

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Кафедра геології і прикладної мінералогії



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторної роботи
**“МЕТОДИ ОБРОБКИ ТА СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ХІМІЧНИХ
АНАЛІЗІВ ПРИРОДНИХ ВОД З МЕТОЮ ОЦІНКИ
ПРИДАТНОСТІ ЇХ ДЛЯ ГОСПОДАРЧО-ПИТНОГО
ВОДОПОСТАЧАННЯ”**
з дисципліни
«ГІДРОГЕОЛОГІЯ ТА ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ»

для студентів спеціальності
103 «Науки про Землю»
очної форми навчання

Кривий Ріг
2020 р.

Укладач: канд. геологічних наук, доцент В.В.Стеценко

Рецензент: кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент
Блоха В.Д.

Відповідальний за випуск: доктор геолого-мінералогічних наук, професор **В.Д. Евтєхов.**

Методичні вказівки вміщують основні теоретичні положення, вихідні дані та методику виконання лабораторної роботи. Надано список рекомендованої літератури.

Розглянуто
на засіданні кафедри геології і
прикладної мінералогії
протокол № 8
від 19.05.2020 р.

Схвалено
вченою радою
геолого-екологічного факультету
протокол № 9
від 29.05.2020р.

1. Основні теоретичні положення

Метою лабораторної роботи є ознайомлення студентів з методами обробки і систематизації хімічних аналізів природних вод, методикою визначення їх: жорсткості, мінералізації, *pH* та агресивності вод та оцінювати якість і придатність води для питного і господарчого водопостачання. Ці показники підземних вод використовуються при оцінці гідрогеологічних особливостей ділянок будівництва і родовищ корисних копалин.

Для виконання лабораторної роботи використовуються результати хімічних аналізів природних вод.

Хімічний склад і фізичні властивості води впливають на геологічні і інженерно-геологічні процеси та явища, а також допомагають вирішувати питання раціонального використання природних вод. Склад води змінюється в залежності від ступеню активності компонентів, які входять до неї та термодинамічних умов. Підземні води розглядаються у системі порода – вода – газ – жива речовина. Ця система визначає їх хімічний склад.

Іонно-сольовий склад води – макроелементи, мікроелементи, ультраелементи і радіоактивні елементи. Крім того, в підземних водах є органічна речовина і мікроорганізми, розчинені вільні гази, а також механічні домішки.

Макроелементи (головні компоненти) – це основні хімічні елементи, які визначають хімічний тип води та головні її властивості. До них відносяться водень, кисень, хлор-іон, сульфат-іон, гідрокарбонатний і карбонатний іони. Іони: натрію, калію, кальцію, магнію та елементи: кремній, залізо, алюміній, фосфор.

Мікроелементи – хімічні елементи або сполуки вміст яких у воді менше 0,1 мг/л.

Ультраелементи – зустрічаються в незначних кількостях, До них відносяться: літій, золото, рубідій, ртуть та ін.

Радіоактивні елементи – це радій, торій, радон та ін.

У водах в розчиненому або вільному стані спостерігаються наступні **гази**: кисень, вуглекислий, сірководень, водень, метан, важкі вуглеводи, азот, інертні гази,

Мікроорганізми у водах представлені різними одноклітковими і багатоклітковими бактеріями. В підземних водах на невеликих глибинах зустрічається органічна речовина рослинного і тваринного походження, на великих глибинах, мікроорганізми представлені складними гуміновими сполуками у вигляді колоїдних розчинів.

2. Методика проведення роботи

2. 1. Методика обробки хімічних аналізів підземних вод

У підземних водах молекули солей повністю розкладені на іони, тому основною формою вираження результатів хімічного аналізу води є вагова або іонна. Вміст іонів у воді виражають у мг/л. Ці дані перераховуються в міліграм-еквівалентну і процент-еквівалентну форми і вносяться до таблиці (табл. 1). За допомогою перерахованих хімічних аналізів природних вод визначають:

- 1) види жорсткості води і оцінюють воду за загальною жорсткістю;
- 2) мінералізацію і групу води за мінералізацією;
- 3) **pH** води;
- 4) агресивність підземних вод.

