

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою
Кафедра хімії та фізики

05-06-155М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних та самостійних робіт з навчальної
дисципліни «Основи геохімії та гідрохімії» для здобувачів
вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-
професійною програмою «Геологія» спеціальності 103 «Науки
про Землю» всіх форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІ ЕАВГ
Протокол № 6 від 28.01.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт з навчальної дисципліни «Основи геохімії та гідрохімії» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Геологія» спеціальності 103 «Науки про Землю» всіх форм навчання. [Електронне видання] / Мисіна О. І. – Рівне : НУВГП, 2025. – 32 с.

Укладач: Мисіна О. І., старша викладачка кафедри хімії та фізики.

Відповідальний за випуск: Мороз М. В., доктор хім. наук, професор, завідувач кафедри хімії та фізики.

Керівник групи забезпечення
спеціальності 103 «Науки про Землю»

Мельничук В. Г.

© О. І. Мисіна, 2025

© НУВГП, 2025

ЗМІСТ

Стор.

ПЕРЕДМОВА	4
ПРАКТИЧНІ РОБОТИ	5
Практична робота 1. Статистичний аналіз геохімічної інформації	5
Запитання для самоконтролю знань.....	8
Практична робота 2. Розрахунок геохімічного фону та геохімічних аномалій за даними спектрального аналізу	8
Запитання для самоконтролю знань.....	11
Практична робота 3. Кореляційний аналіз геохімічної інформації	11
Запитання для самоконтролю знань.....	19
Практична робота 4. Розрахунок рН водних та ґрунтових розчинів.....	19
Запитання для самоконтролю знань.....	22
САМОСТІЙНА РОБОТА	23
Тема 1. Розрахунок формул мінералів.....	23
Завдання для самостійної роботи.....	25
Тема 2. Водні розчини. Розрахунок вмісту розчиненої речовини у розчинах.....	28
Завдання для самостійної роботи.....	30
ЛІТЕРАТУРА	32

ПЕРЕДМОВА

Навчальна дисципліна «Основи геохімії та гідрохімії» забезпечує професійний розвиток бакалавра за спеціальністю 103 «Науки про Землю» та спрямована на формування у здобувачів компетентностей щодо здатності використовувати геохімічну та гідрохімічну інформацію в практичних цілях, розв'язувати практичні проблеми в процесі професійної діяльності або навчання. Навчальна дисципліна сприяє формуванню практичних умінь і навичок використання сучасних хімічних та фізико-хімічних методів при дослідженні та аналізі гірських порід та мінералів, основних гідрохімічних показників.

Методичні вказівки призначені для практичних та самостійних робіт та складені відповідно до силабусу з навчальної дисципліни «Основи геохімії та гідрохімії». До кожної практичної роботи подані наведені приклади розрахунків та завдання для самостійного виконання.

Самостійна робота здобувачів вищої освіти є важливою складовою підготовки кваліфікованих фахівців-геологів. Завдання самостійної роботи полягає у засвоєнні умінь, навичок, закріпленні, систематизації та застосуванні набутих знань для вирішення практичних завдань, які розглядаються на лекціях, практичних і лабораторних заняттях.

Методичні вказівки для практичних і самостійних робіт допоможуть здобувачам ґрунтовно опрацювати теоретичний матеріал тем, навчитися самостійно розв'язувати задачі, підготуватися до поточного, модульного та підсумкового контролів знань. Здобувачі вищої освіти всіх форм навчання мають доступ до навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни «Основи геохімії та гідрохімії» на навчальній платформі Moodle (режим доступу: <https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=1962>).

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практична робота 1. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ГЕОХІМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Мета роботи: Ознайомитися з основними методами статистичного аналізу геохімічних даних, навчитися розраховувати основні статистичні характеристики, обробляти та інтерпретувати результати геохімічних досліджень.

Статистичний аналіз – найбільш розповсюджений спосіб обробки результатів геохімічних даних з метою їх узагальнення. З метою обробки геохімічної інформації необхідно:

- провести розрахунок основних статистичних характеристик геохімічних даних (наприклад, концентрації різних елементів у гірських породах, ґрунтах, водах), а саме знайти середнє арифметичне значення вибірки, медіани, моди, дисперсію, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації;
- побудувати гістограми розподілу для різних елементів;
- проаналізувати отримані результати та зробити висновки щодо розподілу елементів у вибраній вибірці.

I. Розрахунок основних статистичних характеристик

1. Середнє арифметичне (\bar{X}) показує середнє значення геохімічних даних у вибірці. Для вибіркової кількості геохімічних даних ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) середнє арифметичне розраховують за формулою:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (1)$$

де X_i – значення даних i -го елемента вибірки; n – кількість даних у вибірці.

2. Медіана (Me) – це значення, яке ділить упорядковану вибірку даних на дві рівні частини. Щоб визначити медіану вибірки необхідно розташувати значення геохімічних даних у зростаючому порядку. Якщо вибірка містить непарну кількість

даних, то медіана – це середнє значення. Якщо ж вибірка містить парну кількість даних, то медіана – це середнє арифметичне двох середніх значень.

3. Мода (M_o) – це значення, яке зустрічається у вибірці даних найчастіше (найбільш ймовірне значення). Якщо кілька значень у вибірці зустрічаються однаково максимальну кількість разів, то розподіл називається багатомодальним.

4. Дисперсія (σ^2) – це міра розсіювання значень даних вибірки відносно середнього арифметичного \bar{X} . Тобто, дисперсією називають суму квадратів відхилень від середнього арифметичного, діленої на кількість даних (розмір) вибірки (n). Дисперсію розраховують за формулою:

$$\sigma_X^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 . \quad (2)$$

5. Стандартне відхилення (σ) – це корінь квадратний з дисперсії:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} . \quad (3)$$

6. Коефіцієнт варіації або відносна стандартна похибка (V_σ) характеризує відносну величину відхилення значень, тобто це відношення стандартного відхилення σ до середнього арифметичного значення \bar{X} вибірки даних, виражене у відсотках. Розраховують за формулою:

$$V_\sigma = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\% . \quad (4)$$

II. Приклад розрахунку основних статистичних характеристик геохімічних даних

Завдання. Розрахувати основні статистичні характеристики для вмісту Купруму (Cu) у зразках гірських порід. Концентрація Купруму в зразках гірських порід наведена в таблиці.

Зразок	1	2	3	4	5	6	7
Cu(%)	0,5	0,8	1,2	1,5	0,9	0,8	2,1

Розв'язок.

