

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

Географічний факультет

Кафедра фізичної географії

**О.П. ВОВК**

**ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ З ГЕОХІМІЇ ТА ГЕОФІЗИКИ**

Методичні вказівки

студентам географічного факультету

УДК 530.3+550.4](072)

В- 61

**Рекомендовано науково-методичною радою Східноєвропейського  
національного університету імені Лесі Українки,  
як наукове видання для студентів вищих навчальних закладів  
(протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2018 р.)**

**Рецензенти:**

**Ільїн Л. В.** – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри туризму та готельного господарства Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки;

**Федонюк М. А.** – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології Луцького національного технічного університету;

**Вовк О. П.**

В – 61 Лабораторні роботи з геохімії та геофізики: методичні вказівки [студ. географ. ф-ту] /

Олександр Павлович Вовк. – Луцьк : ПП Іванюк В. П., 2018. – 18 с.

Методичні вказівки містять завдання, методику їх виконання та необхідну довідкову інформацію для проведення лабораторних робіт з курсу ГЕОХІМІЯ ТА ГЕОФІЗИКА. Методичні вказівки рекомендовані студентам напряму підготовки 6.040104 «Географія» освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» денної та заочної форми навчання вищих навчальних закладів.

**УДК 530.3+550.4](072)**

© Вовк О.П. 2018

© Східноєвропейський національний  
університет імені Лесі Українки, 2018

## **ЗМІСТ**

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>Лабораторна робота 1.</b> Основний закон геохімії.....	5
<b>Лабораторна робота 2.</b> Форми знаходження хімічних елементів в природі. Мінеральна форма знаходження .....	6
<b>Лабораторна робота 3.</b> Елементи симетрії нескінченних фігур .....	8
<b>Лабораторна робота 4.</b> Форми знаходження хімічних елементів в природі. Ізоморфізм .....	9
<b>Лабораторна робота 5.</b> Геохімічні особливості земної кори .....	11
<b>Лабораторна робота 6.</b> Геохімічні класифікації хімічних елементів .....	15
<b>Лабораторна робота 7.</b> Геохімія і геофізика атмосфери .....	17
<b>Лабораторна робота 8.</b> Геохімія біосфери .....	18
<b>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА</b> .....	19

## **Вступ**

Навчальна дисципліна «Геохімія і геофізика» належить до переліку нормативних навчальних дисциплін, забезпечує професійний розвиток бакалавра та спрямована на формування у студентів компетентностей щодо здатності використовувати геохімічну і геофізичну інформацію та спеціальні знання в теоретичних та практичних цілях у сфері професійної діяльності, при здійсненні комплексних фізико-географічних досліджень території. Дисципліна сприяє формуванню практичних умінь і навичок використання методів геохімічних і геофізичних досліджень, залучати методи суміжних наук для вирішення геохімічних питань, пояснення геохімічних процесів і явищ у взаємозв'язку з природними умовами, враховуючи можливе господарське використання, визначення мінерально-петрографічних, геологічних, геофізичних і геохімічних характеристик природних об'єктів.

# Лабораторна робота 1. Основний закон геохімії

**Мета:** Навчитися застосовувати основний закон геохімії

## Хід роботи

Суть основного закону геохімії полягає в тому, що поведінка хімічних елементів в земній корі залежить від будови їх атомів. У формулюванні В.М. Гольдшмідта основний закон геохімії звучить: «**Уміст хімічних елементів залежить від будови їх атомного ядра, а їх міграція – від будови електронних оболонок, які визначають хімічні властивості елементів**».

**Завдання 1.** Побудувати на листку формату А3 на базі Періодичної Системи Геохімічну таблицю, в яку крім загальноприйнятих будуть вноситися додаткові дані: Кларки, іонні радіуси, геохімічні класифікації хімічних елементів, а також мінерали, які вміщують даний елемент.

**Завдання 2.** Розписати електронну формулу заданого хімічного елемента.

Атом можна описати за допомогою квантових чисел головного ( $n$ ), орбітального ( $l$ ), магнітного ( $m_l$ ) і спінового ( $m_s$ ).

