунтів
4. Поняття про органічні забруднювачі ґрунтів та джерела їх надходження у довкілля
5. Визначення біогенних елементів в ґрунтах
6. Визначення силіційвмісних сполук в ґрунтах
7. Визначення гумусу в ґрунтах
8. Визначення NPK - комплексу в ґрунтах
9. Визначення солонцюватості ґрунтів
10. Джерела забруднення ґрунтів в результаті сільськогосподарської діяльності
11. Джерела забруднення ґрунтів промисловими підприємствами
12. Джерела забруднення ґрунтів хімічними підприємствами
13. Процеси самоочищення ґрунту
14. Хімічні елементи та їх сполуки в ґрунтах

**Рекомендована література**

1. Б.І. Набиванець, В.В. Сухан, Л.В. Калабіна. Аналітична хімія природного середовища. - К: Либідь. - 1996. - 304 с.
2. Хімічні елементи та їх сполуки в ґрунтах [https://geoknigi.com/book\\_view.php?id=701](https://geoknigi.com/book_view.php?id=701)
3. Хімічний склад ґрунтів <http://www.tsatu.edu.ua/rosl/wp-content/uploads/sites/20/lekcija-9-himichnyj-sklad-hruntu.pdf>
4. Хімічний склад ґрунтів <https://studfile.net/preview/5650500/page:12/>
5. Аналіз ґрунтів <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2020/09/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F-8%D0%93%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82-n.pdf>

**Лабораторний посуд та обладнання.**

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

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.

### Хід виконання роботи

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

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

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

**Таблиця № 6.**

#### Результати експериментальних досліджень

Зразок ґрунту	Аналіз ґрунту на вміст гігроскопічної води			
	Маса порожнього бюкса	Маса бюкса з ґрунтом	Наважка ґрунту до висушування, $m_1$	Наважка ґрунту після висушування, $m_2$

**Таблиця № 7.**

#### Результати визначення гігроскопічної води в ґрунтах

Зразок ґрунту	Вміст гігроскопічної води, %

## Висновок.

\_\_\_\_\_ підпис викладача

### Лабораторне заняття № 8 (4 год) ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТИ ПРИ ПРОЖАРЮВАННІ ҐРУНТІВ

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

Мета. Провести визначення вмісту органічної частини ґрунтів гравіметричним методом аналізу.

План.

1. Визначення втрати при прожарюванні ґрунтів
2. Дати порівняльну характеристику ґрунтів по якості і родючості за результатами виконаного аналізу.
3. Тестовий контроль по темі «Гравіметричний аналіз»

Опрацювати контрольні питання

1. Суть гравіметричного аналізу. Основні терміни та поняття
2. Правила зважування на аналітичних та технічних вагах.
3. Правила заокруглення результатів дослідження
4. Обладнання та хімічний посуд, що використовують в гравіметричному аналізі
5. Поняття про валовий склад ґрунтів. Методи визначення складових валового складу

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. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Кількісний аналіз : навч. посіб. / А.С. Сегеда. – К.: ЦУЛ, 2002. – 544 с.
3. Аналіз ґрунтів  
<https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2020/09/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F-8%D0%93%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82-n.pdf>
4. Аналіз ґрунтів [http://www.tk307.in.ua/wp-content/uploads/2019/09/ISO\\_14688-2-1-red.pdf](http://www.tk307.in.ua/wp-content/uploads/2019/09/ISO_14688-2-1-red.pdf)

### Хід виконання роботи

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 ексікаторі і зважують. Повторюють прожарювання протягом 15-20 хв до сталої маси тигля з залишком. Величину ВПП, % розраховують за формулою

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

де  $m_1$  - маса тигля з наважкою ґрунту до прожарювання, г;  $m_2$  - маса тигля з ґрунтом після прожарювання, г;  $g$  - маса наважки повітряно-сухого ґрунту, г;  $K$  - коефіцієнт перерахунку на сухий ґрунт, який розраховують так:

$$K = \frac{100}{100 - \% (H_2O)_{\text{згп}}} =$$

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

**Таблиця № 8.**

**Результати експериментальних досліджень**

Аналіз ґрунту на вміст ВПІ				
Зразок ґрунту	Маса порожнього тигля	Маса тигля з ґрунтом	Наважка ґрунту до висушування, $m_1$	Наважка ґрунту після висушування, $m_2$

**Таблиця № 9.**

**Результати визначення втрати при прожарюванні в ґрунтах**

Зразок ґрунту	ВПІ, %

**Висновок.**

---



---



---

\_\_\_\_\_ підпис викладача

Лабораторне заняття № 9 (4 год)  
**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.

