

Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

Кафедра геології та розвідки корисних копалин

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
з дисципліни
Геохімія та геоекологія**

м. Дніпропетровськ

2020

ВСТУП

Дисципліна “Геохімія та геохімічні методи пошуків” вміщує багато галузей геохімічних досліджень: геохімію космосу, геохімію геологічних процесів, регіональну геохімію, геохімію окремих елементів, пошукову геохімію та ін. Базується вона на дослідженнях мінералогії, петрографії, загальної та структурної геології.

Мета лабораторних робіт – на базі геологічних знань та навичок користувача ПЕОМ ознайомити студентів з методами рішення геохімічних задач, та навчити:

- робити оцінку параметрів геохімічного фону залізних руд на мінеральний склад;

- проводити кількісну оцінку процесів метасоматичної міграції яка базується на показниках привносу та виносу основних хімічних елементів;

- проводити первинну статистичну обробку геохімічних даних використовуючи програму Microsoft Excel зі стандартного пакету Microsoft Office.

Лабораторні заняття з дисципліни “Геохімія та геохімічні методи пошуків” проводяться протягом одного семестру і складаються з 3-х лабораторних робіт, що охоплюють все коло перелічених вище задач.

Лабораторні роботи з дисципліни “Геохімія та геохімічні методи пошуків” розраховані для виконання студентом самостійно індивідуального завдання, яке видає йому викладач. Данні для проведення розрахунків здобуваються студентом при розробці геологічних карт та розрізів, вивчення мінералогічного та хімічного складу порід. По завершенні лабораторної роботи кожен студент складає звіт.

У звіті про виконану лабораторну роботу має бути вказана тема та мета роботи, а також початкові данні. Основна частина кожної з лабораторних робіт складається з трьох розділів:

- 1) теоретичне обґрунтування та алгоритм рішення;
- 2) порядок виконання роботи та отримані результати;
- 3) геологічна інтерпретація результатів та виконання при необхідності додаткових завдань (наприклад, скорочений геологічний опис родовищ-аналогів).

Звіт про кожну лабораторну роботу підлягає захисту. Захист передбачає перевірку теоретичних знань, розуміння постановки задач та методів їх вирішення, а також перевірку вміння виконувати обробку контрольних даних за відомим алгоритмом. Звіти складаються на окремих аркушах формату А4 та здаються у файловій папці.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Перерахунок хімічних аналізів залізних руд на мінеральний склад

Мета роботи – визначити мінеральний склад для залізних руд родовищ Кривого Рогу і Курської магнітної аномалії (КМА) на основі геохімічних перерахунків з використанням результатів хімічного аналізу та дати геологічну інтерпретацію отриманих результатів.

Завдання:

1. Розрахувати мінеральний склад 5-ти проб руд з двох родовищ Кривого Рогу і Курської магнітної аномалії. Розрахунки виконати на ПОЄМ.
2. По результатам перерахунку хімічного складу визначити вміст заліза в кожному окремому мінералі 5-ти проб.
3. За мінеральним складом проб визначити якість залізної руди.
4. Надати опис отриманих результатів.
5. Привести скорочений геологічний опис родовищ.

Загальні відомості.

Серед залізних руд КМА та Кривого Рогу відрізняються такі основні відміни: магнетитові, магнетит-гематитові та гематит-магнетитові кварцити, а також мартитові та залізнослюдково-мартитові багаті руди. Ці типи руд суттєво відрізняються один від одного за своїми фізико-хімічними та технологічними властивостями.

Певну технолого-мінералогічну оцінку перелічених типів залізних руд можна отримати в результаті перерахунку хімічних аналізів цих руд на мінеральний склад. Перерахунки виконуються за методикою, розробленою Є.В. Євтеховим [1], О.В. Плотніковим [2], В.М. Тарасенко [3] з використанням відомих методик В.І. Пирогова [4].

При перерахунках використовуються результати хімічного аналізу залізних руд на такі компоненти як: SiO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , Al_2O_3 , MnO , MgO , CaO , K_2O , Na_2O , P_2O_5 , CO_3 , n.n.n., $\text{Fe}_{\text{загальне}} (\text{Fe}_s)$, $\text{Fe}_{\text{магнетиту}} (\text{Fe}_m)$.

Загальна ідея перерахунку результатів хімічного аналізу проб на мінеральний склад полягає у тому, що на базі теоретичного хімічного складу мінералів, що знаходяться у пробі яка вивчається, і повного хімічного складу самої проби розраховується вміст кожного з цих мінералів.

Порядок виконання лабораторної роботи:

1. В першу чергу за результатами хімічних аналізів залізних руд скласти загальну для всіх проб таблицю 1.1. Вміст окислів подається в відсотках від 100%.

2. Для кожної проби проводиться коректування результатів хімічного аналізу. Для цього в першу чергу сумується вміст слідуєчи компонентів аналізу: SiO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , Al_2O_3 , MnO , MgO , CaO , K_2O , Na_2O , P_2O_5 , n.n.n.