Головне квантове число  $n$  має значення 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ..., які збігаються з номером періоду у періодичній системі елементів Д. І. Менделєєва.

Орбітальне квантове число  $l$  визначає підрівень електрону, який позначається латинськими буквами s, p, d, f. Орбітальне квантове число приймає значення від 0 до  $n-1$ .

Магнітне квантове число  $m_l$  визначає орієнтацію орбіталей в просторі і змінюється від  $-l$  до  $+l$  (таб. 1).

Таблиця 1. Значення орбітального та магнітного квантових чисел

Значення $l$	Підрівень електронів	Значення $m_l$
0	s	0
1	p	-1, 0, 1
2	d	-2, -1, 0, 1, 2
3	f	-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3

Спінове квантове число  $m_s$  можна уявити як рух електрона навколо своєї осі.  $m_s$  має значення  $+1/2$  або  $-1/2$

Принцип Паулі полягає в тому, що в атомі не може бути двох електронів з однаковими значеннями всіх чотирьох квантових чисел.

Правило Гунда полягає в тому, що в межах енергетичного підрівня електрони в атомі розподіляються таким чином, щоб їх сумарний спін був максимальним.

Атомні орбіталі заповнюються згідно правил В.М. Клечковського.

Перше правило Клечковського полягає в тому, що першими заповнюються електронні рівні та підрівні з мінімальною сумою головного та орбітального квантових чисел.

Друге правило Клечковського полягає в тому, що в разі однакової суми головного та орбітального квантових чисел спочатку електронами заповнюється орбіталь з меншим значенням головного квантового числа.

Послідовність заповнення електронних орбіталей

1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p 6s 4f 5d 6p 7s 5f 6d.

## **Лабораторна робота 2. Форми знаходження хімічних елементів в природі. Мінеральна форма знаходження**

**Мета:** Вивчити основні мінерали, які містять поширені та важливі хімічні елементи.

### **Хід роботи**

**Завдання:** Внести дані мінерали в сою заготовку Геохімічної таблиці, зробленої на попередньому занятті.

По можливості підібрані мінерали, які вивчалися в курсі Геологія загальна та історична.

Таблиця 2. Мінерали, які містять даний хімічний елемент

<b>№</b>	<b>Символ</b>	<b>Мінерали, які його містять</b>
1	H	Вода, ОН-групи в силікатах, апатит
2	He	Інертний газ, мінералів не утворює
3	Li	Піроксени, слюди, турмалін, сподумен
4	Be	Берил, фенакіт, берtrandит
5	B	Група боратів, всі турмаліни
6	C	Доломіт, сидерит, кальцит
7	N	Атмосферне повітря, жива речовина
8	O	Кварц, польові шпати, слюди, карбонати, глинисті мінерали
9	F	Топаз, флюорит, апатит
10	Ne	Інертний газ, мінералів не утворює
11	Na	Плагіоклази натрієві (альбіт), галіт, океанічна вода
12	Mg	Олівін, піроксени, слюди, магнезит, силікати
13	Al	Алюмосилікати (польові шпати), слюди, корунд
14	Si	Кварц, силікати, халцедон, агат, аметист
15	P	Фосфорит, апатит, фосфати
16	S	Самородна сірка, сульфідів, сульфатів

Таблиця 2. (продовження)