1. Середнє арифметичне розраховуємо за формулою (1):

$$\bar{X} = \frac{1}{7}(0,5 + 0,8 + 1,2 + 1,5 + 0,9 + 0,8 + 2,1) = 1,11.$$

2. Медіана:

розташовуємо вибірку значень у зростаючому порядку
0,5; 0,8; 0,8; 0,9; 1,2; 1,5; 2,1

Медіана M_e для нашої вибірки – 0,9.

3. Мода M_o – 0,8 (це значення зустрічається два рази у нашій вибірці концентрацій).

4. Дисперсію розраховуємо за формулою (2):

$$\sigma^2 = \frac{(0,5 - 1,11)^2 + (0,8 - 1,11)^2 + (1,2 - 1,11)^2 + (1,5 - 1,11)^2 + (0,9 - 1,11)^2 + (0,8 - 1,11)^2 + (2,1 - 1,11)^2}{7 - 1}$$

$$= 0,29145$$

5. Стандартне відхилення розраховуємо за формулою (3):

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{0,29145} = 0,5399.$$

6. Коефіцієнт варіації розраховуємо за формулою (4):

$$V_\sigma = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\% = \frac{0,5399}{1,11} \cdot 100\% = 48,64\%.$$

Як бачимо, значення дисперсії та стандартного відхилення вказують на помірну варіабельність даних. Коефіцієнт варіації 48,64% свідчить про досить значне відхилення значень відносно середнього значення.

Завдання для розрахунку

Розрахувати основні статистичні характеристики для вмісту Цинку (Zn) у зразках гірських порід. Концентрація Цинку в зразках гірських порід наведена в таблиці.

Зразок	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zn(%)	1,2	1,9	1,3	1,4	1,9	1,8	1,1	1,5	2,0

Запитання для самоконтролю знань

1. Що таке статистичний аналіз та які його основні характеристики?
2. Як розрахувати основні статистичні характеристики для набору геохімічних даних (наприклад, концентрації різних елементів у гірських породах, ґрунтах, водах).
3. Як статистичний аналіз використовують при пошуку корисних копалин?
4. Як статистичний аналіз використовується при оцінці якості ґрунтів?
5. Як статистичний аналіз застосовується при моніторингу забруднення довкілля?

Практична робота 2.

РОЗРАХУНОК ГЕОХІМІЧНОГО ФОНУ ТА ГЕОХІМІЧНИХ АНОМАЛІЙ ЗА ДАНИМИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Мета роботи: Ознайомитися з основними методами визначення геохімічного фону та ідентифікації геохімічних аномалій за даними спектрального аналізу проб ґрунтів, гірських порід чи інших геологічних матеріалів.

Обробка геохімічних даних базується на таких поняттях геохімії як геохімічний фон, геохімічна аномалія та геохімічне поле.

Геохімічне поле – це геологічний простір, що охарактеризований кількісним вмістом хімічних елементів. Його можна трактувати як розділення хімічних елементів в різних геологічних утвореннях, що характеризується внутрішніми (властивості атомів та йонів) та зовнішніми (параметри середовища) факторами.

Геохімічний фон – це середній або модальний вміст хімічного елемента в межах геологічно однорідної системи (грунт, породи тощо) за даними вивчення основних статистичних параметрів його розподілу, який відповідає нормальному природному стану системи без впливу техногенних факторів.

Геохімічна аномалія – це область, в якій вміст хімічного елемента або числове значення іншого геохімічного параметру (E_h , pH тощо) на обумовлену величину відрізняється від геохімічного фону. Тобто це ділянка території, в межах якої статистичні параметри розподілу хімічного елемента або іншого геохімічного параметру вірогідно відрізняються від фону. Геохімічна аномалія – це підвищений або знижений вміст хімічного елемента порівняно з фоновими значеннями, що може вказувати на наявність корисних копалин або інші геологічні особливості.

Для встановлення аномального порогу використовують формулу:

$$C_{\text{АНОМ}} = C_{\text{ФОН}} + 2\sigma. \quad (5)$$

Аномалії можуть бути глобальними, регіональними, локальними, точковими тощо. Природні родовища також є геохімічною аномалією. Аномалії можуть бути позитивними – значення вищі за фонові та негативними – значення нижчі за фонові.

Приклад розрахунку геохімічного фону та визначення геохімічних аномалій

Завдання. За результатами спектрального аналізу були отримані дані з концентрацією Cu (мг/кг) у пробах ґрунту з певної території, які наведені в таблиці. Розрахувати геохімічний фон та визначити геохімічну аномалію.

Інтерпретувати отримані результати для виділення аномальних зон.

Зразок	1	2	3	4	5	6	7
Cu(мг/кг)	55	50	70	90	60	85	95

Розв'язок.

1. Розрахунок геохімічного фону.

Використовуємо статистичний метод аналізу (середнє арифметичне, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації).

Розрахунок середнього фону $C_{\text{ФОН}}$ проводять за формулою (1):

$$C_{\text{ФОН}} = \frac{1}{7}(55 + 50 + 70 + 90 + 60 + 85 + 95) = 72,14 \text{ мг/кг.}$$

Стандартне відхилення σ розраховують за формулою (3):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (C_i - C_{\text{ФОН}})^2} = 18 \text{ мг/кг.}$$

2. Визначення геохімічних аномалій.

Для встановлення аномального порогу використовують формулу (5):

$$C_{\text{АНОМ}} = C_{\text{ФОН}} + 2\sigma = 72,14 + 2 \cdot 18 = 108,14 \text{ мг/кг.}$$

Проби з концентрацією Cu (мг/кг) > 108,14 мг/кг вважаються аномальними.

Завдання для розрахунку

За результатами спектрального аналізу були отримані дані з концентрацією Zn (мг/кг) у пробах ґрунту з певної території, які наведені в таблиці. Розрахувати геохімічний фон та визначити геохімічну аномалію. Інтерпретувати отримані результати для виділення аномальних зон.

Зразок	1	2	3	4	5	6	7	8
Zn(мг/кг)	25	30	22	27	32	28	35	24

Запитання для самоконтролю знань

1. Що таке геохімічний фон і як його визначають? Які є методи визначення фону?
2. Що таке геохімічна аномалія і які її причини? Які методи використовуються для виділення аномалій?
3. Які статистичні характеристики ви розраховали в роботі і як їх можна пояснити?
4. Як результати цього аналізу можуть бути використані для пошуку корисних копалин?
5. Які програмні засоби можуть використовуватись для статистичного аналізу геохімічних даних?

