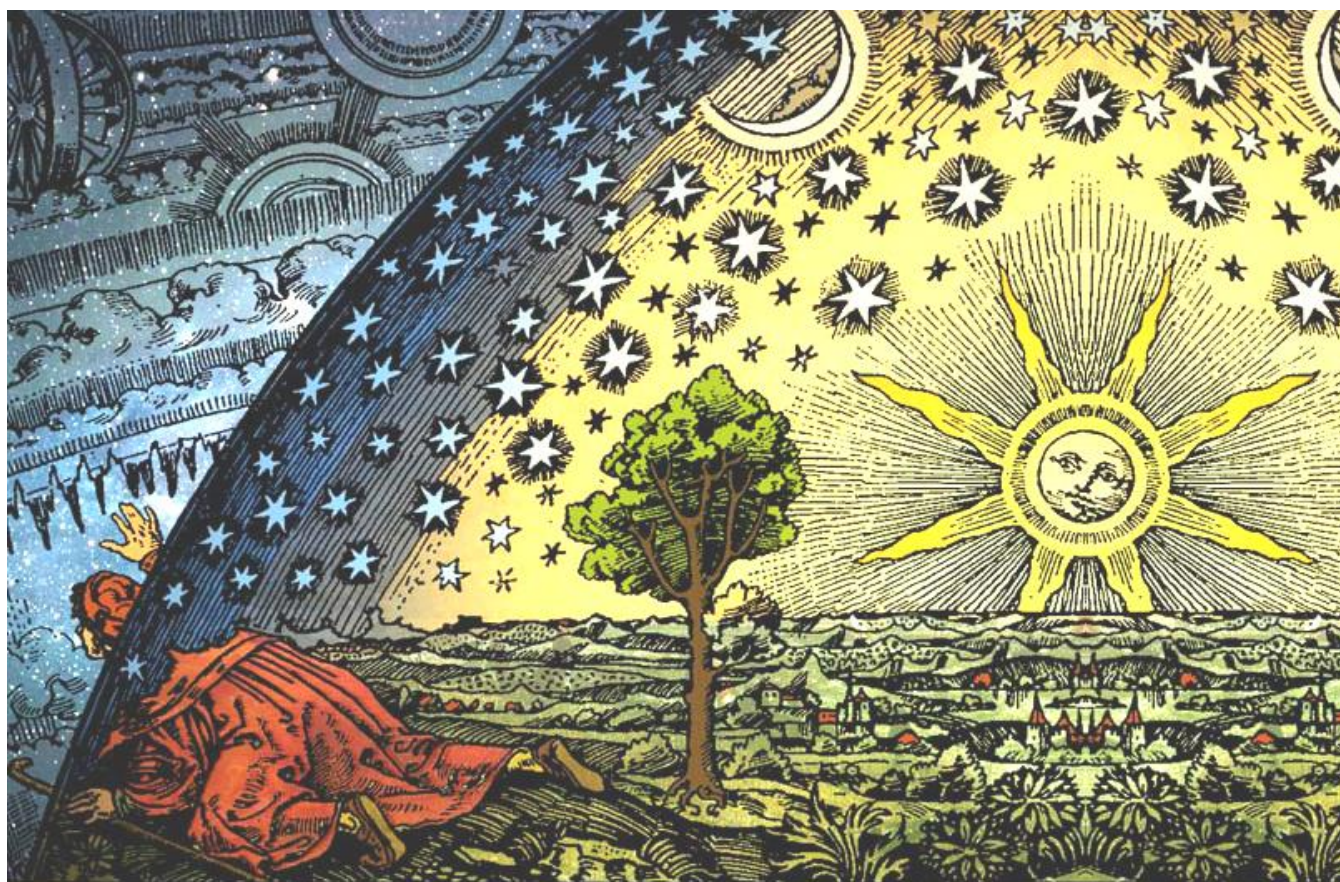


В. А. Богатиренко, І. Б. Чорний, В. А. Нестеровський

ХІМІЯ Землі



ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ



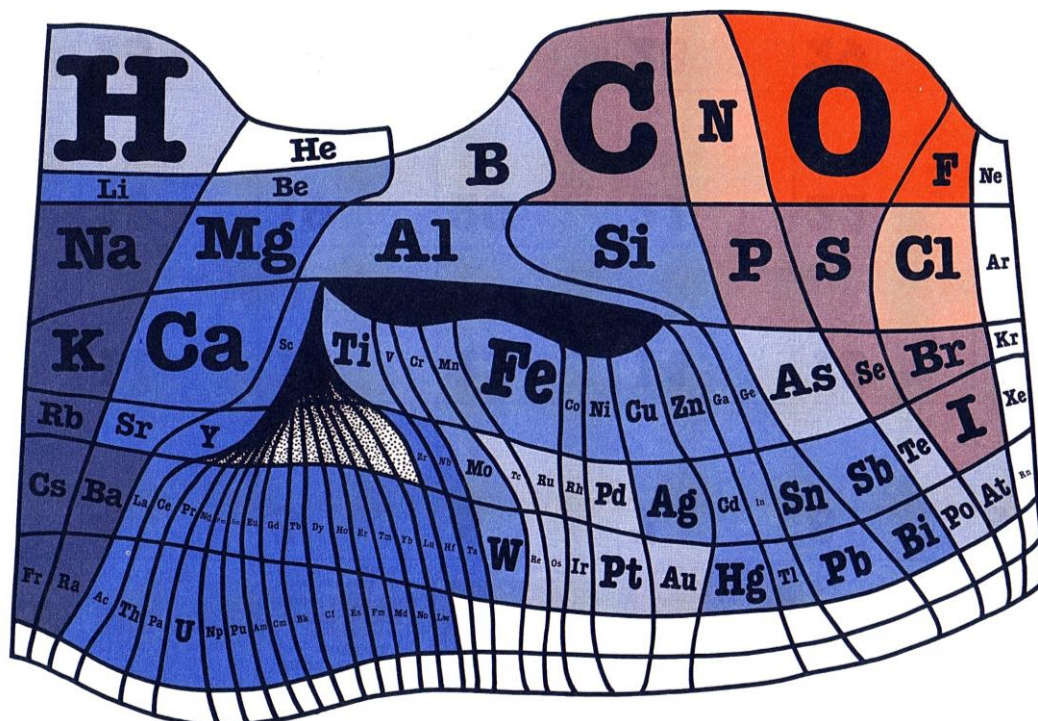
Київ - 2015

*"Усі ми пов'язуємо з хімічною наукою
подальший прогрес у пізнанні
навколишнього світу....".*

В. А. Богатиренко, І. Б. Чорний, В. А. Нестеровський

ХІМІЯ Землі

Лабораторний практикум



Київ – 2015

Друкується за постановою Вченої ради Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова, протокол № 7 від “27” лютого 2014 р.

Рецензенти:

- Доктор геологічних наук, професор, завідувач відділом біогеохімії Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України Долін В.В.
- Доктор хімічних наук, професор кафедри екології Європейського університету Хворов М.М.
- Доцент кафедри інтегрованого захисту та карантину рослин, кандидат сільськогосподарських наук Національного університету біоресурсів та природокористування України Вигера С.М.
- Кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії НПУ імені М.П. Драгоманова, м. Київ Нікітіна С.В.
- Кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії НПУ імені М.П. Драгоманова, м.Київ Прокопенко В.П.

Богатиренко В. А. **Хімія Землі: Лабораторний практикум** / В. А. Богатиренко, І. Б. Чорний, В. А. Нестеровський – К.: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2015. – 310 с.

Даний практикум відповідає послідовності викладення матеріалу у навчальному посібнику “Хімія Землі” і спрямований на формування у майбутніх учителів хімії умінь щодо експериментального вивчення побудованих атомами хімічних елементів природних неорганічних сполук, створених у різних термодинамічних і фізико-хімічних умовах земної кори. Його основною метою є висвітлення картини геохімічної неоднорідності біосфери шляхом набуття студентами – хіміками необхідного обсягу знань й практичних умінь у напрямку вивчення хімічної будови земної кори і хімічних процесів, які зумовлюють розподіл хімічних елементів між літосферою, гідросферою, педосферою і атмосферою.

Практикум призначений для підготовки студентів хімічних спеціальностей у вищих педагогічних закладах освіти, організації активної творчої самостійної роботи. Він може бути використаний у навчальному процесі при підготовці студентів нехімічних спеціальностей природничого напрямку. Практикум може бути корисним для викладачів вузів і вчителів хімії, біології, екології, а також геохімії.

ISBN 978-966-931-013-2

© В. А. Богатиренко, І. Б. Чорний,
В. А. Нестеровський, 2015

© Національний педагогічний університет
імені М. П. Драгоманова, 2015

ПЕРЕДМОВА

Даний практикум створено до навчального посібника «Хімія Землі». В ньому зібрано методики лабораторних експериментальних досліджень, послідовність виконання яких сприяє формуванню цілісної картини механізмів упорядкування та взаємної організації геосистем Землі. Разом з відомими методиками щодо дослідження гідро-, атмосфери та хімії ґрунтів запропоновані оригінальні методики для вивчення будови та властивостей мінералів і порід земної кори.

При виборі лабораторних робіт автори керувалися тим, щоб у них були представлені комплексні дослідження фізичних, хімічних та фізико-хімічних властивостей різних природних систем. Лабораторні роботи – це хімічні експериментальні дослідження природних об'єктів, які максимально відтворюють природні процеси утворення, існування і перетворення хімічних елементів в земній корі, педосфері, гідросфері та атмосфері. Першочергова увага була приділена навчальному матеріалу, що спирається на поняття і явища, без яких неможливе життя людини у сучасному світі.

Практикум включає методичні вказівки до виконання 34 лабораторних робіт. Послідовність лабораторних робіт у практикумі відповідає змісту навчального посібника «Хімія Землі».

Надбанням практикуму є спрямування лабораторних робіт для різного рівня підготовки студентів за вибором викладача. Студентам перших курсів пропонуються переважно дослідження якісного характеру. Студенти старших курсів можуть виконувати лабораторні роботи з використанням різних методів хімічного та фізико-хімічного аналізу. Крім того, деякі роботи, які потребують більш глибокої теоретичної підготовки, можна планувати як експериментальне дослідження природних систем при виконанні курсових, дипломних або магістерських робіт.

Для формулювання висновків до кожної лабораторної роботи наводяться питання, які акцентують увагу студента на суті проведеного експериментального дослідження та наукової інтерпретації одержаних даних. З метою перевірки рівня самостійної підготовки до заняття після методик експериментального

дослідження і формулювання висновків студентам пропонується дати відповіді на контрольні запитання.

У практикумі наводяться також задачі та тренувальні завдання у тестовому форматі, опрацювання яких має полегшити успішне засвоєння навчального матеріалу.

Структура практикуму:

1. Хімічні, фізико-хімічні та геохімічні закономірності поширення хімічних елементів у природі (хімічні елементи як складові речовинної будови Землі, поняття про мінерали та морфологію мінералів, породи і руди).
2. Хімія педосфери, біокосних систем Землі та ґрунтів.
3. Хімія гідросфери.
4. Хімія атмосфери.

Даний практикум створено для забезпечення навчального процесу при вивченні курсів «Хімія Землі і проблеми екології», «Природні колоїдно-дисперсні системи», які викладаються при підготовці учителя хімії у НПУ імені М. П. Драгоманова.

Практикум може бути корисним для вчителів ЗНЗ, а також для підготовки студентів нехімічних спеціальностей у галузі природничих наук – наук про Землю.



I. ХІМІЧНІ, ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА ГЕОХІМІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОШИРЕННЯ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ПРИРОДІ

1. Хімічні елементи як складові речовинної будови Землі

Завдання роботи: вивчення хімічного складу оболонок Землі; вивчення Кларків хімічних елементів; вивчення закономірностей розповсюдження атомів хімічних елементів у Земній корі та літосфері; вивчення явища радіоактивності.

Хімічні властивості атомів, тобто приналежність атома до певного хімічного елемента, залежать від числа електронів і їх розміщення в електронній оболонці атома. *Місце хімічного елемента в періодичній системі елементів визначається його порядковим номером Z , яке дорівнює кількості електронів в оболонці атома або числу протонів, що містяться в атомному ядрі.*

Атомне ядро – об'єкт з розмірами біля 10^{-15} м. Ядро атома складається з двох типів часток – протонів і нейтронів, маси яких дорівнюють приблизно $1,7 \cdot 10^{-27}$ кг, причому нейтрон на 0,14 % важче за протон. Через схожість у властивостях (за винятком наявності заряду) обидві частинки часто називають словом «*нуклон*».

Нараховується до 3400 атомних ядер, з яких тільки 330 є стабільними, а решта – за достатньо короткий час можуть довільно перетворюватися в інші ядра (радіоактивні).

Нуклон – загальна назва протона і нейтрона, які є складовими частинами атомних ядер.

Нуклід – вид атомів, що характеризуються певним числом протонів (зарядом ядра або атомним номером Z) і нуклонів (масове число A). Позначають символом відповідного хімічного елемента з індексами A – зліва (або справа) вгорі і Z – зліва внизу, наприклад, ${}^6\text{C}^{12}$. Термін нукліди застосовують для позначення будь-яких різновидів атомів.

Радіонукліди – нукліди, яким притаманний радіоактивний розпад.

Радіонуклід – атомне ядро, здатне до радіоактивного розпаду.

Изобари – атомні ядра з однаковим числом нуклонів A , але різним числом протонів Z і нейтронів N .

Ізотопи (від *isos* – однаковий і *tópos* – місце), різновиди атомів одного хімічного елемента (нукліди), атомні ядра яких містять однакове число протонів і різне число нейтронів; мають однакове число електронів в атомній оболонці і займають одне місце в періодичній системі елементів, відрізняючись масами атомів. Термін запропонований англійським радіохіміком Ф. Содді (1912). Розрізняють стійкі (стабільні) і радіоактивні ізотопи.

Масове число атома ізотопу A – число нуклонів у ядрі ($A = N + Z$), що дорівнює значенню маси атома ізотопу, заокругленому до цілого числа.

Маси атомів M , виражені в атомних одиницях маси несуттєво відрізняються від цілих чисел і масове число A є найближчим до маси атома M цілим числом.

Повна енергія E зв'язку всіх нуклонів у ядрі визначається за масою атома. Ця енергія виражається співвідношенням $E = \Delta M \cdot c^2$, де c – швидкість світла у вакуумі, ΔM – різниця між сумарною масою всіх нуклонів ядра (у вільному стані) і масою ядра, яка дорівнює масі нейтрального атома без маси всіх електронів.

З усіх відомих ізотопів тільки три ізотопи Гідрогену мають власні назви: Протій – ^1H 99,985 %, Дейтерій – ^2H (або D) 0,015 % і радіоактивний Тритій. Тритій утворюється у верхніх шарах атмосфери при взаємодії азоту з нейтронами космічних променів. Співвідношення Тритію і Гідрогену (Т/Н) становить $1 \cdot 10^{-18}$. При підвищенні вмісту Дейтерію у воді (D) удвічі реакції в організмі уповільнюються в 13 разів. У природній воді комбінації ізотопів Гідрогену можуть створювати 18 різновидів молекул. Однак, склад води представлений переважно H_2O^{16} ($1,4 \cdot 10^{18}$) і D_2O^{16} ($2 \cdot 10^{14}$). На склянку води (200 мл) припадає лише кілька тисяч молекул T_2O^{16} . Дейтерієм збагачені води гейзерів, фумарол і гарячі підземні води. Як радіоактивний ізотоп він шкідливий живим організмам.

Отже, у природній суміші ізотопів хімічного елемента різні ізотопи містяться в різних кількостях. Хімічні елементи складаються або з одного нукліда (моноізотопні елементи) або з суміші двох чи більше ізотопів у відомих незмінних співвідношеннях. Наприклад,

природний хлор у вільному і в зв'язаному стані завжди складається з суміші Cl^{35} – 75,4% і Cl^{37} – 24,6% (що складає відносну атомну масу 35,457 г/моль). Число атомів даного ізотопу, виражене у відсотках до загального числа атомів усіх ізотопів хімічного елемента, називається відносною поширеністю ізотопу. Наприклад, Бор складається з двох стабільних ізотопів ^{10}B і ^{11}B з відносною поширеністю відповідно 19 % і 81 %.

Карбон у природі представлений трьома ізотопами: ^{12}C – 98,90 %, ^{13}C – 1,1 % і ^{14}C з періодом напіврозпаду 5 730 років – у слідових кількостях. Радіонуклід ^{14}C утворюється при взаємодії атмосферного азоту з нейтронами, а у результаті реакції β -розпаду знову переходить в Нітроген. Ізотоп ^{13}C накопичується в карбонатах, а ^{12}C концентрується в органічних сполуках у процесі фотосинтезу. Тому за співвідношенням $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ встановлюють генезис карбонатних порід.

Оксиген має в природі три стабільних ізотопи: ^{16}O – 99,76 %, ^{17}O – 0,048 % і ^{18}O – 0,20 %. Генетичне значення має співвідношення $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$, яке змінюється в межах до 5 %. У воді більше ^{16}O , в атмосфері ^{18}O . Морські води збагачені важким ^{18}O . Магматичні води містять менше ^{18}O , ніж осадові.

Сульфур представлений у природі стабільними ізотопами: ^{32}S – 95,02 %, ^{33}S – 0,75 %, ^{34}S – 4,21 % і ^{36}S – 0,02 %. Ізотопний склад Сульфуру дозволяє правильно визначити генезис природних сполук. За стандарт ізотопного складу Сульфуру прийнято Сульфур троїлиту метеоритів із сталим співвідношенням $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$, що дорівнює 22,22. Ізотопи Сульфуру суттєво відрізняються в геохімічних і біохімічних процесах окиснення і відновлення: легкий ізотоп-32 збагачує сульфіди і накопичується в біологічних структурах, а більш важкий ізотоп-34 – у сульфатах морської води (гіпс). співвідношення $^{32}\text{S}/^{33}\text{S}$, $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ та $^{32}\text{S}/^{36}\text{S}$ у природному середовищі змінюються відповідно до: 2,5 %, 5 % і 10 %.

Атомне ядро – це квантова система, яка підпорядковується законам квантової фізики. Атомному ядру притаманна дискретна енергетична структура. У ньому, однак, немає «планетарної» будови, як в атомі, але є різні енергетичні положення нуклонів, що називають *рівнями енергії*. При отриманні порції енергії, нуклони в ядрі переходять у більш високий енергетичний стан, а повертаючись назад випромінюють енергію у вигляді *фотонів* з малою довжиною хвилі. Такі ядерні фотони зазвичай називають *γ -квантами*. При

досягненні певної величини енергії – енергії відділення нуклона – ядро може викинути нуклон, змінюючи свій склад і властивості. Кількість нуклонів різного сорту в ядрі й їх енергетичний стан визначають властивості атомних ядер і більш фундаментальні характеристики. Наприклад, поширеність елементів у Всесвіті пояснюється саме квантовими характеристиками атомних ядер.

При об'єднанні нуклонів у ядра, маса ядра виявляється небагато (приблизно на 1 %) меншою, ніж маса складових його нуклонів. Різниця між масою нуклонів і масою ядра використовується на зв'язок нуклонів в ядрі і тому називається *енергією зв'язку*

$$E_{зв} = Z \cdot m_p \cdot c^2 + (A - Z) \cdot m_n \cdot c^2 - m_{я} \cdot c^2,$$

де Z – заряд ядра, A – масове число (число нуклонів у ядрі).

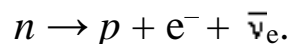
Важливою ядерною характеристикою, що впливає на поведінку ядер, є співвідношення між нейтронами і протонами в атомних ядрах.



Рис.1. N-Z діаграма атомних ядер.

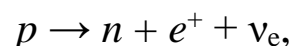
Найкраще це видно на N-Z діаграмі (рис.1), на якій можна виділити декілька областей. Одна з них – центральна частина – вузька смуга ядер «поля стабільності», тобто області стабільних ядер, не здатних до розпадів. Ядра, які розміщені вправо від поля стабільності, мають надлишок нейтронів і енергія їх ядра буде тим більшою, чим більший надлишок нейтронів. Такі ядра

можуть «повернутись» у поле стабільності шляхом перетворення одного з нейтронів на протон.



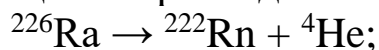
Цей процес називається β-мінус-розпадом. Нейтрон перетворюється на протон, електрон і електронне антинейтрино. У результаті β-розпаду збільшується заряд ядра і ядро перетворюється на більш стабільне.

У ядрах з надлишком протонів (на діаграмі, рис.1., вони розміщені зверху від «поля стабільності») реалізується зворотний процес:



який названий β -плюс-розпадом. Протон перетворюється на нейтрон, позитрон і електронне нейтрино. Оскільки маса протона менше від маси нейтрона, то β^+ -розпад відбувається тільки в ядрах, де у вільному стані протон стабільний.

Для області важких нестійких ядер характерний вже інший тип розпаду – випромінювання α -частинок (ядер ${}^4\text{He}$) або α -розпад. Цей тип розпаду призводить до зменшення і заряду і масового числа і «переміщенню» ядра в область більш легких ядер. Іноді це призводить до ланцюжка розпадів. Наприклад,

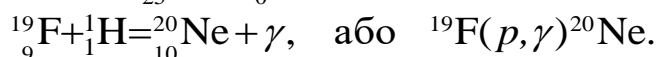
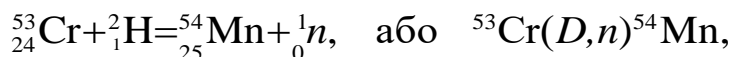


де останнім виявляється вже стабільне ядро.

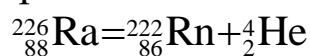
У багатьох випадках ядро, що виникає в результаті розпаду, має надлишок енергії і звільняється від нього випусканням γ -кванта, що називається γ -переходом у ядрі.

Задачі

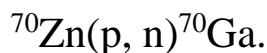
1. Коротко сформулюйте основні принципи поширення хімічних елементів на Землі.
2. Нижче наведені приклади повного та скороченого запису рівнянь ядерних реакцій:



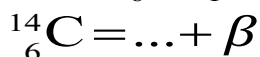
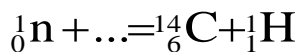
3. Сформулювати правила скороченого запису рівнянь ядерних реакцій і написати скороченим способом рівняння реакції:



і повним способом:



4. Заповнити пусті місця в рівняннях реакцій утворення й розпаду ${}^{14}\text{C}$:



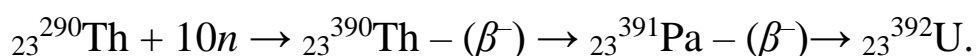
де β – електрон. Яке значення мають ці реакції для деяких гуманітарних галузей науки?

5. Одним з останніх відкритих елементів був Мейтнерій. Його одержали дією розігнаних до високих енергій йонів Феруму на мішень з Бісмуту: ${}^{56}_{26}\text{Fe} + {}^{209}_{83}\text{Bi} = {}^{266}_{109}\text{Mt} + \dots$? Закінчити це рівняння.

6. Запропонуйте метод отримання ізоотпу ^{17}O з ізоотпу ^{14}N (перша ядерна реакція Резерфорда).
7. Наведіть повне позначення нукліда, що містить: а) 21 нейтронів 38 інших частинок; б) 44 нейтрони і 70 інших частинок; в) 16 нейтронів і 30 інших частинок.
8. Чи можлива ситуація, коли атом елемента X і атом елемента Y мають однакові маси? Відповідь поясніть. Чи є ці атоми ізоотопами?
9. Чи можна назвати ізоотопами Ферум, Кобальт і Нікель — елементи, що розміщені в одному періоді й одній групі? Відповідь поясніть.
10. Сульфур складається з ізоотпів ^{32}S , ^{33}S , ^{34}S і ^{36}S , а Гідроген — з ізоотпів ^1H і ^2H . Скільки видів молекул міститься у гідроген сульфіді H_2S ? Напишіть їхні формули (на зразок $^1\text{H}^2\text{H}^{32}\text{S}$) і обчисліть відносні молекулярні маси.
11. Відношення числа атомів ізоотпів ^{63}Cu та ^{65}Cu у природному Купрумі становить 7 : 3. Обчисліть відносну атомну масу Купруму з точністю до десятих.
12. Калій представлений в природі трьома ізоотопами — ^{39}K (93,22 % від усіх атомів елемента), ^{41}K (6,77 %) і ^{40}K , що є радіоактивним нуклідом. Скільки нерадіоактивних атомів Калію припадає на 1 атом ^{40}K ?
13. Природний Нітроген складається з ізоотпів ^{14}N і ^{15}N . Використавши значення відносної атомної маси елемента, наведене в ПС, обчисліть атомну частку кожного нукліда в їх природній суміші.
14. Написати рівняння для ядерних реакцій:
 - а) $^{238}\text{U}(d, n)^{239}\text{Np}$;
 - б) $^{55}\text{Mn}(n, \alpha)^{52}\text{V}$;
 - в) $^{70}\text{Zn}(p, n)^{70}\text{Ga}$.
15. Закінчити рівняння ядерних реакцій:
 - а) $^{54}\text{Fe} + ^2\text{D} = ^1n + \dots$;
 - б) $^9\text{Be} + ^1\text{H} = ^8\text{Be} + \dots$;
 - в) $^{10}\text{B} + ^4\text{He} = ^1\text{H} + \dots$;
 - г) $^9\text{Be} + ^4\text{He} = ^1n + \dots$
 Написати ці рівняння у скороченій формі.
16. Пояснити поняття «дефект маси». При поділі 1000 г Урану-235 виділяється $8,23 \cdot 10^{13}$ Дж енергії. Обчислити масу продуктів реакції.
17. Заповнити таблицю:

Символ	Порядковий номер	Відносна атомна маса	Число протонів p	Число нейтронів n	Число електронів e	Заряд
${}_{28}\text{Ni}^{59}$						
${}_{16}\text{S}^{32}$						
	82	207			80	
			30	34	30	
			35	44	36	

18. Теплота згорання газоподібного метану 495,0 кДж/моль. Обчислити масу, еквівалентну цій енергії.
19. Ізотоп – Уран-233 одержують, опромінюючи в нейтронному потоці ядерного реактора Торій:



Написати скорочені схеми кожної реакції ланцюжку.