2. 1. 1. Методика перерахунку хімічних аналізів з іонної форми у міліграм-еквівалентну і в процент-еквівалентну форми

Для перерахунку даних хімічного аналізу з іонної форми у міліграм еквівалентну (мг•екв/л) необхідно кількість міліграмів кожного іону в 1 л води поділити на його еквівалентну масу (атомна маса, поділена на валентність). Результати визначень аналізів в мг•екв/л приводяться з точністю до другого десятинного знаку.

Для перерахунку результатів хімічного аналізу з міліграм-еквівалентів у процент-еквіваленти (%-екв) необхідно суму мг•екв/л катіонів і аніонів прийняти роздільно за 100% і підрахувати

процентний вміст кожного іону окремо. Результати приводяться до цілих чисел. Приклад перерахунку наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Приклад перерахунку хімічних аналізів з іонної форми у міліграм-еквівалентну і в %-еквівалентну форми

Катіони	мг/л	мг•екв/л	%-екв	аніони	мг/л	мг•екв/л	%-екв
Na ⁺ +K ⁺	0,246	10,5	62	Cl ⁻	0,282	7,95	46
Ca ²⁺	0,077	3,8	22	SO ₄ ²⁻	0,218	4,5	26
Mg ²⁺	0,034	2,8	16	CO ₃ ²⁻	0,286	4,7	28
Всього	0,357	17,15	100	Всього	0,786	17,15	100

2.1.2. Визначення жорсткості води

Після проведення перерахунків хімічного аналізу води визначаються основні види жорсткості води.

Жорсткість води це властивість води, яка обумовлена наявністю в ній солей кальцію і магнію. Виражається жорсткість у мг•екв/л. Розрізняють п'ять видів жорсткості: загальну (Ж_з), карбонатну (Ж_к), не карбонатну (Ж_{нк}), усуну і неусуну.

Загальна жорсткість обумовлена наявністю усіх солей кальцію і магнію і визначається складанням мг•екв/л цих іонів:

$$Ж_z = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$$

Карбонатна жорсткість обумовлена гідрокарбонатними і карбонатними солями кальцію і магнію. Карбонатна жорсткість рівна кількості мг•екв/л гідрокарбонатних і карбонатних іонів:

$$Ж_k = [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]$$

Некарбонатна жорсткість обумовлена хлоридами, сульфатами та іншими не карбонатними солями кальцію і магнію. Вона дорівнює різниці між загальною та карбонатною жорсткістю:

$$Ж_{HK} = Ж_3 - Ж_K$$

Усувна жорсткість відповідає тій частині кальцію і магнію, яка при кип'ятінні випаде в осадок, а різниця між загальною жорсткістю і усувною є **неусувною жорсткістю**.

Виходячи зі значення загальної жорсткості визначають групу води за жорсткістю. До першої групи відносяться дуже м'які води з $Ж_3$ менше 1,5 мг•екв/л; до другої – м'які з $Ж_3=1,5 - 3$ мг•екв/л; до третьої – помірно жорсткі з $Ж_3= 3 - 6$ мг•екв/л; четверта група – жорсткі з $Ж_3= 6 - 9$ мг•екв/л; п'ята – дуже жорсткі $Ж_3$ більше 9 мг•екв/л

2.1.3. Визначення мінералізації води

Для визначення мінералізації води використовують хімічні аналізи води, які надані у іонній формі і визначається як сума всіх виявлених при хімічному аналізі води мінеральних речовин. Мінералізацію також оцінюють масою сухого залишку, вилученого після випаровування 1 л води і висушеного при температурі 110°C, і виражають у мг/л. Далі визначають групу води за мінералізацією за допомогою таблиці 2.

Таблиця 2

Класифікація природних вод за мінералізацією

Загальна мінералізація в мг/л	Характеристика	Хімічний склад
менше 200	ультра прісні	звично
200-500	прісні	гідрокарбонатні
500-1 000	води с відносно підвищеною мінералізацією	гідрокарбонатно-сульфатні
1 000-3 000	солонуваті	сульфатно-хлоридні
3 000-10 000	солоні	
10 000-35 000	води підвищеної солоності	головним чином хлоридні
35 000-50 000	води перехідні до розсолів	хлоридні
50 000-400 000	розсоли	

2.1.4. Визначення реакції води

Визначення **реакції води** проводиться у лабораторії і надається разом з хімічним аналізом води. Водневий показник визначається активністю або концентрацією іонів водню у воді. Вона виражається показником **pH**, котрий представляє десятинний логарифм концентрації іонів водню взятий з позитивним знаком. В природних водах **pH** змінюється в межах від 1,8 до 11,0. За показником **pH** природні води підрозділяються на наступні групи: 1) дуже кислі води – **pH** менше 5; 2) кислі – **pH**=5-7; 3) нейтральні – **pH**=7; 4) лужні – **pH**=7-9; 5) високо лужні **pH** більше 9.