Практична робота 3. КОРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ГЕОХІМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Мета роботи: Ознайомитися з основними методами статистичного аналізу геохімічних даних; вивчити принципи застосування кореляційного аналізу для виявлення зв'язків між геохімічними показниками та навчатися будувати кореляційні матриці і пояснювати отримані дані.

Кореляційний аналіз – це статистичний метод, що дозволяє визначити наявність та ступінь взаємозв'язку між двома або більше змінними. Мета кореляційного аналізу геохімічної інформації – виявлення та оцінка взаємозв'язку між різними геохімічними показниками, зокрема між вмістом (концентрацією) різних хімічних елементів у ґрунтах, мінералах або породах, природніх водах. Це дає можливість зрозуміти, як зміни в одному показнику впливають на зміни в іншому. В геохімії він використовується для встановлення співвідношень між концентраціями елементів, мінералогічним складом порід та мінералів, геохімічними аномаліями тощо.

Значення кореляційного аналізу геохімічної інформації:

- кореляції між хімічними елементами можуть вказувати на спільне походження мінералів чи порід (генетичні зв'язки);

- сильна кореляція двох хімічних елементів дозволяє за відомим вмістом (концентрацією) одного елемента оцінити вміст (концентрацію) іншого елемента (прогнозування);

- кореляції можуть вказувати на наявність рудних мінералів, які пов'язані з певними геохімічними аномаліями (пошук рудних родовищ);

- дозволяє провести аналіз зміни геохімічного складу довкілля під впливом людської діяльності (вплив антропогенних чинників).

Так, сильна позитивна кореляція між такими хімічними елементами як Au та As вказує на наявність золоторудного родовища, оскільки арсен часто супроводжує золото, а позитивна кореляція між Pb і Zn свідчить про поліметалічне рудоутворення. Негативна кореляція між органічними речовинами та важкими металами свідчить про забруднення ґрунтів важкими металами.

Кореляційний аналіз геохімічної інформації є важливим інструментом для геохіміків, геологів, екологів для розуміння геохімічних процесів, виявленні закономірностей у розподілі хімічних елементів, обґрунтуванні рішень в геологорозвідці тощо.

Для практичного розрахунку кореляції найчастіше використовується коефіцієнт кореляції Пірсона (r), який дає можливість оцінити ступінь залежності між двома вибірками геохімічних даних.

Для геохімічних досліджень, у ході оцінки взаємозв'язку між парою рядів даних використовується формула Пірсона для розрахунку коефіцієнта кореляції (r):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sigma_x^2 \cdot \sigma_y^2}}, \quad (6)$$

де \bar{X}, \bar{Y} - середнє арифметичне вибірок X і Y ; X_i, Y_i - одиничні значення у вибірках X та Y ; σ_X, σ_Y - стандартне відхилення вибірок X і Y ; n - кількість даних у вибірці.

Формулу Пірсона можна записати ще так:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^{i=n} (Y_i - \bar{Y})^2}} . \quad (7)$$

Абсолютна величина коефіцієнта кореляції характеризує силу зв'язку. Якщо $r > 0$, то кореляція позитивна; при $r < 0$ кореляція негативна і якщо $r \approx 0$ - зв'язок відсутній. Чим ближче коефіцієнт кореляції до 1 або -1, тим сильніший зв'язок. Якщо значення знаходиться ближче до 0, то це означає слабкий зв'язок, тобто якщо $r < 0,3$ - це слабка кореляція, при $0,3 \leq r < 0,7$ - кореляція помірна і при значенні $r \geq 0,7$ - кореляція сильна.

При проведенні розрахунків потрібно брати до уваги, що чим більший розмір вибірки (n), тим з більшою впевненістю можна припустити, що отриманий коефіцієнт кореляції такої вибірки відображає взаємозв'язок між двома сукупностями геохімічних даних.

За розрахованими парними коефіцієнтами кореляції можна побудувати матрицю кореляції, що дозволяє швидко та якісно проаналізувати отримані значення. На підставі проведених розрахунків необхідно зробити висновок про ступінь корельованості хімічних елементів двох вибірок.

Приклад розрахунку коефіцієнтів кореляції

Завдання. За результатами аналізу були отримані геохімічні дані вмісту (концентрації) Cu, Pb та Zn (мг/кг) у пробах ґрунту з певної території, які наведені в таблиці. Розрахувати коефіцієнти кореляції, побудувати матрицю кореляції та зробити висновок про ступінь корельованості хімічних елементів.

Зразок	1	2	3	4	5	6	7
Cu(мг/кг)	55	50	70	90	60	85	95
Pb(мг/кг)	18	24	30	33	40	45	50
Zn(мг/кг)	25	30	22	27	32	28	35

Розв'язок.

1. Розрахунок коефіцієнтів кореляції Пірсона для кожної пари геохімічних даних проводимо за формулою (7), а саме для таких пар:

- Cu – Zn ;
- Cu – Pb ;
- Pb – Zn.

а) Розраховуємо середнє арифметичне значення вибірок даних (формула (1)):

$$\overline{Cu}=72,14 \text{ мг/кг};$$

$$\overline{Pb}=34,29 \text{ мг/кг};$$

$$\overline{Zn}=28,43 \text{ мг/кг}.$$

б) Розраховуємо відхилення від середнього та їх квадратів
Для кожного значення розраховуємо відхилення від середнього за формулою $X_i - \overline{X}$, його квадрат $(X_i - \overline{X})^2$ та добутки відхилень для кожної пари $(X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})$.