17	Cl	Галіт, сильвін
18	Ar	Інертний газ, мінералів не утворює
19	K	Слюди, К-польові шпати, сильвін
20	Ca	Гіпс, кальцит, ангідрит, анортит, рогова обманка,
21	Sc	Не утворює мінералів
22	Ti	Ільменіт, рутил
23	V	Ванадати (малопоширені)
24	Cr	Хроміт
25	Mn	Піролюзит
26	Fe	Рогова обманка олівін, піроксен, морматит, гематит
27	Co	Кобальтин
28	Ni	Нікелін
29	Cu	Самородна мідь
30	Zn	Сфалерит (клеофан - коричневий сфалерит)
31	Ga	Галліт
32	Ge	Розсіяний елемент
33	As	Арсенопірит, арсенати
34	Se	Селеніди
35	Br	Розсіяний елемент
36	Kr	Інертний газ, мінералів не утворює
37	Rb	Польові шпати (ізоморфно заміщує К)
38	Sr	Целестин
39	Y	Не утворює мінералів
40	Zr	Циркон
41	Nb	Дистильовані лужні породи, карбонати, мінерали малопоширені
42	Mo	Молібденіт
43	Tc	Нема в природі
44	Ru	Мідно-нікелеві руди
45	Rh	Самородні елементи
46	Pd	Самородні елементи
47	Ag	Самородні елементи, електрум
48	Cd	Сфалерит (ізоморфна домішка)
49	In	Розсіяні елементи, галеніт, сфалерит, халькопірит
50	Sn	Каситерит
51	Sb	Антимоніт, буланжерит
52	Te	Телуриди
53	I	Розсіяний елемент
54	Xe	Інертний газ, мінералів не утворює
55	Cs	Цезіан (рідкісний)
56	Ba	Барит
57	La	Розсіяний елемент

Таблиця 2. (продовження)

72	Hf	Мінерали цирконію
73	Ta	Мінерали малопоширені
74	W	Вольфраміт, шеєліт
75	Re	Рідкісний розсіяний елемент
76	Os	Самородні елементи
77	Ir	Самородні елементи
78	Pt	Самородні елементи
79	Au	Самородне золото, електрум
80	Hg	Кіновар
81	Tl	Розсіяний елемент
82	Pb	Галеніт
83	Bi	Вісмутин

### Лабораторна робота 3. Елементи симетрії нескінченних фігур

**Мета:** Вивчити кристалічні структури.

**Обладнання:** моделі багатогранників, моделі структур мінералів

**Хід роботи**

**Завдання 1.** Визначити елементи симетрії багатогранників (матеріал курсу Геологія загальна та історична).

**Завдання 2.** Вивчити елементи симетрії нескінченних фігур: трансляція, площина ковзного відбиття, гвинтова вісь симетрії.



Рис. 1. Трансляція

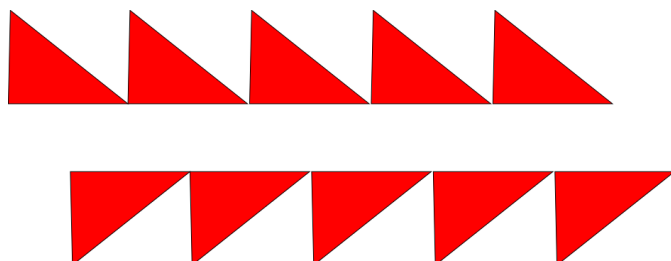




Рис. 2. Площина ковзного відбиття

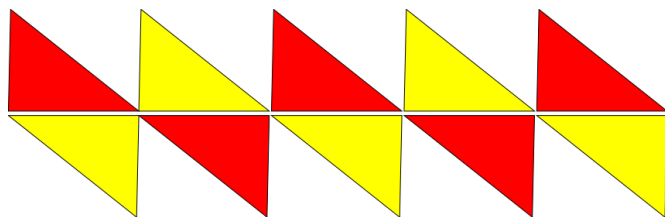


Рис. 3. Гвинтова вісь симетрії. Світлі трикутники знаходяться далі від глядача ніж темні.

## Лабораторна робота 4. Форми знаходження хімічних елементів в природі. Ізоморфізм

**Мета:** Вивчити види та чинники ізоморфізму. Навчитися будувати геохімічні зірки елементів.

### Хід роботи

**Завдання 1.** Внести дані по іонних радіусах в Геохімічну таблицю.

Таблиця 3. Іонні радіуси (по Н.В. Белову и В.М. Бокий, 1954) [7]