2.1.5. Визначення агресивності природних вод

Природні води володіють у тій або іншій мірі властивістю агресивності по відношенню до бетону, залізобетону та металам, Агресивність обумовлена присутністю іонів водню, вільної вуглекислоти, сульфатів і магнію. Розрізняють наступні види агресивності:

- вилуговування;
- загально кислотну;
- вуглекислу;
- сульфатну;
- магнезіальну.

Агресивність **вилуговування** визначається карбонатною жорсткістю води. Вода вважається агресивною по відношенню до бетону при карбонатній жорсткості 0,54 – 2,14 мг·екв/л в залежності від типу цементу.

Загально кислотна агресивність визначається значенням **pH**. Вода вважається агресивною для всіх типів цементів у пластах високої водопроникності:

- а) при **pH** < 7 та **Жк** > 8,5
- б) при **pH** > 7 та **Жк** < 8,5

Для гірських порід які майже не пропускають воду, вода вважається агресивною при $pH < 5$.

Вуглекисла агресивність встановлюється за вмістом вільної вуглекислоти.

Сульфатна агресивність обумовлена наявністю у воді сульфат-іонів і оцінюється за вмістом іонів SO_4^{2-} у мг/л. В породах низької водопроникності вода вважається агресивною для бетонів при вмісті іонів $SO_4^{2-} > 1$ мг/л. В породах високої водопроникності для бетону на порт ланд цементі вода вважається агресивною при вмісті іонів Cl^- и SO_4^{2-} мг/л

Cl^-	SO_4^{2-}
0 – 3,0	0,25 – 0,5
3,0 – 5,0	0,5 – 1,0
>5,0	> 1,0

Магnezіальна агресивність визначається з наявності у воді іонів магнію. Для портландцементів, які знаходяться у породах високої водопроникності, вода вважається агресивною при вмісті іонів магнію більше 5,0 мг/л.

2.2. Методика систематизації хімічних аналізів природних вод

Різні форми вираження хімічних аналізів води дозволяють правильно інтерпретувати хімічний склад води та зробити необхідні висновки з наданих результатів аналізу. До цих форм відноситься:

- вираз хімічного складу води у вигляді формули;
- визначення класу і групи води за провідними іонами;
- графічні методи зображення хімічного складу води.

2.2.1. Вираз хімічного складу природної води у вигляді формул

Для відображення хімічного складу води використовують данні хімічного аналізу і записують їх у формулу, яка являє собою псевдо дріб. Зліва від дробу вказують кількість газів і активних елементів, мінералізацію води M в мг/л. В чисельнику розташовують аніони (%-екв), вміст яких перевищує 1 %-екв, в порядку зменшення, а в знаменнику – у такому ж порядку катіони. Вміст іонів округлюється до цілих чисел %-екв.

Праворуч від дробу вказують температуру води ($^{\circ}\text{C}$), реакцію води, дебіт водозабору або розхід джерела D в $\text{м}^3/\text{с}$.

В назву складу води включають гази, активні елементи, аніони і катіони з вмістом 25 %-екв і більше (першими розташовують аніони і катіони з найменшим вмістом).

Приклад:

$$H_2S\ 0,2\ Br\ 0,1\ M\ 1,1\ \left[\frac{Cl\ 45\ HCO_3\ 28\ SO_4\ 27}{(Na+K)62\ Ca\ 22\ Mg\ 16} \right] T^{\circ}C\ 15\ pH\ 7,1\ D\ 1,1$$

Згідно з наведеною формулою назва води буде мати наступну редакцію: сірководнева, бромна, сульфат-гідрокарбонат-хлоридна, натрієва.

2.2.2. Визначення класу і групи води за провідними іонами

Для класифікації хімічних аналізів води існує багато різних способів, але одного загальноприйнятої нема. Здебільшого у практиці використовується класифікація О.О.Алекіна. Згідно з якою природні води поділяються за провідними іонами. Використовуючи хімічні аналізи води необхідно визначити клас і групу води. Провідними вважаються іони з найбільшою концентрацією; за другий провідний

іон приймають той, вміст якого менше першого не більше ніж на 10 %-екв.