20. Обчислити дефект маси, енергію зв'язку та питому енергію зв'язку ядра ${}_8\text{O}^{16}$. Маса атома Гідрогену $m({}_1\text{H}^1) = 1,00783$ а.о.м.; маса атома Оксигену $m({}_8\text{O}^{16}) = 15,99492$ а.о.м.; маса нейтрона $m_n = 1,00867$ а.о.м.; $Z = 8$; $A = 16$.
21. Обчислити дефект маси Δm та енергію зв'язку $E_{зв.}$ ядра ${}_5\text{B}^{11}$.
22. Земний кларк золота дорівнює $5 \cdot 10^{-8}$ % ат. та $5 \cdot 10^{-7}$ % мас. Скільки атомів золота є на Землі і чому дорівнює маса всього золота, якщо маса Землі дорівнює $6 \cdot 10^{24}$ кг, а загальне число атомів, що утворюють її дорівнює $\approx 10^{50}$?
23. У земній корі Оксиген – найпоширеніший елемент. Він входить до складу більшості гірських порід, а також води і газоподібних оксидів. Розрахувати скільки молей Оксигену міститься в одній тонні земної кори, якщо на його частку припадає 49 % від загальної маси земної кори?

Контрольні питання

1. Поняття про кларк хімічного елемента.
2. Основні класифікації хімічних елементів за їх поширеністю у природних умовах Земної кори.
3. Поясніть поняття: сидерофільні, атмофільні, літофільні хімічні елементи.
4. Класифікація хімічних елементів за їх біологічною дією.
5. Які процеси об'єднуються поняттями «йонізуюче випромінювання», «радіоактивність», «спонтанна радіоактивність»?

6. Які елементи утворюють радіоактивні ряди Торію, Урану.
7. Природні джерела йонізуючого випромінювання. Радіоактивне забруднення.
8. Основні джерела та одиниці виміру йонізуючого випромінювання.
9. Біологічний ефект йонізуючого випромінювання і норми радіаційної безпеки для населення.
10. За поширеністю на Землі хімічні елементи поділяються на поширені, рідкісні, розсіяні і самородні. Поясніть зміст такої класифікації і наведіть п'ять - шість прикладів хімічних елементів, які відносяться до кожної із зазначених груп.
11. Які хімічні елементи зустрічаються на Землі у вигляді простих речовин і яка їх загальна назва? Поясніть, чому до числа цих елементів входять золото і платина, але серед них немає магнію та алюмінію?
12. Які типи природних сполук найбільш поширені в земній корі?
13. У природі зустрічається мінерал жадеїт. Жадеїт відноситься до силікатів з ланцюговою структурою, його формула $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Таку ж формулу, але іншу будову, має мінерал анальцим $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$, який не відносять до коштовних каменів. Що означають квадратні дужки в цих формулах? Відобразіть структурні формули обох мінералів.

2. Мінерали. Хімічний склад мінералів

2.1. Виявлення хімічних елементів у складі деяких мінералів за допомогою якісних хімічних реакцій

Завдання роботи: вивчення хімічного складу найбільш поширених мінералів за колекціями і зразками;
 вивчення якісних хімічних реакцій для виявлення катіонів і аніонів у складі мінералів;
 визначення хімічної формули мінералу за даними хімічного аналізу.

Мінерали: клас карбонатів: група кальциту – кальцит і магнезит, сидерит, смітсоніт, родохрозит;
 клас сульфатів – гіпс;
 клас фосфатів – апатит;
 клас сульфідів – халькопірит, пірит, галеніт;
 клас оксидів і гідроксидів – гетит, лимоніт, магнетит, гематит;
 клас галоїдів – галіт, карналіт, сильвін, сильвініт, флюорит.

Реактиви:	Посуд:
<ol style="list-style-type: none"> 1. HNO_3 ($\omega(\text{HNO}_3) = 30 \%$) [або розчин хлоридної кислоти HCl (1:1), розчин сульфатної кислоти H_2SO_4 ($C(1/z)=2$ моль/л)], 2. Na_2SO_4 – насичений розчин, 3. NaOH – концентрований розчин, 4. розчн магнезону I або магнезону II, 5. NaHCO_3, 6. калій гідроген сульфат (KHSO_4), 7. молібденова рідина (розчин $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ у HNO_3), 8. амоній гідрогенмолібдат (NH_4HMoO_4), 9. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, 10. $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, 11. KCNS, 12. NH_4CNS, 13. розчин AgNO_3, $C(\text{AgNO}_3) = 0,1$ моль/л, 14. CaCl_2, $C(\text{CaCl}_2) = 1$ моль/л, 15. дистильована вода. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. чашки Петрі, 2. предметні скельця, 3. крапельниці або скляні піпетки, 4. ступка з товкачиком, 5. шпатель, 6. скляні пробірки, 7. штатив.

Вивчення хімічного складу є важливим допоміжним або навіть вирішальним способом визначення типу порід. Хімічному аналізу піддається середня проба всієї породи або певна її частина. Наприклад, при вивченні глинистих порід найбільш доцільно проводити хімічний аналіз лише певних фракцій (менше 0,001 мм; 0,005 - 0,001 мм тощо). Здебільшого проводиться лише частковий хімічний аналіз порід: для визначення карбонатності, вмісту Феруму, Мангану тощо.

Велике значення, особливо в польових умовах, мають найпростіші методи якісного аналізу, зокрема, метод розтирання порошків, розроблений П. М. Ісаковим. Метод розтирання дає можливість у польових умовах швидко встановлювати присутність в мінералах Fe, Co, Ni, Mn, Cr, Zn, Ag, Hg, Pb, Cu, Bi, Cd, Sn, Sb, Mo, As, W, Ti, B, P, S та інших елементів. Цей метод, на відміну від більшості якісних визначень, заснований на реакціях, що відбуваються не у водних розчинах, а між твердими речовинами. Якісне визначення проводиться за забарвленням продуктів реакцій. Оскільки реагуючі речовини взаємодіють одна з одною у твердому стані, то для отримання забарвлення достатні дрібні крупинки цих речовин.

Визначення деяких мінералів може бути проведено безпосереднім змішуванням при розтиранні мінералів з певним реактивом. В інших випадках випробування мінерал необхідно

попередньо розтерти з твердим розчинником. Як розчинники застосовують кристалічний калій гідрогенсульфат або суміш солей амонію.

2.1.1. Реакція карбонатних мінералів на кисле середовище

Для проведення дослідження потрібно відібрати мінерали, які відносяться до класу карбонатів, групи кальциту. У групі кальциту (тригональна сингонія, формула симетрії $6L_23L_23PC$) крайніми випадками є заміщення Кальцію Магнієм – в кальциті і Магнію на Кальцій – в магнезиті. Мінерали групи кальциту:

Склад	Мінерал	Йонний радіус катіона, нм
$CaCO_3$	Кальцит	0,100
$MgCO_3$	Магнезит	0,072
$MnCO_3$	Родохрозит	0,083
$FeCO_3$	Сидерит	0,078
$ZnCO_3$	Смітсоніт	0,074

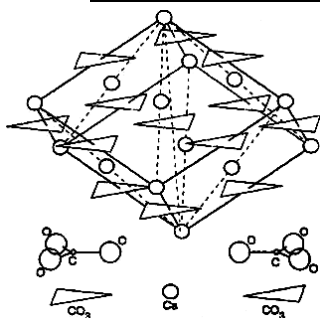


Рис. 2. Кристалічна структура кальциту.

Карбонати взаємодіють з кислотами – реакція відбувається з виділенням пухирців вуглекислого газу (CO_2). Для проведення реакції потрібно капнути на поверхню мінералу розчин кислоти (нітратної, ацетатної, хлоридної тощо).

Реакція з кислотами проходить по-різному для різних карбонатних мінералів, що дозволяє їх діагностувати.

Методика проведення дослідження.

- ✓ Взяти дві пробірки. В одну пробірку внести декілька уламків кальциту, а в другу – декілька уламків магнезиту.
- ✓ Подрібнити декілька уламків магнезиту у дрібний порошок і внести у третю пробірку.
- ✓ У кожену пробірку додати по 1 мл нітратної кислоти:

Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:	Спостереження:
--	-------------------------

- ✓ Відібрати пробірку з уламками магнезиту і нагріти уміст пробірки.

Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:	Спостереження:
--	-------------------------

Висновок: кальцит «закипає» при дії кислоти на зразок, а магнезит реагує тільки з гарячою кислотою або після подрібнення його в дрібний порошок.

2.1.2. Визначення іонів Ca^{2+} у складі мінералів

Однією з найбільш чутливих і характерних реакцій на Кальцій є реакція утворення кристалів гіпсу ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Методика проведення дослідження

- ✓ Декілька уламків кальциту (CaCO_3) подрібнити у порошок.
- ✓ Внести у пробірку трохи порошку кальциту і додати 1-2 мл розчину нітратної (або хлоридної) кислоти.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
.....

- ✓ На предметне скло помістити краплю одержаного розчину й окремо – краплю розчину Na_2SO_4 (або розчину H_2SO_4). Краплі сполучити між собою. Через декілька хвилин у водній зоні випадають кристали гіпсу, які мають вигляд голок або розеток.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
.....

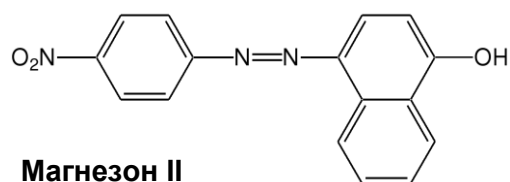
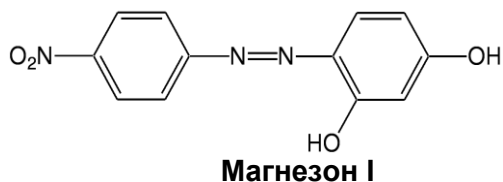
Межа визначення 0,04 мкг йона Ca^{2+} .
Максимальне розбавлення 1 : 25000.

- ✓ Випарити воду на скельці і розглянути кристали гіпсу під мікроскопом і замалювати їх.
- ✓ **Сформулювати висновок за наступною схемою:**
 - хімічна формула гіпсу;
 - аналітична реакція виявлення катіонів Кальцію;
 - форма кристалів гіпсу під світловим мікроскопом
 - хімічна реакція і умови утворення гіпсу на природних геохімічних бар'єрах;



2.1.3. Визначення іонів Mg^{2+} у складі мінералів

У водних розчинах катіони Mg^{2+} можна визначити за допомогою комплексонів – магнезон I [4-(*n*-нітрофенілазо)резорцин] і магнезон II [4-(*n*-нітрофенілазо)-1-нафтол], які з катіонами магнію утворюють сполуки синього кольору:



Умови проведення реакції: крапельний метод, рН = 10 - 14.

Методика проведення дослідження.

- ✓ Декілька уламків магнезиту ($MgCO_3$) подрібнити у порошок.
- ✓ Внести у пробірку трохи порошку магнезиту, додати 1-2 мл розчину нітратної (або хлоридної) кислоти і нагріти розчин до кипіння.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
.....

- ✓ Охолодити розчин і до 2 - 3 крапель одержаного розчину, що містить катіони магнію, додати 1 краплю лужного розчину реактиву – магнезону I або магнезону II.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
.....

- ✓ Якщо розчин забарвиться в жовтий колір (рН < 7), потрібно додати кілька крапель розчину лугу.
- ✓ **Сформулювати висновок за наступною схемою:**
 - хімічна формула магнезиту;
 - аналітична реакція виявлення катіонів Магнію;
 - хімічна реакція і умови утворення магнезиту на природних геохімічних бар'єрах.

2.1.4. Виявлення йонів Феруму(II) і Феруму(III) у складі ферумовмісних мінералів

4.A. Виявлення катіона Fe^{3+}

Усі мінерали Феруму, за винятком ільменіту та силікатів, «розчиняються» у кислотах.

Розчини солей Феруму(III) характеризуються жовто-бурим забарвленням. Для дослідження можна вибрати мінерали: гематит, лимоніт, гетит, магнетит.

Катіони Fe^{3+} виявляють у розчинах за допомогою двох реактивів – калій роданіду KCNS (або амоній роданід NH_4CNS) та калій гексаціаноферату(II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – червону кров'яну сіль. При дії розчинів цих реагентів на розчини, що містять катіони Феруму(III), виникає інтенсивне червоне забарвлення, обумовлене утворенням комплексних солей Феруму(III): $\text{K}[\text{Fe}(\text{CNS})_6]$ – кроваво-червоного забарвлення (у надлишку KCNS) і $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – осад інтенсивно синьо-блакитного кольору – «берлінська блакить».

Методика проведення дослідження.

- ✓ Уламки мінералів гематиту і магнетиту подрібнюють у порошок.
- ✓ Порошки мінералів розтирають у ступці з невеликою кількістю калій гідрогенсульфату (KHSO_4).
- ✓ Одержані суміші двох мінералів з KHSO_4 розподіляють на дві частини. Одну частину аналізують сухим способом – для цього суміш кожного мінералу ще раз ділять на дві частини і кожен зволожують диханням. (Усього має бути 4 маленькі ступки).
- ✓ Другу частину аналізують мокрим способом – для цього суміш кожного мінералу переносять у пробірки і додають 1 мл дистильованої води. (Усього має бути 4 пробірки).
- ✓ До сумішей, які залишені у ступках, а також у пробірки додають по 2 - 3 кристали реагентів – комплексоутворювачів (дії № 3 і 4) у порядку, який зазначено нижче в таблиці:

Порядок дій	Реагенти	Сухий спосіб				Мокрий спосіб			
		гематит		магнетит		гематит		магнетит	
1. додавання кристалів	KHSO_4	+		+		+		+	
		1	2	3	4	5	6	7	8
2. додавання води	H_2O	-	-	-	-	+	+	+	+
3. додавання комплексону	KCNS	+		+		+		+	
4. додавання червоної кров'яної солі	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$		+		+		+		+

- ✓ Після проведення дослідження аналізують результати реакцій:

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічних реакцій:</i>	<i>Спостереження:</i>
.....

- ✓ **Сформулювати висновок за наступною схемою:**
 - хімічна формула магнетиту і гематиту;
 - аналітичне визначення катіонів Феруму(II);
 - умови утворення гематиту і магнетиту на природних геохімічних бар'єрах.

4.Б. Виявлення катіона Fe^{2+}

Усі мінерали Феруму, за винятком ільменіту та силікатів, розчиняються у кислотах. Розбавлені розчини солей Феруму(II) практично безбарвні, а концентровані – мають зеленуватий колір (сидерит, піротин). Для дослідження можна використати мінерали: пірит, сидерит та магнетит.

Катіони Fe^{2+} виявляють за допомогою реактиву – калій гексаціаноферату(III) $K_3[Fe(CN)_6]$ – жовтої кров'яної солі. При дії розчинів цього реагента на розчини, що містять катіони Феруму(II), утворюється комплексна сполука $KFe[Fe(CN)_6]$ інтенсивного синього забарвлення – «турнбулева синь». Турнбулева синь не розчиняється у кислотах, але реагує з лугами з утворенням гідроксидів Феруму.

Методика проведення дослідження.

- ✓ Уламки мінералів сидериту і магнетиту подрібнюють у порошок.
- ✓ Порошки мінералів розтирають у ступці з невеликою кількістю твердого розчинника калій гідрогенсульфату ($KHSO_4$).
- ✓ Одержані суміші двох мінералів з $KHSO_4$ розподіляють на дві частини. Одну частину аналізують сухим способом – для цього суміш кожного мінералу ще раз ділять на дві частини і кожен зволожують диханням. (Усього має бути 4 маленькі ступки).
- ✓ Другу частину аналізують мокрим способом – для цього суміш кожного мінералу переносять у пробірки і додають 1 мл дистильованої води. (Усього має бути 4 пробірки).
- ✓ До сумішей, які залишені у ступках, а також у пробірки додають по 2 - 3 кристали реагентів – комплексоутворювачів (дії № 3 і 4) у порядку, який зазначено нижче в таблиці:

Порядок дій	Реагенти	Сухий спосіб				Мокрий спосіб			
		сидерит		магнетит		сидерит		магнетит	
1. додавання кристалів	$KHSO_4$	+		+		+		+	
		1	2	3	4	5	6	7	8
2. додавання води	H_2O	-	-	-	-	+	+	+	+
3. додавання комплексону	KCNS	+		+		+		+	
4 додавання червоної кров'яної солі	$K_3[Fe(CN)_6]$		+		+		+		+

- ✓ Після проведення дослідження проаналізувати результати реакцій:

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічних реакцій:</i>	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

✓ **Сформулювати висновок за наступною схемою:**

- хімічна формула магнетиту і сидериту;
- аналітичне визначення йонів Феруму(II);
- умови утворення магнетиту і сидериту на природних геохімічних бар'єрах.

4.В. Виявлення Феруму(II) у залістому кальциті або залістому доломіті.

За допомогою цієї методики кальцит забарвлюється в рожевий колір. Забарвлення змінюється у послідовності рожеве → рожево-бузкове → пурпурно-синє, що свідчить про збільшення концентрації Fe^{2+} приблизно до 5 %. Доломіт не забарвлюється, проте залістий доломіт забарвлюється в бірюзовий колір.

Методика проведення дослідження.

- ✓ Приготувати розчин для забарвлення залістого кальциту перед проведенням дослідження, оскільки барвник зберігає свою активність лише протягом приблизно однієї доби. Для цього розчинити 0,1 г алізарину червоного-С і 0,5 г калій гексаціаноферату(III) $K_3[Fe(CN)_6]$ (жовтої кров'яної солі) у 100 мл хлоридної кислоти з $\omega(HCl) = 0,2 \%$.
- ✓ Підготувати шліф з бруски кальциту і непокритий шліф протруїти розбавленню HCl ($\omega(HCl) = 0,2 \%$) протягом 20 с.
- ✓ Висушити поверхню препарату.
- ✓ Негайно промити шліф дистильованою водою.
- ✓ Занурити підготовлений шліф у розчин для фарбування на 4 хв.
- ✓ Вийняти препарат з розчину і обережно промити його дистильованою водою.
- ✓ Після проведення дослідження проаналізувати результати:

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічних реакцій:</i>	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

✓ **Сформулювати висновок за наступною схемою:**

- аналітичне визначення йонів Феруму (II);

- якісна оцінка умісту Феруму у досліджуваному зразку кальциту.
- якісна оцінка умісту Феруму у досліджуваному зразку кальциту.

2.1.5. Виявлення катіона Cu^{2+} у складі мінералів Купруму

Найбільш відомими мінералами Купруму є малахіт $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$, азурит $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$, халькопірит CuFeS_2 і халькозин Cu_2S . Для визначення йонів Купруму(II) використовують реагенти $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{CNS})_4]$, NH_4OH , $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, які з Cu^{2+} утворюють комплексні сполуки.

А. Виявлення Cu^{2+} мокрим методом (проведенням реакцій в розчинах)

Методика проведення дослідження

- ✓ Уламок мінералу малахіту розтерти у порошок.
- ✓ Невелику порцію порошку насипати у пробірку і додати 5 мл розчину розбавленої нітратної (хлоридної або ацетатної) кислоти. Почекати, коли над поверхнею осаду з'явиться забарвлений у блакитний колір розчин.

<p><i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> $\text{HNO}_3 + (\text{CuOH})_2\text{CO}_3 =$</p>	<p><i>Спостереження:</i> </p>
---	--

- ✓ Розчин розділити на три порції у три пробірки.
- ✓ До першої порції краплями додати концентрований розчин амоній гідроксиду NH_4OH до появи яскравого синього забарвлення.

<p><i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> $\text{NH}_4\text{OH} + \text{Cu}^{2+} = \dots$</p>	<p><i>Спостереження:</i> </p>
---	--

- ✓ До другої порції (1 мл) додати 1 мл розбавленого розчину ацетатної кислоти CH_3COOH . До одержаного розчину додати 1 краплю розчину амоній тетрароданомеркуріату для утворення кристалів $\text{Cu}[\text{Hg}(\text{CNS})_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$ жовтого забарвлення.
- ✓ Проаналізувати результати дослідження:

<p><i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{CNS})_4] + \text{Cu}^{2+} = \dots$</p>	<p><i>Спостереження:</i> </p>
---	--

- ✓ До третьої порції (1 мл) додати 1 краплю розчину $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ з масовою часткою 5 %.
- ✓ Проаналізувати результати дослідження:

<p><i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{Cu}^{2+} = \dots$</p>	<p><i>Спостереження:</i> </p>
---	--

- ✓ **Сформулювати висновок за наступною схемою:**
 - Хімічна формула мінералів Купруму класу карбонатів;
 - аналітичне визначення йонів Купруму (II);
 - умови утворення малахіту і азуриту в природі.

Б. Виявлення Cu^{2+} сухим способом (проведенням реакцій у шліфах)

Методика проведення дослідження

- ✓ На поверхню уламку халькопіриту наносять краплю нітратної кислоти, розбавленої водою у співвідношенні 1 : 1.

<p><i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> $\text{HNO}_3 + \text{CuFeS}_2 =$</p>	<p><i>Спостереження:</i> </p>
---	--

- ✓ Через декілька секунд після початку газовиділення краплю втягують фільтрувальним папером.
- ✓ Змочену ділянку фільтрувального паперу розміщують над колбою, що містить концентрований розчин амоніаку (густина $0,88 \text{ г/см}^3$):

<p><i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> $\text{HNO}_3 + \text{CuFeS}_2 =$</p>	<p><i>Спостереження:</i> </p>
---	--

- ✓ **Сформулювати висновок за наступною схемою:**
 - хімічні формули та назви мінералів Купруму класу сульфідів;
 - аналітичне визначення йонів Купруму(II);
 - умови утворення сульфідів Купруму в природі: первинні і вторинні сульфіди, сульфіди «залізного капелюха».

2.1.6. Виявлення катіона Pb^{2+} у складі мінералів Плюмбуму

Відомо більше ста свинцевих мінералів. З них основними є галеніт (свинцевий блиск) PbS і продукти його хімічних перетворень – англезит (свинцевий купорос) $PbSO_4$ і церуссит («біла свинцева руда») $PbCO_3$. Зустрічаються також піроморфіт («зелена свинцева руда») $PbCl_2 \cdot 3Pb_3(PO_4)_2$, міметит $PbCl_2 \cdot 3Pb_3(AsO_4)_2$, крокоїт («червона свинцева руда») $PbCrO_4$, вульфеніт («жовта свинцева руда») $PbMoO_4$, штольцит $PbWO_4$. У свинцевих рудах часто знаходяться домішки інших металічних елементів – Cu , Zn , Cd , Ag , Au , Bi тощо. У місцях залягання свинцевих руд цим елементом збагачений ґрунт (до 1% Pb), рослини і води.

А. Виявлення Pb^{2+} мокрим методом – проведенням реакцій в розчинах

Методика № 1 проведення дослідження

- ✓ Розтерти уламки галеніту у порошок.
- ✓ Невелику кількість порошку галеніту помістити в пробірку і додати трохи розбавленого розчину нітратної (ацетатної або хлоридної) кислоти або підкисленого розчину амоній ацетату.
- ✓ Суміш нагрівати протягом 1 хв.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> $HNO_3 + PbS_2 =$	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

- ✓ Охолодити суміш і дати відстоятися.
- ✓ На фільтрувальний папір нанести краплю розбавленого розчину нітратної кислоти, краплю одержаного розчину і підсушити папір. Потім ще раз додати краплю розбавленого розчину нітратної кислоти і краплю дистильованої води (середовище має бути слабкокислим або нейтральним).
- ✓ Після цього додати краплю розбавленого розчину калій йодиду.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> $KI + Pb^{2+} =$	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

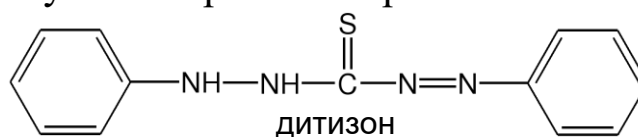
Методика № 2 проведення дослідження

- ✓ Розтерти уламки галеніту у порошок.
- ✓ Невелику кількість порошку галеніту помістити в пробірку і додати трохи підкисленого (ацетатною кислотою) розчину амоній ацетату з масовою часткою 5 %.

- ✓ Суміш нагрівати протягом 1 хв.

Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції: $\text{HNO}_3 + \text{PbS}_2 =$	Спостереження:
---	------------------------

- ✓ Охолодити суміш, дати відстоятися і надосадову рідину обережно перенести в іншу пробірку. Перевірити рН розчину – рН має бути в межах від 7 до 10.
- ✓ До 1 мл випробуваного розчину додати 2 - 3 краплі розчину дитизону (дифенілтіокарбазон) у CCl_4 і збовтати суміш. Звернути увагу на забарвлення органічного шару.



Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції: Дитизон (HrDz) + $\text{Pb}^{2+} =$	Спостереження:
---	------------------------

Б. Сухий метод.

- ✓ Кілька крупинок мінералу розтерти в ступці.
- ✓ Перенести порошок у порцеляновий тигель і додати стільки ж амоній сульфату.
- ✓ Нагрівати суміш у тиглі до припинення виділення білого диму.
- ✓ Після охолодження до маси додати трохи калій йодиду і розтерти.
- ✓ Зволожити масу тигля диханням: має з'явитися жовте забарвлення.
- ✓ **Сформулювати загальний висновок за дослідом 6 за схемою:**
 - хімічні формули та назви мінералів Плюмбуму;
 - аналітичне визначення іонів Плюмбуму(II) мокрим методом;
 - умови утворення мінералів Плюмбуму в природі: свинцеві руди.

2.1.7. Виявлення гіпсу

На відміну від карбонатих мінералів (Са, Рb тощо) гіпс розчиняється в концентрованій нітратній кислоті тільки при нагріванні та без виділення газу.

Методика проведення дослідження

- ✓ Уламки гіпсу покласти у ступку і розтерти у дрібний порошок.

- ✓ Порошок розділити на дві порції.
- ✓ До першої порції порошку додати дистильованої води, прокип'ятити. Краплю мутного розчину перенести на предметне скло, упарити і розглянути під мікроскопом.
- ✓ Другу порцію порошку перенести і пробірку і додати 1 мл розчин нітратної кислоти з масовою часткою 30 % (роботу проводити під витяжною шафою!).
- ✓ Пробірку нагріти і зафіксувати «розчинення» мінералу та відповідні спостереження.

Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції: $\text{HNO}_3 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} =$	Спостереження:
--	------------------------

- ✓ **Сформулювати висновок за схемою:**
 - хімічні формули та назви мінералів класу сульфатів;
 - аналітичне визначення гіпсу;
 - умови утворення сульфатів на природних геохімічних бар'єрах.

2.1.8. Виявлення галоїдних мінералів

З великого класу галоїдів найбільш поширені в природі хлориди металів Na, K, Mg і флуориди металів Ca, Na, Al, тобто солі хлоридної та флуоридної (плавикової) кислот.

Методика № 1 проведення дослідження

Хлориди, броміди і йодиди визначають за допомогою реакції твердих кристалічних мінералів з концентрованою сульфатною кислотою.

- ✓ Взяти шматочки декількох мінералів – сильвіну, сильвініту, галіту і розтерти їх у порошок.
- ✓ 2. Сухий порошок насипати на дно чашки для випарювання, як показано на рис. 3.
- ✓ 3. Накрити чашку стаканом, на дні якого заздалегідь закріплені лакмусовий та свинцевий папір.



- ✓ Додати до порошку мінералу 2 мл концентрованої сульфатної кислоти.
- ✓ Зареєструвати появу візуальних змін забарвлення стрічок індикаторного паперу.

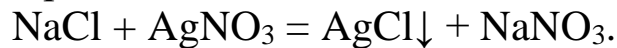
Рис.3. Схема досліджу

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
...

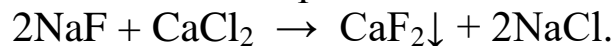
- ✓ **Сформулювати висновок за наступною схемою:**
 - хімічні формули та назви мінералів класу галогенідів;
 - аналітичне визначення хлоридів та йодидів;
 - умови утворення хлоридів на природних геохімічних бар'єрах;
 - утворення покладів кам'яної солі.

Методика № 2 проведення дослідження

Метод оснований на високій розчинності мінералів галіту, сильвіну, сильвініту у воді. Після розчинення мінералів можна провести якісні реакції на присутність у водному розчині галогенід-йонів з аргентум(I) нітратом:



Виявити домішки йонів F⁻ дозволяє реакція з кальцій хлоридом:



- ✓ Взяти шматочки декількох мінералів (сильвіну, сильвініту, галіту) і розтерти їх у порошок.
- ✓ Насипати 1 г порошку мінералу у колбу і додати 10 мл дистильованої води. Розчинити мінерал у воді.
- ✓ Профільтрувати розчин і зібрати фільтрат.
- ✓ Фільтрат розділити на дві пробірки.
- ✓ До першої пробірки краплями додати розчин аргентум(I) нітрату. Спостерігати утворення осаду. Відмітити його забарвлення.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
...

- ✓ До другої пробірки краплями додати розчин кальцій хлориду. Записати спостереження.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
...

- ✓ **Сформулювати висновок за схемою:**
 - хімічні формули та назви мінералів класу флуоридів;
 - аналітичне визначення флуоридів;
 - умови утворення флюориту на природних геохімічних бар'єрах.

2.1.9. Виявлення сульфідних мінералів

Природні сульфіди – це сполуки металів – зазвичай Fe, Zn, Cu, Mo, Ag, Hg, Pb, Bi, Ni, Co, Mn, V, Ga, Ge і деяких неметалів – As, Sb. Сульфіди є солями сірководневої кислоти H_2S . Ряд елементів утворює полісульфіди – солі полікислоти H_2S_n .

Для проведення дослідження можна використати мінерали: пірит або галеніт (а також ультрамарин).

Присутність S^{2-} у мінералах встановлюють різними методами.

Методика проведення дослідження

А. Сухий метод.

- ✓ Для дослідження готують реактив – розчин йод азиду, для чого змішують 1 г натрій азиду (NaN_3), 1 кристалик йоду I_2 і 1 г калій йодиду (KI), після чого суміш розчиняють у 50 мл води. На сухий уламок мінералу наносять краплю реактиву. Бурхливе виділення газу вказує на присутність сульфід-іону. Проходженню цієї реакції заважають елементарна сірка, сульфіти і сульфати.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

- ✓ Як додатковий і контрольний показник присутності Сульфуру в мінералах (сульфідах, а також сульфатах) використовують реакцію Генара. Для проведення цієї реакції необхідно мати срібну пластинку або монету. Мінерал подрібнюють у порошок, змішують порошок з содою Na_2CO_3 у співвідношенні 1 : 3. Суміш поміщають у ямку, зроблену в деревному вугіллі та прожарюють в окиснювальному полум'ї доти, поки вона не розплавиться. Виплавлений шлак швидко виймають пінцетом, кладуть на срібну пластинку і змочують з піпетки декількома краплями дистильованої води. Якщо мінерал містить Сульфур, то на срібній пластинці виникає чорна пляма.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

Б. Мокрий метод.

- ✓ Декілька уламків мінералу розтерти у порошок і перенести порошок у пробірку. Закріпити у пробірці фільтрувальний папірець, просочений плюмбум(II) ацетатом або натрій

плюмбатом (він має бути трохи занурений в краплю досліджуваного розчину). У підготовлену таким чином пробірку з порошком мінералу додати 1 мл розчину хлоридної кислоти.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

- ✓ Порошок мінералу розчиняють при нагріванні у краплі розчину натрій гідроксиду ($C(1/zNaOH) = 2$ моль/л). Потім додають краплю розчину натрій нітропрусида $Na_2[Fe(CN)_5NO]$ ($\omega = 1\%$). У результаті реакції виникає червоно-фіолетове забарвлення за рахунок утворення в лужному середовищі сполуки $Na_4[Fe(CN)_5NOS]$ (руйнується в присутності кислот).

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

- ✓ **Сформулювати загальний висновок за схемою:**
 - хімічні формули та назви мінералів – сульфідів і полісульфідів;
 - аналітичне визначення Сульфур у мокрим і сухим методами;
 - умови утворення сульфідних мінералів в природі.

2.1.10. Виявлення Фосфору у складі фосфоровмісних мінералів

Фосфор відноситься до числа достатньо розповсюджених елементів – Кларк його в земній корі становить 0,093 %. У вільному вигляді в природі Фосфор не зустрічається. Найбільш поширені ортофосфати, які утворюють самостійні мінерали або ізоморфні домішки в алюмосилікатах. Серед фосфоровмісних мінералів практичне значення мають основні ортофосфати Кальцію групи апатиту із загальною формулою $Ca_5(PO_4)_3(F, Cl, OH)$.

Методика проведення дослідження

- ✓ Декілька уламків мінералу розтерти у порошок. Порошок мінералу насипати у пробірку і розчинити у нітратній кислоті. Якщо мінерал не розчиняється і залишається у вигляді осаду, то попередньо потрібно сплавити порошок мінералу з натрій

гідрогенкарбонатом (NaHCO_3). Після цього розчинити мінерал у HNO_3 .

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

- ✓ Розчин розділити на дві порції.
- ✓ До першої порції отриманого розчину мінералу додають кілька зерен амоній гідрогенмолібдату (NH_4HMoO_4). У присутності фосфат-іонів (PO_4^{3-}) утворюється жовтий осад. Аналогічна реакція, але при нагріванні, відбувається з мінералами, до складу яких входить Арсен.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

- ✓ Краплю другої порції розчину нанести на фільтрувальний папір, а потім – краплю розчину амоній молібдату (5 %). У центр плями додати спочатку краплю розчину хлоридної кислоти, а потім краплю розчину натрій ацетату (0,05 %). У результаті колір плями має змінитися – у присутності фосфат-іонів з'являється синє забарвлення.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

- ✓ **Сформулювати загальний висновок за схемою:**
 - хімічні формули та назви мінералів класу фосфатів;
 - аналітичне визначення йонів Фосфору;
 - умови утворення фосфатів у природі;
 - біогенні фосфатні мінерали.

2.1.11. Виявлення катіонів у мінералах за забарвленням полум'я

Ряд елементів забарвлює полум'я в характерний колір, якщо під впливом тепла в полум'ї з'являються окремі атоми цих елементів. У деяких елементів для цього потрібна попередня обробка кислотою. Якщо у визначнику немає інших спеціальних вказівок, то уламок мінералу треба змочити краплею розбавленої соляної кислоти, яка наноситься за допомогою скляної палички або піпетки, а потім прожарити.

Дослідження в полум'ї проводяться двома способами (рис. 4). Якщо в нашому розпорядженні є газовий пальник, то потрібно отдержати окислювальне (яке не світиться) полум'я, потім взяти уламок мінералу пінцетом і помістити його в крайову частину полум'я, приблизно в 1 см від основи останнього. При цьому необхідно стежити, щоб полум'я не торкалося пінцета і не забруднювалось. З тієї ж причини не можна брати уламок мінералу перед його прокалюванням пальцями, щоб не викликати забруднення мінералу і забарвлення полум'я в жовтий колір (оскільки піт містить сліди кухонної солі).

У тому випадку, коли ми маємо спиртівку, у якої полум'я світиться, потрібно використати паяльну трубку. Уламок мінералу береться пінцетом і при необхідності зволожується кислотою. Паяльною трубкою видувається з полум'я «окислювальний язичок» і в нього приблизно на 1/3 відстані від основного полум'я поміщають знизу уламок мінералу. Зміна кольору може виникнути в язичку полум'я паяльної трубки від мінералу до вістря полум'я.

За забарвленням полум'я в інтенсивно жовтий колір дуже добре виявляється присутність Натрію. Оскільки ця реакція дуже чутлива, а сліди Натрію присутні майже завжди, жовте забарвлення полум'я часто перебиває інші кольори або ж спотворює їх. Тому необхідно з'ясувати, чим викликане жовте забарвлення полум'я – Натрієм як основною складовою мінералу або як чужорідною домішкою. Зазвичай це виявляється шляхом тривалого прожарювання. Якщо Натрій присутній в мінералі як домішка, жовтий колір полум'я поступово зникне, якщо ж він є основною складовою мінералу, то інтенсивність кольору може навіть посилитись.

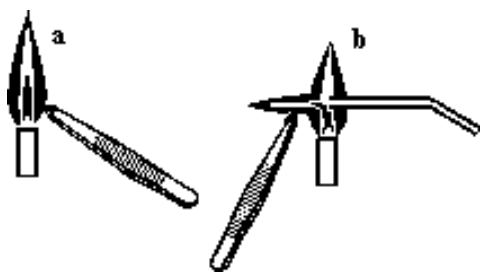


Рис. 4. Забарвлення полум'я при використанні пальників:
а – газового; б – спиртового.

Крім жовтого забарвлення полум'я Натрієм потрібно вміти розрізняти при дослідженнях фіолетове забарвлення полум'я, викликане Калієм; цегляно-червоне, обумовлене Кальцієм; карміново-червон, пов'язан з Літієм, трав'янисто-зелен або блакитн, викликане Купрумом.

Особливо складно встановити фіолетове забарвлення Калієм у присутності Натрію, що характерно для польових шпатів. У цьому випадку як фільтр використовується кобальтове скло, яке поглинає

жовтий колір. Через нього можна спостерігати чистий фіолетовий колір полум'я, викликаний Калієм (табл. 1).

Методика проведення дослідження

- ✓ Підготувати спиртівку і робоче місце відповідно до правил техніки безпеки в хімічній лабораторії.
- ✓ Оскільки у спиртівки полум'я світиться, то потрібно використати паяльну трубку.
- ✓ Уламок мінералу взяти пінцетом і при необхідності зволожити кислотою, якщо досліджуються мінерали, наприклад, Купруму.
- ✓ Спробувати паяльною трубкою обережно видути з полум'я «окислювальний язичок». При необхідності повторити цю операцію.
- ✓ У видутий з полум'я «окислювальний язичок» приблизно на 1/3 відстані від основного полум'я внести знизу уламок мінералу.
- ✓ Спостерігати зміни кольору, які можуть виникнути в язичку полум'я паяльної трубки від мінералу до вістря полум'я.
- ✓ Порівняти забарвлення полум'я досліджуваних мінералів з даними таблиці 1.

Таблиця 1

Забарвлення полум'я катіонами металічних елементів

Символ елемента	Міжнародна назва елемента	Колір окислювального полум'я
As	Арсен	Чисто-синій
B	Бор	Синьо-зелений
Ba	Барій	Жовто-зелений
Ca	Кальцій	Від оранжевого до цегляно-червоного
Cu	Купрум	Зелений (після змачування у нітратній кислоті), блакитний (після змочування у хлоридній кислоті)
K	Калій	Фіолетовий (спостерігати через кобальтове скло)
Li	Літій	Малиново-червоний
Mo	Молібден	Жовто-зелений
Na	Натрій	Інтенсивно-жовтий
P	Фосфор	Насичено-зелений
Pb	Плюмбум	-//-
Sb	Стибій	Світло-зелений
Se	Селен	Васильково-блакитний
Sr	Стронцій	Карміново-червоний
Te	Телур	Синьо-зелений
Tl	Талій	Зелений

- ✓ **Сформулювати висновок за схемою:**
 - хімічні формули та назви досліджуваних мінералів;
 - хімічний склад та основні катіони мінералів;

- забарвлення полум'я основними катіонами;
- встановлення можливих домішок інших катіонів металічних елементів.

2.1.12. Виявлення хімічних елементів мінералів у перлах

Визначення елементів у перлах проводиться дуже швидко і в цілому надійно; отримання перлів може бути використано для додаткової характеристики мінералів.

Метод заснований на тому, що розплавлена склоподібна маса бури або фосфатної солі розчиняє оксиди деяких металів, причому скло (сплав), яке утворюється, забарвлюється в певний колір. Отримання таких забарвлених перлів доводить присутність певних металічних елементів у мінералах.

Для роботи необхідна платиновий дротик діаметром 0,2 мм і довжиною 6 см. Попередньо дротик необхідно вплавити в скляну паличку. Для цього, розплавивши один з кінців палички, в розм'якшене скло потрібно втиснути кінчик дротика на глибину 3-4 мм. Дослідження проводяться тільки з випрямленим дротиком.

При відсутності платинової дротинки для отримання перлів можна використовувати шамотну паличку. Після кожного випробування кінець шамотної палички слід відламувати, оскільки він не піддається очищенню.

При вивченні перлів за допомогою платинової дротинки в досліджуваному зразку не повинні бути присутніми важкі, легкорухливі елементи (Pb, As, Bi, Sb). Ці елементи утворюють з платиною легкоплавкі і крихкі сплави. Якщо передбачається, що вони

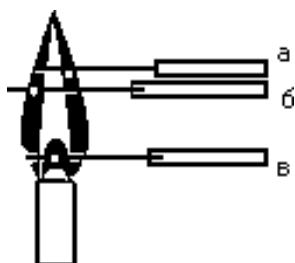


Рис. 5. Випробування за допомогою перлів.

містяться в досліджуваному мінералі, то дротинку попередньо слід добре прожарити. При прожаренні речовини, до складу яких входять ці елементи, випаровуються у вигляді диму, після чого можна отримувати перли.

При використанні спиртівки прожарювання в окиснювальному і відновному полум'ї проводиться за допомогою паяльної трубки. Перл також можна отримати при прожаренні на деревному вугіллі. У ямку на вугіллі кладеться порошок бури або фосфорної солі з невеликою кількістю розмолотого

мінералу і потім суміш прожарюється в окислювальному або відновному полум'ї, поки вона не розплавиться і перетвориться в перл.

Методика проведення дослідження

- ✓ *Очищення дротика.* Дротик не повинен забарвлювати полум'я. Тому перед початком роботи потрідно занурити його в розчин кислоти і прожарити в окислювальному полум'ї. Якщо полум'я ще забарвлюється, то операцію слід повторити, іноді декілька разів, поки полум'я не перестане забарвлюватися при внесенні дротинки.
- ✓ *Виготовлення перла.* Заздалегідь насипати на предметне або годинникове скло трохи бури $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (або амоній натрій фосфату $\text{NH}_4\text{NaNPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Вільний кінчик дротика розжарити в окиснювальному полум'ї і швидко набрати на нього трохи бури. Реактив, що прилип до розжареної дротинки, внести в полум'я. При нагріванні перл рухається по дротинці в сторону від полум'я, тому прожарювати потрібно поперемінно то з одного, то з іншого краю полум'я.
- ✓ Спочатку бура спучується, але незабаром починає спокійно плавитися, перетворюючись на безбарвне скло. Буру потрібно наносити на дротинку доти, поки не утвориться перл діаметром 1,5 - 2 мм. Перл має бути абсолютно безбарвним і прозорим.
- ✓ *Проведення випробування.* Покласти на предметне або годинникове скло порошок досліджуваного зразка і розплавленим перлом обережно доторкнутись до нього. При цьому необхідно діяти швидко, щоб перл не охолонув.
- ✓ Досліджуваний зразок наноситься в *мінімальній кількості* (достатньо одного дрібного зернятка з порошку) на перл і потім вноситься в *окиснювальне полум'я*. Зразок у перлі розплавляється і забарвлює його. Колір перла слід спостерігати в гарячому стані при прожаренні і після його охолодження, оскільки він може бути різним.
- ✓ Потім окислений перл відновлюється, для чого поміщається у *внутрішню відновну частину* полум'я. Колір відновленого перла реєструється в гарячому і холодному стані.
- ✓ Присутність металів за кольором перлів бури визначають за даними таблиць 2 і 3.
- ✓ ***Сформулювати висновок за схемою:***
 - *хімічні формули та назви досліджуваних мінералів;*

- хімічний склад та основні катіони мінералів;
- забарвлення перлів основними катіонами.

Таблиця 2

Забарвлення перлів бури різними елементами

Елемент	Колір в окиснювальному полум'ї		Колір у відновлювальному полум'ї	
	у гарячому стані	після охолодження	у гарячому стані	після охолодження
Cr	Від жовтого до темно-червоного	Від жовто-зеленого до зеленого	Смарагдово-зелений	
Co	Темно-синій			
Cu	Від зеленого до темно-зеленого	Від блакитного до зеленувато-блакитного	Від безбарвного до зеленого	Непрозорий червоний
Fe	Від жовтого до червоного	Від безбарвного до жовтого	Світлий буро-зелений	Буро-зелений
Mn	Фіолетовий	Від червоно-фіолетового до чорного	Безбарвний	Від безбарвного до світло-жовтого
Mo	Від жовтого до темно-червоного	Безбарвний	Від жовтого до коричневого	Від коричневого до темно-коричневого
Ni	Червоно-фіолетовий	Червоно-бурий	Безбарвний	Від сірого до кольору окалини
Ti	Від безбарвного до жовтого	Безбарвний	Від безбарвного до жовтого	Жовто-коричневий
U	Від жовтого до червоного	Від безбарвного до жовтого	Темно-зелений	
V	Від безбарвного до світло-жовтого	Зеленувато-жовтий	Світло бурий	Зелений
W	Від безбарвного до жовтого	Безбарвний	Від безбарвного до жовтого	Жовто-коричневий

Таблиця 3

Забарвлення перлів амоній натрій фосфату різними елементами

Елемент	Колір в окиснювальному полум'ї		Колір у відновлювальному полум'ї	
	у гарячому стані	після охолодження		у гарячому стані
Cr	Червоний	Смарагдово-зелений	Червоний	Темно-зелений
Co	Темно-синій			
Cu	Зелений	Від блакитного до зеленувато-блакитного	Від безбарвного до зеленого	Червоний (колір сургуча)
Fe	Жовто-червоний	Від безбарвного до зелено-жовтого	От жовтого до червоного	Від безбарвного до темно-бурого
Mn	Буро-фіолетовий	Червоно-фіолетовий	Безбарвний	
Mo	Жовто-зелений	Безбарвний	Темно-зелений	Зелений
Ni	Від червоного до коричнево-червоного	Від жовтого до червонувато-жовтого	Безбарвний	Сірий до непрозоро-сірого
Ti	Від безбарвного до жовтого	Безбарвний	Жовтий	Фіолетовий
U	Жовтий	Зелено-жовтий	Зелений	Смарагдово-зелений
V	Від жовтого до оранжево-жовтого	Світло-жовтий	Світло-бурий	Зелений
W	Від безбарвного до жовтого	Безбарвний	Брудно-зелений	Синій

Контрольні питання

1. Велика кількість хімічних елементів знаходяться на Землі у вигляді солей. Наведіть п'ять – шість прикладів таких солей та назви відповідних мінералів. Які з цих солей безпосередньо використовуються у господарській діяльності людей, а які є сировиною для отримання простих речовин і хімічних сполук?
2. Напишіть формули мінералів, які називаються пірит, сфалерит, аргентит, галеніт і гринокіт. До якого класу мінералів вони відносяться?
3. У чому полягає схожість і відмінність наступних мінералів: а) халькозин і ковелін, б) вюрцит і сфалерит; в) куприт і кіновар?
4. Напишіть формули мінералів – гематиту, магнетиту, кварцу і каситериту. До якого класу мінералів вони відносяться? Чому дорівнює масова частка Феруму в гематиті та в магнетиті? У якому мінералі – гематиті або магнетиті – масова частка Феруму більше (відповідь підтвердіть розрахунками)?

2.2. Визначення йоду в кухонній солі, йодованій калій йодатом KIO_3

Завдання роботи: вивчення хімічного складу кухонної солі; вивчення якісних хімічних реакцій для виявлення основних і домішкових катіонів і аніонів у складі галіту.

Мінерали: клас галоїдів – галіт (натрій хлорид), сильвін (калій хлорид), карналіт (калій магній хлорид).

Реактиви:	Посуд:
1. Вода дистильована, 2. калій йодид KI, 3. сульфатна кислота H_2SO_4 , 4. натрій тіосульфат пентагідрат $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$, 5. крохмаль розчинний, 6. натрій хлорид.	1. Ваги лабораторні, 2. піпетки скляні на 10 cm^3 , 5 cm^3 , 1 cm^3 , 3. колби конічні на 250 cm^3 , 4. бюретки на 25 cm^3 , 5. фільтрувальний папір.

Приготування реактивів

1. *Натрій тіосульфат* ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$): $C(Na_2S_2O_3) = 0,005$ моль/л.
1,24 г $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ розчиняють в 1000 мл дистильованої свіжо прокип'яченої води. Оскільки кристалічний тіосульфат при зберіганні набирає вологу, що вимагає введення поправки на його титр, то в разі виникнення сумнівів рекомендується використовувати фіксанал $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ з $C(1/zX) = 0,01$ моль / л, який розбавляють у дистильованій воді, доводячи кінцевий об'єм до 1000 мл. Розчин розбавляють в 20 разів (50 мл розчину + 950 мл води) до кінцевої концентрації 0,005 моль/л.
2. *Сульфатна кислота* (H_2SO_4), $C(1/z H_2SO_4) = 2$ моль/л.

До 6 мл концентрованої H_2SO_4 повільно доливають 90 мл дистильованої води. Доводять розчин водою до кінцевого об'єму 100 мл.

NB! У всіх випадках кислоту потрібно доливати у воду, а не навпаки, щоб запобігти сильного підвищення температури розчину та розбризкування кислоти. Під час додавання кислоти розчин необхідно безперервно перемішувати.

3. *Калій йодид* (KI), $\omega(\text{KI}) = 10\%$.

10 г KI розчиняють у воді з утворенням 100 мл розчину (у мірній колбі на 100 мл).

4. *Натрій хлорид* (NaCl), насичений розчин.

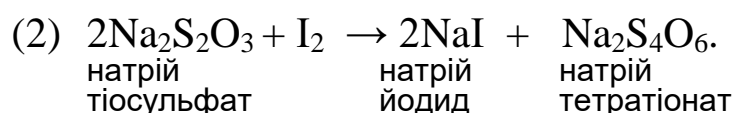
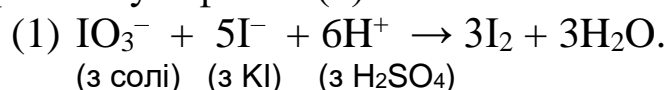
В колбу об'ємом 250 мл налити 80 мл води і поступово добавляти при перемішуванні і/або нагріванні наважку NaCl доти, поки не сіль не перестане розчинятись.

5. Індикаторний розчин *крохмалю*.

В колбу об'ємом 250 мл вносять 1 г розчинного крохмалю, додають 10 мл дистильованої води і нагрівають до розчинення крохмалю. До одержаної гарячої суміші добавляють 90 мл насиченого розчину NaCl та перемішують.

NB! В день проведення дослідження розчин необхідно прогріти (але не кип'ятити).

Метод оснований на взаємодії калій йодату з калій йодидом в кислому середовищі (1) і подальшому титруванні йоду, що виділяється, натрій тіосульфатом (2):



Методика проведення дослідження

- ✓ Наважку кам'яної солі масою 10 г переносять у конічну колбу об'ємом 250 см^3 і розчиняють у 100 см^3 дистильованої води. Якщо отриманий розчин каламутний, його необхідно профільтрувати.
- ✓ До отриманого розчину додають 1 см^3 розчину H_2SO_4 , перемішують, додають 5 мл розчину KI, знову перемішують, закривають колбу пробкою і поміщають на 10 хвилин у темне місце.
- ✓ До досліджуваного розчину, який став темно-жовтого забарвлення, додають з бюретки при перемішуванні розчин $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до переходу забарвлення у світло-жовте.
- ✓ Далі додають в досліджуваний розчин світло-жовтого забарвлення приблизно 2 мл індикаторного розчину крохмалю, від чого суміш має набути темно-синього забарвлення. Продовжують титрування доти, поки забарвлення не зникне. Відзначають об'єм розчину тіосульфату, що пішов на титрування.

Обробка результатів дослідження

За об'ємом розчину тіосульфату, який пішов на титрування, визначають кількість йоду ($\rho(X)$, мг/кг), що міститься в зразку досліджуваної солі:

$$\rho(X) = \frac{V \cdot 0,1057 \cdot 1000}{10} = V \cdot 10,57 \text{ (мг/кг)},$$

де V – об'єм розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, що пішов на титрування (см^3); 10 – наважка солі, взятої для дослідження (г); 1000 – перерахунок на 1 кг солі; 0,1057 – кількість йоду з калій йодату досліджуваного зразку солі, що відповідає 1 см^3 розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, який пішов на титрування. З рівнянь реакцій (1) і (2), що лежать в основі цього методу визначення йоду в солі, збагаченої KIO_3 , випливає: з загальної кількості йоду, яку відтитровують натрій тіосульфатом в досліджуваній пробі, на частку йоду з KIO_3 припадає $1/6$ частина, тобто не 0,6345, а 0,1057 мг.