Розрахунки проводять для кожної пари геохімічних даних і значення відхилень від середнього та його квадратів заносять у таблицю:

	$Cu_i - \overline{Cu}$	$Zn_i - \overline{Zn}$	$Pb_i - \overline{Pb}$	$(Cu_i - \overline{Cu})^2$	$(Zn_i - \overline{Zn})^2$	$(Pb_i - \overline{Pb})^2$
1	-17,143	-3,429	-16,286	293,88	11,765	265,22
2	-22,143	1,571	-10,286	490,31	2,469	105,796
3	-2,143	-6,429	-4,286	4,59	41,326	18,367
3	17,857	-1,429	-1,286	318,88	2,041	1,653
4	-12,143	3,571	5,7143	147,45	12,755	32,653
5	12,857	-0,429	10,7143	165,31	0,184	114,796
7	22,857	6,571	15,7143	522,45	43,184	246,94

Для кожної пари розраховують добутки відхилень і теж записують у таблицю:

$(Cu_i - \overline{Cu})(Zn_i - \overline{Zn})$	$(Cu_i - \overline{Cu})(Pb_i - \overline{Pb})$	$(Zn_i - \overline{Zn})(Pb_i - \overline{Pb})$
58,783	279,186	55,837
-34,787	227,756	-16,163
13,777	9,184	27,551
-25,509	-22,959	1,837
-43,368	-69,373	20,408
-5,51	137,755	-4,592
150,193	359,183	103,265

в) Обчислення сумарних значень відповідних параметрів для кожної пари:

$$\sum_{i=1}^{i=n} (Cu_i - \overline{Cu})^2 = 1942,87$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} (Zn_i - \overline{Zn})^2 = 113,72$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} (Pb_i - \overline{Pb})^2 = 785,43$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} (Cu_i - \overline{Cu})(Zn_i - \overline{Zn}) = 113,579$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} (Cu_i - \overline{Cu})(Pb_i - \overline{Pb}) = 920,732$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} (Zn_i - \overline{Zn})(Pb_i - \overline{Pb}) = 188,143$$

г) За формулою (7) проводимо розрахунок коефіцієнтів кореляції Пірсона для кожної пари геохімічних даних:

$$r_{(\text{Cu-Zn})} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\text{Cu}_i - \overline{\text{Cu}})(\text{Zn}_i - \overline{\text{Zn}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (\text{Cu}_i - \overline{\text{Cu}})^2 \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Zn}_i - \overline{\text{Zn}})^2}} = \frac{113,579}{\sqrt{1942,87 \cdot 113,72}} = 0,2416$$

$$r_{(\text{Cu-Pb})} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\text{Cu}_i - \overline{\text{Cu}})(\text{Pb}_i - \overline{\text{Pb}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (\text{Cu}_i - \overline{\text{Cu}})^2 \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Pb}_i - \overline{\text{Pb}})^2}} = \frac{920,732}{\sqrt{1942,87 \cdot 785,43}} = 0,7453$$

$$r_{(\text{Zn-Pb})} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\text{Zn}_i - \overline{\text{Zn}})(\text{Pb}_i - \overline{\text{Pb}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (\text{Zn}_i - \overline{\text{Zn}})^2 \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Pb}_i - \overline{\text{Pb}})^2}} = \frac{188,143}{\sqrt{113,72 \cdot 785,43}} = 0,6295$$

Відповідні розрахунки можна проводити в Excel. Алгоритм розрахунку:

Введіть дані: Занесіть дані про вміст (концентрації) Купруму, Цинку та Плюмбуму в три стовпці Excel.

Обчисліть середні значення: Використайте функцію AVERAGE для обчислення середнього значення для кожного стовпця.

Обчисліть відхилення: У трьох нових стовпцях обчисліть відхилення кожного значення від середнього. Використайте формулу =A2-\$A\$9 (де A2 - перше значення Купруму, \$A\$9 - середнє значення Купруму) і аналогічно для Цинку та Плюмбуму.

Обчисліть добутки відхилень: У наступному стовпці помножте відповідні відхилення.

Обчисліть суми квадратів відхилень: Використайте функцію SUMSQ для обчислення суми квадратів відхилень для кожного стовпця.

Обчисліть коефіцієнт кореляції: Використайте функцію CORREL для обчислення коефіцієнта кореляції між двома стовпцями.

Приклад формули в Excel для обчислення коефіцієнта кореляції:

=CORREL(A2:A8, B2:B11), де A2:A8 - діапазон значень Купруму Cu, B2:B8 - діапазон значень Цинку Zn.

Аналогічні розрахунки проведіть для двох інших пар геохімічних даних.

Значення коефіцієнтів кореляції розраховані в Excel такі:
 $r_{(Cu-Zn)} = 0,241625$; $r_{(Cu-Pb)} = 0,745334$; $r_{(Zn-Pb)} = 0,629545$. Бачимо, що значення коефіцієнтів кореляції Пірсона розраховані за формулою і в Excel співпадають.

2. Побудова матриці кореляції.

Елементи	Cu(мг/кг)	Pb(мг/кг)	Zn(мг/кг)
Cu(мг/кг)	1,000	0,7453	0,2416
Pb(мг/кг)	0,7453	1,000	0,6295
Zn(мг/кг)	0,2416	0,6295	1,000

3. Висновки за кореляційним аналізом геохімічної інформації.

За результатами кореляційного аналізу можна зробити такі висновки:

- для пари Cu – Zn коефіцієнт кореляції $r_{(Cu-Zn)} = 0,2416$, що свідчить про слабкий позитивний зв'язок між хімічними елементами. Ці елементи можуть лише частково бути пов'язані геохімічними чи мінералогічними процесами, а саме: можуть мати різні джерела походження елементів або вони осаджуються або мігрують незалежно один від одного в більшості геохімічних умов.

- для пари Zn – Pb коефіцієнт кореляції $r_{(Zn-Pb)} = 0,6295$, що свідчить про помірний позитивний зв'язок між хімічними елементами, який може бути обумовлений геохімічними особливостями або спільним походженням; можливе поліметалічне рудоутворення. Zn і Pb можуть бути частково

пов'язані спільними джерелами (наприклад, збагачені спільними мінералами, такими як сфалерит і галеніт).

- для пари Cu – Pb коефіцієнт кореляції $r_{(Cu-Pb)}=0,7453$, що свідчить про сильний позитивний зв'язок між хімічними елементами, тобто кореляція є найсильнішою. Можливо, ці елементи мають спільне джерело (Cu і Pb можуть походити з одного джерела або бути збагачені в одних і тих самих мінеральних фазах (наприклад, у сульфідах)) або поведуться схоже в геохімічних процесах, піддаються подібним умовам накопичення чи розподілу. Таке значення кореляції можна використовувати для подальшого моделювання, прогнозування або інтерпретації геохімічних процесів.

Завдання для розрахунку

Завдання. За результатами аналізу були отримані геохімічні дані. Розрахувати коефіцієнти кореляції, побудувати матрицю кореляції та зробити висновок про ступінь корельованості хімічних елементів.