В тому разі, якщо сума компонентів аналізу більша або менша 100%, коректування вмісту оксидів аналізу проводиться з урахуванням коефіцієнту k :

$$k = \frac{100 \%}{\sum X_{i-n}}$$

де $\sum X_{i-n}$ – сума вмісту окислів хімічного аналізу проби.

Таблиця 1.1

Хімічні аналізи проб залізних руд

Окисли	Вміст окислів 1-го аналізу, %	Вміст окислів 1-го аналізу скоректований до 100%	Вміст окислів n-го аналізу, %	Вміст окислів n-го аналізу скоректований до 100%
Fe _m						
Fe _s						
SiO ₂	X ₁	X ₁ ×k			X _n	X _n ×k
TiO ₂						
Al ₂ O ₃						
Fe ₂ O ₃						
FeO						
MgO						
...						
SO ₃						
S						
П.п.п.						
Сума:						
CO ₂						

Примітка: Fe_m – залізо яке міститься в магнетиті; Fe_s – загальний вміст заліза в пробі; П.п.п – втрати речовини при проведенні хімічного аналізу;

3. На другому етапі розраховується процентний вміст мінералів у п'яти пробах за формулами [1,2,3]:

$$1) \text{ Пірит} = \text{Fe}_{\text{піриту}} + \text{S}_{\text{аналізу}};$$

$$\text{Fe}_{\text{піриту}} = \text{S}_{\text{аналізу}} \times 0,87.$$

$$2) \text{ Апатит} = \text{CaO}_{\text{апатиту}} + \text{P}_2\text{O}_5_{\text{аналізу}};$$

$$\text{CaO}_{\text{апатиту}} = \text{P}_2\text{O}_5_{\text{аналізу}} \times 1,33;$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = \text{P}_{\text{аналізу}} \times 2,26.$$

$$3) \text{ Анкерит} = \text{CaO}_{\text{анкериту}} + \text{MgO}_{\text{анкериту}} + \text{MnO}_{\text{аналізу}} + \text{FeO}_{\text{анкериту}} + \text{CO}_2_{\text{аналізу}};$$

$$\text{CaO}_{\text{анкериту}} = \text{CO}_2_{\text{аналізу}} \times 0,64;$$

$$\text{MgO}_{\text{анкериту}} = \text{CO}_2_{\text{аналізу}} \times 0,13;$$

$$\text{FeO}_{\text{анкериту}} = \text{CO}_2_{\text{аналізу}} \times 0,55;$$

$$\text{Fe}_{\text{анкериту}} = \text{FeO}_{\text{анкериту}} \times 0,778.$$

$$4) \text{ Магнетит} = \text{FeO}_{\text{магнетиту}} + \text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{магнетиту}} + \text{TiO}_2_{\text{аналізу}};$$

$$\text{FeO}_{\text{магнетиту}} = \text{Fe}_m_{\text{аналізу}} \times 0,43;$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{магнетиту}} = \text{Fe}_m \times 0,195;$$

$$5) \text{ Силікати} = (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})_{\text{аналізу}} + \text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{силікатів}} + \text{FeO}_{\text{силікатів}} + \text{SiO}_2_{\text{силікатів}} +$$

$$+ \text{CaO}_{\text{силікатів}} + \text{MgO}_{\text{силікатів}} + \text{H}_2\text{O}_{\text{силікатів}} + \text{Al}_2\text{O}_3_{\text{аналізу}};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{силікатів}} = (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})_{\text{аналізу}} \times 2,04;$$

$$\text{FeO}_{\text{силікатів}} = \text{FeO}_{\text{аналізу}} - (\text{FeO}_{\text{магнетиту}} + \text{FeO}_{\text{анкериту}});$$

$$\text{SiO}_2_{\text{силікатів}} = (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})_{\text{аналізу}} \times 0,5;$$

$$\text{CaO}_{\text{силікатів}} = \text{CaO}_{\text{аналізу}} - (\text{CaO}_{\text{апатиту}} + \text{CaO}_{\text{анкериту}});$$

$$\text{MgO}_{\text{силікатів}} = \text{MgO}_{\text{аналізу}} - \text{MgO}_{\text{анкериту}};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3_{\text{силікатів}} = \text{Al}_2\text{O}_3_{\text{аналізу}};$$

$$\text{H}_2\text{O}_{\text{силікатів}} = \text{n.n.n.} - \text{CO}_2_{\text{аналізу}};$$

$$\text{Fe}_{\text{силікатів}} = (\text{FeO}_{\text{силікатів}} \times 0,778) + (\text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{силікатів}} \times 0,7).$$

$$6) \text{Гематит} = \text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{аналізу}} - (\text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{магнетиту}} + \text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{силікатів}});$$

$$\text{Fe}_{\text{гематиту}} = \text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{аналізу}} \times 0,7.$$

$$7) \text{Кварц} = \text{SiO}_2_{\text{аналізу}} - \text{SiO}_2_{\text{силікатів}}.$$

При проведенні перерахунків мінерального складу проб слід враховувати наступне:

1) в тому разі, якщо у хімічному аналізі проби не міститься оксид CO_2 – мінерал анкерит в пробі відсутній;

2) оскільки, в хімічних аналізах проб залізистих кварцитів з родовища ІнГОК приведена сума окислів TiO_2 та Al_2O_3 , то при перерахунках необхідно вирахувати відсоток кожного з окислів окремо відповідно до їхньої молекулярної маси;

3) в разі відсутності вмісту окислу $\text{TiO}_2_{\text{аналізу}}$ в пробі в перерахунках мінерального складу магнетиту він не враховується;

4) при перерахунках вмісту магнетиту враховується не скоректований вміст Fe_m .