№	ХЕ	Валентність						
		1	2	3	4	5	6	7
1	H	0			–			
		1,36	–	–		–	–	–
3	Li	0,68	–	–	–	–	–	–
4	Be	–	0,34	–	–	–	–	–
5	B	–	–	(0,20)*	–	–	–	–
6	C	–	–	–	0,24+	–	–	–
					(0,15)4+			
					(2,60)4–			
7	N	–	1,48	–	–	0,15	–	–
8	O	–	1,362–	–	–	–	–	–
9	F	1,331–	–	–	–	–	–	–
11	Na	0,98	–	–	–	–	–	–
12	Mg	–	0,74	–	–	–	–	–
13	Al	–	–	0,57	–	–	–	–
14	Si	–	–	–	0,39	–	–	–
15	P	–	–	1,863–	–	0,35	–	–
16	S	–	1,822–	–	–	–	-0,29	–
17	Cl	1,811–	–	–	–	–	–	-0,26
19	K	1,33	–	–	–	–	–	–
20	Ca	–	1,04	–	–	–	–	–
21	Sc	–	–	0,88	–	–	–	–
22	Ti	–	0,78	0,69	0,64	–	–	–

Таблиця 3. (продовження)

23	V	–	0,72	0,67	0,61	0,4	–	–
24	Cr	–	0,83	0,64	–	–	0,35	–
25	Mn	–	0,91	0,7	0,52	–	–	-0,46
26	Fe	–	0,8	0,67	–	–	–	–
27	Co	–	0,78	0,64	–	–	–	–
28	Ni	–	0,74	–	–	–	–	–
29	Cu	0,98	0,8	–	–	–	–	–
30	Zn	–	0,8	–	–	–	–	–
31	Ga	–	–	0,62	–	–	–	–
32	Ge	–	0,65	–	0,44	–	–	–
33	As	–	–	0,693+	–	-0,47	–	–
34	Se	–	1,932–	–	–	–	0,35	–
35	Br	1,961–	–	–	–	–	–	-0,39
37	Rb	1,49	–	–	–	–	–	–
38	Sr	–	1,2	–	–	–	–	–
39	Y	–	–	0,97	–	–	–	–
40	Zr	–	–	–	0,82	–	–	–
41	Nb	–	–	–	0,67	0,66	–	–
42	Mo	–	–	–	0,68	–	–	–
44	Ru	–	–	–	0,62	–	–	–
45	Rh	–	–	0,75	0,65	–	–	–
46	Pd	–	–	–	0,64	–	–	–
47	Ag	1,13	–	–	–	–	–	–
48	Cd	–	0,99	–	–	–	–	–
49	In	–	–	0,99	–	–	–	–
50	Sn	–	1,02	–	0,67	–	–	–
51	Sb	–	–	2,083– (0,90)3+	–	0,62	–	–
52	Te	–	2,112–	–	0,89	–	-0,56	–
53	I	2,201–	–	–	–	–	–	-0,5
55	Cs	1,65	–	–	–	–	–	–
56	Ba	–	1,38	–	–	–	–	–
57	La	–	–	1,22	–	–	–	–
58	Ce	–	–	1,02	0,88	–	–	–
59	Pr	–	–	1	–	–	–	–
60	Nd	–	–	0,99	–	–	–	–
61	Pm	–	–	-0,98	–	–	–	–
62	Sm	–	–	0,97	–	–	–	–
63	Eu	–	–	0,97	–	–	–	–
64	Gd	–	–	0,94	–	–	–	–
65	Tb	–	–	0,89	–	–	–	–
66	Dy	–	–	0,88	–	–	–	–
67	Ho	–	–	0,86	–	–	–	–

Таблиця 3. (продовження)

68	Er	–	–	0,85	–	–	–	–
69	Tm	–	–	0,85	–	–	–	–
70	Yb	–	–	0,81	–	–	–	–
71	Lu	–	–	0,8	–	–	–	–
72	Hf	–	–	–	0,82	–	–	–
73	Ta	–	–	–	–	-0,66	–	–
74	W	–	–	–	0,68	–	0,65	–
75	Re	–	–	–	0,68	–	0,52	0,55
76	Os	–	–	–	0,65	–	–	–
77	Ir	–	–	–	0,65	–	–	–
78	Pt	–	–	–	0,64	–	–	–
79	Au	-1,37	–	–	–	–	–	–
80	Hg	–	-1,12	–	–	–	–	–
81	Tl	1,49	–	1,05	–	–	–	–
82	Pb	–	1,26	–	0,76	–	–	–
83	Bi	–	–	2,133– 1,203+	–	-0,74		
88	Ra	–	1,44	–	–	–	–	–
89	Ac	–	–	1,11	–	–	–	–
90	Th	–	–	1,08	0,95	–	–	–
91	Pa	–	–	1,06	0,91	–	–	–
92	U	–	–	1,04	0,89	–	–	–

**Завдання 2.** Розрахувати можливість ізоморфізму згідно закону Грімма-Гольдшмідта. Побудувати геохімічну зірку заданого елемента.