Для визначення кількості йоду в досліджуваній солі можна користуватися таблицею 4.

Таблиця 4

Співвідношення між показниками шкали бюретки та кількістю йодованої солі (мг/кг)

Показники шкали	мг/кг	Показники шкали	мг/кг
0,0	0,0	5,0	52,9
0,1	1,1	5,1	54,0
0,2	2,1	5,2	55,0
0,3	3,2	5,3	56,1
0,4	4,2	5,4	57,1
0,5	5,3	5,5	58,2
0,6	6,3	5,6	59,2
0,7	7,4	5,7	60,3
0,8	8,5	5,8	61,4
0,9	9,5	5,9	62,4
1,0	10,6	6,0	63,5
1,1	11,6	6,1	64,5
1,2	12,7	6,2	65,6
1,3	13,8	6,3	66,7
1,4	14,8	6,4	67,7
1,5	15,9	6,5	68,8
1,6	16,9	6,6	69,8
1,7	18,0	6,7	70,9
1,8	19,0	6,8	71,9
1,9	20,1	6,9	73,0
2,0	21,2	7,0	74,1
2,1	22,2	7,1	75,1
2,2	23,3	7,2	76,2

2,3	24,3
2,4	5,4
2,5	26,5
2,6	27,5
2,7	28,6
2,8	29,6
2,9	30,7
3,0	31,7
3,1	32,8
3,2	33,9
3,3	34,9
3,4	36,0
3,5	37,0
3,6	38,1
3,7	39,1
3,8	40,2
3,9	41,3
4,0	42,3
4,1	43,4
4,2	44,4
4,3	45,5
4,4	46,6
4,5	47,6
4,6	48,7
4,7	49,7
4,8	50,8
4,9	51,9

7,3	77,2
7,4	78,3
7,5	79,4
7,6	80,4
7,7	81,5
7,8	82,5
7,9	83,6
8,0	84,6
8,1	85,7
8,2	86,8
8,3	87,8
8,4	88,9
8,5	89,9
8,6	91,0
8,7	92,0
8,8	93,1
8,9	94,2
9,0	95,2
9,1	96,3
9,2	97,3
9,3	98,4
9,4	99,5
9,5	100,5
9,6	101,6
9,7	102,6
9,8	103,7
9,9	104,7

✓ **Висновки за результатами досліджень:**

- Уміст йоду у йодованій солі.
- Назви та хімічні формули мінералів, які можуть входити як домішки до каміної солі.
- Виписати за яких умов утворюються поклади кам'яної солі в природі.

Контрольні завдання

1. Які хімічні реакції лежать в основі якісного виявлення хімічних елементів Fe, S, Ca, P, Pb у складі мінералів? Навести приклади.
2. Які хімічні реакції дозволяють ідентифікувати: а) кальцит, арагоніт і доломіт; б) пірит, галеніт і магнетит; в) гіпс; г) апатит.
3. Концентрація Йоду (у вигляді I⁻-іонів) в морській воді дорівнює 0,06 мг/л. Обчисліть загальну масу Йоду в світовому океані (густина морської води в середньому дорівнює 1,05 кг/л), об'єм якого становить $1,37 \cdot 10^9$ км³.

4. Навести характеристику мінералів відповідно до їх класифікації і заповнити таблицю:

Клас	Назва	Формула	Походження	Поклади, країна	Використання у народному господарстві
Самородні елементи	Золото				
	Платина				
	Срібло				
	Мідь				
	Графіт				
	Алмаз				
	Сірка				
Сульфіди	Галеніт				
	Сфалерит				
	Пірит				
	Халькопірит				
Галоїдні сполуки	Галіт				
	Сильвініт				
	Карналіт				
	Флюорит				
Карбонати	Кальцит				
	Ісландський шпат				
	Арагоніт				
	Доломіт				
	Малахіт				
	Азурит				
	Сидерит				
Сульфати	Гіпс				
	Ангідрит				
Фосфати	Апатит				
Оксиди	Корунд				
	Лимоніт				
	Піролюзит				
	Гематит				
	Магнетит				
Силікати	Топаз				
	Кварц				
	Слюди (мусковіт)				
	Біотит				
	Тальк				
	Каолін				
	Польовий шпат				
	Онікс				
	Олівін				
	Гранат				
	Опал				
	Халцедон				
	Обсидіан				
Органічні сполуки	Бурштин				

5. 1 г деякого металу сполучається з 8,89 г Броду і з 1,78 г Сульфуром. Знайти еквівалентні маси Броду і металу, знаючи, що еквівалентна маса Сульфуром дорівнює 16,0 г/моль.

2.3. Імітація природних процесів утворення мінералів

Завдання роботи: вивчення умов формування складу соляних озер і мінеральних підземних вод;
вивчення порядку кристалізації високо-розчинних мінералів у природних умовах.

Мінерали: клас галоїдів: галіт, сильвін, сильвініт, карналіт
клас сульфатів: гіпс.

<i>Реактиви</i>	<i>Устаткування</i>
1. CaSO ₄ , насичений,	1. Краплинна лійка,
2. кальцій хлорид,	2. пальник Бунзена,
3. натрій хлорид,	3. триніжок з азбестовою сіткою,
4. ферум(III) хлорид,	4. штатив з кільцем,
5. хлоридна кислота, конц.	5. порцелянова чашка діаметром ~ 10 см,
	6. проєкційний ліхтар,
	7. ваги технічні з важками,
	8. скляна пластинка.

Води, що течуть у земній корі, по її поверхні або утворюють водойми, завжди містять розчинні солі. Мінімальна кількість солей міститься в атмосферних опадах і талих снігових водах. Під час переміщення вод по поверхні або в товщі порід уміст солей у них зазвичай збільшується. Цьому сприяє випаровування вод, а перешкоджає – їх розбавлення атмосферними опадами.

На розвиток уявлень про формування складу мінеральних озер і підземних вод величезний вплив мала *теорія метаморфізації ропи*, розроблена М. С. Курнаковим, С. О. Щукарєвим і С. О. Валяшко. Термін «*метаморфізація вод або розсолів*», уперше запропонований М. С. Курнаковим, характеризує зміну хімічного складу озерної ропи під впливом привнесених в озеро карбонатів Кальцію. Карбонати Кальцію вносяться в озера поверхневими і підземними водами. Надходження їх у води озер, згідно з теорією, стає причиною появи реакцій подвійного сольового обміну спочатку між MgSO₄ і CaCO₃, а потім – MgCl₂ і CaCO₃. У результаті ропа поступового збіднюється йонами SO₄²⁻, а потім і йонами Mg²⁺.

За цією теорією процеси метаморфізації ропи в озері - лагуні, відмежованій від моря, виражаються двома рівняннями:

✓ на першій стадії



✓ на другій стадії



Таким чином, *метаморфізація морської соляної маси пов'язана з утворенням доломіту і з явищами доломітизації вапняків і мергелів.*

Слід зазначити, що задовго до М. С. Курнакова для пояснення генезису доломітів аналогічні реакції були запропоновані Гайдінгером:

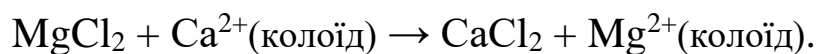
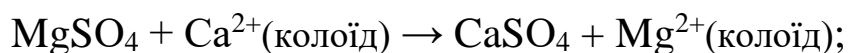


та Маріньяком



Перебігом цих реакцій пояснювали існування в ропі озер Перекопської групи (Крим) хлоридів Кальцію, які присутні зазвичай у незначних кількостях. Надалі тим же способом стали пояснювати походження хлор-кальцієвих континентальних озер і підземних розсолів, а також вод хлор-кальцієвого типу.

У 1930 році була розроблена *колоїдно-хімічну теорію* соляних озер (С. О. Щукарєв, Т. О. Толмачова). Замість реакцій подвійного сольового обміну пропонувались реакції обмінної адсорбції, яким надається вирішальне значення:

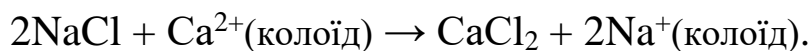
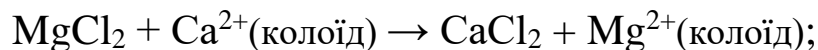
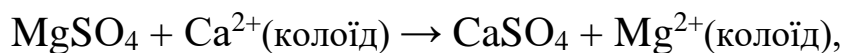


Реакції *адсорбційного обміну в озерах відбуваються між ропою і муловими колоїдами донних відкладів.*

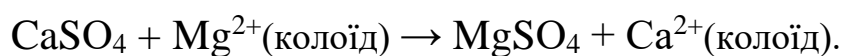
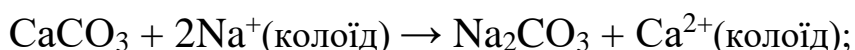
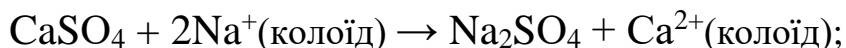
Механізм зазначених процесів суттєво відрізняється від механізму реакції Гайдінгера і Маріньяка, хоча результат є однаковим: зникнення з розчину спочатку йонів SO_4^{2-} , а потім йонів Mg^{2+} і поява йонів Ca^{2+} . Частка Магнію, однак, є різною: за М. С. Курнаковим, виникає важкорозчинний доломіт, а за колоїдно-хімічною теорією Магній є адсорбованим.

Згідно з теорією С. О. Щукарєва *при загущенні ропи* в озері не тільки йони Магнію, але навіть Натрію (при їх великій концентрації)

можуть витискувати Кальцій з колоїдного комплексу ґрунтових і глинистих частинок, що потрапляють в озеро:



Проте, за умов *незначної солоності* Натрій і Магній є слабкими конкурентами Кальцію, що обумовлює інший напрямок перебіг цих процесів:



Перша група процесів – *лиманова метаморфізація* – веде спочатку до зникнення з ропи MgSO_4 (осадження CaSO_4), а потім і MgCl_2 (з одночасним накопиченням CaCl_2). Лиманна метаморфізація має місце в самому озері при попаданні в нього глинистих частинок.

Друга група процесів – *материкова метаморфізація* – пов'язана з накопиченням Na_2SO_4 , NaHCO_3 і MgSO_4 . Материкова метаморфізація відбувається в слабо засолених ґрунтах при промиванні їх прісними водами, що містять CaCO_3 і CaSO_4 . Накопичуючись у понижених ділянках рельєфу місцевості, промивні води можуть утворити содове або сульфатне озеро.

Теорія метаморфізації розсолів надалі розроблялась М. Г. Валяшко (1939, 1952), який запропонував поділити озера на три гідрохімічних типи. В основу цієї класифікації покладено вміст певних *асоціацій йонів* (але не переважаючих йонів). До першого, карбонатного, типу відносяться озера, які містять HCO_3^- -аніон. У другому, сульфатному типі за присутністю характерних солей виділяються два підтипи: сульфатно-натрієвий і хлор-магнієвий. До *хлор-магнієвого підтипу сульфатного типу відноситься морська вода*. Третій, хлоридний, тип відрізняється від попередніх умістом кальцій хлориду. До цього хлор-кальцієвого типу, належать, зокрема, нафтові води.

Між перерахованими типами існує генетичний зв'язок, який можна представити у вигляді схеми:

Карбонатний тип → *Сульфатний тип* → *Хлоридний тип*.

Стрілки зліва направо вказують напрям нормального «прямого» процесу метаморфізації, а справа наліво – «зворотного».

За сучасними уявленнями основними факторами формування соляної маси озер є фізико-географічні, геологічні та гідрогеологічні умови їх знаходження. У зонах степів, напівпустель і пустель, які відрізняються різко континентальним кліматом процеси випаровування є дуже інтенсивними. У цих умовах концентрація солей у воді може різко збільшуватися і на невеликих ділянках за короткі відрізки часу вони випадають з розчинів, утворюючи хемогенні поклади (карбонати і гіпси, галіт, соду, сульфати Натрію і Магнію).

Перевищення швидкості випаровування над швидкістю осадження є основною умовою накопичення легкорозчинних солей, утворення соляних озер і сольових покладів – евапоритів – в них. Однак, для накопичення великих покладів солей необхідними є ще ряд додаткових умов:

- ✓ привнос солей до місця їх скупчення за рахунок достатньо потужних і довготривалих джерел, часто розташованих у областях з гумідним кліматом;
- ✓ наявність басейнів їх накопичення, якими зазвичай є безстічні улоговини;
- ✓ близьке до поверхні залягання ґрунтових вод.

Незважаючи на різноманітність соляних озер, у складі їх солей і розсолів катіони представлені переважно йонами Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , а аніони – CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} і в невеликих кількостях присутні Бром, Бор, Силіцій, Літій. Соляні озера з карбонатним складом ропи зустрічаються рідко. У ропі озер з високою концентрацією солей переважає йон Хлору, а сульфат-іон займає друге місце. У більшості озер йон Натрію переважає над йоном Магнію. Проте, таке переважання зазвичай є не настільки великим, щоб в озерах утворення галіту різко переважало над кристалізацією мірабіліту.

У цілому у соляних озерах перелік мінералів обмежується гіпсом, галітом, мірабілітом, епсомітом, астраханітом, тенардитом, глауберитом й мінералами, які зустрічаються меншою мірою – содою, термонатритом, треною, беркеїтом, гідрогалітом, бішофітом і карналітом.

Природне випаровування соляних розсолів під дією сонячного тепла («сонячна діаграма випаровування») обумовлює випадання солей з розчину, що відбувається у відповідності до їх розчинності у

водному середовищі. Наприклад, випадання з ропи мірабіліту $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ відбувається при температурах близько 0°C , а влітку мірабіліт розчиняється. Натомість галіт NaCl випадає переважно влітку, в період найбільшого концентрування ропи, а взимку, і найчастіше навесні, внаслідок опріснення ропи, галіт часто повністю розчиняється. У різних умовах випадають й інші мінерали.

Лабораторний дослід моделює процеси шаруватого утворення соляних родовищ, тільки в природі шари різних солей утворюються по вертикалі, а в досліді розподіл солей відбувається по горизонталі.

Методика № 1 проведення дослідження

- ✓ Готують 100 мл насиченого при 20°C розчину магній сульфату ($k_{20}(\text{MgSO}_4) = 35,1 \text{ г/100 мл H}_2\text{O}$). Для цього наважку солі розчиняють у мірній колбі на 100 мл.
- ✓ Далі у 100 мл приготовленого розчину MgSO_4 розчиняють 4 г натрій хлориду і 2 г калій хлориду.
- ✓ Потім до одержаного розчину додають спочатку 2 краплі концентрованої хлоридної кислоти, а потім ферум(III) хлориду у такій кількості, щоб розчин набув лимонно-жовтого забарвлення.
- ✓ Три краплі цього розчину наносять на скляну пластинку.
- ✓ Високо тримаючи пластинку над полум'ям газового пальника, видаляють надлишок води.
- ✓ Осад, який утворився, розглядають через проекційний ліхтар на екрані. На екрані добре видно неоднорідність кристалічного осаду. Зовні у формі тонких ліній, спрямованих усередину плями, кристалізується магній сульфат. За ними видно кільцеві утворення натрій хлориду, а у центрі плями формуються кристали калій хлориду.

Методика № 2 проведення дослідження

- ✓ Отриманий у досліді 1 розчин поміщують у краплинну лійку й повільно краплями наносять його на внутрішній край добре прогрітої порцелянової чашки, яку після падіння кожної краплі злегка повертають навколо своєї осі.
- ✓ Операцію цю повторюють доти, поки все дно чашки не вкриється кристалічним осадом.
- ✓ В осаді видно розподіл окремих компонентів розчину шарами. Розподіл буде таким самим: зовні кристалізуються «нитки»

гіпсу, далі кільця натрій хлориду, а в центрі чашки – кристали калій хлориду.

✓ **Загальні висновки за результатами досліджень:**

- Послідовність кристалізації мінералів.
- Назви та хімічні формули мінералів.
- Форма кристалів мінералів як діагностична ознака кожного з мінералів.

Контрольні питання

1. Наведіть приклади мінералів наступних класів: карбонатів, сульфідів, сульфатів, фосфатів, галогенідів.
2. Які поліморфні різновиди мінералів групи Карбону зустрічаються в земній корі ?
3. За якими ознаками відрізняється гематит від лимоніту?
4. Назвіть властивості й відмінні ознаки мінералів – сульфідів Pb, Sb і Hg. Яке походження має назва природного меркурій(II) сульфідіду?
5. Перерахуйте різновиди мінералів групи кварцу.
6. Дайте назву породі, у складі якої переважають мінерали – алюміній гідроксиди?
7. Назвіть мінерали з класу сульфідів, які є рудами на мідь, цинк, молібден? Напишіть їх хімічні формули.
8. До якого класу належать такі мінерали: лабрадор, рогова обманка, гранат, амазоніт?
9. Як називаються різновиди кварцу фіолетового, чорного, димчастого кольору? Як називається прозорий кварц?
10. Як називається смугастий різновид халцедону?
11. Назвіть мінерали складу SiO_2 , $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, які використовуються в ювелірній справі і як виробні камені.
12. Мінерали якого класу складають близько 75 % від маси земної кори ?
13. Як взаємодіють з хлоридною кислотою кальцит, доломіт, магнезит і сидерит?
14. Якими рівняннями реакції можна відобразити переміщення Сульфуру з цинкової обманки (ZnS) у гіпс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)?
15. Написати хімічну формулу мінералу, який має наступний хімічний склад (у вагових %):
 - a. Cu – 63,15; Fe – 11,31; S – 25,10; Ag – 0,15.

- б. Cu – 29,21; Fe – 12,01; Sn – 26,70; S – 29,98.
- в. Al₂O₃ – 40,10; SiO₂ – 46,25; H₂O – 13,70.
- г. CaO – 27,84; MgO – 9,45; FeO – 19,00; CO₂ – 44,20.
- д. SiO₂ – 38,11; FeO – 31,25; MnO – 0,20; MgO – 30,42.
- е. CaO – 47,70; SiO₂ – 50,91; FeO – 1,12; MgO – 0,20.
- ж. SiO₂ – 55,48; Al₂O₃ – 27,80; CaO – 10,20; Na₂O – 5,70; BaO – 0,20; FeO – 0,20.
- з. CaO – 53,45; P₂O₅ – 41,20; Cl – 6,70.
- и. BeO – 14,22; Al₂O₃ – 18,55; SiO₂ – 67,10.
- к. CaO – 30,45; MgO – 22,10; CO₂ – 47,80.

3. Мінерали. Фізичні властивості мінералів. Діагностичні ознаки мінералів

3.1. Визначення відносної твердості мінералу

Завдання роботи: навчитись діагностувати мінерали за їх твердістю;
вивчити різні шкали оцінки твердості мінералів.

Мінерали:	Устаткування:
тальк, гіпс, кальцит, флюорит, апатит, ортоклаз, кварц, топаз, корунд.	1. Порцелянова ступка 2. Скляна пластинка 3. Голка 4. лезо ножа

Для визначення *відносної твердості мінералу* застосовується шкала Мооса – десятибальна шкала твердості мінералів, за якою розрізняють десять ступенів твердості. Еталонами є: 1 – тальк, 2 – гіпс, 3 – кальцит, 4 – флюорит, 5 – апатит, 6 – ортоклаз, 7 – кварц, 8 – топаз, 9 – корунд, 10 – алмаз. Мінерал з більшою твердістю дряпає мінерал з меншою твердістю, тобто кожний наступний мінерал цього ряду здатний дряпати попередній мінерал, але не дряпає наступного за ним, твердішого. Якщо, наприклад, гіпс не залишає подряпини на поверхні мінералу, що досліджується, а кальцит залишає, то його твердість вважають рівною 2,5.

Шкалу Мооса використовують для швидкої діагностики мінералів, що є зручним у польових умовах.

У випадку відсутності еталонного мінералу, деякі з них можна замінити іншими матеріалами немінерального походження:

Методика проведення дослідження

- ✓ Вибрати з колекції мінерали, що є еталонами за шкалою Мооса.
- ✓ Взяти будь-який інший мінерал з колекції і дослідити його твердість, для чого потрібно подрятати його поверхню гострими краями еталонних мінералів.
- ✓ Користуючись шкалою, що наведена нижче, визначити *пасивну твердість* мінералу.
- ✓ Взяти досліджуваний мінерал і подрятати ним поверхню еталонних мінералів
- ✓ Користуючись шкалою, що наведена нижче у таблиці 5, визначити *активну* твердість досліджуваного мінералу.

Таблиця 5

Відносна твердість мінералів за шкалою Мооса

Твердість	Мінерал	Розповсюджений матеріал
10	Алмаз	
9	Корунд (рубін, сапфір)	Карбід Силіцію (абразив)
8,5	Хризоберил	
8	Берил, шпінель, топаз	Інструментальна сталь
7,5	Турмалін, циркон	Інструментальна сталь
7	Кварц (аметист)	
6,75		Вольфрам, хром, вуглецева сталь
6	Польовий шпат, танзаніт	Лезо ножа
5,5		Скло
5	Апатит	Скло
4,5		Свинцеве скло
4	Флюорит	Стерлінгове срібло
3	Кальцит, перли	Бронзова монета
2,5	Бурштин	Слонова кістка, ніготь, чисте золото
2	Гіпс, ангідрит	
1,5		Людська шкіра
1	Графіт, тальк	М'який олівець

- ✓ **Висновки за результатами досліджень:**
 - Вказати пасивну та активну твердість досліджуваного мінералу.
 - Назва та хімічна формула досліджуваного мінералу.
 - Місце досліджуваного мінералу у відносній шкалі твердості Мооса.

3.2. Вивчення оптичних властивостей мінералів

Завдання роботи: навчитись діагностувати мінерали за зовнішнім виглядом – за кольором риси та за забарвленням мінералу;
вивчити типи забарвлення мінералів.

Мінерали:	Устаткування:
1. Гематит 2. пірит 3. магнетит, 4. графіт, 5. малахіт.	1. Порцелянова ступка, 2. фільтрувальний папір, 3. пластинка з лідіту.

3.2.1. Визначення кольору rischi мінералу

Колір риси – це колір порошку мінералу. При цьому слід подбати, щоб мінерал був розтертий якомога тонше.

При визначенні *нерудних* мінералів найкраще користуватися білою негладкою (шорсткою) порцеляновою платівкою (нижньою стороною дна ступки). При встановленні кольору rischi *рудних* мінералів можна використовувати також платівки чорного кольору, наприклад, з лідіту (чорний різновид кварцитів). Колір rischi можна визначити (дотримуючись обережності) на поперечному зламі фарфорового уламка.

Методика проведення дослідження

- ✓ Відчутно натискаючи на мінерал, потрібно провести його гострим краєм по матовій поверхні порцелянаної пластинки (або дна ступки) широку смугу.
- ✓ Якщо вона є недостатньо яскравою, проводять смугу кілька разів.
- ✓ У деяких мінералів вже перша смуга добре помітна і густа (непрозора) й іноді так інтенсивно забарвлена, що виглядає чорною. Таку смужку розмазують, щоб точно визначити її колір.
- ✓ У деяких випадках, наприклад, коли мінерал твердіше, ніж пластинка, смужка не утворюється. Тоді осколок мінералу розбивається молотком або розмелюється в ступці, а колір отриманого порошку визначається на білому тлі.
- ✓ У слабкозафарбованих мінералів смужка часто буває білою або світло-сірою, іноді з непомітним або майже непомітним кольоровим відтінком. Такий колір rischi вважається світлим.
- ✓ Одержаний колір rischi потрібно порівняти з табличними даними:

риска біла або відсутня	Сфалерит, гіпс, галіт, апатит, тальк, слюди, кальцит, кварц, халцедон, опал, олівін, гранат, польові шпати, альбіт, лабрадор, анортит, ортоклаз
риска жовта, бурая, червона, коричнева	Лимоніт, гематит, каситерит, піролюзит
риска від сірої до чорної	Халькопірит, галеніт, графіт, фосфорит, піролюзит, магнетит
риска зеленувата, зелена	Біотит, глауконіт, хлорит, серпентин

- ✓ **Висновки за результатами досліджень:**
 - Вказати колір rischi досліджуваного мінералу.
 - Вказати колір самого мінералу та причину, яка обумовлює це забарвлення.
 - Назва та хімічна формула досліджуваного мінералу.

3.3. Вивчення явища анізотропії

Завдання роботи: навчитись визначати експериментально анізотропію деяких фізичних властивостей мінералів: теплопровідності, міцності тощо.

Реактиви й устаткування:	
1. Пластинки, вирізані із кристалів кварцу, 2. віск, 3. пластинки, вирізані із кристала слюди: один перпендикулярно до граней куба, інший – по діагоналі однієї із граней, 4. пластинки, вирізані із кристала природної солі: один перпендикулярно до граней куба, інший – по діагоналі однієї із граней,	1. Технічні терези з важками, 2. паяльник, 3. прилад для вивчення анізотропії міцності: технічні ваги з важками, камера, мідна дротина.

3.3.1. Вивчення явища анізотропії теплопровідності

Якби теплопровідність кварцової пластинки була в усіх напрямках однаковою, краплина воску мала би форму кола. Оскільки теплопровідність кристалу кварцу залежить від напрямку (вона максимальна уздовж довгої напівосі еліпса), краплина воску, який плавиться при легкому нагріванні, буде мати витягнуту форму (рис. 6).

Методика проведення дослідження

- ✓ Пластинку, вирізану із суцільного кристала кварцу, покривають з однієї сторони шаром воску й дають йому охолонути.
- ✓ Включають паяльник і, тримаючи пластинку горизонтально (восковим шаром нагору), знизу доторкаються нагрітим паяльником у будь-якій її точці доти, поки віск не почне плавитися.
- ✓ Спостерігати за формою краплини воску в момент його розплавлення.

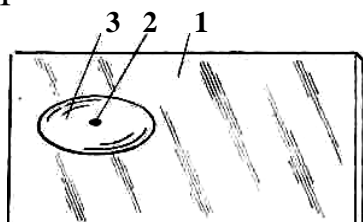


Рис.6. Анізотропія теплопровідності:

1 – кварцева кристалічна пластинка, 2 – місце нагрівання пластини, 3 – розплавлений віск.