Розрахунки виконуються за допомогою програми Microsoft Excel.

4. Результати розрахунків заносяться у залікові таблиці №№ 1.2-1.3.

Таблиця 1.2

Вміст мінералів у пробах

Назва мінералу	Вміст мінералу в пробі, %				
	№1	№2	№3	№4	№5
Пірит					
Апатит					
Анкерит					
Силікати					
Гематит					
Кварц					
Магнетит					
Сума					

Таблиця 1.3

Вміст заліза в мінералах

Мінерали, які	Вміст в мінералі заліза у пробі, %

вміщують залізо	№1	№2	№3	№4	№5
Fe піриту					
Fe анкериту					
Fe силікатів					
Fe гематиту					
Fe магнетиту					
Сума					

Примітка: в строку яка відповідає Fe_{магнетиту} вноситься вміст Fe_m не скоректованого безпосередньо із хімічного аналізу проби.

4. В **звіті по лабораторній роботі** окрім описання результатів розрахунку мінерального складу проб руд необхідно також описати родовища проб, які запропоновані викладачем, згідно із зразком:

- 1) опис родовища;
- 2) визначення типу та класу руди;
- 3) визначення якості руди по аналізах, їх можлива стратиграфічна приуроченість;
- 4) ступінь збагачення даної руди;
- 5) запаси родовища.

Також необхідно в звіті зазначити визначений по результатам перерахунку хімічного складу проб мінеральний склад залізних руд кожної з проб. За загальним вмістом в пробі Fe_{гематиту} та Fe_{магнетиту} визначити якість залізної руди. Якщо в пробі $\sum Fe_{гематиту}, Fe_{магнетиту} < 25\%$ – аналізувався склад бідної, $\sum Fe_{гематиту}, Fe_{магнетиту} = 25 \div 50\%$ – середньої, $\sum Fe_{гематиту}, Fe_{магнетиту} > 50\%$ – багатій по вмісту заліза руди.

Тип руди визначається згідно з мінеральним вмістом проби.

Опис отриманих результатів необхідно надати на окремих аркушах формату А4.

Контрольні запитання

1. Як визначити до якого класу руди відноситься проба маючи лиш її хімічний аналіз?
2. Як за вмістом заліза в пробі визначити клас руди?
3. Яким чином визначається тип руди?
4. Які мінерали що вміщують залізо впливають на якість та клас залізної руди?
5. До яких типів руд залізних руд відносяться проба, якщо вміст кварцу в ній перевищує 30%?
6. Які типи залізних руд мають найбільших вміст заліза?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Підрахунок прогнозних геологічних запасів по ореолам розсіювання

Мета роботи – провести кількісну оцінку геохімічних аномалій та підрахувати геохімічні запаси у корінному зрудненні міді.

Завдання:

1. Провести перевірку гіпотези відповідності емпіричного розподілу вихідних даних.
2. Оцінити параметри геохімічного фону.
3. На карті “Ділянка пошуково-оціночних робіт з міді” виділити перспективні ділянки для розрахунку прогнозних геологічних запасів по ореолам розсіювання міді.
4. Визначити лінійну і майданну продуктивність на перспективних ділянках.
5. Підрахувати геохімічні запаси у корінному зрудненні міді.
6. Надати опис отриманих результатів в вигляді звіту.

Порядок виконання лабораторної роботи:

1. На першому етапі виконання лабораторної роботи на карті «Ділянка пошуково-оціночних робіт з міді» необхідно виділити перспективні ділянки для розрахунку прогнозних геологічних запасів по ореолам розсіювання міді. Вихідні дані на карті утворюють поле нормальних та аномальних значень. До аномальних значень відносяться значення вмісту міді вищі ніж $100 \cdot 0,001\%$ або $50 \cdot 0,001\%$, відповідно до варіанту завдання.

Оскільки мідь не є основним пороодоутворюючим елементом породи ділянки, необхідно припустити що для неї характерний логнормальний тип розподілу. Для подальших розрахунків необхідно по полю нормальних значень скласти таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

Вихідні дані по полю нормальних значень

№ п/п	X	lgX	$\lg X - (\lg X)_{cp}$	$(\lg X - (\lg X)_{cp})^2$	$(\lg X - (\lg X)_{cp})^3$	$(\lg X - (\lg X)_{cp})^4$
1	2	3	4	5	6	7
1						
2						
...						
N-1						
N						
Сума						

В першій колонці таблиці приводиться нумерація точок відбору проб. В другій колонці (X) – вміст міді в точці опробування. В колонці 3 приводиться значення десятичного логарифму від вмісту міді в точці опробування. В свою чергу в колонці 4 приводиться різниця значення десятичного логарифму від вмісту міді в точці опробування та його середнього значення $(\lg x)_{cp}$, яке розраховується по формулі:

$$\lg \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \lg x_i}{n};$$

де n – кількість точок відбору проб, $\sum_{i=1}^n \lg x_i$ – сума всіх значень від $\lg X_1$ включно до останнього $\lg X_n$.