1. Концентрації металів у ґрунті:

Зразок	1	2	3	4	5	6	7
Fe (мг/кг)	120	150	200	290	320	350	400
Mn (мг/кг)	45	60	80	100	120	145	170
Cr (мг/кг)	30	40	55	70	85	95	120

2. Геохімічний склад осадових порід:

Зразок	1	2	3	4	5	6	7
CaO (%)	15	18	20	25	32	35	40
MgO (%)	7	8	9,5	12	15	18	20
SiO ₂ (%)	50	55	60	70	75	80	90

3. Вміст важких металів у воді:

Зразок	1	2	3	4	5	6	7
Hg (мг/л)	0,05	0,07	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Cd (мг/л)	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08	0,09	0,1
As (мг/л)	0,03	0,05	0,08	0,1	0,12	0,15	0,18

Запитання для самоконтролю знань

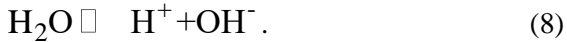
1. Що таке кореляційний аналіз та яке його значення?
2. Що таке коефіцієнт кореляції Пірсона? Які значення він може приймати?
3. Як можна інтерпретувати значення коефіцієнта кореляції. Наведіть приклади.
4. У зразках ґрунту отримано коефіцієнт кореляції $r_{(Cu-Zn)} = -0,4$. Як можна пояснити цей зв'язок?
5. У чому полягає геохімічне значення сильного кореляційного зв'язку між двома елементами?

Практична робота 4. РОЗРАХУНОК pH ВОДНИХ ТА ҐРУНТОВИХ РОЗЧИНІВ

Мета роботи: Ознайомитися з основними методами розрахунку pH водних та ґрунтових розчинів.

У складі природної води та ґрунтових розчинів йони Гідрогену займають особливе місце. Абсолютний вміст їх є незначний. Але значення йонів Гідрогену у природних водах та ґрунтових розчинах є надзвичайно велике. Воно обумовлене тим, що йони Гідрогену, що утворились при дисоціації у водних розчинах багатьох кислот та їх похідних, зв'язані з ними в єдину систему.

Йони Гідрогену та гідроксид-йони утворюються в результаті дисоціації води:



Добуток концентрацій гідроген- і гідроксид-йонів називають **йонним добутком води** ($K_{\text{H}_2\text{O}}$) і при 22°C становить:

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ (моль/л)}^2 \quad (9)$$

Розчини, в яких концентрації гідроген- і гідроксид-йонів однакові, називають **нейтральними**.

Розчини, в яких концентрація $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$, називають **кислотними**, а розчини, де $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$ є **лужними**.



Для зручності замість концентрації йонів Гідрогену та гідроксид-йонів у ґрунтових та водних розчинах користуються водневим рН та гідроксильним рОН показниками. рН – це від’ємний логарифм концентрації йонів Гідрогену $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$. Відповідно гідроксильний показник рОН визначається за формулою $\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-]$. Ці показники пов’язані між собою формулою $\text{pH} + \text{pOH} = 14$.

Для обчислення рН ґрунтових та водних розчинів користуються формулами:

1. В розчинах сильних одноосновних кислот рН визначається за формулою:

$$\text{pH} = -\lg C_{\text{M}}(\text{кислоти}), \quad (10)$$

де C_{M} – молярна концентрація кислоти.

2. В розчинах слабких одноосновних кислот:

$$pH = \frac{1}{2} pK - \frac{1}{2} \lg C_M (\text{кислоти}), \quad (11)$$

де pK – показник константи дисоціації кислоти.

3. Для розчинів сильних однокислотних основ:

$$pH = 14 - pOH = 14 + \lg C_M (\text{лугу}). \quad (12)$$

4. Для розчинів слабких однокислотних основ:

$$pH = 14 - \frac{1}{2} (pK_{(\text{основи})} - \lg C_M (\text{основи})). \quad (13)$$

Приклад розрахунку рН ґрунтових та водних розчинів

Завдання 1. Концентрація йонів $[H^+]$ в ґрунтовому розчині дорівнює 10^{-3} моль/л. Визначити концентрацію гідроксид-йонів, рН та рОН такого розчину.

Розв'язок.

1. З формули йонного добутку води (9) визначаємо концентрацію гідроксид-йонів:

$$[OH^-] = \frac{K_{H_2O}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-3}} = 10^{-11} \text{ моль/л.}$$

2. За концентрацією йонів Гідрогену визначаємо рН:

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg 10^{-3} = 3.$$

3. Визначаємо рОН:

$$pOH = -\lg[OH^-] = -\lg 10^{-11} = 11 \quad \text{або}$$

$$pOH = 14 - pH = 14 - 3 = 11.$$

Завдання 2. Визначити розчини, в яких $pH < 7$: а) 0,1М NaOH; б) 0,1М CH_3COOH ; в) 0,01М HCl; г) $[OH^-] = 10^{-3}$ моль/л. Відповідь підтвердити обрахунками.

Розв'язок.

а) NaOH – сильна основа, луг. У водному розчині дисоціює за рівнянням: $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$. Тому

$$pH=14+\lg C_M(\text{NaOH})=14+\lg 0,1=14-1=13.$$

б) CH_3COOH – слабка одноосновна кислота, яка дисоціює за рівнянням: $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$. Тому

$$pH = \frac{1}{2} pK - \frac{1}{2} \lg C_M(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{1}{2} 4,75 - \frac{1}{2} \lg 0,1 = 2,875.$$

в) HCl – сильна одноосновна кислота, яка дисоціює за рівнянням: $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$. Тому

$$pH = -\lg C_M(\text{HCl}) = -\lg 0,01 = 2.$$

г) Знаходимо спочатку pOH за формулою:

$$pOH = -\lg[\text{OH}^-] = -\lg 10^{-3} = 3, \text{ тоді}$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - 3 = 11.$$

Отже, розчини, для яких $pH < 7$ – це $0,1\text{M CH}_3\text{COOH}$ та $0,01\text{M HCl}$.

Завдання для розрахунку

Завдання 1. pH водного розчину 4. Обчислити концентрацію йонів Гідрогену, гідроксид-йонів та pOH розчину.

Завдання 2. Вибрати лужні розчини: а) $pOH=4$; б) $pOH=8$; в) $pH=12$; г) $0,1\text{M HCl}$. Відповідь підтвердити обрахунками.

Завдання 3. Вибрати розчин з максимальним значенням pH : а) $0,1\text{M HCl}$; б) $0,1\text{M CH}_3\text{COOH}$; в) $0,1\text{M NaOH}$; г) $pH=11$. Відповідь обґрунтувати розрахунками.