Усі води за провідним аніоном поділяються на 3 класи:

1 – гідрокарбонатні і карбонатні води (індекс *C*);

2 – сульфатні води (індекс *S*);

3 – хлоридні води (індекс *Cl*),

Кожен клас ділиться на три групи за провідним катіоном:

1 – кальцієві води (індекс *Ca*);

2 – магнієві води (індекс *Mg*);

3 – натрієві води (індекс *Na*).

Приклад: за цією класифікацією для води, результати хімічного аналізу якої наведені у таблиці 1. визначаємо клас і групу води:

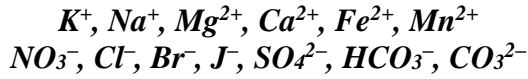
клас води – хлоридна;

група води – натрієва.

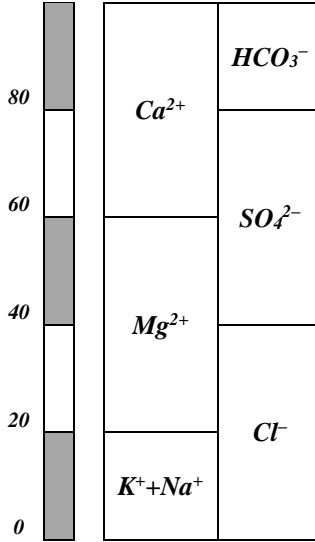
2.2.3. Графічні методи зображення хімічного складу води

Для графічного зображення хімічного складу природних вод існує декілька способів: прямокутник, графік-квадрат М.І.Толстухіна, графік-трикутник Фере, діаграма природних вод (по В.О.Суліну). У практиці здебільшого використовуються наступні методи вираження: прямокутники і графіки-трикутники Фере катіонного і аніонного складу.

Прямокутники сольового складу будуються для визначення сольового складу води і використовуються для зображення окремих аналізів. Складовими частинами прямокутника є дві вертикальні граfi. У лівій граfi розташовуються катіони (%-екв), у правій – аніони. Значення катіонів і аніонів беруться з таблиці перерахунку хімічних аналізів у %-екв і розташовуються у графах знизу до гори у наступній послідовності:



Наприклад:
100 %

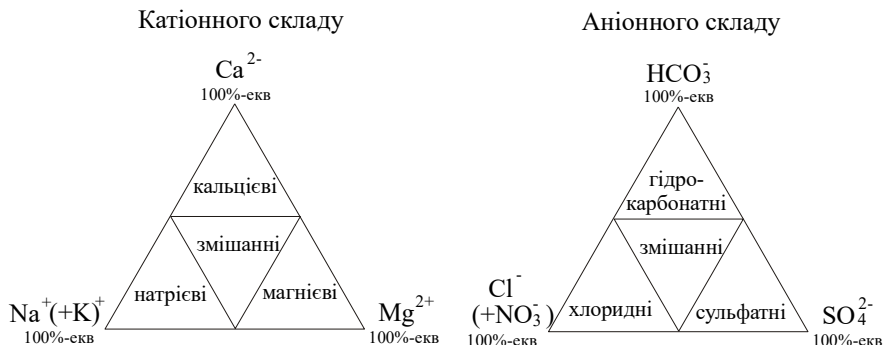


Сума іонів мг/л 0,910

Графіки-трикутники Фере складаються окремо для аніонів (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) і катіонів ($K^+ + Na^+$, Mg^{2+} , Ca^{2+}), вміст яких приводиться у %-екв, в вигляді правильних трикутників. Загальна сума аніонів і катіонів окремо повинна дорівнювати 100%, тому необхідно перерахувати данні з таблиці 1 на 100%. У вершинах трикутників вміст іонів складає 100 %-екв. Положення аналізів на трикутнику визначається перетином трьох ліній, паралельних основам трикутників. Назва води дається згідно положенню аналізу на трикутниках за провідними аніонами і катіонами.