3.3.2. Дослідження явища анізотропії міцності

Міцність кристалу також неоднакова в різних напрямках; вона буде найменшою уздовж площин спайності, тобто перпендикулярно до граней куба (галіту). Для розриву бруска, вирізаного по діагоналі однієї із граней кубічного кристала, буде потрібна сила (вага), приблизно у два рази більша, ніж для розриву бруска, вирізаного перпендикулярно до граней куба.

Аналогічне явище можна спостерігати, якщо розшарувати шматок природної слюди, наприклад, біотиту. Слюда легко розділяється на пластинки тільки в одному напрямку (паралельно її поверхні), в інших напрямках для руйнування слюди потрібні значно більші зусилля.

Методика проведення дослідження

- ✓ Підготувати пластинки мінералів
- ✓ Зібрати прилад, як показано на рис. 7.
- ✓ Пластинки (по черзі) укріпити на одній стороні чашкових терезів.
- ✓ Випробувати пластинки на розрив, для чого завантажувати протилежну сторону важками доти, поки пластинка не зруйнується.
- ✓ **Загальні висновки за результатами досліджень:**
 - Вказати присутність або відсутність анізотропії тепловідності досліджуваного мінералу;
 - Вказати присутність або відсутність анізотропії міцності досліджуваного мінералу.

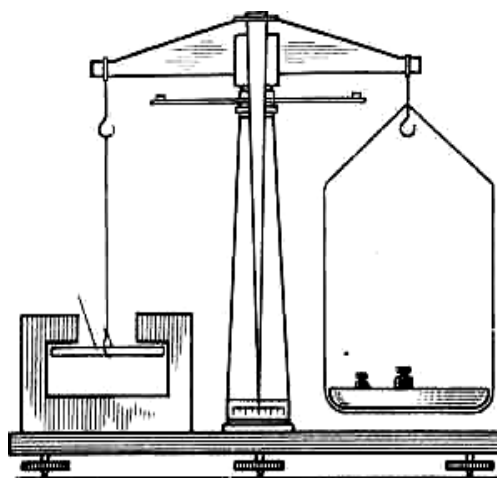


Рис. 7. Прилад для демонстрації явища анізотропії міцності.

3.4. Вивчення магнітності спайності, крихкості і пластичності мінералів

Завдання роботи: ознайомитись з методами експериментальної оцінки таких фізичних властивостей мінералів як магнітність спайність, крихкість, пластичність.

Мінерали:	Устаткування
Магнетит, гематит, слюда, кварц, гіпс, галіт, апатит.	1. компас, 2. постійний магніт, 3. сталевий гострий предмет – ніж, скальпель.

3.4.1. Визначення магнітності мінералів

Методика проведення дослідження

- ✓ Мінерал піднести до компасу. Якщо стрілка компасу відхиляється від початкового положення, то мінерал має магнітні властивості.
- ✓ Постійний магніт піднести до шматка мінералу. Якщо спостерігається ефект притягування магнітом, то мінерал має магнітні властивості.

3.4.2. Визначення спайності, крихкості і пластичності мінералів

Спайність – це властивість мінеральних індивідів розколюватися під дією механічних сил паралельно граням кристалів з утворенням площин різного ступеня дзеркальності. Спайність мінералів визначається внутрішньою будовою мінералів. Залежно від симетрії кристалів мінералів спайність може проходити по одному, двом, трьом і чотирьом напрямках.

Залежно від ступеня і характеру розколюваності і дзеркальності уламків, які утворюються при подрібненні мінералів, виділяють чотири ступеня відносної спайності:

Ступінь спайності	Назва ступеня спайності	Характеристика спайності	Мінерали-еталони
I	Достатньо досконала	Мінерал легко розколюється на тонкі листи з утворенням дзеркальних площин	Мусковіт, біотит
II	Досконала	Мінерал розколюється на пластини з утворенням одиничних сходинок на площинах спайності	Гіпс, галіт
III	Середня	Мінерал слабо розколюється на окремі блоки з утворенням багатосходиноквої поверхні	Магнетит, мікроклін
IV	Малопомітна	Мінерал подрібнюється з утворенням зерен з нерівною, часто мушле подібною поверхнею та з малопомітними площинами	Кварц, олівін, берил

Крихкість – це здатність мінералів подрібнюватися при зовнішній механічній дії з утворенням тріщин або уламків різної величини і форми.

Пластичністю називають здатність мінералу деформуватися під дією зовнішнього механічного чинника без утворення тріщин або уламків.

Обидві властивості тісно взаємопов'язані між собою і мають не тільки діагностичне, але і технологічне значення. Так, крихкість в багатьох випадках визначає розробку технологічних схем видобування та збагачення корисних копалин. Усі мінерали можна згрупувати в п'ять груп за ступенем крихкості:

Ступінь крихкості	Характеристика крихкості	Навантаження при якому утворюються тріщини, кг/см ²	Мінерали еталони
I	Дуже крихкі	менше 20	Гіпс
II	Крихкі	20-50	Пірит
III	Слабко пластичні	50-100	Кварц
IV	Пластичні	100-200	Самородне залізо
V	Дуже пластичні	більше 200	Самородна мідь

Виходячи з теорії внутрішньої будови мінералів, при визначенні крихкості чи пластичності необхідно враховувати явища ізоτροпії і анізотропії. Так, *ступінь крихкості і пластичності в ізоτροпних мінералах у всіх напрямках буде однаковою, в анізотропних – різною.*

Крихкість і пластичність визначаються двома методами: експериментальним – на склерометрах і відносним – дряпанням мінералу загостреним сталевим предметом.

Методика проведення дослідження

- ✓ Беруть сталевий предмет – голку або ніж (скальпель) – і гострою поверхнею тиснуть на поверхню мінералу.
- ✓ За допомогою лупи розглядають слід, який утворюється під натиском голки або ножа, керуючись даними таблиці:

Слід від сталевго предмету	Характеристика мінералу
на мінералі залишається подряпина, заповнена дрібними уламками	крихкий
слід є гладким	пластичний
слід дзеркальний	дуже пластичний

- ✓ **Висновки за результатами досліджень:**
 - Вказати, чи мають досліджувані мінерали магнітні властивості;
 - Які мінерали (з досліджуваних) є пластичними, крихкими, міцними;
 - Визначити ступінь спайності досліджуваних мінералів.

3.5. Вивчення густини мінералів

Завдання роботи: за густиною мінералу, вимірюною методом гідростатичного зважування, визначити мінерал;
ознайомитись з іншими методами вивчення густини мінералів.

Мінерали:	Устаткування
Магнетит, гематит, пірит, галеніт, слюда, кварц, гіпс, галіт, апатит	4. компас, 5. постійний магніт, 6. сталевий гострий предмет – ніж, скальпель.

Густиною речовини називається маса речовини, віднесена до її об'єму. Густина мінералів, гірських порід і руд змінюється від 1 до 20 г/см³. Мінерали з густиною нижче 2 сприймаються як легкі (густина бурштину – 1,0 г/см³), від 2 до 4 – як нормальні (густина кварцу - 2,6 г/см³), вище 4 – як важкі (густина галеніту, або свинцевого блиску, – 7,5 г/см³).

Найдорожчі дорогоцінні камені, як і благородні метали, мають більш високу густину, ніж такі породоутворювальні мінерали як кварц і польовий шпат. З цієї причини в текучих водах спочатку відбувається відкладення і накопичення важких мінералів, а потім вже – кварцових пісків, які їх перекривають. Такі родовища корисних мінералів називаються розсипами.

У гідростатичному методі густина речовини визначається за відношенням маси мінералу до об'єму витісненої цим мінералом води.

Методика проведення дослідження

- ✓ На технічних терезах мінерал підвішують на тонкій мідній нитці до кормисла і зважують спочатку в повітрі.
- ✓ Потім мінерал занурюють у воду, як показано на рисунку 8, і знову зважують.
- ✓ Різниця обох результатів відповідає масі витісненої води і тим самим чисельно дорівнює об'єму мінералу.

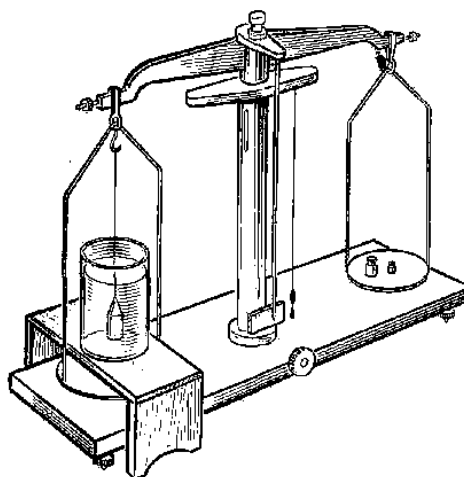


Рис.8. Установка для гідростатичного зважування.

- ✓ Результати вимірювань заносять у таблицю за формою:

Маса мінералу, г		$\Delta m = m_0 - m_1$	Об'єм мінералу, см ³	Густина мінералу, г/см ³
у повітрі, m_0	у воді, m_1			
....

- ✓ Густина мінералу обчислюють за формулою:

$$\rho = m_0 / V,$$

де за умови, що густина води прийнята рівною 1 г/см³, об'єм V (см³) мінералу чисельно буде дорівнювати різниці мас – Δm (г).

- ✓ **Висновки за результатами досліджень:**

– За величиною густини визначити мінерал, користуючись таблицею б.

Таблиця б

Густина деяких мінералів

Мінерал	Хімічна формула	Густина мінералу
Мідь	Cu	8,5-8,9
Сірка	S	2,0
Графіт	C	2,09-2,25
Галеніт	PbS	7,4-7,6
Сфалерит	ZnS	3,5-4,2
Пірит	FeS ₂	4,9-5
Марказит		4,7-4,9
Флюорит	CaF ₂	3,01-3,25
Галіт	NaCl	2,168
Корунд	Al ₂ O ₃	4,0
Гематит	Fe ₂ O ₃	5,0-5,3
Магнетит	Fe ₃ O ₄ або Fe ^{II} [Fe ^{III} ₂ O ₄]	5,0-5,2
Каситерит	SnO ₂	6,8-7,1
Піролюзит	MnO ₂	4,7-5
Опал	SiO ₂ ·nH ₂ O	1,9-2,5
Беміт	AlO(OH)	3,01-3,11
Діаспор	AlOOH	3-3,5
Гідроаргіліт	Al(OH) ₃	2,3-2,43
Кальцит	Ca[CO ₃]	2,6-2,8
Арагоніт	Ca[CO ₃]	2,85-3
Магнезит	Mg[CO ₃]	2,9-3,1
Доломіт	CaMg[CO ₃] ₂	1,8-3,15
Сидерит	Fe[CO ₃]	3-3,9
Малахіт	Cu[CO ₃](OH) ₂	3,9-4,03
Барит	Ba[SO ₄]	4,3-4,7
Ангідрит	Ca[SO ₄]	2,8-3
Гіпс	Ca[SO ₄]·2H ₂ O	2,3-2,4
Тенардит	Na[SO ₄]	2,6-2,7
Мірабіліт	Na[SO ₄]·10 H ₂ O	1,5
Алуніт	KAl[SO ₄] ₂ (OH) ₆	2,5-2,8
Апатит	Ca ₅ [PO ₄] ₃ (F,Cl,OH)	3,16-3,27
Тальк	Mg ₃ [Si ₄ O ₁₀][OH] ₂	2,7-2,8
Мусковіт	KAl ₂ [AlSi ₃ O ₁₀][OH] ₂	2,5-3

Контрольне індивідуальне завдання

Викладачем задається набір з двох зразків – один мінерал і один мінеральний агрегат. Для виконання контрольного індивідуального завдання необхідні підручні засоби для визначення деяких макроскопічних властивостей: скло, голка, порцеляновий платівка, розбавлений розчин кислоти. У процесі роботи дозволяється користування діагностичною таблицею. Роботу потрібно виконати у наступному порядку:

- ✓ Описати зовнішній вигляд кристала, або мінеральних утворень в агрегаті.
- ✓ Описати колір мінералу з його можливими відтінками.
- ✓ Визначити колір риски зразка, якщо це можливо.
- ✓ Описати блиск мінералу на природних гранях, на зламі, або в цілому агрегаті.
- ✓ Описати характер зламу мінералу, якщо такий спостерігається.
- ✓ Визначити характер спайності; кут між площинами спайності, що проявляється в декількох напрямках.
- ✓ Визначити твердість мінералу.
- ✓ Визначити відносну густину зразка шляхом порівняння з іншими мінеральними зразками.
- ✓ Описати додаткові діагностичні властивості, якщо такі виявляються (магнітні, реакція з хлоридною кислотою, характерний смак, ковкість, іризація, анізотропія твердості тощо).
- ✓ Визначити мінерал і дати йому відповідну назву.

Контрольні питання

1. Більшість хімічних елементів знаходяться на Землі у вигляді солей. Наведіть п'ять – шість прикладів таких солей та їх мінералогічні назви. Які з цих солей безпосередньо використовуються у господарській діяльності людей, а які є сировиною для отримання простих речовин і хімічних сполук?
2. Шкалою якої фізичної властивості речовин є ряд мінералів: тальк – ортоклаз – гіпс – кварц – кальцит – топаз – флюорит – корунд – апатит – алмаз? Наведіть формули цих мінералів.
3. Дайте визначення поняттям «друза», «щітка», «секреція», «конкреція».
4. Яке явище називають псевдоморфозою? Наведіть приклади.
5. Перерахуйте основні діагностичні властивості мінералів.

6. Чим обумовлена така фізична властивість мінералів як спайність? Наведіть приклади мінералів з досконалою спайністю.
7. Чим обумовлені магнітні властивості речовин? Які мінерали мають магнітні властивості?
8. Поясніть явище анізотропії. Наведіть приклади.
9. Визначити головні й другорядні діагностичні ознаки мінералів:

Назва мінералу	Клас	Твердість	Блиск	Спайність	Злам	Колір	Колір риси	Другорядні ознаки
Пірит								
Галеніт								
Гіпс								
Селеніт								
Мусковіт								
Кальцит								
Апатит								
Малахіт								
Гематит								
Магнетит								
Піролюзит								
Кварц								
Аметист								
Халцедон								
Флюорит								
Галіт								
Сильвініт								

4. Породи.

Хімічний склад та фізико-хімічні властивості

4.1. Силіцити. Фарбування агатів за допомогою хімічних реакцій в порах каменю

Завдання роботи: дослідження хімічних реакцій у порах агатів та халцедонів у процесі їх хімічного фарбування.

Породи: тонкі зрізи кременів, агатів, халцедонів

Реактиви:	Посуд:
<ol style="list-style-type: none"> 1. розчин нікль(II) нітрату (насичений), 2. розчин HCl ($\omega = 20\%$), 3. розчин H₂SO₄ ($\omega = 75\%$), 4. розчин кобальт(II) нітрату (насичений), 5. розчин ферум(III) нітрату ($\omega = 20\%$), 6. розчин жовтої кров'яної солі ($C(K_3[Fe(CN)_6]) = 0,5$ моль/л), 7. розчини анілінових барвників. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Мірні циліндри, 2. стакани, 3. тиглі, 4. фільтрувальний папір, 5. електронні терези.

Ще римлянам було відомо, як можна надати окремим дорогоцінним каменям інші кольори й поліпшити їх власне забарвлення. Наприклад, Пліній згадує твори, в яких наводяться рецепти фарбування гірського кристалю та інших прозорих дорогоцінних каменів у кольори смарагду або ж перетворення темного сардери в сердоліковий онікс.

До середини XVIII ст. за допомогою випалювання люди навчилися знебарвлювати бурі і димчасті кварци, а пізніше й перетворювати їх аналогічним способом у лимонно - жовті цитрини. Випалювання халцедону до його почервоніння з придбанням сердолікового забарвлення вже в IX столітті застосовувалося в Індії. Бразильські «гаучос» (скотарі) в штаті Ріо-Гранде-ду-Сул випадково помітили, що в результаті витримування біля вогнища аметист змінює своє фіолетове забарвлення на жовте (400 - 500 °C). З аметисту шляхом випалювання можуть бути отримані також безбарвні і зелені камені. При нагріванні до 500 - 575 °C камінь набуває помаранчевого або червоно-оранжевого забарвлення, яке не характерне для природних аметистів. Якщо ж аметист нагріти до температури вище 600 °C, можна отримати камінь молочно-білого кольору, який за зовнішнім виглядом сильно нагадує недорогоцінний опал. Крім того, достатньо часто у таких каменів може спостерігатися ефект іризації зі слабким голубуватим світінням – тоді камінь може слугувати імітацією місячного каменю.

Сучасні методи зміни забарвлення мінералів пов'язані з їх використанням як дорогоцінних, напівдорогоцінних каменів, а також застосуванням у різноманітних технологіях. Наприклад, зміна забарвлення зеленуватих берилів **випалюванням**: колір знайденого в 1911 році у м. Ідар-Оберштайні (Германія) великого аквамарину (110 кг), було змінено в його зовнішній частині з зеленого на блакитний за допомогою нагрівання (приблизно 400 °C). У 20-тих роках XX ст. синюватим турмалінам (Намібія) шляхом нагрівання стали надавати зелені тони. Синє забарвлення цоїзиту також є результатом випалювання. Такі зміни кольору є незворотними, тому про них не прийнято офіційно повідомляти. Лише у деяких цирконів зміна забарвлення має оборотний характер і з часом їх забарвлення поступово повертається до початкового.

Якщо синій *сапфір* занадто світлий або молочний і білий (геуда), то при нагріванні у відновлювальній атмосфері виникає синій колір каменю. Включення рутилу в сапфірі розчиняються при температурі 1800 °C, і Титан разом з Ферумом забарвлює камінь у інтенсивний синій колір. Густо-сині прозорі сапфіри в дуже дорогих ювелірних виробках зазвичай спочатку були геуди – дуже світлі або майже білі сапфіри. Термообробка геуд, перетворення їх на сині сапфіри – єдине серйозне джерело сапфірів на світовому ринку.

Термічний процес може створити *ефект астеризму* («зірки») в непрозорому рубіні і сапфірі за рахунок формування біля поверхні каменя «рутилових голок». Їх формування зазвичай відбувається при 1300 °С - 1400 °С і завершується появою б-променевих зірок на каменях, огранених кабошонами. Каміні набувають ідеального і рівного інтенсивного червоного і густо-синього кольору з вираженими зірками – у природі таких практично немає. Крім того, у процесі термообробки корунди покривають бурою $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, щоб запобігти розтріскуванню. Після нагрівання на поверхні корунду утворюється певна частка алюміній оксиду, який є надлишковим і при охолодженні заліковує тріщини в сапфірах і рубінах – вони стають прозорими.

Іншим способом зміни (оборотної) кольору дорогоцінних каменів є *радіоактивне опромінювання* – під дією α -променів і, особливо, β - й γ -випромінювання. Саме так безбарвним алмазам надається зелене забарвлення. Опромінення ультрафіолетовими променями характеризується, навпаки, знебарвленням мінералу, що і спостерігається при дії прямих променів сонячного світла. Так, вицвілим на світлі *аметистам* радіоактивне опромінення повертає їх колишній колір. Кунцит під його дією стає зеленим, як гідденіт.

Колір блакитних *топазів* після рентгенівського опромінення або нагрівання до 700 °С стає більш інтенсивний. При нагріванні до 300 – 400 °С коричневі і жовті топази набувають рожевого відтінку, а інтенсивність жовтого забарвлення посилюється в результаті опромінення жовтих топазів. Під дією йонізуючого опромінення і наступного випалювання безбарвні або блідо-жовті топази стають вишневими або коричневими і рідше блакитними.

Значне посилення забарвлення блідо - забарвлених *турмалінів* досягається при опроміненні – від бляклих рожевих тонів до глибокого рожевого та жовтого кольору; первинно блакитний турмалін може стати пурпуровим, а блідо-зелений – рожево-зеленим.

Забарвлення *перлів* є більш складним багатостадійним процесом. Спочатку їм надають чорного кольору дією слабкого розчину аргентум(I) нітрату AgNO_3 (або калій перманганату), а потім піддають опроміненню сонячним світлом та УФ-променями. Лише після такої обробки перли полірують на шкіряному колі. Сіре забарвлення можна отримати, опромінюючи їх гамма-променями.

Відомі також і методи забарвлення мінералів під дією *тільки хімічних реагентів*. Наприклад, щоб відновити втрачений блиск, перли або перламутр потрібно на дуже короткий час занурити в розчин

ацетатної кислоти ($\omega \approx 9\%$) і потім промити водою (пофарбовані перли так відновлювати не можна). Інший метод фарбування перлів в рожевий і будь-який інший колір – це покриття тонким шаром фарби. Корали фарбують у червоний і рожевий колір шляхом їх проварювання або просочення синтетичними барвниками.

Надавати красивого яскравого кольору агатам сірих відтінків навчилися ще в Стародавньому Римі. У 1819 р. в Ідар-Оберштайні оволоділи мистецтвом забарвлення агатів у чорний колір, що стало головною причиною розквіту там у 20-ті роки ХІХ століття агатової промисловості.

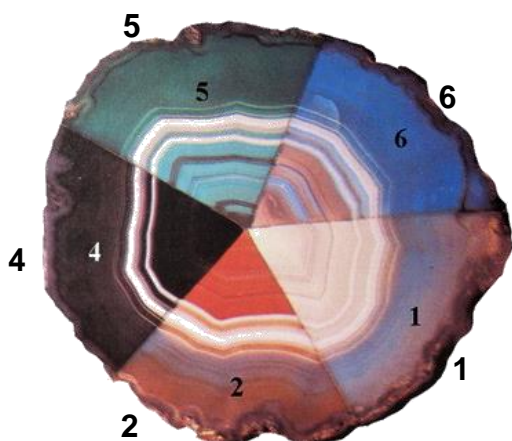


Рис.9. Хімічні методи забарвлення сірих агатів.

Здатність до фарбування у різних смуг агату різна і залежить від наявності, розмірів і вмісту пор, товщини волокон халцедону, масової частки води, яка міститься в халцедоні. Наприклад: білі смуги, що складаються з щільних агрегатів кварцину або кварцу, практично не вбирають барвники.

В умовах невеликої майстерні агат можна профарбувати на глибину не більше 0,5 - 1 мм (рис. 9).

Методика проведення дослідження

- ✓ Вибрати зразки агатів, в яких чергуються сірі напівпрозорі і білі смуги (білі смуги не просочуються барвником).
- ✓ Відібрані зразки добре просушити для видалення зайвої вологи з пор. Просушка здійснюється впродовж 10 днів у ексікаторі, наповненому силікагелем, з невеликим підігрівом.
- ✓ Перед фарбуванням зафіксувати початковий колір зразка сірого агату.
- ✓ Провести фарбування агатів за будь-яким із зазначених нижче способів:

Колір	Реагенти	Умови
Червоний (№ 2) за рахунок Fe_2O_3	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	Витримують у розчині, а потім піддають термообробці за високих температур (імітація корнеолу)
Жовтий	HCl	Витримують у кислоті, а потім піддіють легкому нагріванню

Колір	Реагенти	Умови
Чорний (№ 4) (можливо коричневий) за рахунок обвуглювання сахарози або утворення CoO	Розчин $C_{12}H_{22}O_{11}$ H_2SO_4 (75 %)	Витримують у розчині сахарози (14 днів), а потім промивають і опускають у підігріту концентровану сульфатну кислоту. Тривалість витримання у сульфатній кислоті визначає глибину забарвлення. Після отримання потрібного кольору агат промивають 3 - 4 години водою, а потім витримують 1 - 2 доби у дуже розбавленому розчині $NaHCO_3$ для остаточної нейтралізації кислоти.
	$Co(NO_3)_2$	Методика аналогічна № 2
Зелений (№ 5)	$Cr(NO_3)_2$ $CrCl_2$ $Ni(NO_3)_2$	Витримують у розчині солей, а потім піддають сильному нагріванню (імітація хризопразу)
Синій (№ 6)	$K_4[Fe(CN)_6]$ $Fe_2[SO_4]_3$	витримують у концентрованому розчині калій гексаціаноферату, а потім кип'ятять у розчині залізного купоросу.
	<i>анілінові барвники</i>	промیتі зразки поміщуються в розчин анілінового барвника і витримуються там досить тривалий час. Після цього виріб сушиться і полірується.

- ✓ Написати хімічні реакції перетворень, які відбуваються у порох агатів у процесі надання їм певного забарвлення:

Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:

.....

- ✓ **Висновки за результатами досліджень**
- Особливості будови та хімічного складу агатів.
 - Пояснити, чим відрізняються між собою халцедон, кварцин та опал.
 - Виписати, за яких умов можуть утворюватись ці мінерали в природі.

Контрольні питання

1. Найбільш поширені мінерали на Землі – це силікати і алюмосилікати. Наведіть приклади таких сполук. Обчисліть вміст (масову частку) хімічних елементів у мінералі, який називається альбіт.
2. Наведіть формули семи мінералів групи алюмосилікатів, які мають такі назви: альбіт, ортоклаз, анортит, жадеїт, нефелін, каолін, діопсид. Обчисліть масові частки хімічних елементів у ортоклазі.

3. У чому полягає схожість і відмінність наступних мінералів: а) рутил і анатаз, б) кальцит і арагоніт, в) кварц, тридиміт і кристобаліт, г) гематит і магнетит, д) кварц, опал і халцедон?
4. У якому мінералі – каолін або тальк – масова частка Силіцію більше (відповідь підтвердіть розрахунком)?

4.2. Силіцити. Дифузія в природних гелях. Кільця Лізеганга

Завдання роботи: дослідження хімічних реакцій у гелях із застосуванням модельних систем на основні природних гелеутворювачів; кільця Лізеганга як модель утворення природних смугастих структур.