### Закон Грімма-Гольдшмідта

Ізоморфне заміщення проявляється тоді, коли радіуси відповідних структурних одиниць відрізняються один від одного не більше ніж на 15%

$$(R_1 - R_2) / R_1 < 15\%$$

Якщо різниця іонних радіусів понад 15%, то ізоморфізм можливий при температурах близьких до температур плавлення (магматизм).

## Лабораторна робота 5. Геохімічні особливості земної кори

**Мета:** Вивчити хімічний склад земної кори.

### Хід роботи

**Завдання 1.** Внести дані по кларках хімічних елементів в Геохімічну таблицю.

Розбити елементи по декадах В. І. Вернадського. Розмалювати Геохімічну

таблицю згідно декад: елементи з кларком понад 10% - червоним кольором; 1-10% – оранжевим; 0,1-1% – жовтим; 0,01-0,1 – зеленим; 0,001-0,01% – блакитним; 0,0001-0,001% – синім; 0,00001-0,0001% – фіолетовим.

Таблиця 4. Вміст хімічних елементів в земній корі по декадах [8]

I	>10	O, Si
II	1-10	Al, Fe, Ca, Na, Mg, K, H
III	0,1-1	Ti, C, Cl, P, S, Mn
IV	0,01-0,1	F, Ba, N, Sr, Cr, Zn, V, Ni, Zn, B, Cu
V	0,001-0,01	Rb, Li, Y, Be, Ce, Co, Th, Nd, Pb, Ga, Mo, Bi
VI	0,0001- 0,001	U, Yb, Dy, Gd, Sm, Er, La, Sn, Sc, W, Cs, Cd, As, Pr, Hf, Ar, Lu, Hg, Tu, Ho, Tb, I, Ce
VII	0,00001- 0,0001	Se, Sb, Nb, Ta, Eu, In, Bi, Tl, Ag
VIII	0,000001- 0,00001	Pd, Pt, Ru, Os, Po, Au, Rh, Ir, Te, He

Таблиця 5. Вміст хімічних елементів в земній корі [6]

Z	Елемент	Ф. Кларк и Г. Вайсбергсон	А. Е. Ферсман	А. П. Виноградов	С. Р. Гейлор
1	H	0,88	1,00	—	—
2	He	—	$1 \cdot 10^{-6}$	—	—
3	Li	0,004	0,005	0,0032	0,0020
4	Be	0,001	0,0004	0,00038	0,00028
5	B	0,001	0,005	0,0012	0,001
6	C	0,087	0,35	0,024	0,02
7	N	0,03	0,04	0,0019	0,002
8	O	49,52	49,13	47,0	46,10
9	F	0,027	0,08	0,066	0,0625
10	Ne	—	$5 \cdot 10^{-3}$	—	—
11	Na	2,64	2,40	2,50	2,36
12	Mg	1,94	2,25	1,87	2,33
13	Al	7,51	7,45	8,05	8,23
14	Si	25,75	26,00	29,00	28,16
15	P	0,12	0,12	0,093	0,105
16	S	0,048	0,10	0,047	0,026
17	Cl	0,19	0,20	0,017	0,013
18	Ar	—	$4 \cdot 10^{-4}$	—	—
19	K	2,40	2,35	2,50	2,09
20	Ca	3,29	3,25	3,96	4,15
21	Sc	$n \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-4}$	0,001	0,0022
22	Ti	0,58	0,61	0,45	0,57
23	V	0,016	0,02	0,009	0,0135
24	Cr	0,033	0,03	0,0083	0,010
25	Mn	0,08	0,10	0,10	0,095
26	Fe	4,70	4,20	4,65	4,63
27	Co	0,01	0,002	0,0018	0,0025
28	Ni	0,018	0,01	0,0058	0,0075
29	Cu	0,01	0,01	0,0047	0,0055
30	Zn	0,004	0,02	0,0083	0,007
31	Ga	$n \cdot 10^{-3}$	0,0001	0,0019	0,0015
32	Ge	$n \cdot 10^{-3}$	0,0004	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
33	As	$n \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
34	Se	$n \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
35	Br	$n \cdot 10^{-4}$	0,001	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$
36	Kr	—	$2 \cdot 10^{-4}$	—	—
37	Rb	$n \cdot 10^{-3}$	0,008	0,015	0,009
38	Sr	0,017	0,035	0,034	0,0375
39	Y	—	$5 \cdot 10^{-3}$	0,0020	0,0033
40	Zr	0,023	0,025	0,017	0,0165
41	Nb	—	$3,2 \cdot 10^{-3}$	0,002	0,002
42	Mo	$n \cdot 10^{-4}$	0,001	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
43	Tc	—	—	—	—
44	Ru	$n \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	—	—
45	Rh	$n \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	—	—
46	Pd	$n \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	—