**Опрацювати контрольні питання**

1. Основні принципи електролізу. Процеси, що відбуваються на електродах під час пропускання електричного струму крізь розчини і розплави електролітів.
2. Яку залежність встановлює рівняння Нернста.
3. Використання рівняння Нернста для розрахунку концентрації іонів.
4. Що таке кислотність та лужність ґрунтового розчину? Чим вона визначається?
5. Які значення рН відповідають кислотній, нейтральній та лужній реакції ґрунтового розчину?
6. Проведіть порівняльну оцінку формам кислотності ґрунтів.
7. Відношення різних груп рослин до вмісту алюмінію у ґрунті.
8. Які методи визначення реакції ґрунтового розчину Вам відомі?

**Задачі.**

I. Розрахунки потенціалу окисно-відновної пари

1. Яке значення матиме окисно-відновний потенціал розчину, що містить 0,1 моль/л  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  та 0,05 моль/л  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  у нейтральному середовищі?
2. Розрахувати потенціал водневого електроду, одержаного розчиненням 1,2 г ацетатної кислоти у 200 мл 0,1 М розчину натрій ацетату
3. Знайти величину окисно-відновного потенціалу розчину, що містить 0,05 моль/л  $\text{KBrO}_3$ , 0,1 моль/л  $\text{KBr}$  та 0,1 моль/л  $\text{HCl}$
4. Вирахувати окисно-відновний потенціал розчину, в якому є 118 0,15 моль/л  $\text{KClO}_3$  і 0,1 моль/л  $\text{KCl}$  у нейтральному середовищі.
5. Розрахувати окисно-відновний потенціал системи, яка містить 0,05 моль/л  $\text{KMnO}_4$  та  $\text{MnO}_2(\text{тв.})$  при  $\text{pH}=8$ .
6. Якою є величина окисно-відновного потенціалу у розчині, в якому міститься 0,1 моль/л  $\text{Na}_3\text{AsO}_4$  і 0,01 моль/л  $\text{NaAsO}_2$  при  $\text{pH}=9$ ?

II. Описати процеси, що відбуваються на електродах під час електролізу

1. Розплав купрум(II) сульфату
2. Розплав калій хлориду
3. Розплав натрій гідроксиду
4. Розчину плюмбум хлориду
5. Розчину натрій іодиду
6. Розчину манган нітрату

**Рекомендована література**

1. [https://www.youtube.com/watch?v=XGdKsjRf\\_VI](https://www.youtube.com/watch?v=XGdKsjRf_VI)  
індикатор синя капуста
2. <https://www.youtube.com/watch?v=qDwt08hOJOk>  
Визначення кислотності із використанням оцету

**Лабораторний посуд та обладнання**

1. Піпетки Мора на 20 мл;
2. Мірні циліндри на 50 мл і 100 мл;
3. Колби Ерленмейера 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

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.

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

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

де  $\gamma_{\text{H}^+}$  — 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 рН >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



## Хід виконання роботи

### 1. Визначення активної кислотності

#### Реактиви:

1. Дистильована вода;
2. Розчини KCl, CH<sub>3</sub>COONa з концентрацією 1 моль/л;
3. Розчин 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.

### 2. 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.

### 3. 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:

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

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.

Таблиця № 10.

### Визначення кислотності ґрунтів

Зразок ґрунту	наважка ґрунту, г	активна кислотність	обмінна кислотність	гідролітична кислотність


### **Висновок.**

---



---



---

\_\_\_\_\_ підпис викладача

*Лабораторне заняття № 10 (4 год)*

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

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

Мета. Методом титри мерії визначити вміст мікроелементів у ґрунтах

План.