Реактиви	Посуд
1. кристалічний $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$,	1. Пробірки
2. кристалічний NaCl ,	2. пробки,
3. сухий желатин,	3. мірні цилінтри
4. розчин желатину ($\omega = 5\%$),	4. чашки Петрі,
5. розчин плюмбум(II) нітрату,	5. штативи.
6. розчин MgSO_4 ($\omega = 10\%$),	
7. розчин $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($\omega = 0,3\%$),	
8. розчин лимонної кислоти ($\omega = 5\%$),	
9. розчин агар-агару ($\omega = 1\%$)	
10. концентрований розчин амоніаку,	
11. розчин аргентум(I) нітрату ($\omega = 25\%$),	
12. розчин AgNO_3 ($C(\text{AgNO}_3) = 0,9$ моль/л)	
13. розчин ацетатної кислоти ($C(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,5$ моль/л),	
16. розчин купрум сульфату ($C(\text{CuSO}_4) = 0,5$ моль/л),	

Сучасна класифікація силіцитів побудована за ознаками мінерального складу і структури. **За мінеральним складом** виділяються тільки дві групи. Перша група – *опалові* або опал - кристобалітові силіцити землистого вигляду з пелітоморфних, інколи з макроскопічно видимою зернистістю – спікулоподібною структурою. Друга група – склоподібні *халцедонові* або халцедон - кварцові, а також і кварцові силіциди, може бути додатково поділена на власне халцедонові і переважно кварцові апосиліцитові породи.

Породи першої групи мають землистий, тобто матовий, порошкоподібний, не кристалічний вигляд, і тому їх часто називають "землями", наприклад діатомовими або радіолярієвими. Ця група об'єднує опалові і опал - кристобалітові породи; до неї входять

породи як біоморфні (діатоміти, радіолярити і деякі спонголіти), так і абіоморфні (трепела, опоки та інші опаліти – крем'яні туфи і гейзерити). Візуально вони незернисті і глиноподібні.

Опал – переважно або тільки аморфний кремнезем $x\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ з перемінним умістом води, з низькою густиною (приблизно 2,1), розчинний у КОН, з низьким показником заломлення (найчастіше від 1,38 до 1,46). Опал біоскелетів має $n_{\text{H}_2\text{O}} = 1,440 \pm 0,002$, що відповідає вмісту води $\approx 9\%$.

Породи другої групи мають склоподібний вигляд; це власне кремені, в основному халцедонові, часто кварц-халцедонові та кварцові. Останні насправді вже є кварцитами, але за зовнішнім виглядом, мікрозернистою структурою та іншими ознаками ще близькі до халцедонолітів, з яких вони утворилися шляхом перекристалізації. Тому їх часто називають термінами кременевої групи – кременями, яшмами тощо.

Кременисті породи мають різноманітні забарвлення, що визначаються домішками. Чисті силіцити білі та світло-сірі, в шліфі – безбарвні. Сіре, темно-сіре та чорне забарвлення пов'язане з тонкорозсіяною домішкою органічної речовини й інколи сполуками Мангану(IV). Сполуками Феруму та інших елементів вони забарвлюються в усі відтінки червоного, жовтого, зеленого кольорів.

Халцедон $x\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – це група ультра- або криповолокнистих колоїдних за розміром мінералів з кристалічною решіткою кварцу. Для халцедонів характерні: волокнистий габітус, більш низькі, у порівнянні з кварцом, показники заломлення, більш низька густина (2,55 - 2,63), відсутність інверсії при 573 °С тощо. Зниження густини та показника заломлення обумовлене тим, що ультрамікропори (діаметром 0,1 мкм) халцедонів зазвичай зайняті молекулами води. Тому халцедон можна розглядати як ультрамікроволокнистий губчастий різновид кварцу, що містить 1 % води і, можливо, опал (до 10 %).

Структурною особливістю халцедонів є хвилястість волкон, спричинена, очевидно, чергуванням зони високого й низького вмісту гідроксильних груп (–ОН). Хвилясті волокна халцедону скручені навколо осі влокна. У результаті такої структури халцедон тісно зростається з іншою фазою мікрокристалічного кремнезему – могоанітом.

Залежно від колірної гами різновиди халцедону мають свої власні назви: червонуватий – сердолік (карнеол), червоно-коричневий

– сардер, зелений – хризопраз, блакитний – сапфірін, непрозорий камінь темно-зеленого кольору з червоними включеннями – геліотроп, якщо ж камінь має полосчатість – це агат. Усього налічується близько ста різновидів халцедону, при цьому кожен відтінок має свою власну назву.

За походженням силіцити поділяються на *біоморфні* і *абіоморфні*. Біоморфними є діатоміти, радіолярити і спонголіти – що легко встановити за їх діатомовою, радіолярієвою і спікуловою, тобто виражено біоморфною, структурою.

Серед абіогенних силіцитів за структурою умовно розрізняють:

- ✓ мікроскопічно незернисті породи;
- ✓ глобулярні або зернисті за рахунок мікротріщинуватості, властиву опалолітам через їх колоїдну природу.

Усі халцедонові і кварц - халцедонові силіцити слід називати кременями (хоча кремені можна вважати синонімом силіцитів в цілому). Це міцні склоподібні породи з раковистим зламом, з ріжучими краями, які часто напівпрозорі на просвіт, висікають іскру. Окремі різновиди кременів отримали власні назви. Червоні, а також зелені та інших забарвлень, зазвичай тонкошаруваті або полосчаті, називаються *яшмами*. Чорні кремені, збагачені гумусовим або вуглеводневими речовинами, називаються фтанітами, інколи лідітами, а сланцюваті – кременистими, або кременевими сланцями.



**Рафаель Едуард
Лізеганг**

За припущенням Лізеганга (1896 р.), який імітував у штучних гелях характерну для природних агатів кольорову смугастість, *попередником халцедону може бути в'язкий гель кремнезему*. Свідощтвами в'язкого попередника вважались неправильні форми деяких агатів і майже прозорі халцедони, а проведений у 1976 - 1980 роках синтез штучного халцедону з гелів і опалів став доказом цієї думки. Тому *модель динамічної кристалізації халцедону* припускає існування колоїду – попередника агатової жеоди, що містить 1 г SiO₂ на 1 см³ гелю.

Проте, сучасні спостереження свідчать проти існування колоїдного попередника – методом електронної мікроскопії було доведено, що кільця Лізеганга в агаті є дуже рідкісними (1988 р.). Дійсно, Лізеганг відтворював агатовий малюнок не в твердому кремнеземі, у гелях кремнезему, проте відомо, що цілісність

смугастості втрачається під час висихання гелю. До того ж кремнеземні гелі зазвичай не перетворюються безпосередньо на халцедон.

В основі лабораторного дослідження – проведення реакцій йонного обміну з утворенням осадів у в'язкому середовищі гелів желатину, агар-агару або силікатної кислоти. У присутності гелів значно уповільнюється швидкість дифузії йонів, які за умовами проведення експерименту рухаються у зустрічних напрямках і при взаємодії утворюють важкорозчинні сполуки. У свою чергу, це контролює процес осадження речовин таким чином, що утворюється їх колоїдний осад з розмірами частинок 10^{-6} - 10^{-10} м у вигляді концентричних кілець (кілець Лізіганга).

4.2.1. *Методика № 1*

- ✓ До 100 мл розчину желатину ($\omega = 5\%$) додають 2 мл розчину $MgSO_4$. 5 мл цього розчину наливають у пробірку.
- ✓ Пробірку залишають і дають розчину застигнути при кімнатній температурі до утворення гелю.
- ✓ До застиглого у пробірці желатину додають 2 мл концентрованого розчину амоніаку. Пробірку щільно закривають пробкою.
- ✓ Через 2 год утворюються диски магній гідроксиду, число яких з часом збільшується.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
...

4.2.2. *Методика № 2*

- ✓ Готують 10 мл робочого розчину змішуванням готових розчинів желатину та ацетатної кислоти у співвідношенні 1:10. До приготованого розчину додають кристалічний натрій хромат. Наважка $Na_2Cr_2O_7$ має відповідати утворенню розчину з молярною концентрацією еквівалента 0,1 моль/л. Готовий розчин наливають у пробірку.
- ✓ Пробірку залишають і дають розчину застигнути при кімнатній температурі для утворення гелю.
- ✓ На поверхню гелю наносять 5 крапель розчину купрум(II) сульфату з молярною концентрацією еквівалента 0,5 моль/л.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

4.2.3. Методика № 3

- ✓ Готують два робочих розчини желатину (по 10 мл) додаванням до готового розчину желатину наважку кристалічних сполук: один розчин має містити $K_2Cr_2O_7$ ($\omega = 0,3 \%$), другий – натрій хлорид ($\rho_{NaCl} = 4$ мг/л). Обидва розчини наливають в чашку Петрі так, щоб покрити розчином дно чашки висотою ~ 3 мм.
- ✓ Чашки Петрі залишають і дають розчинам застигнути при кімнатній температурі і утворити гель (рис.6).

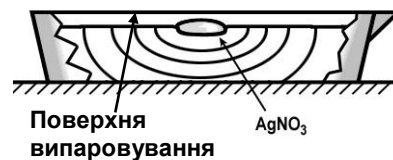
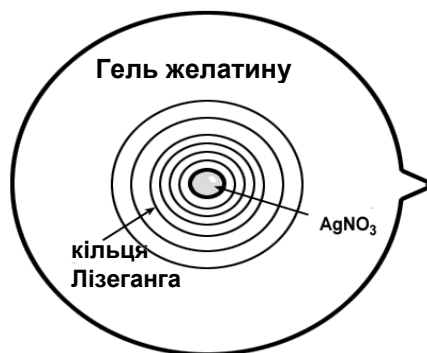


Рис.10. Схема досліду для одержання кільця Лізеганга.

- ✓ На гель в обох чашках Петрі наносять розчин $AgNO_3$ ($C(AgNO_3) = 0,9$ моль/л).
- ✓ Чашки закривають кришкою і через добу спостерігають утворення ряду концентричних кілець.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

4.2.4. Методика № 4

- ✓ До готового розчину агар-агару (1 %) додають кристалічний KI так, щоб уміст солі KI становив 1,5 %. Середовище підкислити ацетатною кислотою до $pH = 5$.
- ✓ 5 мл цього розчину наливають у пробірку.
- ✓ Пробірку залишають і дають розчину застигнути при кімнатній температурі.
- ✓ До застиглого у пробірці гелю додають декілька крапель плюмбум(II) нітрату. Пробірку щільно закривають пробкою.
- ✓ Через 2 год утворюються диски плюмбум йодиду, число яких з часом збільшується.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

✓ **Висновки за результатами досліджень:**

- Написати рівняння хімічних реакцій.
- Написати, які природні мінерали або гірські породи утворюються аналогічно кільцям Лізеганга.
- Написати хімічний склад цих мінералів або гірських порід.
- Виписати з літературних джерел відомості щодо їх структури.
- Пояснити механізм утворення кілець Лізеганга.

Контрольні питання

1. До якого підкласу силікатів належать ортоклаз і кварц?
2. До якого підкласу силікатів належать слюди?
3. До якого підкласу силікатів належать амфіболи?
4. Як називається процес заміщення частини атомів Si атомами металів у кристалічних решітках мінералів?
5. Який мінерал утворюється при компенсації вільної валентності алюмосиліційоксигенової групи $[Al, Si_3O_8]^-$ – на Калій?
6. Який мінерал утворюється при компенсації вільної валентності алюмосиліційоксигенової групи $[Al, Si_3O_8]^-$ – на Натрій?
7. Який мінерал утворюється при компенсації вільної валентності алюмосиліційоксигенової групи $[Al, Si_3O_8]^-$ – на Кальцій?
8. Дайте назву ізоморфній суміші альбіту й анортиту.
9. Який мінерал відноситься до калій - натрієвих польових шпатів?
10. Який мінерал відноситься до натрій - кальцієвих польових шпатів?
11. Визначте вміст Оксигену і Силіцію (ω, χ %) у ортоклазі.

4.3. Карбонатні породи.

Діагностика складу карбонатних порід за допомогою хімічних реакцій

Завдання роботи: вивчення методів діагностування карбонатних порід та хімічних реакцій, які лежать в основі цих методів;
вивчення основних представників карбонатних порід: доломітів, вапняків, мармуру.

Породи: вапняки, ракушняк, піщаник, крейда, мрамур.

Реактиви:	Посуд:
1. Розчин № 1 на основі $MnSO_4 \cdot 7H_2O$, 2. розчин ферум(III) хлориду, ($\omega_{FeCl_3} = 10 - 15 \%$), 3. концентрований розчин $Co(NO_3)_2$, 4. осад аргентум(I) сульфату Ag_2SO_4 , 5. розчин натрій гідроксиду ($C_{NaOH} = 1$ моль/л), 6. розчин аргентум(I) нітрату ($C_{AgNO_3} = 0,2$ моль/л), 7. розчин калій дихромату ($C_{K_2Cr_2O_7} = 0,5$ моль/л), 8. розчин натрій сульфїду ($C_{Na_2S} = 1$ моль/л), 9. розчин метил-фіолетових чорнил, 10. нітратна кислота ($\omega_{HNO_3} = 5 \%$), 11. розчин купрум нітрату ($\omega_{Cu(NO_3)_2} = 5 \%$).	1. Шматочки порід: ✓ пісчаника, ✓ черепашника, ✓ кальциту, ✓ вапняку; 2. чашки Петрі, 3. предметні скельця, 4. крапельниці, 5. пробїрки.

Розчин № 1 - реактив Файгла. У 100 мл води розчинити 11,8 г $MnSO_4 \cdot 7H_2O$. До розчину додати 1 г аргентум(I) сульфату і довести суміш до кипіння. Після 5 хвилин кипіння розчин охолодити, відфільтрувати і відокремити ту частину осаду, яка не розчинилась. Після цього додати декілька крапель розчину натрій гідроксиду з молярною концентрацією 1 моль/л. Приготований реактив зберігати у темному посуді.

Розчин аргентум(I) нітрату нагрівають на водяній бані до температури 60 - 70 °С.

Розчин метил-фіолетових чорнил, підкислений розчином хлоридної кислоти.

Методи діагностики карбонатних порід засновані на різному хімічному складі катіонів і неоднаковій хімічній активності різних карбонатних порід, що обумовлено різним умістом кальциту, арагоніту та доломіту.

Зазвичай при аналізі карбонатних мінералів одержують розчин – витяжку, для чого зразок породи обробляють ацетатною кислотою з молярною концентрацією не більше 0,3 моль/л. Нерозчинні у воді карбонатні породи реагують з кислотою з інтенсивним газовиділенням:



Цей процес часто характеризують як «розчинення» породи. Осад, який може залишитись представлений зазвичай теригенними породами – силікатами, піском або глинами. Більш концентровані розчини кислот застосовувати не рекомендується, оскільки в цьому випадку з кислотою реагують не тільки карбонати, а й глинисті породи.

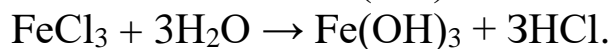
Для визначення карбонатних порід, наприклад, кальциту і доломіту в зразках (без приготування шліфів) зручним є спосіб, який полягає в *травленні* на холододу пришліфованої й потім відполірованої частини зразка *хлоридною кислотою* (2 %) протягом 20 сек. Через 20 секунд зерна кальциту втрачають блиск і стають темними, зерна ж

доломіту зберігають блиск від полірування. Однак, цей спосіб не застосовують для діагностики грубозернистих порід, оскільки травлення великих зерен кальциту (як і їх фарбування) вимагає більш тривалого проміжку часу.

Спосіб травлення кислотою може бути використаний також для визначення доломіту і магнезиту. Для цього рекомендується після травлення полірованої поверхні зразка або аншлафа обробляти її концентрованою хлоридною кислотою протягом 2 хв при кімнатній температурі. При цьому не дуже великі зерна доломіту протравлюються повністю, а зерна магнезиту зберігають своє полірування.

Присутність магнезиту в карбонатних породах може бути виявлена зануренням відшліфованої платівки породи на 30 хв у киплячий лужний розчин дифенілкарбазиду з наступним промиванням. При цьому магнезит забарвлюється в яскраво-червоний колір.

У польових умовах зручними є методи, які не потребують «розчинення» мінералу і одержання кислотної витяжки. Цими методами карбонатні мінерали *фарбують у відкритих шліфах, під час шліфування або у вигляді порошку*: діючи на карбонати певними реактивами, можна одержати кольорову плівку або безбарвну сполуку, яка далі при взаємодії з іншим реактивом дає кольорову реакцію. Ці методи визначення карбонатних мінералів полягають в обробці зерен грубої породи *розчинами солей*, утворених слабкими основами і здатними до гідролізу. Наприклад, гідроліз ферум(III) хлориду може бути виражений рівняннями



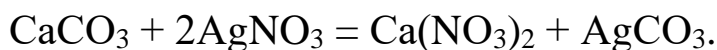
Переважний перебіг однієї із стадій процесу залежить від температури. У звичайних умовах рівновага зазначених реакцій сильно зміщена вліво. Нагрівання зміщує рівновагу процесу, навпаки, вправо. Тому, залежно від температури забарвленим продуктом гідролізу солі буде основна сіль або ферум(III) гідроксид.

При додаванні у такий розчин карбонатної породи кислотний продукт гідролізу нейтралізується, і процес гідролізу відбувається переважно в напрямку утворення осаду ферум(III) гідроксиду на поверхні зерен породи. Чим більше швидкість реакції між карбонатом і кислотою, тим скоріше буде спостерігатися і утворення осаду. Зерна кальциту швидко покриваються бурим нальотом

Fe(OH)₃, проте зерна доломіту і тим більше магнезиту забарвлюються цим способом дуже повільно.

Реакція між карбонатами і купрум(II) нітратом, також пов'язана з гідролізом солі, супроводжується утворенням на зернах кальциту зеленого осаду основної солі Купруму(II).

При обробці карбонатних мінералів розчином аргентум(I) нітрату реакція має інший характер. Зерна кальциту при обробці розчином AgNO₃ (ω = 10 %) при 60 - 70 °С покриваються нальотом аргентум(I) карбонату в результаті обмінної реакції



4.3.1. Визначення арагоніту серед інших карбонатів

Методика проведення дослідження

- ✓ *Забарвлення арагоніту реактивом Файгла.* Шліф занурюють у розчин № 1 і витримують декілька годин. Арагоніт стає спочатку темно-сірим, а потім – чорним. Кальцит і доломіт залишаються світло-сірими.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

- ✓ *Реакція Мейгена.* Порошок карбонатної породи кип'ятять впродовж 5 – 6 хв у концентрованому розчині Co(NO₃)₂. Арагоніт буде забарвлюватись у яскравий фіолетовий колір, а кальцит залишиться безбарвним або набуде трохи рожево-бузкового відтінку. Якщо процес кип'ятіння продовжити більше 10 хв, то кальцит стане світло-сірим. Карбонати іншого складу цим реактивом не забарвлюються.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

4.3.2. Визначення кальциту в кальцит – доломітових породах

Методика проведення дослідження

- ✓ На поверхню шліфа наносять піпеткою краплю розчину ферум(III) хлориду і витримують 1-1,5 хв для дрібнозернистих і 1,5-2 хв для крупнозернистих порід. В результаті взаємодії з

кальцитом на поверхні зерен кальциту з'являється *коричнево-буре забарвлення* за рахунок того, що утворюється колоїдна плівка ферум(III) гідроксиду. За цей час доломіт практично не встигає провзаємодіяти з ферум(III) хлоридом.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
...

- ✓ Шліф промивають дистильованою водою і діють на нього декілька хвилин розчином натрій сульфідіду. Ферум(III) гідроксид переходить у сульфід, що має *чорне* забарвлення і кальцит стає чорним.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
...

- ✓ При *фарбуванні відкритих шліфів* користуються фільтрувальним папером, попередньо змоченим дистильованою водою. Розчин ферум(III) хлориду, а потім насичений розчин натрій сульфідіду наносять скляною паличкою на папір, що накладається на шліф. Чорна плівка ферум(III) сульфідіду може бути закріплена розчином натрій тіосульфату $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
...

- ✓ На шліф наносять декілька крапель підготовленого розчину аргентум(I) нітрату і витримують його 3 - 4 хвилини. Потім шліф промивають дистильованою водою і діють на нього впродовж 1 - 2 секунд калій дихроматом. *Кальцит* набуває червоно-бурого забарвлення. Зерна доломіту й магнезиту не реагують з аргентум(I) нітратом.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
...

- ✓ На поверхню шліфа наносять краплю чорнил і дають постояти кілька хвилин, після чого обережно фільтрувальним папером знімають зайву рідину. *Кальцит* реагує з розчином і забарвлюється у фіолетовий колір, а доломіт при розмірі зерна більше 0,01 мм залишається незафарбованим.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

- ✓ *Реакція Малера.* Порошок карбонатної породи кип'ятять впродовж 2 – 3 хв. у розчині $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ з масовою часткою $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 5 %. Потім розчин зливають, порошок промивають водою. *Кальцит і арагоніт* забарвлюються в яскраво-зелений колір в результаті утворення основної солі Купруму, анкерит – у блідо-зелений, магнезит – у блідо-блакитний, сидерит – не фарбується. Доломіт з розмірами зерен менше 0,01 мм набуває ледь помітного забарвлення у блідо-зелений колір.

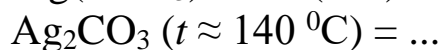
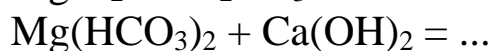
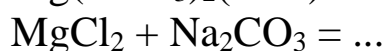
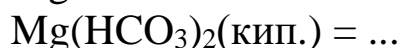
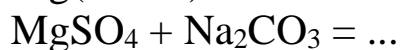
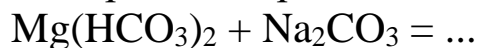
<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

- ✓ **Висновки за результатами досліджень:**
- Написати рівняння хімічних реакцій, які відбуваються при діагностиці карбонатних мінералів.
 - Навести хімічний склад та кристалічну структуру кальциту і арагоніту.
 - Пояснити, чим відрізняються арагоніт, кальцит і доломіт.
 - Карбонатні породи та умови їх утворення в природі.

Контрольні питання

1. Складіть рівняння реакцій утворення в природі: а) кальцій гідрокарбонату з кальцій карбонату, б) кальцій карбонату з кальцій гідрокарбонату.
2. Основні типи карбонатних порід. Наведіть приклади.
3. Як взаємодіють з хлоридною кислотою кальцит, доломіт, магнезит і сидерит?
4. Наведіть загальну характеристику і умови утворення карбонатних мінералів та порід в природі.
5. Напишіть формули карбонатів, які не містять додаткових аніонів і кристалізаційної води: кальцит, сидерит, магнезит, смітсоніт, арагоніт, вітерит, церусит, доломіт.
6. Напишіть формули карбонатів з додатковими аніонами: малахіт, азурит.
7. Напишіть формули карбонатів з кристалізаційною водою: сода, трона.

8. Допишіть рівняння реакцій:



9. У трьох пробірках знаходяться розчини: натрій карбонат, натрій сульфат, натрій хлорид. Визначте кожен речовину, не використовуючи розчин аргентум(I) нітрату.

10. У чому подібність і відмінності наступних мінералів:

- кальциту і магнезиту;
- апатиту і флюориту;
- гіпсу та ангідриту;
- кальциту і кварцу;
- кальциту і арагоніту.

4.4. Глинисті породи. Фізико-хімічні властивості глинистих порід

Завдання роботи: вивчення методів діагностування глинистих порід та хімічних реакцій, які лежать в основі цих методів;

вивчення основних представників глинистих порід: каоліну, смектитів, гідрослюд, вермикулітів, бентонітів.

Глинисті породи: каолін, смектити, гідрослюди

Реактиви:	Устаткування та матеріали
1. Етиленгліколь; 2. дистильована вода; 3. підготовлені зрізи глинистих порід; 4. метиленовий блакитний; 5. метиловий фіолетовий; 6. насичений розчин калій хлориду; 7. насичений розчин бензидину; 8. хризоїдин; 9. ацетатна (або хлоридна) кислота ($\omega = 5\%$).	1. Дві скляні трубки довжиною 1,5 – 2 м і діаметром 1 – 2 см; 2. марля; 3. два гумових кільця; 4. штативи; 5. кристалізатор; 6. пензлики; 7. чашки петрі; 8. фільтрувальний папір; 9. піпетки або крапельниці; 10. лупа, 11. секундомір, 12. скляна шліф-пластинка (матове скло); 13. пробірки; 14. мірний циліндр (10 мл); 15. предметне скельце; 16. хімічні стакани для суспензії.

Приготування розчинів барвників (усі барвники зберігати у темному місці):

1. *метиленовий блакитний* (МБ) – 10 мг сухої речовини в 1 л дистильованої води;
2. *бензидин* (БН: $\text{NH}_2\cdot\text{C}_6\text{H}_4\text{—C}_6\text{H}_4\cdot\text{NH}_2$) – 0,5 г сухої речовини в 500 см³ дистильованої води; зрідка збовтуючи, відстоюють розчин 2 – 3 год, після чого фільтрують і отриманий концентрат розбавляють вдвічі;
3. *хризойдін* (ХН: $\text{C}_6\text{H}_5\text{—N}_2\text{—C}_6\text{H}_3(\text{NH}_2)_2$) – 1 мг сухої речовини в 1 л води.

Вторинним продуктом, що утворюється в результаті руйнування скельних порід у процесі вивітрювання, є глини. Основним джерелом глинистих пластів слугують польові шпати, при руйнуванні яких під впливом атмосферних агентів утворюються силікати групи глинистих мінералів. Деякі глини утворюються в процесі місцевого накопичення цих мінералів, але більшість з них утворюються в результаті наносів з водних потоків, що скупчуються на дні озер і морів. *Діаметр частинок глин менше 5 мкм; глинисті породи, що складаються з більш круних частинок, прийнято класифікувати як лес.*

Глини – це дрібнозернисті осадові гірські породи, пилоподібні в сухому стані і пластичні при зволоженні. Глини складаються з одного або декількох мінералів – ілліту, каолініту, монтморилоніту, хлориту, галуазиту або інших шаруватих алюмосилікатів (глинистих мінералів), вона може містити також піщані і карбонатні частинки. Породоутворюючим мінералом у глинах є *каолінит* – його склад (ω , %): 47 силіцій(IV) оксиду (SiO_2), 39 алюміній оксиду (Al_2O_3) і 14 води (H_2O).

Залежно від кількісного переважання того або іншого глинистого мінералу розрізняють глини каолінітові, гідрослюдисті, монтморилонітові, гідрослюдисто-каолінітові, монтморилоніто-гідрослюдисті і полімінеральні, які містять три і більше глинистих мінералів.