Таблица 5. (продовження)

Z	Зармент	Ф. Кларк в Г. Вашингтон	А. Н. Ферсман	А. П. Виноградов	С. Р. Тендор
47	Ag	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-6}$
48	Cd	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-3}$
49	In	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$
50	Sn	$1 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
51	Sb	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$
52	Te	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-7}$	—
53	I	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$
54	Xe	—	$3 \cdot 10^{-8}$	—	—
55	Cs	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
56	Ba	0,047	0,05	0,065	0,0425
57	La	—	$6,5 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
58	Ce	—	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-4}$
59	Pr	—	$4,5 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-4}$	$8,2 \cdot 10^{-4}$
60	Nd	—	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$
61	Pm	—	—	—	—
62	Sm	—	$7 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
63	Eu	—	$2 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
64	Gd	—	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-4}$
65	Tb	—	$1 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-5}$
66	Dy	—	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
67	Ho	—	$1 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
68	Er	—	$6,5 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$
69	Tm	—	$1 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$4,8 \cdot 10^{-5}$
70	Yb	—	$8 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-5}$
71	Lu	—	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$
72	Hf	$3 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
73	Ta	—	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
74	W	$5 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
75	Re	—	$1 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-8}$	—
76	Os	$1 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-4}$	—	—
77	Ir	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-6}$	—	—
78	Pt	$1 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-5}$	—	—
79	Au	$1 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$4,3 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$
80	Hg	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$
81	Tl	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-5}$
82	Pb	$2 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-4}$
83	Bi	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-7}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$
90	Th	$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$9,6 \cdot 10^{-4}$
92	U	$8 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$

**Завдання 2.** Розрахувати відношення вмісту в породі алюмінію до заліза якщо

$$(Al+Fe):Fe = Al:Fe = \varphi$$

Розрахувати кларк концентрації Al, якщо кларк концентрації Fe = 1; 0,7; 1,2.

## Лабораторна робота 6. Геохімічні класифікації хімічних елементів

**Мета:** Вивчити геохімічні класифікації елементів

**Хід роботи**

**Завдання:** Придумати умовні позначення для даних класифікацій. Внести значки в Геохімічну таблицю.

Таблиця 6. Класифікація Гольдшмідта [6]

Літофільні	Li, Be, B, O, F, Na, Mg, Al, Si, P, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, I, Cs, Ba, TR, Hf, Ta, W, At, Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U.
Халькофільні	S, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po
Сидрофільні	Fe, Co, Ni, Mo, Ru, Rh, Pd, Re, Os, Ir, Pt
Атмофільні	N, H, Ar, He, Ne, Kr, Xe