1. Взяття наважки 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)

#### **Виконати індивідуальні завдання**

Підготувати доповідь і презентацію на тему «Хімічний аналіз ґрунтів»

1. Визначення вологості ґрунту
2. Визначення потреби у вапнуванні кислих ґрунтів
3. Визначення в ґрунті обмінної кислотності
4. Визначення в ґрунті рухомого алюмінію
5. Визначення сполук азоту в ґрунті
6. Визначення сполук фосфору в ґрунті
7. Визначення вмісту калію в ґрунті
8. Визначення складу, структури і будови ґрунту конкретної місцевості.
9. Закон України про охорону земель. Стани порушень ґрунту у процесі господарської діяльності людини
10. Основні групи антропогенних порушень ґрунтів.
11. Визначення сполук свинцю в ґрунтах
12. Визначення органічних сполук в ґрунтах

#### **Реактиви**

1. Розчин комплексону 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

### **Хід виконання роботи**

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 йонів  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$ . Потім, титруючи іншу пробу робочим розчином трилону Б з індикатором мурексидом, знаходять вміст кальцій-катіонів. За різницею визначень вираховують вміст у витяжці магній(II)-катіонів.

**1. 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 лійку. Якщо фільтрат виявиться мутним, повторно профільтруйте його через той самий фільтр. Добре перемішайте фільтрат.

**2. Визначення сумарного вмісту йонів  $\text{Ca}^{2+}$  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)-катіонів у моль еквівалентах за рівнянням:

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

**3. Визначення вмісту йонів  $\text{Ca}^{2+}$ .** 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:

$$n_{\text{екв}}(\text{Mg}^{2+}) =$$

Таблиця № 11.

## Результати визначення вмісту катіонів у ґрунті

Зразок ґрунту	Вміст $\text{Ca}^{2+}$ і $\text{Mg}^{2+}$	Вміст $\text{Ca}^{2+}$	Вміст $\text{Mg}^{2+}$

**Висновок.**


---



---



---

\_\_\_\_\_ підпис викладача

Лабораторне заняття № 11 (4 год)

**ХРОМАТОГРАФІЧНЕ РОЗДІЛЕННЯ ПІГМЕНТІВ ЗЕЛЕНОГО ЛИСТЯ МЕТОДОМ ПАПЕРОВОЇ ХРОМАТОГРАФІЇ**

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

Мета. Методом паперової хроматографії провести розділення та ідентифікацію пігментів листяПлан.

1. Провести екстракцію пігментів бензином.
2. Провести хімічну реакцію з хлорофілом
3. Довести наявність каротину і ксантофілу

**Опрацювати контрольні питання**

1. Дайте визначення наступних термінів, що використовуються в рідинній хроматографії: рідинна хроматографія, рідинно-рідинна хроматографія, рідиннотвердофазна хроматографія, рідинно-гелева хроматографія, розподільна хроматографія, геліпроникаюча хроматографія, ексклюзійна хроматографія, нормально-фазова хроматографія, хроматографія з оберненими фазами, високоефективна рідинна хроматографія.

2. Порівняйте роль рухомих фаз в газо-рідинній та рідинній хроматографії.
3. У чому суть хроматографії з оберненими фазами?
4. Назвіть найпоширеніші розчинники і сорбенти в адсорбційній рідинній хроматографії.
5. Поясніть, що таке поверхнево-пористий носій і які його переваги перед простими носіями?
6. На чому заснована розподільна колонкова хроматографія?
7. Поясніть, чим відрізняється хімічно зв'язана нерухома фаза від простої рідкої фази, що застосовуються в розподільній колонковій хроматографії?
8. Які механізми розділення можуть бути використані в високоефективній рідинній хроматографії (ВЕРХ)?
9. Яка роль основних вузлів в рідинному хроматографі високого тиску?

#### **Рекомендована література**

1. <https://www.youtube.com/watch?v=gAr3mBWLdLo&t=18s>
2. <https://www.youtube.com/watch?v=rCt9qeDy5tU>
3. Мінаєва В. О. Хроматографічний аналіз: Підручник для студентів вищих навчальних закладів, Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013, 284 с.
4. <https://studfile.net/preview/7676718/>
5. <https://www.youtube.com/watch?v=gAr3mBWLdLo>

**Реактиви та обладнання:** Спирт етиловий; бензин, пробірки, піпетка, кольорові олівці, фільтрувальний папір (біла смужка).