2. На другому етапі виконання лабораторної роботи проводиться перевірка типу розподілу значень вмісту міді в межах заданої ділянки.

Для цього необхідно по полю нормальних значень розрахувати середнє вибіркоче, дисперсію, середнє квадратичне відхилення, оцінку асиметрії, оцінку ексцесу, відношення до асиметрії, відношення до ексцесу. Розраховані значення внести в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2

Перевірка типу розподілу

Середнє вибіркоче $\lg \bar{x}$	
Дисперсія S_{\lg}^2	
Середнє квадратичне відхилення S_{\lg}	
Оцінка асиметрії A	
Оцінка ексцесу E	
Відношення до асиметрії σ_A	
Відношення до ексцесу σ_E	

Середнє вибіркоче розраховується за формулою:

$$\lg \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \lg x_i}{n},$$

де n – кількість точок відбору проб, $\sum_{i=1}^n \lg x_i$ – сума всіх значень від $\lg X_1$ включно до останнього $\lg X_n$.

Дисперсія визначається за формулою

$$S_{\lg}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\lg x_i - \lg \bar{x})^2}{n - 1},$$

де n – кількість точок відбору проб, $\sum_{i=1}^n (\lg x_i - \lg \bar{x})^2$ – сума піднесених до квадрату різниць між значеннями натурального логарифму вмісту міді в точці опробування від $\lg X_1$ включно до останнього $\lg X_n$ та середнього вибіркового $\lg \bar{x}$;

Середнє квадратичне відхилення визначається як:

$$S_{\lg} = \sqrt{S_{\lg}^2},$$

де S_{\lg}^2 – дисперсія.

Оцінка асиметрії визначається як:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n (\lg x_i - \lg \bar{x})^3}{n \cdot S_{\lg}^3}$$

де S_{\lg} – середнє квадратичне відхилення, n – кількість точок відбору проб.

Оцінка ексцесу розраховується за формулою:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (\lg x_i - \lg \bar{x})^4}{n \cdot S_{\lg}^4}$$

де n – кількість точок відбору проб, S_{\lg} – середнє квадратичне відхилення.

Під час перевірки гіпотези відповідності емпіричного розподілу нормальному або логарифмічно нормальному типу розподілу знаходять відношення вибірових показників асиметрії та ексцесу до їх стандартних відхилень, оцінки котрих близькі до значень

$$\sigma_A \approx \sqrt{(6/n)}; \sigma_E \approx \sqrt{(24/n)},$$

де n – кількість замірів.

Якщо кожне із відношень $|A|/\sigma_A$ та $|E|/\sigma_E$ менше трьох, то гіпотеза про відповідність емпіричного розподілу перевіреного приймається, а якщо більше трьох – відхиляється.

3. На третьому етапі роботи необхідно оцінити параметри геохімічного фону $C\phi$ і аномальний зміст із 5% рівнем значимості Ca_1 , з 10% рівнем значимості Ca_2 та з 15% рівнем значимості Ca_3 .

Геохімічний фон $C\phi$ розраховується по формулі:

$$C\phi = 10^{(\lg X)_{cp}} \times \psi_n(t),$$

$$t = 2,65 \times S_{\lg}^2$$

де S_{\lg}^2 – дисперсія; $\psi_n(t)$ – значення функції по Ачисону і Брауну знаходять по таблиці, розташованій в додатку I; $(\lg X)_{cp}$ – середнє вибірове; $(\lg X)_{cp}$ та S_{\lg}^2 беруть з Таблиці 2. “Перевірка типу розподілу”

Аномальний зміст із 5% рівнем значимості Ca_1 , з 10% рівнем значимості Ca_2 та з 15% рівнем значимості визначаються по формулам:

$$Ca_1 = C\phi \times e^{(3S)}; Ca_2 = C\phi \times e^{(3S/\sqrt{2})}; Ca_3 = C\phi \times e^{(3S/\sqrt{3})},$$

де S – середнє квадратичне відхилення беруть з Таблиці 2.2.

По результатам розрахунків методом інтерполяції значень аномальних полів відбудовується карта ізоліній змісту $C\phi$, Ca_1 , Ca_2 , Ca_3 .

4. Для проведення кількісної оцінки геохімічних аномалій необхідно визначити лінійну (по профілям) та площинну (по ділянках) продуктивність на перспективних ділянках.