Запитання для самоконтролю знань

1. Що таке pH ? Як він визначається?
2. Який інтервал значень може приймати pH ? Що означають ці значення?
3. Які фактори впливають на pH водних розчинів?
4. Чим відрізняється pH ґрунтових розчинів від водних?
5. Як органічні речовини впливають на pH ґрунтового розчину?

САМОСТІЙНА РОБОТА

Тема 1. РОЗРАХУНОК ФОРМУЛ МІНЕРАЛІВ

1. Обчислення масових часток елементів у мінералі

Хімічні формули мінералів використовують для обчислення масових часток елементів у мінералі. Масова частка елемента у мінералі визначається як відношення маси елемента до маси мінералу:

$$\omega(E) = \frac{m(E)}{m(\text{мінералу})} \cdot 100\%, \quad (14)$$

де $\omega(E)$ – масова частка елемента, %; $m(E)$ – маса елемента у мінералі, г; $m(\text{мінералу})$ – маса мінералу, г.

Виражаючи масу елемента в мінералі і його масу через відносну атомну та молекулярну маси, отримуємо формулу:

$$\omega(E) = \frac{nAr(E)}{Mr(\text{мінералу})} \cdot 100\%, \quad (15)$$

де $\omega(E)$ – масова частка елемента, %; $Ar(E)$ – відносна атомна маса елемента; $Mr(\text{мінералу})$ – відносна молекулярна маса мінералу; n – кількість атомів елемента у формулі мінералу.

Приклад розрахунку масових часток елементів у мінералі

Задача. Визначити масові частки всіх елементів у мінералі родоніті.

Розв'язок.

Мінерал родоніт має формулою $(\text{Mn}, \text{Ca})_5 [\text{Si}_5\text{O}_{15}]$.

Відносна молекулярна маса родоніту:

$$Mr((\text{Mn}, \text{Ca})_5 [\text{Si}_5\text{O}_{15}]) = 5 \cdot 55 + 4 \cdot 40 + 5 \cdot 28 + 15 \cdot 16 = 855.$$

Масову частку всіх елементів розраховують за формулою (15).

$$\omega(\text{Mn}) = \frac{5Ar(\text{Mn})}{Mr((\text{Mn}, \text{Ca})_5 [\text{Si}_5\text{O}_{15}])} \cdot 100\% = \frac{5 \cdot 55}{855} \cdot 100\% = 32,2\% ;$$

$$\omega(\text{Ca}) = \frac{5\text{Ar}(\text{Ca})}{\text{Mr}((\text{Mn}, \text{Ca})_5[\text{Si}_5\text{O}_{15}])} \cdot 100\% = \frac{5 \cdot 40}{855} \cdot 100\% = 23,4\%;$$

$$\omega(\text{Si}) = \frac{5\text{Ar}(\text{Si})}{\text{Mr}((\text{Mn}, \text{Ca})_5[\text{Si}_5\text{O}_{15}])} \cdot 100\% = \frac{5 \cdot 28}{855} \cdot 100\% = 16,4\%;$$

$$\omega(\text{O}) = \frac{15\text{Ar}(\text{O})}{\text{Mr}((\text{Mn}, \text{Ca})_5[\text{Si}_5\text{O}_{15}])} \cdot 100\% = \frac{15 \cdot 16}{855} \cdot 100\% = 28\%.$$

2. Розрахунок формул мінералів за масовими частками елементів

Результати хімічного аналізу мінералів подаються у масових відсотках. Формули показують кількісне співвідношення атомів хімічних елементів у складі мінералу. Наприклад, склад (у масових відсотках) ідеально чистого сфалериту ZnS і хоуліту CdS виражаються так:

сфалерит
Zn – 67,09%
S – 32,91%
 разом – 100,0%

хоуліт
Cd – 77,81%
S – 22,19%
 разом – 100,0%.

Як бачимо, масові частки елементів суттєво відрізняються, проте формули обох мінералів однотипні і співвідношення атомів становить 1:1, тобто **Zn:S** як 1:1 та **Cd:S** теж 1:1. Така розбіжність пояснюється різними значення атомних мас Цинку (65,38), Кадмію (112,42) та Сульфуру (32,066). Для знаходження атомного співвідношення необхідно масові частки елементів поділити та їх атомні маси. Так, у мінералі сфалериті атомні кількості Цинку і Сульфуру відповідно становлять:

$$\text{для Zn } \frac{67,09}{65,38} = 1,02615; \quad \text{для S } \frac{32,91}{32,066} = 1,02632.$$

Тобто атомне співвідношення дорівнює 1:1.

У мінералі хоуліті атомні кількості Кадмію і Сульфуру становлять:

$$\text{для Cd } \frac{77,81}{112,42} = 0,69214; \quad \text{для S } \frac{22,19}{32,066} = 0,69201.$$

Тобто атомне співвідношення теж дорівнює 1:1.

Отже, в обох мінералах атомні співвідношення дорівнюють 1:1, тому і формули їх ZnS і CdS .

Приклад розрахунку формули мінералу за масовими частками елементів

Задача. Визначити формулу мінералу, в якому масові частки елементів дорівнюють: $\omega(\text{Cu})=34,8\%$, $\omega(\text{Fe})=30,4\%$, $\omega(\text{S})=34,8\%$.

Розв'язок.

Запишемо формулу мінералу $\text{Cu}_x\text{Fe}_y\text{S}_z$.

Знаходимо атомні кількості для кожного елемента:

$$x = \frac{\omega(\text{Cu})}{\text{Ar}(\text{Cu})} = \frac{34,8}{63,55} = 0,5476;$$

$$y = \frac{\omega(\text{Fe})}{\text{Ar}(\text{Fe})} = \frac{30,4}{55,85} = 0,5443;$$

$$z = \frac{\omega(\text{S})}{\text{Ar}(\text{S})} = \frac{34,8}{32,066} = 1,0853.$$

Розраховуємо атомні співвідношення елементів:

$$x:y:z = 0,5476:0,5443:1,0853 = 1:1:2.$$

Отже, формула мінералу така: CuFeS_2 . Це мінерал халькопірит або мідний колчедан.

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Визначення масових частку всіх елементів у мінералі.

1.1. Визначити вміст (масову частку) всіх елементів (у %) у доломіті та фосфориті.

1.2. Визначити масову частку всіх елементів у гіпсі та каолініті.

1.3. Визначити масову частку всіх елементів у карналіті та цирконії.

1.4. Визначити масову частку всіх елементів у малахіті сильвініті.

1.5. Визначити масову частку всіх елементів у сидериті та піролюзиті.