Впевнитись у тому, що в спиртовій витяжці поряд із хлорофілом присутні жовті пігменти, можна, використовуючи їх різну розчинність в спирті й бензині. З пігментів групи каротиноїдів в хлоропластах знаходяться переважно жовто-помаранчевий каротин і золотисто-жовтий ксантофіл. Всі пігменти можна виділити з листа спиртом, але розчинність хлорофілу і каротину в бензині вища, ніж у спирті. Ксантофіл в бензині не розчиняється.

#### **Хід виконання роботи**

В пробірку налити 2—3 мл спиртової витяжки, стільки ж бензину і 1—2 капли води. Закрити великим пальцем пробірку, енергійно збовтати протягом 2—3 хвилин і дати відстоятися.

Рідина в пробірці розділиться на 2 шари; бензин (більш легкий) буде зверху, спирт — знизу. Обидва шари набувають різного забарвлення: бензиновий — зелене, спиртовий — жовту.

Жовте забарвлення спиртовому розчину надає пігмент ксантофіл.

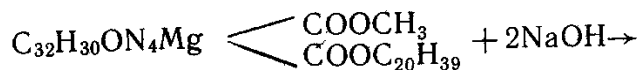
В бензиновому шарі знаходяться 2 пігменти: хлорофіл і каротин, якого не помітно через інтенсивно-зелений колір хлорофілу.

Зарисуйте результати досліду, вімітивши на рисунку розташування шарів розчинників і пігментів, які в них розчинені.

Впевнитись у тому, що в бензиновому шарі дійсно знаходиться пігмент каротин, можна, зробивши реакцію взаємодії хлорофіла з лугом.

#### ***Дія луку на хлорофіл***

За хімічною будовою хлорофіл являє собою складний етер дикарбонової кислоти хлорофіліну і двох спиртів — метилового і фітолу. При взаємодії естерів із лугами (реакція омилення) відбувається утворення солей хлорофіліну і 2 спирти: метиловий і фітол.



Для проведення цієї реакції потрібні спиртова витяжка пігментів

листа, бензин, 20-% розчин натрій гідроксиду або калій гідроксиду, пробірка.

Налити в пробірку 2—3 мл спиртової витяжки пігментів, додати 4—5 крапель 20-% розчину луку, струсити суміш. Відбудеться реакція взаємодії хлорофілу з лугом, забарвлення розчину не зміниться, залишиться зеленого кольору.

Додати бензин так, щоб загальний об'єм рідини в пробірці збільшився в 2 рази, збовтайте і дайте відстоятися.

Нижній спиртовий шар забарвиться в зелений колір завдяки присутності в ньому натрієвої солі хлорофіліна, яка, в бензині не розчинна. У цьому ж спиртовому шарі міститься пімент ксантофіл, але його забарвлення маскується інтенсивно зеленим кольором натрієвої солі хлорофіліна.

Верхній бензиновий шар буде забарвлений в жовтий колір пігментом каротином.

Цей дослід показує, що спиртова витяжка пігментів листа містить 2 жовтих пігмента: каротин і ксантофіл. Кількісне співвідношення їх в рослинах приблизно однакове.

Отже, забарвлення листя залежить від сукупності і кількісного співвідношення жовтих пігментів каротиноїдів (каротин, ксантофіл) і зеленого хлорофілу, змінюючись від жовто-зеленого у молодих до інтенсивно-зеленого у дорослих та яскраво-жовтого кольору у відпадаючого осіннього листя.

### **Висновок.**

---

---

---

\_\_\_\_\_ підпис викладача

*Лабораторне заняття № 12 (2 год)*

### **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.

#### **Опрацювати контрольні питання**

1. Поясніть, що розуміють під поняттям «систематичні помилки».
2. Розшифруйте поняття: методична, реактивна, іструментальна помилка.
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.