Для перерахунку кількісної оцінки використовують аномальні значення вмісту міді ($Cx_i > C\phi$) які вносять в таблицю виду:

Таблиця 2.3

Вихідні дані по полю аномальних значень

№ п/п проби	Cx_{i1}	Cx_{i2}	Cx_{i3}	...	$Cx_{i\ j-1}$	Cx_{ij}
1						
2						
...						
N-1						
N						
Сума						

Примітка: Cx_{i1} – вміст міді в точці опробування ($Cx_i > C\phi$).

Лінійна продуктивність на перспективних ділянках визначається по формулі:

$$Mi = \Delta x \times (\sum Cx - (n \times C\phi)),$$

де Mi – лінійна продуктивність по профілю i , $г/м$; Δx – крок випробування, $м$; (при проведенні геохімічних робіт на пошуково-оцінній стадії розвідки взяти $\Delta x = 100 м$); $\sum Cx_{ij}$ – сумарний зміст елементів в пробах j по профілю i , $г$; n – кількість точок випробування, що складають профіль, по найбільш перспективні ділянці аномальних значень, од.; $C\phi$ – фоновий зміст, $г$.

Площинна продуктивність на перспективних ділянках визначається по формулі:

$$P = \Delta x \times l \times (\sum Cx - (N \times C\phi)),$$

де P – площинна продуктивність по площі, $г/м^2$; l – відстань між профілями, $м$; при проведенні геохімічних робіт на пошуково-оцінній стадії розвідки взяти $l = 300 м$; $\sum Cx_{ij}$ – сумарний зміст елементів в пробах j по профілям i , $г$; N – загальне число крапок по площі найбільш перспективної ділянки аномальних значень, од.

На наступному кроці виконання роботи необхідно підрахувати геохімічні запаси у корінному зрудненні (Qx) за формулою:

$$Qx = (1/k) \times (P/40) \times Hm,$$

де P – площинна продуктивність ділянки, $г/м^2$; k – коефіцієнт складності збагачення порід, з'ясується під час консультації з викладачем; Hm – глибина нижньої границі рудного тіла, $м$. Оскільки ореоли являють собою зони окислювання базальтових порід, виявлені в корах вивітрювання, то максимальним значенням взяти $Hm = 300 м$.

Прогнозні геохімічні запаси в межах пошукової ділянки розраховуються за формулою:

$$Qg = Qx \times \alpha,$$

де Qx – геохімічні запаси у корінному зрудненні ($т$); α – коефіцієнт відношення площі перспективної ділянки до площі району проведення розшукових робіт:

$$\alpha = S\delta / Sp,$$

де Sd – площа перспективної ділянки; Sp – площа пошукової ділянки.

Якщо значення $\alpha \geq 0,25$ то досліджена ділянка відноситься до великих родовищ міді, якщо $\alpha = 0,2 \div 0,25$ то ми маємо справу з середнім родовищем міді. При $\alpha = 0,15 \div 0,2$ вивчена територія характеризується як дрібне родовище міді, а при $\alpha < 0,15$ як рудопрояв.

Розраховані значення t , $\psi_n(t)$, $C\phi$, Ca_1 , Ca_2 , Ca_3 , Mi по кожному профілю, P , Qx , α , Qz заносять у таблицю 2.4 та виносять відповідні геологічні висновки згідно типу родовища та коефіцієнту збагачуваності породи.

Таблиця 2.4

Розрахункові дані

t	
$\psi_n(t)$	
$C\phi$	
Ca_1	
Ca_2	
Ca_3	
Mi	
P	
Qx	
α	
Qz	

5. **Скласти звіт по лабораторній роботі** на листах формату А4.

Контрольні запитання

1. За яким статистичним законом розподілу необхідно проводити розрахунки поля нормальних значень вмісту міді в даній лабораторній роботі?
2. По якому полю значень проводиться перевірка типу розподілу?
3. Яким чином розраховується геохімічний фон з 5%, 10% та 15%-ним рівнем значимості?
4. По якому принципу виділяються перспективні ділянки?
5. Як визначити прогнозні геохімічні запаси в межах пошукової ділянки?
6. При яких значеннях коефіцієнта α пошукова ділянка буде належати до дрібних, середніх та великих родовищ?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

**Кількісна оцінка (в атомах на одиницю об'єму)
метасоматичної міграції хімічних елементів**

Мета роботи – виявлення масштабу та характеру міграції (привнесення – винесення) хімічних елементів згідно геохімічним перерахункам з використанням ПЕОМ та надання геологічної інтерпретації отриманих результатів.

Завдання:

1. За атомно-об'ємною системою перерахунків В.А. Рудника [] розрахувати баланс речовини по виявленим: кількості атомів елементів в геомет-

ричному об'ємі породи (N_i) у 10^4 ангстремах кубічних (Å^3) та мінералогічної об'ємної маси породи (F_i). Розрахунки виконати на ПЕОМ.

2. Розрахувати привнесення та винесення речовини на 1^4Å^3 .
3. Побудувати графік геохімічних спектрів міграції хімічних елементів.

Порядок виконання роботи:

1. На першому етапі лабораторної роботи знаходимо коефіцієнти для подальшого розрахунку.