1.6. Визначити масову частку всіх елементів у алюмогідрокальциті та магнетиті.

1.7. Визначити масову частку всіх елементів у нефриті та родоніті.

1.8. Визначити масову частку всіх елементів у ортоклазі та селеніті.

1.9. Визначити масову частку всіх елементів у гаусманіті та ільменіті.

1.10. Визначити масову частку всіх елементів у піраргіриті (темна червона руда) та борніті.

Завдання 2. Визначення формул мінералів за масовими частками елементів

2.1. А) Визначте формулу корунду — сполуки Алюмінію з Оксигеном, у якому масова частка Оксигену становить 47 %.

Б) Визначте формулу сполуки, якщо відомо, що у її складі міститься Кальцій, Карбон і Оксиген з масовими частками 40 %, 12 %, 48 % відповідно, а відносна молекулярна маса сполуки дорівнює 100.

2.2. А) До складу мінералу входять Алюміній, Силіцій і Оксиген, а масові частки елементів складають: Алюмінію 33,3%, Силіцію – 17,3%. Визначити формулу мінералу.

Б) Мінерал магнетит є рудою, яка містить 72,4 % Феруму і решта Оксиген. Молекулярна маса магнетиту 232. Визначити формулу магнетиту.

2.3. А) Мінерал ільменіт містить: Феруму – 36,8%, Титану – 31,6% та решта Оксиген. Визначити формулу ільменіту.

Б) Мінерал гаусманіт є рудою, яка містить 72,1% Мангану і решта Оксиген. Молекулярна маса його 229. Визначити формулу гаусманіту.

2.4. А) Мінерал піраргірит (темна червона руда) містить: Аргентуму – 59,8%, Стибію – 22,5% та решта Сульфур. Визначити формулу ільменіту.

Б) Мінерал куприт є рудою, яка містить 88,9% Купруму і решта Оксиген. Молекулярна маса його 144. Визначити формулу куприту.

2.5. А) Мінерал борніт містить: Купруму – 25,8%, Феруму – 22,6% та решта Сульфур. Визначити формулу борніту.

Б) Мінерал брауніт є рудою, яка містить 69,6% Мангану і решта Оксиген. Молекулярна маса його 158. Визначити формулу брауніту.

2.6. А) Мінерал сподумен містить: Літію – 3,8%, Алюмінію – 14,5%, Силіцію – 30,1 та решта Оксиген. Визначити формулу борніту.

Б) Мінерал магнетит є рудою, яка містить 72,4 % Феруму і решта Оксиген. Молекулярна маса магнетиту 232. Визначити формулу магнетиту.

2.7. А) До складу мінералу входять Стронцій, Ферум і Оксиген, а масові частки елементів складають: Стронцію – 8,3%, Феруму – 63,2%. Визначити формулу мінералу.

Б) Мінерал брауніт є рудою, яка містить 69,6% Мангану і решта Оксиген. Молекулярна маса його 158. Визначити формулу брауніту.

2.8. А) Визначте формулу гематиту, у якому масова частка Оксигену становить 30 %.

Б) Визначте формулу сполуки, якщо відомо, що у її складі міститься Кальцій, Карбон і Оксиген з масовими частками 40 %, 12 %, 48 % відповідно, а відносна молекулярна маса сполуки дорівнює 100.

2.9. А) Мінерал ільменіт містить: Феруму – 36,8%, Титану – 31,6% та решта Оксиген. Визначити формулу ільменіту.

Б) Мінерал куприт є рудою, яка містить 88,9% Купруму і решта Оксиген. Молекулярна маса його 144. Визначити формулу куприту.

2.10. А) Мінерал сподумен містить: Літію – 3,8%, Алюмінію – 14,5%, Силіцію – 30,1 та решта Оксиген. Визначити формулу борніту.

Б) Мінерал гаусманіт є рудою, яка містить 72,1% Мангану і решта Оксиген. Молекулярна маса його 229. Визначити формулу гаусманіту.

Тема 2. ВОДНІ РОЗЧИНИ. РОЗРАХУНОК ВМІСТУ РОЗЧИНЕНОЇ РЕЧОВИНИ У РОЗЧИНАХ

Розчини складається з розчиненої речовини та розчинника. Вміст розчиненої речовини у водних розчинах виражається різними концентраціями.

Масова частка $W(p.p.)$ – відношення маси розчиненої речовини до маси розчину. Її визначають у частках одиниці або у відсотках та визначають за формулами:

$$W(p.p.) = \frac{m_{p.p.}}{m_{p-ny}} \quad \text{або} \quad W(p.p.) = \frac{m_{p.p.}}{m_{p-ny}} \cdot 100\%. \quad (16)$$

де $m_{p.p.}$ – маса розчиненої речовини, г; m_{p-ny} – маса розчину, г.

Молярна концентрація C_M – відношення кількості моль розчиненої речовини до об'єму розчину (моль/л або М):

$$C_M = \frac{m_{p.p.}}{M_{p.p.} \cdot V_{p-ny}}, \quad (17)$$

де $M_{p.p.}$ – молярна маса розчиненої речовини, г/моль; V_{p-ny} – об'єм розчину, л.

Молярна концентрація еквівалента C_E – відношення числа еквівалентів розчиненої речовини до об'єму розчину (моль-екв/л або н.):

$$C_E = \frac{m_{p.p.}}{M_E(p.p.) \cdot V_{p-ny}}, \quad (18)$$

де $M_E(p.p.)$ – молярна маса еквівалентів розчиненої речовини, г/моль-екв.

Приклади розв'язування завдань

Завдання 1. До 400 г 10%-ного розчину хлоридної кислоти долили 100 г води. Обчислити масову частку кислоти в утвореному розчині.

Розв'язок. Із формули (16) знаходимо масу хлоридної кислоти у початковому розчині:

$$m(\text{HCl}) = \frac{W(\text{HCl}) \cdot m_{\text{р-ну}}}{100\%} = \frac{10\% \cdot 400\text{г}}{100\%} = 40\text{г}.$$

Знаходимо нову масу розчину, що утворився:

$$m_{1(\text{р-ну})} = m_{\text{р-ну}} + m_{(\text{H}_2\text{O})} = 400 + 100 = 500\text{г}.$$

Обчислюємо масову частку HCl в утвореному розчині:

$$W(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{m_{1(\text{р-ну})}} \cdot 100\% = \frac{40}{500} \cdot 100\% = 8\%..$$

Завдання 2. Визначити масу кальцій хлориду, що міститься у 450 мл розчину, молярна концентрація якого 2 М.