Каолініти (каолінит, діккіт, накріт) мають частинки розміром 1 - 3 мкм, вони не здатні приєднувати і міцно утримувати велику кількість води і при сушінні порівняно вільно віддають приєднану воду. Глинисті породи, в яких переважають каолінітові мінерали, називають *каолінами*. Каоліни з невеликою кількістю домішок вогнетривкі, помірно або малопластичні, мало чутливі до сушки і випалювання, мають біле забарвлення іноді з кремевим, рожевим або сіруватим відтінком.

Монтморилоніти (монтморилоніт, нотроніт, бейделліт) інтенсивно поглинають велику кількість води, міцно її утримують і важко віддають при сушінні. При зволоженні вони сильно набухають

і можуть збільшуватися в об'ємі в 16 разів. Розміри частинок монтморилоніту менше 1 мкм. Глинисті породи, в яких переважають монтморилонітові мінерали, називаються *бентонітами*. Такі глини висопластичні, дають значну повітряну усадку, при сушінні утворюють тріщини та спучуються в процесі випалювання. Бентоніти використовують як добавки в маси для підвищення їх пластичності і клеючої здатності.

Гідрослюди (ілліт, гідромусковіт) мають у своєму складі значну кількість оксидів лужних і лужноземельних металів. Розміри частинок гідрослюди 1 мкм. Гідрослюди, що є проміжним продуктом гідролітичного розщеплення слюди – мусковіту в процесі вивітрювання силікатних порід. Гідрослюди розглядаються як перехідна фаза від слюд до глиноутворюючих мінералів. За своїми властивостями гідрослюдисті глини займають проміжне положення між каолінітами і монтморилонітами.

Більшість глин – сірого кольору, але зустрічаються глини білого, червоного, жовтого, коричневого, синього, зеленого і навіть чорного кольорів. Забарвлення обумовлене домішками йонів – хромофорів. Зазвичай, буре, червоне і жовте забарвлення тонів різної інтенсивності глинам надає Ферум(III), а зелене і синювате забарвлення – Ферум(II).

Таблиця 2

Основні й домішкові мінерали, які містяться в глинах

Мінерали, які містяться в глинах		Мінеральні забруднювачі глин	
Каолініт	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	Кварц	SiO_2
Андалузит, дістен і силіманіт	$Al_2O_3 \cdot SiO_2$	Гіпс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Галуазит	$Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot H_2O$	Доломіт	$MgO \cdot CaO \cdot CO_2$
Гідраргіліт	$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$	Кальцит	$CaO \cdot CO_2$
Діаспор	$Al_2O_3 \cdot H_2O$	Глауконіт	$K_2O \cdot Fe_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 10H_2O$
Корунд	Al_2O_3	Лимоніт	$Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$
Монотерміт	$0,2[K_2MgCa]O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 1,5H_2O$	Магнетит	$FeO \cdot Fe_2O_3$
Монтморилоніт	$MgO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 1,5H_2O$	Марказит	FeS_2
Мусковіт	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$	Пірит	FeS_2
Наркіт	$Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$	Рутил	TiO_2
Пірофіліт	$Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$	Серпентин	$3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
		Сидеріт	$FeO \cdot CO_2$

4.4.1. Визначення середнього радіуса капілярів

Методика проведення дослідження

- ✓ Глину (або пісок) висушують і добре розтирають в ступці товкачиком з гумовим наконечником.
- ✓ Потім підготовлену породу насипають в скляну трубку. Легким постукуванням трубки домагаються рівномірної упаковки ґрунтових частинок. Товщина шару глини в трубках має становити близько 1,5 - 2 м. Кінці обох трубок обертають шматочками марлі, яку притискають за допомогою гумових кілець. Трубки закріплюють у вертикальному положенні в штативі.
- ✓ Кінці трубок обережно занурюють у кристалізатор, наповнений водою, і в такому положенні залишають на добу, стежачи за просуванням води по капілярах.
- ✓ Під впливом сил поверхневого натягу вода буде повільно підніматися по капілярах, що добре помітно за фронтом змочування. Після припинення підняття води в обох трубках вимірюють лінійкою висоту підняття рідини і обчислюють середній радіус капілярів за формулою:

$$r = \frac{2\sigma}{h \cdot \rho \cdot g},$$

де σ – поверхневий натяг води ($72,8 \cdot 10^{-3}$ н/м); ρ – густина води (1000 г/м³); g – прискорення сили тяжіння ($9,81$ м/с²); h – висота підняття рівня води в трубці; r – середній радіус капілярів.

- ✓ **Висновок за результатами дослідження:**
 - Визначити залежність пористості досліджуваних порід від їх структурної організації.
 - Навести хімічний і гранулометричний склад досліджуваних порід.

4.4.2. Вивчення проникності глинистих порід для гідрофільних і гідрофобних середовищ

Метод запропоновано Іржі Контоєм у 1956 році. Він оснований на різниці у розмірах зерен, ступені пластичності глинистих порід, а також на різній здатності до набухання окремих груп глинистих порід.

Природні глинисті породи характеризуються певною величиною пористості, яка визначається упаковкою мікрочасточок зерен

мінералів у породах. Між окремими мікрокристалічними скибками глинистих мінералів виникають субмікроскопічні проміжки, по яким здатна просочуватись рідина. Швидкість просочування рідини по проміжкам залежить від:

- діаметра мікропор у глинистій породі;
- будови мікропор (коли мікропори є закритими, рідина не просочується);
- типу розчинника – зазвичай використовують два розчинники: воду та етиленгліколь, які характеризуються різною *полярністю* (гідрофільністю), в'язкістю тощо. Важливим фактором також є різний розмір молекул H_2O і $C_2H_6O_2$.

Крапельний метод застосовують для визначення приналежності глинистих мінералів до однієї з чотирьох груп: каолініту, монтморилоніту, гідрослюди, сепіоліту – палигорскіту.

Каоліни швидко вбирають краплю води (0,5 хв) та етиленгліколю (3,5 хв), поверхня плями гладка, кругла, малих розмірів, краї рівні. Монтморилонітові глини вбирають довше (4 хв і десятки хвилин), розмір плями більший, краї нерівні, з амебоподібними виростами, поверхня спучена, набрякла. Гідрослюди займають проміжне положення, але ближче до каолінів, а сепіоліти характеризуються меншими параметрами, ніж каолініт. З літературних джерел відомо:

Основний мінерал глинистої породи	Тривалість просочування краплі води									Тривалість просочування краплі етиленгліколю								
	½	1	2	4	8	16	32	64	128	½	1	2	4	8	16	32	64	128
Каолініт	█									█	█	█	█					
Монтморилоніт																		
Гідрослюда																		
Сепіоліт-палигорскіт	█									█	█							
хв	½	1	2	4	8	16	32	64	128	½	1	2	4	8	16	32	64	128

Методика проведення дослідження

- ✓ *Приготування шліфа з глинистого мінералу.* До наважки глинистої породи додати воду, і перемішати її з глиною так, щоб отримати густу глинисту суспензію. Суспензію перенести на рівну поверхню шаром, висотою 2,5 см і після застигання і висихання на повітрі розрізати ножом на окремі шматки розміром приблизно 2×2×1 см.

- ✓ *Приготовлені* шматочки глинистого мінералу *шліфують* на матовій скляній пластинці. Шліфування проводять сухим способом, круговими рухами впродовж 8 хв. Потім поверхню шліфа очищають пензликом від глинистих частинок. Вона не повинна мати видимих під лупою пор або мікротріщин.
- ✓ Шліф закріплюють на поверхні предметного скла. На поверхню шліфа наносять піпеткою з висоти 4 – 6 см одну краплю дистильованої води.
- ✓ Секундоміром *фіксують час початку і завершення* процесу просочування краплі розчинника.
- ✓ Дослід повторюють, використовуючи етиленгліколь.
- ✓ **Висновок за результатами досліджень:**
 - Відмітити тривалість просочування краплі в кожному досліді.
 - Порівняти здатність глинистих порід до просочування розчинів, які мають різні гідрофільно – гідрофобні властивості.
 - Встановити, який глинистий мінерал було видано для дослідження.

4.4.3. **Діагностика глинистих мінералів у глинах за допомогою органічних барвників**

Глини мають значну фізико-хімічну активність, інтенсивно взаємодіють з навколишнім середовищем і утворюють велику гаму адсорбційних і хемосорбційних сполук. Основні форми взаємодії глин з середовищем – це обмінні реакції заміщення (йонний обмін), необмінні або частково обмінні реакції заміщення і реакції приєднання.

Для діагностики глин можна використовувати катіонні або основні барвники, катіони яких зв'язуються з негативно зарядженою базисною поверхнею глинистих мінералів. Органічні барвники закріплюються на поверхні глинистих частинок і забарвлюють мінерали у певний колір. Забарвлення залежить від умов проведення процесу адсорбції барвника на глинистих частинках: рН розчину, впливу інших реактивів, концентрації розчину барвника тощо.

Найбільш зручний водний розчин *метиленового блакитного* (МБ) – барвника, що відноситься до класу тіазинових (рис. 11). Максимум поглинання світла цього барвника лежить в області червоної і помаранчевої частин спектра, що обумовлює блакитне

зabarвлення самого барвника. Часто використовують також й інші барвники: безбарвний насичений розчин бензидин хлориду (БН), хризоїдин, метилвіолет, підкислений слабкою HCl, малахітовий зелений тощо.

Найбільшу роль у сорбції катіонів відіграють *тетраедричні шари структури* кристалічної решітки глинистих мінералів, в яких за рахунок ізоморфних заміщень одних атомів іншими з нижчою валентністю створюється надлишок негативних зарядів. На поверхні глинистих частинок завдяки певному розподілу негативних зарядів у водному середовищі адсорбуються і утримуються з різним ступенем міцності катіони барвника.

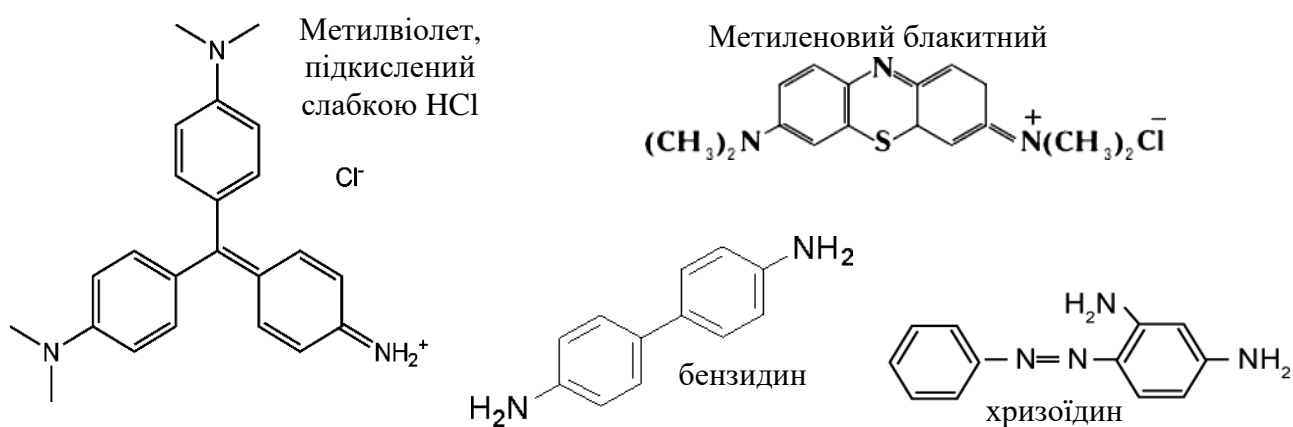


Рис. 11. Органічні барвники

Кількість активних центрів, здатних адсорбувати катіони, і характер їх розподілу тісно пов'язані з особливостями структури кристалічної решітки глинистих мінералів. По відношенню до МБ різні глинисті мінерали характеризуються:

- ✓ різною міцністю йонного зв'язку з аміногрупою барвника,
- ✓ різною здатністю зв'язувати катіон МБ у стані дублетної (подвійної) фіксації.

Як активну групу молекули МБ, що забезпечує зв'язок з поверхнею глинистих мінералів, приймають одну з аміногруп барвника $[\text{N}(\text{CH}_3)_2]$ і центральний атом Нітрогену. Допускається, що центральний атом Нітрогену катіона МБ може закріплюватись, якщо одна з аміногруп молекули барвника утворює з поверхнею глинистих мінералів йонний зв'язок. Припущення дублетної адсорбції катіона МБ пояснює ряд явищ, які спостерігаються при фарбуванні глинистих мінералів.

При додаванні реактивів, що містять великі катіони, наприклад КСІ, дублетна фіксація катіонів МБ стає неможливою: зв'язок атома Нітрогену з поверхнею мінералів руйнується одновалентними катіонами, в даному випадку йоном Калію з великим радіусом. При цьому катіон барвника залишається закріпленим йонним зв'язком тільки через аміногрупу і спектр поглинання світла змінюється.

Мінерали групи монтморилоніту характеризуються міцним йонним зв'язком катіонів МБ і нестійкою їх дублетною адсорбцією.

Мінерали групи каолініту і гідрослюд мають стійку дублетну адсорбцію катіонів МБ і достатньо міцний йонний зв'язок. Суспензії цих мінералів фарбуються МБ у фіолетові і синьо-фіолетові кольори, які стійкі по відношенню до дії КСІ, висихання (при інтенсивному фарбуванні) і нагрівання.

Якщо однаковою порцією водного розчину метиленового блакитного зафарбувати глинисту суспензію однакової густини, то залежно від типу глинистої породи забарвлення суспензії буде різним:

Глиниста порода	Забарвлення	Максимум кривої спектру поглинання
каолінітові глини	фіолетові тони	550-580 нм
гідрослюдисті глини	від синього до фіолетово-синього	560-600 нм
монтморилонітові	інтенсивний чистий фіолетовий, фіолетово-синій колір	між 600 і 700 нм
бейделітові глини	блакитно-зелений	між 600 і 700 нм
Са-монтморилоніти	чисті фіолетові тони	560 нм

Якщо далі до суспензії, забарвленої попередньо метиленовим блакитним, внести трохи крапель КСІ, то забарвлення суспензії для деяких глинистих порід зміниться:

Глиниста порода	Забарвлення	Максимум кривої спектру поглинання
Чисті каолініти	зберігається	не змінюється
Гідрослюди	змінюється забарвлення на брудно-синє або блакитнувато-зелене	не змінюється або зростає довгохвильовий максимум: 650 - 670 нм
Бейделіти, К-, Н-монтморилоніти	зберігається або змінюється до жовто-зеленого	зберігається 650 нм або зміщується до 670 нм
Са-монтморилоніти	синє забарвлення змінюється на яскраво-блакитне	зміщується від 560 нм до 670 нм

Каолінітові глини зберігають забарвлення. Зміна забарвлення на фіолетово-синє або синє вказує на присутність домішки гідрослюд. Гідрослюди, які забарвлюють МБ у фіолетово-сині і сині кольори, мало змінюються від додавання КСІ.

У монтморилонітових глин від додавання КСІ колір змінюється сильно і стає блакитним або блакитно-зеленим.

Ідентифікувати глинисті породи і мінерали методом фарбування органічними барвниками можна без вимірювання спектрів поглинання. Оцінка кольору дається візуально за десятибальною шкалою: фіолетовий, фіолетово-синій, синій, синьо-блакитний, блакитний, блакитнувато-зелений, зелений, трав'янисто-зелений, трав'янисто-зелений – жовтувато-зелений, жовтувато-зелений.

Крім метиленового блакитного застосовуються бензидин хлорид, хризоїдин, а також метиловий фіолетовий. При додаванні до глинистої суспензії цих барвників зв'язок з поверхнею мінералу може здійснюватися за допомогою тільки однієї або за допомогою обох груп $-NH_2$, які присутні в молекулах бензидину і хризоїдину. Хризоїдин, наприклад, може закріплюватись обома аміногрупами, оскільки відстань між атомами Нітрогену не сильно перевищує довжину ребра силіційоксигенового тетраедра. Тому для хризоїдину на має значення грань, на якій він фіксується, і не відіграє ролі форма субмікронних частинок монтморилоніту.

У випадку використання бензидину умови ускладнюються, тому що аміногрупи знаходяться на значно більшій відстані, і стає значимим «малюнок» плоскої сітки грані глинистого мінералу. Найкращі стеричні умови, очевидно, виникають на межі (001). Саме для грані (001) можна знайти такі положення молекули бензидину, коли вона, при фіксації обома своїми кінцями, не перекриває проміжних йонів Оксигену і розташована симетрично відносно сусідніх йонів. Це сприяє стійкості такого положення. Разом з тим створюються умови, сприятливі для зміщення смуги поглинання у бік більш низьких частот. Таким чином, *бензидином можуть зафарбовуватися лише пластинчаті різновиди мінералів з гранями, схожими до граней монтморилоніту (деякі глинисті мінерали з групи ілліту).*

Мінерали глин, активні центри яких не утворюють з бензидином досить міцного йонного зв'язку, необхідного для його фіксації за допомогою обох аміногруп, не можуть фарбуватися цим барвником, незважаючи навіть на пластинчасту форму кристалів (наприклад,

каолініт). Реакція з бензидином неможлива для волокнистих мінералів глин, оскільки у них майже або зовсім відсутня грань (001).

Різниця принципового характеру взаємодії барвників – бензидину і хризоїдину – спостерігається, наприклад, при висиханні зразків монтморилоніту. У випадку забарвлення хризоїдином висихання зразка практично не змінює спектр, тоді як при забарвленні бензидином смуга поглинання зазнає різкого зміщення у короткохвильову область і синє забарвлення змінюється на блідо-жовте.

Мінерали, які міцно зв'язують барвник, як при стандартному, так і при інтенсивному забарвленні мають той самий колір. Мінерали, які слабкіше зв'язують барвник, мають різне забарвлення (гідрослюди, каолініти).

Методика проведення дослідження

- ✓ Шматок глинистої породи масою 0,5 г (або менше для глин, які сильно розбухають) замочується дистильованою водою у фарфоровій чашці так, щоб вода повністю покривала породу.
- ✓ Через одну або дві доби вода зливається для видалення йонів електролітів, які перейшли в розчин з глини.
- ✓ Глина переноситься в скляну колбу об'ємом не менше 100 мл і заливається 15 мл дистильованої води. Приготовлену водну суспензію глини весь час перемішують і залишають відстоюватися протягом доби.
- ✓ *Після відстоювання верхню частину стовпа суспензії, яка містить частинки розміром менше 0,001 мм, зливають у чистий скляний стакан. Концентровану суспензію розбавляють водою до густини 1,004 - 1,005 г/см³.*
Якщо суспензія коагулює, то чисту воду над осадам зливають, пробірку знову заливають водою і так повторюють декілька разів, поки суспензія не стане стійкою. Деякі глини вимагають дуже тривалого відмивання солей.
- ✓ *До суспензії долити розчин метиленового блакитного ($\omega = 0,001\%$) у співвідношенні об'ємів 1 : 1. Одержану суміш впродовж 5 хвилин струшують, а потім залишають для відстоювання (2 - 3 хв.). Після відстоювання найбільші частинки глини осідають на дно, а дрібнодисперсні частинки колоїдних розмірів ще залишаються завислими у водному середовищі.*

- ✓ *Надосадову суспензію, що містить колоїдні частинки глинистої породи, зливають, розділяючи її на дві частини.*
- ✓ *Першу частину суспензії № 1 розділяють на чотири пробірки. Одну залишають як контроль. В інші три пробірки, згідно з записом у наведеній нижче таблиці, додають наступні реактиви:*

№ 1 (контроль)	Дають відстоятись впродовж 8 - 12 годин, а потім спостерігають забарвлення.
№ 2	Додають 1 - 2 краплі насиченого розчину КС1 і через 8 - 12 годин спостерігають забарвлення й ступінь зміни кольору у порівнянні з першою.
№ 3	Додають метиленовий блакитний ($\omega = 0,01\%$) у кількості $1,0 \text{ см}^3$, дають відстоятись впродовж 8 - 12 годин, а потім спостерігають забарвлення.
№ 4	Додають метиленовий фіолетовий, підкислений слабкою НС1, після чого дають відстоятись (8 - 12 годин) і визначають забарвлення.

- ✓ *Другу частину суспензії № 2 розділяють на дві порції для уточнення діагностики гідролюд.*
- ✓ *У першій порції суспензію забарвлюють бензидином. Для цього у пробірку відбирають 2 мл суспензії і додають таку ж кількість розчину бензидину. Пробірку збовтують і залишають на добу. При цьому гідролюди слабо забарвлюються бензидином у брудно-синій колір, монтморилонітові глини забарвлюються в глибокий синій колір, а каолінові глини взагалі не фарбуються цим барвником.*
- ✓ *Другу порцію суспензії розділяють на дві пробірки по 1 мл. У кожену пробірку додають по 1 мл розчину ХН. Суспензії з монтморилонітових глин фарбуються в цегляно-червоний колір, У одну з пробірок додають додаткову кількість барвника – цегляно-червоний колір суспензії з монтморилонітових глин може стати яскраво-червоним.*
Суспензії каолінітових і гідролюдистих глин фарбуються ХН у світло-жовтий колір. При осіданні осаду з суспензії видно, що частина барвника залишається в розчині. Промиванням можна майже повністю відмити глину від ХН, чого неможливо досягти при фарбуванні монтморилонітових глин.
- ✓ ***Висновок за результатами дослідження:***
 - Встановити відношення глинистої породи до фарбування органічними барвниками, користуючись таблицею 7.

- Визначити хімічний та мінеральний склад глинистої породи.
- Намалювати схему кристалохімічної будови глинистого мінералу.

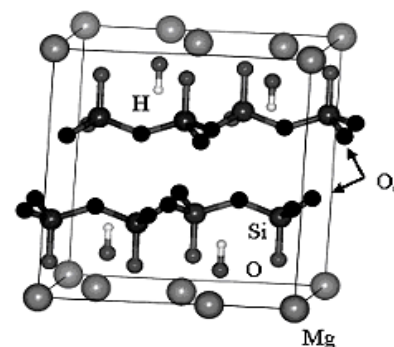
Таблиця 7.

Визначення глинистих мінералів методом фарбування

Мінерали	Метиленовий блакитний, 0,01% розчин	Метиленовий блакитний + KCl,	Бензидин хлорид (нас. розчин)	Хризоїдин, 0,01 % розчин	Метилфіолет підкислений слабкою HCl
Каолініт	Фіолетовий	Фіолетовий	Не забарвлюються	Жовтий	Брудно-фіолетовий
Накріт	Синьо-фіолетовий	Фіолетово-синій	“-“	Рожево-жовтий	“-“
Дикіт	“-“	“-“	“-“	Жовтий	“-“
Галуазит	Фіолетовий	Синьо-блакитний,	“-“	Жовтий не чистий	“-“
Гідрослюди (ілліт, глауконіт)	Фіолетово-синій	Синьо-зеленуватий або блакитний	Сірий, темно-сірий або брудно-зелений	Жовто-червоний	Брудно-зелений
Глауконіт	Фіолетово-синій	Синій	Синьо-блакитний	Цегельно-червоний	–
Смектити (монтморилоніт,	Фіолетово-синій	Блакитнувато-зелений	Інтенсивно блакитний або синій	“-“	Трав'янисто-зелений
Нонтроніт	Фіолетово-синій	Зелений	Блакитний	“-“	“-“
Палигорскіт	Фіолетово-синій	Фіолетовий	Без кольору	–	–
Сепіоліт	Синьо-блакитний	Синьо-блакитний	“-“	–	Без кольору
Хлорит	Синій	Синій	Зелений	Брудно-жовтий	Без кольору
Карбонати пелітоморфн	Бузковий	Бузковий	Без кольору	–	Фіолетовий (кальцит і арагоніт)

Контрольні питання

1. Які принципи покладено в основу запису формул силікатів ?
2. До якого типу: алюмосилікати або силікати Алюмінію, відносяться: берили, тальк, гранати, цеоліти?
3. Що покладено в основу структурної класифікації силікатів?
4. Тальк є жирним на дотик розсипчастим порошком білого (інколи зеленого) кольору. Елементарна комірка кристалічної структури тальку зображена на малюнку. Встановіть формулу тальку,



якщо відомо, що до його складу входять Магній (19,05%), Силіцій (29,63%), Оксиген і Гідроген. Поясніть характер зв'язку між шарами в структурі. Вкажіть області застосування тальку в побуті, косметології та промисловості.

5. Напишіть загальну формулу силіційоксигенових радикалів острівних, ланцюгових, каркасних силікатів.
6. Чому каркасні силікати є алюмосилікатами?
7. Які мінерали називають плагіоклазами. Які мінерали виділяються в ряду плагіоклазів?
8. Які мінерали називають польовими шпатами?
9. Наведіть хімічну формулу альбіту, анортиту, жадеїту. Де утворюються ці мінерали? Де вони використовуються?
10. Як утворюється лабрадор? У чому особливість цього мінералу? Де він використовується?
11. Поясніть явище безперервного ізоморфізму між Калієм і Натрієм в калієвих польових шпатах.
12. У чому подібність і відмінність ортоклазу і мікрокліну?
13. Яке практичне значення мають польові шпати?
14. У чому подібність і відмінність наступних мінералів:
 - а) актиноліту і рогової обманки; б) діопсиду і берилу;
 - в) тремоліту і гіпсу; г) воластоніту і антимоніту.
15. Як утворюються каркасні силікати ?
16. Цеоліти. Особливості їх структури і складу. У чому практичне значення цеолітів?

4.5. Глини. Хімічний склад глинистих порід

Завдання роботи: вивчення методів діагностування хімічного складу глинистих порід та деяких хімічних реакцій, які лежать в основі цих методів; вивчення глинистих порід як глинистої сировини.

Глинисті породи: каолін, смектити, гідрослюди, вермикуліт.

<i>Реактиви</i>	<i>Устаткування</i>
1. Металічний алюміній,	1. Конічні колби на 100 мл,
2. розчин оксалатної кислоти ($\omega_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = 3 \%$),	2. хімічні стакани для суспензії,
3. розчин калій роданіду ($\omega_{\text{KSCN}} = 50 \%$),	3. фільтрувальний папір,
4. розчин гідроген пероксиду ($\omega_{\text{H}_2\text{O}_2} = 6 - 16 \%$)	4. електронні терези,
5. натрій карбонат (сухий),	5. термометри,
6. калій карбонат (сухий),	6. водяні бані.