В першу чергу за результатами хімічних аналізів необхідно скласти таблиці 3.1 та 3.2. Для цього необхідно увести дані хімічного аналізу у другий стовпець (Хім. аналіз проби) таблиць 3.1 та 3.2, що розташовані нижче. Вміст окислів в них подається в відсотках від 100%.

Для кожної проби проводиться коректування результатів хімічного аналізу. Для цього в першу чергу сумується вміст всіх приведених у другому стовпці (Хім. аналіз проби) окислів аналізу.

Таблиця 3.1

Розрахунок балансу речовини по атомно-об'ємній системі для незміненої проби

№ п/п	Оксид	Хім. аналіз проби	P, приведенне до 100 %	Хімічний елемент	p_o	Ni	O_N	F_i	O_F
1	SiO ₂	X _i	X _i * k	Si					
2	TiO ₂			Ti					
3	Al ₂ O ₃			Al					
4	Fe ₂ O ₃			Fe (III)					
...
12	SO ₃			S					
13	CO ₂			C (CO ₂)					
14	H ₂ O			H (OH)					
				O					
	Сума:		100%						

Примітка: $H_2O = H_2O + H_2O^- + H_2O^+ + П.п.п$

Таблиця 3.2

Розрахунок балансу речовини по атомно-об'ємній системі для метасоматично-заміщеної проби

№ п/п	Оксид	Хім. аналіз проби	P, приведенне до 100 %	Хімічний елемент	p_o	Ni	O_N	F_i	O_F
1	SiO ₂			Si					
2	TiO ₂			Ti					
3	Al ₂ O ₃			Al					

4	Fe ₂ O ₃			Fe (III)					
...
12	SO ₃			S					
13	CO ₂			C (CO ₂)					
14	H ₂ O			H (OH)					
				O					
	Сума:		100%						

Примітка: $H_2O = H_2O + H_2O^- + H_2O^+ + П.п.п$

В тому разі, якщо сума компонентів аналізу більша або менша 100%, коректування вмісту оксидів аналізу проводиться з урахуванням коефіцієнту k :

$$k = \frac{100 \%}{\sum X_{i-n}}$$

де $\sum X_{i-n}$ – сума вмісту окислів хімічного аналізу проби.

2. Розрахунок кількості атомів кисню

По всім оксидам розраховується кількість атомів кисню (p_o) шляхом сумування атомів кисню, що приходить на 1 атом іншого елемента оксиду. Наприклад, з оксиду Al₂O₃ на елемент Al приходить 1,5 атома кисню, тобто p_o збільшується на 1,5 за рахунок Al₂O₃. Значення p_o знаходять простим сумуванням даних стовпця 6 табл. 3.1, 3.2.

3. Знаходження Ni та Fi здійснюється в наступній послідовності:

З приведеного до 100% вмісту оксиду проби розраховується:

Кількість атомів елементів у геометричному об'ємі породи (Ni) у 10'000 ангстремах кубічних (Å³) знаходять за формулою:

$$Ni = P \times R \times d_v$$

де P – ваговий процентний зміст оксиду, який вимірюється в %; R – перехідний коефіцієнт, од.; R знаходять з відомого вмісту оксиду та вилучення з нього долі кисню, R приведено в таблиці 3.3; d_v – об'ємна маса породи, г/см³.

Значення d_v вказано у завданні.

Інтрамільний вміст елемента у стандартному об'ємі маси речовини породи у 1'000 Å³ (мінералогічна об'ємна маса породи – Fi) розраховується за формулою

$$Fi = 0,1 \times P \times R \times \delta$$

де δ – мінералогічна об'ємна маса породи, г/см³. Значення δ вказано у завданні.

Таблиця 3.3

Розраховані значення коефіцієнту R

№	Оксид	R	Хімічний елемент	№	Оксид	R	Хімічний елемент
1	SiO ₂	1,002		13	SO ₃	0,752	
2	TiO ₂	0,754		14		1,878	S

3	Al ₂ O ₃	1,182		15	CO ₂	1,369	
4	Fe ₂ O ₃	0,754		16	H ₂ O	6,688	
5	FeO	0,838		17	Li ₂ O	4,032	
6	MnO	0,849		18		0,706	Rb
7	MgO	1,494		19		3,171	F
8	CaO	1,074		20		0,556	As
9	BaO	0,39		21	MoO ₃	0,518	
10	Na ₂ O	1,944		22		0,628	Mo
11	K ₂ O	1,279		23	SnO ₂	0,400	
12	P ₂ O ₅	0,849		24	SnO	0,447	

4. Знаходження O_N та O_F

Величини O_N та O_F розраховуються за формулами:

$$O_N = p_o Ni; \quad O_F = p_o Fi,$$

де p_o – кількість атомів, що приходить на 1 атом іншого елемента оксиду; Fi – мінералогічна об'ємна маса породи; Ni – кількість атомів елементів у геометричному об'ємі породи.

4. Привнесення та винесення елементів у 10^4 ангстремах кубічних (Å^3)

За розрахунками по наступним формулам будується таблиця 3.4.