Розв'язок. Із формули (17) знаходимо масу кальцій нітрату:

$$\begin{aligned} m(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) &= C_M \cdot M(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) \cdot V_{\text{р-ну}} = \\ &= 2\text{моль/л} \cdot 164\text{г/моль} \cdot 0,45\text{л} = 147,6\text{г} \end{aligned}$$

де $M(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 164$ г/моль – молярна маса кальцій нітрату.

Завдання 3. Визначити молярну концентрацію та молярну концентрацію еквівалента розчину сульфатної кислоти, якщо в 200 мл його міститься 9,8 г кислоти.

Розв'язок. за формулою (17) обчислюємо молярну концентрацію кислоти:

$$C_M = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_{\text{р-ну}}} = \frac{9,8\text{г}}{98\text{г/моль} \cdot 0,2\text{л}} = 0,5\text{моль/л},$$

де $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$ г/моль – молярна маса сульфатної кислоти.

Молярну концентрацію еквівалента сульфатної кислоти розраховуємо за формулою (18):

$$C_E = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M_E(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_{\text{р-ну}}} = \frac{9,8\text{г}}{49\text{г/моль-екв} \cdot 0,2\text{л}} = 1\text{ моль-екв/л.}$$

де $M_E(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{M(\text{H}_2\text{SO}_4)}{z} = \frac{98}{2} = 49\text{г/моль-екв}$; $z = 2$ для сульфатної кислоти.

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. А. Обчислити масову частку солі в розчині, що містить 10 г солі в 40 г води.

Б. Скільки г калій гідроксиду необхідно взяти, щоб приготувати 2 л 0,1 М розчину?

В. Яку масу натрій фосфату потрібно взяти для приготування 2 л 0,5 н. розчину.

Завдання 2. А. Яку масу 5% розчину можна приготувати з 200 г розчиненої речовини.

Б. Визначити молярну концентрацію розчину, якщо в 200 мл його міститься 4 г натрій гідроксиду.

В. Яка маса нітратної кислоти міститься в 500 мл розчину, молярна концентрація якого 2 моль/л?

Завдання 3. А. В якій масі води треба розчинити 40 г солі, щоб одержати 4%-ий розчин?

Б. Визначити молярну концентрацію розчину сульфатної кислоти, в 1 л якого міститься 4,9 г H_2SO_4 .

В. Яку масу натрій карбонату потрібно взяти для приготування 2 л розчину, молярна концентрація якого дорівнює 2 моль/л.

Завдання 4. А. Обчислити масову частку солі, 15 г якої міститься в 1500 г води.

Б. Визначити молярну концентрацію розчину натрій ортофосфату, якщо в 2 л його міститься 328 г солі.

В. Яка маса алюміній сульфату міститься в 500 мл розчину, молярна концентрація еквівалента якого 0,2 моль-екв/л.

Завдання 5. А. Яку масу 15% розчину можна приготувати з 300 г розчиненої речовини.

Б. Визначити молярну концентрацію розчину, якщо в 500 мл його міститься 1,42 г натрій сульфату.

В. Яку масу калій нітрату потрібно взяти для приготування 500 мл 0,1 М розчину?

Завдання 6. А. До 100 г 24%-ного розчину натрій гідроксиду долили 500 мл води. Обчислити масову частку лугу в одержаному розчині.

Б. Визначити молярну концентрацію розчину сульфатної кислоти, якщо в 100 мл його міститься 4,9 г кислоти?

В. Яку масу алюміній сульфату потрібно взяти, щоб приготувати 5 л розчину, молярна концентрація еквівалентів якого дорівнює 0,1 моль-екв/л.

Завдання 7. А. Визначити масову частку магній сульфату в розчині, що містить 10 г солі в 200 мл води?

Б. Скільки нітратної кислоти (в г) міститься в 500 мл 2 М розчину?

В. Знайти молярну концентрацію 36,2%-ного розчину сульфатної кислоти, густина якого 1,18 г/моль.

Завдання 8. А. Скільки г натрій гідроксиду необхідно взяти, щоб приготувати 1 л 10%-ного розчину з густиною 1,225 г/см³?

Б. В 100 мл розчину міститься 10,6 г натрій карбонату. Обчислити молярну концентрацію еквівалентів цього розчину?

В. В якому об'ємі 0,05 н. розчину міститься 20 г ферум(II) сульфату.

Завдання 9. А. В якій масі води треба розчинити 20 г солі, щоб одержати розчин з масовою часткою 2%?

Б. Визначити молярну концентрацію еквівалентів калій сульфату, якщо в 500 мл розчину міститься 3,48 г солі?

В. Яку масу калій карбонату потрібно взяти для приготування 2 л розчину, молярна концентрація еквівалентів якого дорівнює 2 моль-екв/л.

Завдання 10. А. До 500 г 4%-ного розчину натрій гідроксиду долили 500 мл води. Обчислити масову частку лугу в одержаному розчині.

Б. Визначити нормальність сульфатної кислоти, якщо в 100 мл його міститься 4,9 г кислоти?

В. Яку масу алюміній сульфату потрібно взяти (в г), щоб приготувати 5 л розчину, молярна концентрація еквівалента якого дорівнює 0,1 моль-екв/л.

ЛІТЕРАТУРА:

Основна література:

1. Шнюков С. Є., Гожик А. П. Основи геохімії : навч. посіб. Київ : КНУ, 2011. 245с.
2. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Основи гідрохімії : підручник. Київ: Ніка-Центр, 2012. 312с.
3. Горев Л. М., Пелешенко В. І., Хільчевський В. К. Гідрохімія України. К.: Вища школа, 1995. 308 с.
4. Манековська І. Є., Яцков М.В. Лабораторний практикум „Гідрохімія водойм” : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2011. 93с. – URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/2163>.
5. Назарук Г. І. Геохімія : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2011. 156 с.
6. Alexandre P. Practical Geochemistry /Springer, 2021. –124 р.

Допоміжна література:

7. Рудишин С. Д. Біогеохімія з основами екології : навч. посіб. Дніпро: Середняк Т. К., 2023. 320 с.
8. Марчук Г. П., Біло Т. А. Геохімія довкілля : навч. посіб. Херсон : ОЛДІ ПЛЮС, 2013. 242 с.
9. Білоніжка Петро. Геохімія біосфери : монографія. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2018. 182 с.ISBN978-617-10-0477-1.