Таблиця 7. Класифікація Вернадського

Благородні гази	He, Ne, Ar, Kr, Xe
Благородні метали	Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Au
Циклічні елементи	H, B, C, N, O, F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Ba, (Be, Cr, Ge, Zr, Sn, Sb, Te, Hf, W, Re, Hg, Tl, Pb, Bi
Розсіяні елементи	Li, Sc, Ga, Br, Rb, Y, Nb, In, J, Cs, Ta
Рідкісно-земельні елементи	La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tu, Yb, Lu
Радіоактивні елементи	Po, Rn, Ra, Ac, Th, Pa, U

Таблиця 8. Класифікація Полинова

Ряд елементів	Склад ряду	Показник порядку величини міграції
Енергійно виносяться	Cl, Br, I, S	$2n * 10$
Легко виносяться	Ca, Na, K, Mg	n
Рухливі	Si (силікатів), P, Mn	$n*10^{-1}$
Інертні	F, Al, Ti	$n*10^{-2}$
Практично нерухомі	Si (кварцу)	$n*10^{-3}$

### Класифікація Перельмана

Більш детальна геохімічна класифікація елементів за особливостями їх міграції в ландшафтах була дана А.І. Перельманом. Вона відповідає поведінці хімічних елементів в умовах зони гіпергенезу. В основу класифікації покладено інтенсивність, контрастність, види міграції елементів в різних геохімічних ситуаціях, а також їх властивості та кларки.

В основі цієї класифікації лежить розподіл на:

#### повітряні мігранти

Мігрують як в газоподібному стані, у вигляді летких сполук, так і з водним розчином.

#### водні мігранти

У газоподібному стані не мігрують або мігрують слабо.

У класифікації врахована залежність міграційної здатності хімічних елементів в різних окисно-відновних середовищах.

**Повітряні мігранти** поділяються на **активні** і **пасивні**. Активні - утворюють хімічні сполуки: кисень, азот, вуглець, водень, йод. З них в основному складається жива речовина, природні води. Вони значною мірою визначають рН і Ен природних вод. Пасивні - не утворюють хімічних сполук: аргон, неон, ксенон, криптон, гелій, радон. Не відіграють істотної ролі в ландшафті. **Водні мігранти**. Елементи мігрують в ґрунтових, ґрунтових і поверхневих водах і діляться на катіоногенні і аніоногенні. Діляться на 8 груп.



1. Дуже рухливі,  $K_x = n$  (10-100). Відносяться тільки до аніоногенних елементів - це хлор, бром, сірка. Активно накопичуються при випаровуванні, входять до складу легкорозчинних мінералів.

2. Рухливі.  $K_x = n$  (1-10). Серед катіоногенних: кальцій, натрій, магній, стронцій, радій. Серед аніоногенних: фтор і бор. Ці елементи утворюють легко і важкорозчинні солі. Енергійно мігрують в природних водах.

3. Слабо рухливі.  $K_x = n$  (0.1 -1)

K, Ba, Rb, Li, Be, Cs Si, P, Ge, Sn, Sb, As

4. Рухливі і слаборухливі в окиснювальній обстановці  $K_x = n$  (0.1 -1), інертні в сірководневому середовищі  $K_x$  менше 0.n, осідають на лужних бар'єрах, мігрують в окиснювальній обстановці. Елементи відносяться до катіоногенної групи - цинк, мідь, нікель, свинець, кадмій добре мігрують в кислих водах і осідають на лужному бар'єрі. Ртуть, срібло - мігрують в кислих і лужних водах окисної обстановки.

5. Рухливі і слабо рухомі в окиснювальній обстановці, інертні в відновному середовищі, осідають в сірководневому і глейовому середовищі  $K_x = n$  (0.1-1). У цій групі зустрічаються тільки аніоногенні елементи - ванадій, молібден, селен, уран, реній, осідають на сірководневому і глейовому бар'єрі.

6. Рухливі і слаборухливі в відновному глейовому середовищі  $K_x = 0.n - n$ , інертні в окислювальному і відновному сірководневому середовищі. До катіоногенних - залізо, марганець, кобальт. Осідають на кисневих і сірководневих бар'єрах.