**Рекомендована література**

1. Онищенко Ю.К. Збірник задач і вправ з аналітичної хімії: навчальний посібник / Ю.К. Онищенко, Т.О. Онищенко, О.Ю. Кичкирук, Н.В. Кусяк. - Житомир: Вид-во ЖДУ ім.І. Франка, 2014. – 221 с.
2. Математична обробка даних хімічного експерименту. Навчальний посібник/ В.О Мінаєва, В.М. Бочарнікова, Т.А. Григоренко. – Черкаси, Вид. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2003. – 208 с.
- 3.<http://eprints.cdu.edu.ua/212/1/%D0%9C%D0%B0%D1%82.%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BA%D0%B0-2003.pdf>

**Хід виконання роботи**

**Виконати експериментально-розрахункові задачі**

1. 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 %.
2. 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%.
3. 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% ?
4. 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.
5. 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  $P = 95\%$ .
6. 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.
7. 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 %.
8. При гравіметричному визначенні нікелю в сплаві були одержані такі значення: 4,64; 4,68; 4,63; 4,58 %. Зробити статистичний аналіз результатів при  $P = 95\%$ .
9. Перевірити, чи необхідно відкинути один із результатів визначення хлорид-іонів (%) у вибірці: 11,25; 11,30; 11,31; 10,76; 11,31.
10. 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 (%).

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

### ***Теоретичні питання.***

1. Загальна характеристика природних компонентів атмосфери землі.
2. Поняття та характеристика парникового ефекту.
3. Метан у атмосфері, його вплив на парниковий ефект
4. Тверді адсорбенти для вловлювання газів
5. Загальна характеристику природних компонентів ґрунтів.
6. Основні індивідуальні показники хімічного складу природних поверхневих вод суші.  
Морські та океанські води
7. Причини забруднення природних вод сільськогосподарськими господарствами
8. Поняття про гігроскопічну воду ґрунтів
9. Запропонувати класифікацію помилок в аналізі.
10. Обмінна поглинальна здатність ґрунтів
11. Дати поняття про органічні забруднювачі довкілля
12. Органічний та неорганічний склад ґрунтів та донних відкладень
13. Фотохімічні процеси атмосфери
14. Вплив наземного, водного і повітряного транспорту на навколишнє середовище
15. Правило відбору проб природних вод і ґрунтів. Їх зберігання і транспортування.
16. Мінеральна та органічна частина ґрунтів.
17. Методи концентрування водних зразків
18. Основні консерванти та їх характеристика
19. Статистична обробка результатів аналізу
20. Шляхи альтернативної енергетики
21. Способи знезараження та утилізації твердих та рідких відходів
22. Продукція та забруднюючі речовини виробництв різних галузей
30. Добування корисні копалини та забруднення навколишнього середовища

### ***Тематика доповідей***

1. Передумови формування глобальної екологічної кризи
2. Поняття забруднювача навколишнього середовища. Класифікація забруднювачів.
3. Пріоритетні забруднювачі повітря, води та суші.
4. Озон, озоновий шар.
5. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.
6. Класифікація радіоактивних відходів, методи їх переробки та захоронення.
7. Можливі екологічні наслідки для людства широкомасштабних техногенних ядерних аварій (приклад аварії на ЧАЕС) та застосування ядерної зброї.
8. Юридичне регулювання взаємовідносин між суспільством та природою.
9. Конституція України та закони України про охорону природи.
10. Нормативи та стандарти України з питань охорони природи.



## **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:
9. а) природної води на вміст токсичних елементів б) ґрунтів на родючість, вміст токсичних елементів в) вміст мінеральних добрив в природних об'єктах
10. . 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
11. 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
12. «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.

### **Творчі завдання. Підготувати презентацію на тему**

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. Органічні забруднювачі та їх виявлення у водах
14. Приклади статистичної обробки результатів
15. Визначення індивідуальних показників хімічного складу вод
16. Методики хімічного аналізу природних вод
17. Методи аналізу жирних одноосновних кислот, галоген органічних сполук у ґрунтах і повітрі
18. Методи аналізу атмосферного озону
19. Визначення гумусу у ґрунтах
20. Хроматографічний аналіз визначення токсичних елементів
21. Фізико-хімічні методи аналізу катіонів металів у природних об'єктах

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

### **Практичні завдання**

1. Яку наважку  $\text{NaCl}$  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  $\text{HCl}$ .
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  $DP_{CaCO_3}$ , якщо в 1 л насиченого розчину при 25°C 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 %?

### СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Іванов В. Г. Екологічна хімія. Конспект лекцій, Харків. Вид. ХНЕУ, 2013.
2. Кичкирук О.Ю. Аналітична хімія. Якісний та кількісний аналіз: курс лекцій, Житомир.: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2018, 160 с.
3. Онищенко Ю.К., Онищенко Т.О., Кичкирук О.Ю., Кусяк Н.В. Збірник задач і вправ з аналітичної хімії, Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І.Франка, 2014, 220 с.
4. 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, 52 с.
5. Циганок Л.П., Бубель Т.О., Вишнікін А.Б., Вашкевич О.Ю. Аналітична хімія. Хімічні методи аналізу, Дніпропетровськ: ДНУ ім. О. Гончара, 2014, 252 с.
6. Чмиленко Ф. О., Смітюк Н.М., Чмиленко Т. С. Методичні вказівки до статистичної обробки результатів експерименту в аналітичній хімії, Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2012, 28 с.
7. Кичкирук О.Ю. Аналітична хімія. Якісний та кількісний аналіз: курс лекцій, Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2018, 160 с
8. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Кількісний аналіз, К.: ЦУЛ, 2002, 544с.
9. Б.Й. Набиванець, В.В. Сухан, Л.В. Калабіна. Аналітична хімія природного середовища, К: Либідь, 1996, 304 с.
10. 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.
11. Б.М. Федішин, В.І. Дорохов, Г.В. Павлюк, Е.А. Головка, Б.В. Борисюк. Основи екологічної хімії, Житомир: ДАУ, 2006, 500 с.
12. О.П. Перепелиця. Екохімія та ендоекологія елементів, К, 2007, 460 с.
13. В.А. Копілевич, Л.В.Войтенко, С.Д. Мельничук, М.Д. Мельничук. Хімія навколишнього середовища, К.: Фенікс, 2004, 389 с.
14. Г.О.Білявський, Л.І.Бутченко, В.Н.Навроцький. Основи екології, теорія і практикум, К: Лібра, 2002, 352 с.
15. Б.М. Федішин, Б.В. Борисюк, М.В. Вовк, В.І. Дорохов, Г.В. Павлюк. Хімія та екологія атмосфери, К: Алерта, 2003, 273 с.
16. В.І. Пелешенко, В.К. Хільчевський. Загальна гідрохімія, К: Либідь, 1997, 384с.
17. В.Ф. Накорчевська, Т.В. Аргатенко Хімія води і мікробіологія. Вправи і методичні вказівки до їх виконання, К.: КНУБА, 2000, 31 с.

**Додаток 1. Значення Q для вибраковки сумнівних даних при різних ступенях надійності і числах визначень**

n	Q		
	0,90	0,95	0,99
3	0,94	0,98	0,99
4	0,76	0,85	0,93
5	0,64	0,73	0,82
6	0,56	0,64	0,74
7	0,51	0,59	0,68
8	0,47	0,54	0,63
9	0,44	0,51	0,60
10	0,41	0,48	0,57

Довірчий інтервал  $\bar{x} \pm \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}}$

Стандартне відхилення для n-1 результатів  $S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ , де

**Додаток 2. Значення коефіцієнтів Ст'юдента для розрахунку довірчих інтервалів**

Число визначень n	Число ступенів свободи (n-1)	t при довірчих ймовірностях		
		0,90	0,95	0,99
2	1	6,31	12,71	63,66
3	2	2,92	4,30	9,92
4	3	2,35	3,18	5,84
5	4	2,13	2,78	4,60
6	5	2,02	2,57	4,03
7	6	1,94	2,45	3,71
8	7	1,90	2,36	3,50
9	8	1,86	2,31	3,36
10	9	1,83	2,26	3,25
15	14	1,76	2,14	2,98
20	19	1,73	2,09	2,85

### Додаток 3. 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