Наприклад:

Графіки-трикутники



2.3. Методика оцінки якості води для питних цілей

Після обробки та систематизації хімічних аналізів природних вод оцінюється її якість, для використання у питних цілях. Для цього порівнюються данні обробки хімічних аналізів води з даними ДСТУ “Вода питна”. Вода, яка використовується для господарчо-питного водопостачання, повинна відповідати його вимогам. У ДСТУ подаються граничні норми для питної води за фізичними, хімічними та бактеріальними показниками (таблиця 3).

Таблиця 3

Основні показники і їх граничні значення:

Мінералізація води мг/л	не більше 1
Загальна жорсткість мг•екв/л	не більше $7 \cdot 10^{-3}$
Активна реакція, pH	6,5 – 8,5
Хлориди, Cl⁻ , мг/л	не більше 0,35
Сульфати, SO₄²⁻ , мг/л	не більше 0,5

Бактеріальні показники

Колі-титр – об’єм води в мл, в якому виявлена одна кишкова паличка, більше 300 мл.

Колі-індекс – кількість кишкових паличок в 1 л води, не більше 3.

При відсутності джерел прісної води дозволяється для питних цілей використовувати воду з мінералізацією до 1,5 мг/л і загальною жорсткістю до $10 \cdot 10^{-3}$ мг•екв/л.

Вимоги до якості води для промислового водопостачання встановлюються водоспоживаючими або проектними організаціями.

3. Вихідні данні і порядок виконання роботи

1. Обробити хімічний аналіз природної води, використовуючи результати аналізу наведеного у додатку.

2. Визначити види жорсткості: загальну, карбонатну, некарбонатну і групу води за загальною жорсткістю.

3. Розрахувати мінералізацію води і визначити групу води за мінералізацією.

4. Оцінити воду за *pH*.

5. Визначити вид агресивності води.

6. Виразити хімічний склад води формулою та дати їй назву.

7. Визначити групу і клас за класифікацією О.О.Арлекіна.

8. Обробити графічно результати хімічного складу води за методом прямокутника сольового складу і трикутників Фере.

9. Оцінити якість води, та дати рекомендації що до її використання.

4. Форма звітності

Робота здається на аркуші А4 формату, на якому приводяться таблиця з вихідними даними та перерахунками. Наводяться розрахунки жорсткості, мінералізації. Визначається група води за цими показниками та за *pH*. Вносяться всі види агресивності, за якими

вода є агресивною. Складається формула води та записується її назва. Далі записується клас і група води за провідними іонами та будуються графіки. Проводиться оцінка якості води, записуються всі показники які не відповідають вимогам ДСТУ та робиться висновок щодо її використання.

Рекомендована література

1. Гордеев П.В. и др. Руководство к практическим занятиям по гидрогеологии /Москва.– Высшая школа.– 1981.– с. 15-32.
2. Климентов П.П. Общая гидрогеология / М.– Высшая школа.– 1980.– с. 129-155.
3. Овчинников А.М. Общая гидрогеология / Госгеолтехиздат.– Москва.– 1955.– С. 179-219.
4. Толстой М.П., Малыгин В.А. Основы геологии и гидрогеологии / Москва.– Недра.– 1976.– с. 92-106.

Дані хімічного аналізу води за варіантами

Катіони				Аніони			
1	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	29,5			F-	10,5		
Na+	13,7			Cl-	25,4		
Mg ²⁺	63,7			Br-	20,4		
Ca ²⁺	465,9			J-	6,16		
Sr ²⁺	19			SO ₄ ²⁻	1460		
Fe ²⁺	17,7			HCO ₃ ⁻	2260		
Mn ²⁺	0,8						
Cu ²⁺							
Zn ²⁺							
Катіони				Аніони			
2	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	10,4			F-	0,5		
Na+	15,9			Cl-	25,4		
Mg ²⁺	554,8			Br-	20,4		
Ca ²⁺	66,2			J-	0,16		
Sr ²⁺	8,5			SO ₄ ²⁻	1580		
Fe ²⁺	16,5			HCO ₃ ⁻	2370		
Mn ²⁺	0,9						
Cu ²⁺							
Zn ²⁺							
Катіони				Аніони			
3	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	11,25			F-	0,5		
Na+	14,6			Cl-	44,6		
Mg ²⁺	26,8			Br-	0,6		
Ca ²⁺	64,3			J-	20,12		
Sr ²⁺	59,2			SO ₄ ²⁻	154		
Fe ²⁺	14,5			HCO ₃ ⁻	2654		
Mn ²⁺	10,7						
Cu ²⁺							
Zn ²⁺							