Абсолютну різницю ($Ni_2 - Ni_1$) знаходять простим вилучанням значень Ni_1 таблиці 3.2 по винесеним елементам від значень Ni_2 таблиці 3.1 по привнесеним елементам з урахуванням знаку.

Відсоток до незміненої проби ($ПЗ$) знаходять за формулою:

$$ПЗ = \frac{Ni_2 - Ni_1}{Ni_1} 100 \%$$

5. Геохімічний спектр міграції хімічних елементів

За результатами розрахунків будують геохімічні спектри міграції хімічних елементів. На вісь ординат наносять кількість атомів елементів у стандартному об'ємі породи (атомні відсотки – Fi), а на вісі абсцис через рівні проміжки фіксують хімічні елементи.

Таблиця 3.4

Привнесення та винесення елементів у 10^4 ангстремах кубічних (Å^3)

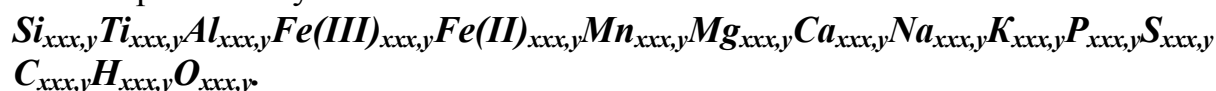
№ п/п	Хімічний елемент	$Ni_2 - Ni_1$	ПЗ, %
1	Si		
2	Ti		
3	Al		
4	Fe (III)		
...
12	S		
13	C (CO ₂)		
14	H (OH)		

	Сума:		
--	-------	--	--

6. Запис формули породи

Формула породи складається з відомих значень розрахункової величини Ni елемента з точністю до однієї десятої. Нижче приведена форма запису формули незміненої породи, Ni_1 , що беруть з табл. 3.1, та метасоматично-заміщеної Ni_2 – з таблиці 3.2. Формула привнесу-виносу елементів у процесі міграції пишуть за розрахунковими величинами Ni_2-Ni_1 .

Форма запису:



де, Si – хімічний елемент; xxx,y – різниця значень Ni_2 та Ni_1 .

7. Скласти звіт по лабораторній роботі та привести геологічні висновки

За результатами розрахунків явно ясною виступає картина динаміки міграційного процесу привнесення-винесення хімічних елементів у породах під час метасоматичного перетворення порід. Необхідно зробити висновок, які окисли були зруйновані, а які утворені у процесі метасоматичного перетворення порід за рахунок міграції хімічних елементів.

Контрольні запитання

1. Які за результатами розрахунків окисли були зруйновані в процесі метасоматичного перетворення порід?
2. Які в вашому варіанті завдання за рахунок міграції хімічних елементів утворені окисли
3. Яким чином для кожної проби проводиться коректування результатів хімічного аналізу?
4. Яка залежність розрахованого балансу речовини від кількості атомів елементів в геометричному об'ємі породи (Ni) у 10^4 000 ангстремах кубічних (Å^3) та мінералогічної об'ємної маси породи (Fi)?

Додаток I

Значення функції $\psi_N(t)$ по Ачисону та Брану

t	N								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0,05	1,0458	1,0458	1,0494	1,0499	1,0502	1,0504	1,0505	1,0506	1,0507
0,10	0933	0992	1012	1022	1028	1032	1034	1037	1038
0,15	1521	1427	1553	1569	1579	1585	1590	1593	1596
0,20	1938	2072	2118	2142	2156	2166	2173	2178	2182
0,25	2468	2648	2710	2742	2761	2774	2784	2791	2796
0,30	3018	3248	3329	3370	3395	3413	3424	3434	3441
0,35	3587	3874	3975	4028	4060	4081	4097	4108	4117
0,40	4177	4527	4652	4716	4756	4782	4801	4816	4827
0,45	4788	5207	5359	5437	5485	5517	5540	5558	5571