7. Малорухомі в більшості ситуацій  $K_x = n$  (0.1 -0.01). Алюміній, титан, хром, технецій- катіоногенні, частково мігрують в сильно кислому середовищі. Цирконій, ніобій, тантал, вольфрам, Гольмій, європій - аніоногенних, частково мігрують в лужному середовищі.

8. Не мігрують, не утворюють хімічних сполук. Для них характерний самородний стан - осмій, платина, паладій, рутеній, золото, цирконій.

## Лабораторна робота 7. Геохімія і геофізика атмосфери

**Мета:** Закріпити знання з геохімії та геофізики атмосфери за допомогою розв'язування типових задач.

### Хід роботи

**Завдання.** Розв'язати задачі

**Задача 1.** Маса атмосфери оцінюється величиною  $5 \cdot 10^{15}$  т ( $0,005 \cdot 10^{24}$  г). Визначте кількість кисню в атмосфері в кг припускаючи, що атмосфера складається тільки з таких «Квазіпостійних» компонентів, як азот, кисень і

аргон, а їх об'ємна концентрація відповідає значенням, характерним для приземного шару атмосфери (азот - 78,1%, кисень - 20.95% , аргон - 0.93%).

**Задача 2.** Визначте середній час перебування парів води в атмосфері, якщо за оцінками фахівців в атмосфері перебуває 12 900 км<sup>3</sup> води, а на поверхню суші і океану випадає у вигляді атмосферних опадів в середньому  $577 \cdot 10^{12}$  м<sup>3</sup> води на рік.

**Задача 3.** Визначте середньоквадратичну швидкість руху молекул азоту в приземному шарі повітря [9].

## Лабораторна робота 8. Геохімія біосфери

**Мета:** Навчитися розраховувати % вміст хімічних елементів в біологічних об'єктах.

### Хід роботи

**Завдання:** Розрахувати % вміст хімічних елементів із таблиці в наземній частині діброви.

Наземна біомаса діброви становить 264 т/га (7 т — листя, 27 т — гілки і пагони, 230 т — деревина) [2]

Таблиця 8. Вміст ряду хімічних елементів в наземній діброви, кг/га (за даними М. Рарр, 1969) [2]

Хімічний елемент	Наземні частини рослин			
	Листя	Гілки і пагони	Деревина	Загальна кількість
Na	1	8	23	32
K	43	90	493	626
Ca	70	493	3290	3853
Mg	9	25	117	151
P	10	40	174	224
N	93	153	517	763
Fe	1,2	2,6	14,1	18
Mn	2,4	2,3	14,1	19
Zn	0,4	1,3	4,7	6
Cu	0,1	0,5	4,7	5
Загальна кількість мінеральної маси	230,1	815,7	4651,6	5697,4

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеенко В.А. Миграция и концентрация химических элементов в биосфере. – М.: ГТУ, 1997.
2. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. – М.: Логос, 2000. – 627 с.
3. Барабанов В. Ф. Геохимия. – Л., 1985.
4. Беручашвили Н.Л. Геофизика ландшафта. – М.: Высш. Шк., 1990. – 287 с.
5. Браунлоу А. Х. Геохимия. – Пер. с англ. М., 1984.
6. Войткевич Г. В., Закруткин В. В. Основы геохимии. Учеб. пособие. – М., 1976.
7. Гусева А.Ф., Закс Е.В. Справочник по общей и неорганической химии. – Екатеринбург, 2001. – 39 с.
8. Добровольская М.Г. Геохимия земной коры. Учеб. пособие. – М., Российский университет дружбы народов, 2007. – 78 с.
9. Захаров И.И., Захарова О.И. Физика геосфер. – Северодонецк: Изд-во СТИ, 2007. – 68 с.
10. Малишева Л.Л. Геохімія ландшафтів. – К.: Либідь, 2000. – 466 с.
11. Перельман А.И. Геохимия эпигенетических процессов. – М.: Недра, 1968.
12. Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высшая школа, 1989.
13. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. – Учебник. М., 1999, 610 с.
14. Трифонов К.И., Девисилов В.А. Физико-химические процессы в техносфере. – М.: ФОРУМ-ИНТРА-М, 2007. – 240 с.