Катіони				Аніони			
4	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	89,6			F-	0,5		
Na+	26,4			Cl-	4,8		
Mg2+	15,7			Br-	0,6		
Ca2+	4,3			J-	0,12		
Sr2+	12,6			SO42-	147,8		
Fe2+	13,5			HCO3-	548,9		
Mn2+	0,5						
Cu2+	2,9						
Zn2+							
Катіони				Аніони			
5	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	112,8			F-	0,5		
Na+	14,9			Cl-	5,3		
Mg2+	19,6			Br-	0,6		
Ca2+	85,2			J-	0,12		
Sr2+	1,2			SO42-	147		
Fe2+	12,6			HCO3-	1756		
Mn2+	0,4						
Cu2+							
Zn2+	4,6						
Катіони				Аніони			
6	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	19,2			F-	0,5		
Na+	15,4			Cl-	92,3		
Mg2+	29,6			Br-	0,6		
Ca2+	92,4			J-	0,12		
Sr2+	4,6			SO42-	1459		
Fe2+	2,5			HCO3-	146		
Mn2+	0,2						
Cu2+	8,9						
Zn2+							

Катіони				Аніони			
7	мг/л	мг экв/л	% экв/л		мг/л	мг экв/л	% экв/л
K+	45,9			F-	0,4		
Na+	65,8			Cl-	45,9		
Mg2+	12,4			Br-	0,6		
Ca2+	87,3			J-	0,12		
Sr2+	7,8			SO42-	258		
Fe2+	5,6			HCO3-	48		
Mn2+	0,2						
Cu2+	47,8						
Zn2+	0,6						
Катіони				Аніони			
8	мг/л	мг экв/л	% экв/л		мг/л	мг экв/л	% экв/л
K+	312,6			F-	10,6		
Na+	59,8			Cl-	85,9		
Mg2+	14,5			Br-	0,6		
Ca2+	25,6			J-	0,12		
Sr2+	7,5			SO42-	14,56		
Fe2+	8,9			HCO3-	145,69		
Mn2+	0,3						
Cu2+	14,2						
Zn2+	5,3						
Катіони				Аніони			
9	мг/л	мг экв/л	% экв/л		мг/л	мг экв/л	% экв/л
K+	82,6			F-	0,6		
Na+	95,9			Cl-	156		
Mg2+	14,5			Br-	0,6		
Ca2+	78,9			J-	0,12		
Sr2+	7,5			SO42-	14,56		
Fe2+	8,9			HCO3-	845,69		
Mn2+	0,3						
Cu2+	12,6						
Zn2+	15,4						

Катіони				Аніони			
10	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	12,6			F-	5,6		
Na+	65,9			Cl-	52,9		
Mg ²⁺	14,5			Br-	4,5		
Ca ²⁺	78,9			J-	0,6		
Sr ²⁺	47,5			SO ₄ ²⁻	41,5		
Fe ²⁺	8,9			HCO ₃ ⁻	258		
Mn ²⁺	0,3						
Cu ²⁺	12,6						
Zn ²⁺	15,4						
Катіони				Аніони			
11	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	13,6			F-	4,6		
Na+	89,9			Cl-	52,9		
Mg ²⁺	18,5			Br-	4,5		
Ca ²⁺	95,9			J-	0,6		
Sr ²⁺	91,5			SO ₄ ²⁻	41,5		
Fe ²⁺	10,9			HCO ₃ ⁻	2558		
Mn ²⁺	0,3						
Cu ²⁺	1,6						
Zn ²⁺	15,4						
Катіони				Аніони			
12	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	19,6			F-	36,6		
Na+	75,9			Cl-	52,9		
Mg ²⁺	24,5			Br-	4,5		
Ca ²⁺	98,9			J-	0,6		
Sr ²⁺	6,5			SO ₄ ²⁻	41,5		
Fe ²⁺	7,9			HCO ₃ ⁻			
Mn ²⁺	3,3						
Cu ²⁺	0,6						
Zn ²⁺	5,4						