0,50	5421	5917	6097	6191	6248	6287	6315	6336	6352
0,55	6076	6657	6869	6980	7048	7094	7127	7152	7172
0,60	6754	7428	7676	7806	7886	7940	7979	8009	8031
0,65	7457	8231	8519	8670	8763	8826	8871	8906	8933
0,70	8184	9068	9399	9574	9681	9754	9807	9847	9879
0,75	8936	9940	2,0319	2,0519	2,0643	2,0727	2,0788	2,0834	2,0870
0,80	9714	2,0848	1279	1508	1650	1746	1816	1869	1911
0,85	2,0519	1794	2283	2542	2703	2813	2893	2954	3001
0,90	1352	2779	3330	3624	3807	3932	4022	4091	4145
0,95	2214	3804	4424	4755	4962	5103	5206	5284	5345
1,00	3104	4872	5565	5938	6170	6330	6445	6534	6603
1,05	4025	5984	6757	7174	7435	7614	7745	7844	7922
1,10	4977	7141	8002	8467	8759	8959	9106	9217	9305
1,15	5961	8345	9300	9818	3,0144	3,0368	3,0532	3,0656	3,0755
1,20	6978	9597	3,0655	3,1231	1594	1849	2026	2165	2275
1,25	8028	3,0901	2069	2707	3110	3388	3591	3746	3868
1,30	9114	2257	3544	4250	4696	5005	5230	5403	5539
1,35	3,0235	3668	5084	5862	6356	6697	6947	7139	8290
1,40	1393	5135	6689	7547	8092	8469	8746	8958	9125
1,45	2589	6661	8364	9307	9908	4,0324	4,0630	4,0864	4,1049
1,50	3824	8247	4,0111	4,1146	4,1807	2266	2603	2861	3065
1,55	5099	9897	1933	3068	3793	4297	4669	4953	5178
1,60	6415	4,1612	3832	5074	5870	6424	6832	7145	7393
1,65	7774	3394	5819	7171	8042	8649	9097	9441	,9714
1,70	9176	5247	7878	9360	5,0113	5,0978	5,1469	5,1847	5,2146
1,75	4,0623	7173	5,0031	5,1646	2687	3415	3953	4366	4694
1,80	2116	9174	2275	4034	5170	5965	6559	7005	7365
1,85	3657	5,1253	4614	6527	7764	8832	9275	9700	6,0163
1,90	5246	3413	7052	9129	6,0477	6,1423	6,2124	6,2665	3094
1,95	6885	5657	9592	6,1847	3312	4342	5107	5896	6165
2,00	8575	7988	6,2239	4684	6276	7396	8229	8871	9383

Продовження додатку І

Значення функції $\psi_N(t)$ по Ачисону та Брану

t	N								
	100	110	120	130	140	150	160	170	180
0,05	1,0507	1,0508	1,0508	1,0508	1,0509	1,0509	1,0509	1,0509	1,0510
0,10	1040	1041	1042	1042	1043	1044	1044	1045	1045
0,15	1598	1600	1602	1603	1604	1605	1606	1607	1607
0,20	2185	2188	2190	2192	2193	2195	2196	2197	2198
0,25	2804	2807	2810	2812	2814	2815	2817	2818	1819
0,30	3446	3451	3455	3458	3461	3464	3466	3468	3470
0,35	4124	4130	4135	4140	4143	4146	4149	4152	4154
0,40	4836	4843	4849	4855	4859	4863	4866	4870	4872
0,45	5582	5591	5599	5605	5611	5616	5620	5623	5627
0,50	6366	6377	6386	6393	6400	6406	6411	6415	6419
0,55	7188	7201	7211	7221	7228	7235	7241	7247	7251

0,60	8050	8065	8078	8089	8098	8106	8113	8120	8125
0,65	8955	8973	8988	9000	9011	9021	9029	9036	9043
0,70	9904	9925	9942	9957	9969	9980	9990	9999	2,0006
0,75	2,0924	2,0944	2,0900	2,0961	2,0975	2,0988	2,0999	2,1009	1018
0,80	1844	1872	1995	2014	2031	2046	2059	2070	2080
0,85	3040	3071	3098	3120	3139	3156	3171	3184	3196
0,90	4189	4225	4225	4281	4303	4322	4339	4353	4367
0,95	5395	5435	5469	5498	5523	5545	5564	5581	5596
1,00	6659	6705	6744	6776	6805	6829	6851	6870	6778
1,05	7985	8037	8080	8117	8149	8177	8201	8223	8242
1,10	9376	9434	9483	9525	9560	9592	9619	9643	9665
1,15	3,0834	3,0899	3,0954	3,1001	3,1041	3,1076	3,1107	3,1134	3,1159
1,20	2363	2436	2498	2550	2595	2634	2669	2699	2726
1,25	3967	4049	4117	4175	4226	4270	4308	4342	4372
1,30	5649	5739	5816	5881	5937	5986	6028	6066	6100
1,35	7412	7513	7597	7670	7732	7786	7834	7876	7914
1,40	9260	9372	9466	9547	9616	9676	9729	9776	9818
1,45	4,1199	4,1323	4,1427	4,1515	4,1592	4,1659	4,1718	4,1770	4,1816
1,50	3231	3368	3483	3581	3666	3739	3804	3862	3913
1,55	5512	5639	5361	5748	5841	5923	5994	6058	6115
1,60	7594	7761	7901	8020	8123	8213	8293	8363	8425
1,65	9935	5,0118	5,0272	5,0404	5,0518	5,0617	5,0704	5,0781	5,0850
1,70	5,2389	2590	2760	2904	3029	3138	3134	3320	3396
1,75	4961	5182	5368	5527	5664	5784	5890	5983	6067
1,80	7899	7657	8103	8278	8428	8560	8675	8778	8870
1,85	6,0748	6,0971	6,0482	6,1162	6,1327	6,1471	6,1598	6,1711	6,1812
1,90	3444	3734	3978	4188	4368	4526	4665	4789	4899
1,95	6547	6864	7132	7360	7558	7731	7883	8018	8138
2,00	7,0146	7,0438	9800	7,0687	7,0903	7,1092	7,1258	7,1406	7,1538