Катіони				Аніони			
13	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	29,1			F-	8,6		
Na+	75,5			Cl-	56,9		
Mg ²⁺	24,2			Br-	0,5		
Ca ²⁺	78,9			J-	0,6		
Sr ²⁺	12,5			SO ₄ ²⁻	42,5		
Fe ²⁺	89,9			HCO ₃ ⁻			
Mn ²⁺	6,3						
Cu ²⁺	10,6						
Zn ²⁺	4,4						
Катіони				Аніони			
14	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	9,1			F-	80,6		
Na+	7,5			Cl-	5,9		
Mg ²⁺	4,2			Br-	10,5		
Ca ²⁺	7,9			J-	20,6		
Sr ²⁺	2,5			SO ₄ ²⁻	4,5		
Fe ²⁺	8,9			HCO ₃ ⁻	25,6		
Mn ²⁺	6,3						
Cu ²⁺	1,6						
Zn ²⁺	14,4						
Катіони				Аніони			
15	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	9,1			F-	8,6		
Na+	5,5			Cl-	6,9		
Mg ²⁺	2,2			Br-	50,5		
Ca ²⁺	8,9			J-	20,6		
Sr ²⁺	2,5			SO ₄ ²⁻	42,5		
Fe ²⁺	9,9			HCO ₃ ⁻	36,5		
Mn ²⁺	26,3						
Cu ²⁺	11,6						
Zn ²⁺	14,4						

Катіони				Аніони			
16	мг/л	мг экв/л	% экв/л		мг/л	мг экв/л	% экв/л
K+	29,50			F-	10,50		
Na+	13,70			Cl-	25,40		
Mg2+	63,70			Br-	20,40		
Ca2+	465,90			J-	16,60		
Sr2+	19,00			SO42-	23,14		
Fe2+	17,70			HCO3-	60,21		
Mn2+	0,80						
Cu2+							
Zn2+							
Катіони				Аніони			
17	мг/л	мг экв/л	% экв/л		мг/л	мг экв/л	% экв/л
K+	10,40			F-	0,50		
Na+	15,90			Cl-	25,40		
Mg2+	554,80			Br-	10,40		
Ca2+	66,20			J-	0,16		
Sr2+	8,50			SO42-	15,89		
Fe2+	16,50			HCO3-	23,75		
Mn2+	0,90						
Cu2+							
Zn2+							
Катіони				Аніони			
18	мг/л	мг экв/л	% экв/л		мг/л	мг экв/л	% экв/л
K+	11,25			F-	0,50		
Na+	14,60			Cl-	44,60		
Mg2+	26,80			Br-	0,60		
Ca2+	64,30			J-	20,12		
Sr2+	59,20			SO42-	15,40		
Fe2+	14,50			HCO3-	26,54		
Mn2+	10,70						
Cu2+							
Zn2+							

Катіони				Аніони			
19	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	89,60			F-	0,50		
Na+	26,40			Cl-	4,80		
Mg ²⁺	15,70			Br-	0,60		
Ca ²⁺	4,30			J-	0,12		
Sr ²⁺	12,60			SO ₄ ²⁻	147,80		
Fe ²⁺	13,50			HCO ₃ ⁻	248,60		
Mn ²⁺	0,50						
Cu ²⁺	2,90						
Zn ²⁺							
Катіони				Аніони			
20	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	112,80			F-	6,40		
Na+	14,90			Cl-	5,30		
Mg ²⁺	19,60			Br-	0,60		
Ca ²⁺	85,20			J-	1,50		
Sr ²⁺	1,20			SO ₄ ²⁻	147,00		
Fe ²⁺	12,60			HCO ₃ ⁻	17,56		
Mn ²⁺	0,40						
Cu ²⁺							
Zn ²⁺	4,60						
Катіони				Аніони			
21	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	19,20			F-	0,50		
Na+	15,40			Cl-	93,40		
Mg ²⁺	29,60			Br-	0,60		
Ca ²⁺	92,40			J-	0,12		
Sr ²⁺	4,60			SO ₄ ²⁻	14,56		
Fe ²⁺	2,50			HCO ₃ ⁻	146,00		
Mn ²⁺	0,20						
Cu ²⁺	8,90						
Zn ²⁺							

Катіони				Аніони			
22	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	45,90			F-	1,40		
Na+	65,80			Cl-	4,90		
Mg ²⁺	12,40			Br-	1,68		
Ca ²⁺	87,30			J-	1,12		
Sr ²⁺	7,80			SO ₄ ²⁻	258,00		
Fe ²⁺	5,60			HCO ₃ ⁻	48,00		
Mn ²⁺	0,20						
Cu ²⁺	47,80						
Zn ²⁺	0,60						
Катіони				Аніони			
23	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	312,60			F-	0,60		
Na+	59,80			Cl-	156,00		
Mg ²⁺	14,50			Br-	0,60		
Ca ²⁺	25,60			J-	0,12		
Sr ²⁺	7,50			SO ₄ ²⁻	14,56		
Fe ²⁺	8,90			HCO ₃ ⁻	845,69		
Mn ²⁺	0,30						
Cu ²⁺	14,20						
Zn ²⁺	5,30						
Катіони				Аніони			
24	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	82,60			F-	10,60		
Na+	95,90			Cl-	85,90		
Mg ²⁺	14,50			Br-	0,60		
Ca ²⁺	78,90			J-	0,12		
Sr ²⁺	7,50			SO ₄ ²⁻	14,56		
Fe ²⁺	8,90			HCO ₃ ⁻	145,69		
Mn ²⁺	0,30						
Cu ²⁺	12,60						
Zn ²⁺	15,40						

Катіони				Аніони			
25	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	12,60			F-	8,60		
Na+	65,90			Cl-	6,90		
Mg2+	14,50			Br-	50,50		
Ca2+	78,90			J-	20,60		
Sr2+	47,50			SO42-	42,50		
Fe2+	8,90			HCO3-	36,50		
Mn2+	0,30						
Cu2+	12,60						
Zn2+	15,40						
Катіони				Аніони			
26	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	13,60			F-	5,60		
Na+	89,90			Cl-	52,90		
Mg2+	18,50			Br-	4,50		
Ca2+	95,90			J-	0,60		
Sr2+	91,50			SO42-	41,50		
Fe2+	10,90			HCO3-	258,00		
Mn2+	0,30						
Cu2+	1,60						
Zn2+	15,40						
Катіони				Аніони			
27	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	19,60			F-	4,60		
Na+	75,90			Cl-	52,90		
Mg2+	24,50			Br-	4,50		
Ca2+	98,90			J-	0,60		
Sr2+	6,50			SO42-	41,50		
Fe2+	7,90			HCO3-	255,00		
Mn2+	3,30						
Cu2+	0,60						
Zn2+	5,40						

Катіони				Аніони			
28	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	29,10			F-	36,60		
Na+	75,50			Cl-	52,90		
Mg2+	24,20			Br-	4,50		
Ca2+	78,90			J-	0,60		
Sr2+	12,50			SO42-	41,50		
Fe2+	89,90			HCO3-	10,30		
Mn2+	6,30						
Cu2+	10,60						
Zn2+	4,40						
Катіони				Аніони			
29	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	9,10			F-	8,60		
Na+	7,50			Cl-	56,90		
Mg2+	4,20			Br-	0,50		
Ca2+	7,90			J-	0,60		
Sr2+	2,50			SO42-	42,50		
Fe2+	8,90			HCO3-	12,80		
Mn2+	6,30						
Cu2+	1,60						
Zn2+	14,40						
Катіони				Аніони			
30	мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л		мЛГ/л	мЛГ экв/л	% экв/л
K+	9,10			F-	80,60		
Na+	5,50			Cl-	5,90		
Mg2+	2,20			Br-	10,50		
Ca2+	8,90			J-	20,60		
Sr2+	2,50			SO42-	4,50		
Fe2+	9,90			HCO3-	25,60		
Mn2+	26,30						
Cu2+	11,60						
Zn2+	14,40						

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до виконання лабораторної роботи
“МЕТОДИ ОБРОБКИ ТА СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ХІМІЧНИХ
АНАЛІЗІВ ПРИРОДНИХ ВОД З МЕТОЮ ОЦІНКИ ПРИДАТНОСТІ
ЇХ ДЛЯ ГОСПОДАРЧО-ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ” з
дисципліни «ГІДРОГЕОЛОГІЯ ТА ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ» для
студентів спеціальності 103 «Науки про Землю» очної форми
навчання

УКЛАДАЧ: Стеценко В'ячеслав Валерійович

Реєстрац. №

Підписано до друку

Формат

A5

Обсяг

26 стор.

Видавничий центр ДВНЗ «КНУ»,
вул. XXII партз'їзду, 11, м. Кривий Ріг,