Реактиви	Устаткування
7. розчин кислоти (наприклад, HCl, $\omega = 1\%$), 8. розчин алізаринового червоного, 9. розчин амоній молібдату ((NH ₄) ₂ MoO ₄), 10. розчин бензидину в ацетатній кислоті ($\omega_{\text{кислоти}} = 30\%$).	7. пробірки; 8. тиглі.

Приготування деяких реактивів

1. **Розчин амоній молібдату.** До 0,05 г (NH₄)₂MoO₄ додають 35 мл нітратної кислоти і 100 мл води.

Хімічний склад осадових порід можна визначати по-різному – методом валового, або силікатного аналізу, аналізом кислотних та лужних витяжок, вивченням форм Феруму, кремнезему, Мангану і Сульфуру, визначенням мікроелементів тощо.

Валовий силікатний аналіз глинистих порід проводять для глинистих фракцій < 0,005 мм. Він дозволяє одержувати кількісний уміст основних пороутворюючих оксидів: SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, CaO, MgO, MnO, K₂O, Na₂O, P₂O₅, SO₃, CO₂, H₂O. Різні групи глинистих мінералів мають певні характерні співвідношення цих оксидів (табл. 8):

Таблиця 8

Хімічний склад основних глинистих порід

Хімічний склад фракції менше 1 мкм (ω , %):	Глини		
	монтморилонітові	гідрослюдисті	каолінітові
SiO ₂	59,3 - 65,0	49,8 - 51,4	43,9 - 45,1
Al ₂ O ₃	17,0 - 24,8	21,0 - 22,6	37,25 - 38,3
CaO	0,74 - 2,14	0,28 - 1,53	0,28 - 0,56
MgO	3,53 - 5,41	3,07 - 4,24	0,15 - 0,42
Fe ₂ O ₃ (FeO)	2,26 - 3,39	4,9 - 8,15	1,05 - 2,11
K ₂ O	0,15 - 1,54	5,71 - 6,28	0,16
Na ₂ O	1,53 - 2,37	0,24 - 0,64	0,38
Si O ₂ /R ₂ O ₃	4	4	2
pH середовища	7 - 14	6 - 7	1 - 6

Для встановлення групи глини здебільшого достатньо знати уміст основних трьох оксидів

Група	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O
Каолініту	37 - 39	44 - 45	<1
Гідрослюд	18 - 26	46 - 56	0,5 < ω < 1
Монтморилоніту	16 - 17	50 - 51	<0,5

Тому співвідношення SiO₂/Al₂O₃ використовується для визначення переважного умісту певної групи глинистих мінералів:

- для каолінітової групи це відношення приблизно 2,
- для монтморилонітової – 4,
- проміжне значення свідчить про переважання гідрослюд.

Підвищений уміст Калію є ознакою переважання в породі гідрослюд, тоді як підвищений уміст Магнію зазвичай обумовлений присутністю хлориту й іноді монтморилоніту.

За даними хіміко-мінерального складу встановлюють можливість застосування глини як *глинистої сировини* (за ОСТ 5539) у певних технологічних цілях. З цієї точки зору *якість глин* оцінюють за вогнетривкістю, ступенем дисперсності, пластичністю, зв'язністю і здатністю глини до спікання. За технологічною класифікацією глиниста сировина поділяється на чотири групи – каоліни, глини, сухарі і сланцеві глини (у тому числі глинисті сланці).

У цих групах далі виокремлюють підгрупи. Так, *за вмістом глинозему* Al_2O_3 (в прожареному стані) виділяють: високоосновні – більше 40 % Al_2O_3 , основні – від 40 до 30 % Al_2O_3 , напівкислі – від 30 до 15 % Al_2O_3 , кислі – менше 15% Al_2O_3 .

За *вогнетривкістю* розрізняють вогнетривкі глини, які плавляться не нижче 1580 °С, і тугоплавкі – що плавляться від 1580 до 1850 °С.

За *ступенем зв'язності, або пластичності*, глини поділяють залежно від кількості (ω , %) нормального піску, при якій глини ще здатні утворювати формовочне тісто:

- ✓ сполучні глини, які утворюють формовочне тісто при добавці нормального піску більше 50 % за масою;
- ✓ пластичні глини, які утворюють формовочне тісто при добавці нормального піску від 50 до 20 % за масою;
- ✓ худі глини, які утворюють формовочне тісто при добавці нормального піску менше 20 % за масою;
- ✓ сухарі глини й сланці, які зовсім не утворюють тіста.

Така класифікація ще не дає можливості оцінити глину за типом одержуваного з неї виробу. Тому, з цієї класифікації за показником *ступеня спікання глини* в особливій підгрупі виділяють:

- ✓ порцелянові білі глини;
- ✓ глини, які не спікаються майже до їх плавлення за рахунок високого вмісту вапна;
- ✓ глазурні глини, які сплавляються в скло нижче 110 °С, і доповнюють підгрупу легкоплавких глин.

Хімічний склад вогнетривких глин визначається природою основного мінералу, який утворює глинисту речовину, а також кількістю і природою домішок, що засмічують глину. Більшість каолінів і осадових тонкодисперсних вогнетривких глин відноситься до каолінітових порід, що мають в основі мінеральної частини каолініт і близькі до нього мінерали групи каолініту, загальну формулу часто відображають у вигляді суміші оксидів: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Цій формулі відповідає наступне співвідношення оксидів Al_2O_3 – 39,5%; SiO_2 – 46,6 %; H_2O – 13,9 % або після прожарювання Al_2O_3 – 46 %; SiO_2 – 54 %. Отже, каоліни, які складаються переважно з каолініту, характеризуються високим умістом Al_2O_3 і низькою сумою оксидів – плавнів.

Найбільш цінні каолінові глини у своєму складі мають особливий мінерал – *монотерміт*. На відміну від каолініту він має приблизний склад: $0,2\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$. Присутність у монотерміті K_2O і менша кількість зв'язаної води порівняно з каолінітом, обумовлюють подібність монотерміту до мінералів групи гідролітів.

Для виробництва вогнетривків може бути використаний і малопоширений мінерал – *пірофіліт* – $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Він утворюється в зонах глибокого метаморфізму при 300 - 400 °С і залягає у вигляді щільної породи, жирної на дотик. На відміну від звичайних осадових глин пірофіліт легко піддається механічній обробці і не розмокає у воді.

Домішки глин. Високоякісні *вогнетривкі глини* містять невелику кількість крупнозернистих забруднюючих домішок *кварцу*, піриту та інших мінералів. Глини, в яких є рівномірно розподілений кварц, використовуються при виготовленні «кислих» виробів – кварцекаолінових.

До температур 1300 - 1350 °С кварц інертний. Але при температурах вище 1350 - 1400 °С кварц стає активним плавнем, утворюючи з глиною легкоплавкі багатокомпонентні евтектики (теоретична температура утворення відповідної двокомпонентної евтектики $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ становить 1545 °С). За домішки дрібнозернистого кварцу вогнетривкі властивості глин знижуються, що проявляється тим більше, чим вищий уміст плавнів у використовуваній сировині й чим менше величина зерен кварцу, тобто чим більше поверхня взаємодії кварцу і глини.

Певне значення має і *ступінь кристалічності кварцу*. Крупнокристалічний кварц взаємодіє з глиною не так енергійно, як цементний кварцит, який містить значну кількість аморфного кремнезему і рівномірно розподілені домішки. Природні напівкислі глини, що містять дрібнозернистий кварц, навіть при порівняно невеликій кількості плавнів, мають знижену вогнетривкість.

Кварц або пісок можна вводити лише в пластичні глини, які добре спікаються, оскільки кварц при випалюванні сильно розпушує виріб.

Плавні. Одними з *найбільш шкідливих забруднюючих домішок* у глинах є *сполуки Феруму*, які представлені декількома мінералами. Пірит і марказит (FeS_2) – зустрічаються у вигляді великих конкрецій, окремих кристалів й у тонко подрібненому вигляді. При достатньо високих температурах випалювання ці домішки дають виплавки, спучування та мушки. Сидерит (FeCO_3) зустрічається у вигляді жовен або окремих сферичних зерен. Його шкідлива дія аналогічна піриту.

Оксиди і гідроксиди Феруму – лимоніт, гідрогематит, магнетит – менш шкідливі, оскільки вони знаходяться в глинах у тонко подрібненому вигляді, надаючи їм різного забарвлення. Загальний уміст оксидів Феруму у вогнетривких глинах зазвичай коливається в межах 1,0 - 3,0 %. Глини деяких родовищ містять до 5% Fe_2O_3 . Підвищення вмісту оксидів Феруму більше 5% призводить до помітного погіршення вогнетривких властивостей глини. Однак, порівняно з іншими *плавнями* (CaO , MgO , Na_2O і K_2O), рівномірно розподілені в глині оксиди Fe мають менш шкідливу дію.

Кальцит і гіпс (CaCO_3 і CaSO_4) – це рідкісні включення у вогнетривких глинах. Їхній шкідливий вплив схожий до дії зернистих включень оксидів Феруму, з тією лише різницею, що CaO є більш активним плавнем, ніж Fe_2O_3 .

Рутил (TiO_2) завжди присутній у вогнетривких глинах у відносно сталій кількості – від 1,0 до 2,0 % – у тонко розпиленому вигляді. Хоча рутил є плавнем, але внаслідок постійного вмісту йому не надають великого значення при порівняльній оцінці глини. У каолінах міститься значно менше TiO_2 – приблизно 0,5 %.

Відношення $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ можна використати для оцінки кліматичних умов формування глинистих порід, оскільки процеси, пов'язані з міграцією Титану і Алюмінію в корі вивітрювання, відбувається за одними й тими ж закономірностями. Однак, Титан порівняно з Алюмінієм мігрує у більш лужних умовах. Тому за

співвідношенням Al_2O_3/TiO_2 у глинистих породах можна оцінити відносне значення рН, при якому відбувалося утворення глинистих мінералів у корі вивітрювання:

- значення $Al_2O_3/TiO_2 < 20$ характеризують кислі умови вивітрювання (рН < 6),
- значення Al_2O_3/TiO_2 в межах 20 - 30 характеризують нейтральні умови вивітрювання (рН = 6 - 7),
- значення $Al_2O_3/TiO_2 > 30$ характеризують лужні умови вивітрювання (рН > 8).

Наприклад, відношення $Al_2O_3/TiO_2 = 20$ свідчить про гумідні кліматичні умови, більше 30 – аридні, а проміжні значення – про перехідні кліматичні умови.

Домішками глин є також залишки *материнської породи*; кількість яких у глині зазвичай вимірюється лише частками відсотка. Такі мінерали концентруються в проміжних і великих фракціях глини. Найбільше значення з них мають польовий шпат, слюди – біотит, мусковіт, серицит – і магнезійні силікати. Ці мінерали є плавнями і впливають на вогнетривкі властивості глин. Наприклад, каолін Глуховецького родовища (Вінницька область, Комсомольський район) є продуктом місцевого руйнування гранітів, пегматитів, граніто-гнейсів і аллітів. Він містить близько 60 % кварцу.

Органічні речовини рослинного походження можуть бути присутніми в глинах у досить значних кількостях. Вони надають глинам різного забарвлення – від сірих до абсолютно чорних тонів. Ці органічні домішки зустрічаються частіше у вигляді гумінових сполук й інколи бітумних. *Гумінові сполуки підвищують пластичність і сполучні властивості глин.*

Органічні речовини збільшують втрати при прожарюванні глини. Замість звичайних 10 - 13 %, втрата при прожарюванні у вуглистих глинах може досягати 20 - 30 %. Органічні домішки маскують вміст у глині хімічно зв'язаної води. Уміст органічних речовин у глині може іноді бути настільки великим, що кількість їх виявляється достатньою для підтримки горіння і промислового випалювання глини без добавки палива.

Шкідливими домішками в глинах є також *розчинні солі* – сульфати і хлориди, кількість яких в глинах помірного поясу зазвичай не перевищує 0,5 %. Розчинні солі виступають у вигляді соляного нальоту на поверхні висушених глиняних виробів і залишаються у обпалених виробках. Сульфати можуть виникнути при випалюванні

глини за рахунок окиснення піриту і як результат реакції газу SO_2 (від згорання палива) з оксидами Кальцію і Магнію глини. Сульфати утворюються переважно при 400 - 500 °С, тому при випалюванні в печі швидко піднімають температуру до 600 °С. Для розкладання сульфатів у деяких випадках може виявитися придатним відновне випалювання в інтервалі 700 - 800 °С.

Для боротьби з таким дефектом як вицвіти до складу глини вводять тонкомолотий вітерит – барій карбонат.

Хімічний і наближений мінеральний склад глинистої сировини визначає наступні технологічні властивості глин.

- ✓ *Значний уміст кремнезему в глині свідчить або про високий уміст піску, або про те, що її основним глиноутворюючим мінералом є не каолінит.*
- ✓ *Високий відсоток глинозему, близький до його вмісту у каолініті (39,5 %), свідчить про вогнетривкість сировини.*
- ✓ *Уміст оксидів Fe_2O_3 свідчить про ступінь придатності таких глин для виробництва світлих, в тому числі білих, виробів, зокрема порцеляни й фаянсу; при підвищеному вмісті оксидів Феруму (не менше 18 %) глини відносяться до охр.*
- ✓ *Глини, які містять мало глинозему і велику кількість оксидів лужно-земельних і лужних елементів, є легкоплавкими і придатні лише для виготовлення виробів будівельної кераміки.*
- ✓ *Значний уміст оксидів лужних металів при підвищеному вмісті глинозему вказує на здатність глини рано спікатися, при збереженні нею вогнетривкості.*
- ✓ *Високий відсоток гігроскопічної вологи в глині свідчить зазвичай про її велику пластичність.*
- ✓ *Підвищений (48,6 - 73,2 %) уміст вапняку в глинах дозволяє відносити їх до мергелів (при 28,7 - 48,6 % вапняку – глинистий мергель).*

Для повної характеристики хімічного складу глин хімічний аналіз проводять у певній послідовності.

1. Визначають легкорозчинні солі в пробі з природною вологістю шляхом віджимання з проби порових розчинів або за допомогою спиртоводної витяжки, де $\omega_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 60\%$. У витяжці знаходять суму солей та їх склад.

2. Після видалення легкорозчинних солей проводять хлорно-амонійну витяжку (розчином NH_4Cl), в якій визначають загальну обмінну ємність і склад обмінних катіонів та аніонів.

3. Далі проводять витяжки хлоридною (2 - 5 %) або ацетатною (2 моль/л) кислотами для визначення вмісту Феруму, Мангану, Кальцію, Магнію, нерозчинного залишку і CO_2 .

4. Після видалення легкорозчинних солей, обмінного комплексу і реакційноздатних елементів у пробі визначають уміст основних компонентів силікатного здебільшого нерозчинного осаду за допомогою силікатного спектрального аналізу на дев'ять компонентів.

5. За допомогою содової витяжки (розчин Na_2CO_3 , 5 %) визначають уміст аморфного кремнезему.

Одержані результати вмісту оксидів перераховують на вміст елементів або солей. Оксиди Феруму і Мангану, перераховані на елементарний Ферум (коефіцієнт 0,695) і елементарний Манган (коефіцієнт 1,29), умовно приймаються за реакційноздатну частину цих елементів. Оксиди Кальцію і Магнію перераховуються на карбонатні солі.

Ступінь дисперсності глин має значення при оцінці їх пластичності, зв'язності і здатності до спікання, а також засміченості домішками. Зв'язність і здатність глин до спікання залежить від кількості найбільш тонких фракцій. Осадкові пластичні вогнетривкі глини характеризуються значно більшою кількістю тонких фракцій, ніж каоліни. У високопластичних монтморилонітових глинах (бентонітах) уміст найбільш тонких фракцій більше, ніж у вогнетривких глин.

Властивість глини спікатися при певних температурах випалювання дає можливість отримувати з неї вироби з необхідною щільністю і міцністю. Спікання глини залежить від кількості плавнів, а також від дисперсності плавнів та основного глинистого матеріалу. У звичайних тонкодисперсних глин, що містять 4 - 6 % плавнів, температурний інтервал інтенсивного спікання укладається в 1000 - 1050 °С. Подальше підвищення температури випалювання на 100 - 120 °С не викликає помітного спучування або деформації. У глин з меншим умістом плавнів інтервал ущільнення та деформації розширюється. Із збільшенням суми плавнів посилюється їх здатність до спучування і деформації. Спучування викликається виділенням газоподібних продуктів, що утворюються при плавленні більш легкоплавких складових частин глини.

Вироби, що виготовляються з вогнетривких глин або каолінів з додаванням шамоту або пластичної глинистої породи, що не

розмокає у воді, називаються шамотними. Шамотом є обпалена глина. Вміст Al_2O_3 в шамотних виробках лежить в межах від 30 до 45 %. Шамотні вироби є найпоширенішим видом вогнетривких матеріалів.

4.5.1. Оцінка вмісту оксидів Феруму

Методика проведення дослідження

- ✓ Зважити шість зразків глини, кожний масою по 2 г. Кожну наважку пересипати у плоскодонні колби (6 колб).
- ✓ Додати до кожного зразка по 1 г металічного алюмінію.
- ✓ У кожній колбі до суміші додати 20 мл розчину оксалатної кислоти і нагріти до температур 40 °С (три колби) та 80 °С (ще три колби). Для нагрівання використати водяну баню.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
...

- ✓ Нагрівати зразки глини на водяній бані при двох температурах протягом 20, 40 і 60 хв, залежно від умісту Fe_2O_3 .
Обробку гідрослюдистих глин при температурі 40 °С проводити впродовж 1 години.
- ✓ Після цього суміші охолодити і відфільтрувати. Зібрати фільтрати і виміряти їх об'єми (V).
- ✓ Для визначення присутності катіонів Феруму відібрати по 2 мл (V_1) кожного фільтрату (всього їх шість) і додати по 1,0 мл розчину амоній (або калій) роданіду.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
...

- ✓ Визначити приблизний вміст Феруму, користуючись даними таблиці:

Забарвлення розчину	Уміст Феруму $\rho(Fe^{3+})$, мг/мл
Забарвлення немає	Менше 0,05
Світло жовтувато-рожеве	0,1 – 1,0
Червоне	1,1 – 3,0
Яскраво-червоне	3,1 - 10,0

- ✓ Розрахувати приблизний вміст Феруму(III) (%) у досліджуваній глині:

$$\omega(Fe) = \frac{\rho(Fe) \cdot V \cdot 100}{V_1 \cdot m_0 \cdot 1000} (\%),$$

де $\rho(\text{Fe})$ – приблизний уміст Феруму, визначений за таблицею (мг/мл); V – загальний об'єм досліджу вального розчину, фільтрату (20 мл); V_1 – об'єм аліквоти (2 мл); m_0 – наважка глини (2 г).

- ✓ За вмістом Феруму оцінити вміст ферум(III) оксиду, %.
- ✓ **Висновки за результатами дослідження:**
 - Встановити, які глини мають більший уміст оксидів Феруму;
 - Відповідність між забарвленням глини та вмістом сполук Феруму;
 - Оптимальні для даної глини умови видалення оксидів Феруму: температурний режим та тривалість нагрівання;
 - Ступінь придатності досліджуваної глини для виробництва світлих виробів або приналежність її до охр;
 - Вогнетривкі властивості досліджуваної глини.

4.5.2. Оцінка присутності органічних речовин

Наявність або відсутність органічних речовин встановлюється за допомогою якісної колориметричної проби фільтрату, одержаного витримуванням глини у розчинах H_2O_2 , $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$ або NaOH .

Методика проведення дослідження

- ✓ Зважити три зразка глини, кожний масою по 2 г і перенести наважки у три плоскодонні колби.
- ✓ Для розрихлення глини у колби додають по 15 мл розчину гідроген пероксиду ($\omega_{\text{H}_2\text{O}_2}$ від 6 % до 16 %) [замість гідроген пероксиду можна використати розчин натрій гідроксиду $\omega_{\text{NaOH}} = 3 \%$].
- ✓ Поставити колби на водяну бану і нагрівати при температурах 24, 40, 70 і 100 °С протягом 60 - 90 хв.

<i>Аналіз процесу:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
-------------------------------	-------------------------------

- ✓ Охолодити суміш у колбах і залишити на 24 години. Далі відфільтрувати суміш і зібрати фільтрат.
- ✓ **Висновки за результатами досліджень:**
 - Оцінити забарвлення глини та фільтрату;
 - Оцінити присутність органічних речовин у досліджених глинах.

4.5.3. Дослідження алюмосилікатного складу глинистих мінералів

Методика проведення дослідження

Для досліджень використовують каолінові глини. Основним компонентом каоліну, або білої глини, є мінерал каолініт $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$, який не розчиняється в кислотах.

- ✓ Зважують 0,5 - 1,0 г заздалегідь висушеної (при 200 °С) глинистої сировини та 4 - 6 г безводного Na_2CO_3 (або суміші $Na_2CO_3 : K_2CO_3$ у молекулярному співвідношенні 1 : 1).
- ✓ Суміш засипають у тигель у наступній послідовності. Наважку соди (або суміші $Na_2CO_3 : K_2CO_3$) ділять на три частини. Одну частину насипають на дно тигля. Другу частину змішують з наважкою глини, засипають у тигель і одержану систему добре перемішують. Після цього зверху насипають третю частину соди.
- ✓ Суміш сплавляють у тиглі для одержання розчинних натрій (калій) алюмінату ($NaAlO_2$) та натрій (калій) силікату (Na_2SiO_3). Для сплавлення тигель вносять у муфельну піч, попередньо розігріту до 500 °С, і повільно нагрівають до 800 - 900 °С. Якщо для сплавлення була взята суміш $Na_2CO_3 : K_2CO_3$, то температуру достатньо підняти до 600 - 700 °С. При сплавленні потрібно слідкувати за тим, щоб плав не розбризкувався за рахунок бурхливого виділення CO_2 .

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

- ✓ Одержаний плав розчиняють у гарячій воді. Розчин розділяють на дві порції.

<i>Аналіз фізико-хімічного процесу – рівняння електролітичної дисоціації:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- ✓ Одну порцію розчину **аналізують на присутність Алюмінію**. Для якісного аналізу можна використати два способи.
Спосіб 1. До краплі розчину додають краплю розбавленої хлоридної кислоти, наносять на фільтр, висушують пляму та додають спиртовий розчин кверцетину. В УФ-променях спостерігається характерне світіння лимонного кольору.

Спосіб 2. На фільтрувальний папір наносять 1 краплю одержаного розчину, кінчиком капіляру наносять на папір 1 краплю розчину алізаринового червоного (1,2-діоксиантрахінон, $C_{14}H_6O_2(OH)_2$). Пляму обробляють газоподібним амоніаком, поміщуючи папір над отвором склянки з концентрованим розчином амоніаку. Утворюється фіолетова пляма. Фіолетовий колір показує забарвлення алізарину, якого він набуває у лужному середовищі. Папір обережно висушують, тримаючи високо над полум'ям пальничка. При цьому амоніак випаровується, і фіолетове забарвлення алізарину переходить у жовте, на фоні якого у центрі залишається яскраво-червона пляма «алюмінієвого лаку».

✓ Другу порцію розчину *аналізують на присутність Силіцію*. До краплі розчину, перенесеної на фільтр, додають краплю готового розчину амоній молібдату. Фільтр висушують над електричною плиткою. Потім додають краплю насиченого розчину бензидину в ацетатній кислоті. Одержану пляму обробляють у парах амоніаку. Посиніння плями вказує на присутність Силіцію в пробі.

✓ **Висновки за результатами досліджень:**

- Хімічний склад досліджуваної глинистої породи.
- Характеристика каолінових глин та їх застосування у пробути, промисловості, будівництві.

Контрольні питання

1. До якого типу – алюмосилікати або силікати Алюмінію – відносяться, каолін, хлорити?
2. Структурна класифікація шаруватих силікатів.
3. Напишіть загальну формулу силіційоксигенового радикала шаруватих силікатів.
4. Які мінерали називають глинистими?
5. Схарактеризувати відмінності між слюдами та глинистими мінералами.
6. Способи об'єднання силіційоксигенових мотивів у глинистих мінералах та породах. Наведіть приклади.
7. У чому схожість і відмінність мінералів:
 - а) каолініту й монтморилоніту;
 - б) малахіту та клінохлору;
 - в) мінералів групи слюд;
 - г) серпентину і тальку;
 - д) серпентину і нефриту.

8. Глинисті породи: класифікація, основні представники.
9. Наведіть приклад глин, що містять Літій.
10. Які глини називають крихкими і з чим це пов'язано?
11. Наведіть коротку характеристику фізико-хімічних властивостей глин.
12. Де використовуються каоліни, бентоніти?
13. В яких умовах утворюються глинисті мінерали: каолінит і монтморилоніт.
14. Описати основні глинисті породи України.
15. Наведіть основні технологічні властивості глин.
16. Які домішки можуть бути присутніми в глинах і яке їх практичне значення?
17. Які домішки в глинах називають плавнями і чому?
18. Пояснити підвищену адсорбційну здатність монтморилоніту, його здатність до набухання.

5. Дослідження явища ізоморфізму

Завдання роботи: вивчення методів дослідження явища ізоморфізму;
вивчення видів ізоморфізму.

Мінерали: група польових шпатів – альбіт, мікроклін, олігоклаз, ортоклаз, анортит;
карбонати – сидерит, родохрозит, кальцит, вітерит;
а також галіт, галеніт, периклаз.

Реактиви:	Устаткування:
Розчини ($C(X) = 1$ моль/л): 1. барій сульфату ($BaSO_4$); 2. калій сульфату (K_2SO_4); 3. калій перманганату ($KMnO_4$).	1. Пробірки; 2. фільтрувальний папір; 3. скляні воронки.

Явище взаємного заміщення атомів та йонів у вузлах кристалічної решітки без зміни її будови названо ізоморфізмом. Результатом ізоморфізму є ізоморфні суміші хімічних елементів у мінералах.

Однією із загальних причин входження незначних ізоморфних домішок в мінерали є, ймовірно, низька концентрація елементів - домішок у мінералоутворювальному середовищі. При значному недонасиченні середовища та розсіюванні такі елементи не кристалізуються у вигляді своїх власних мінералів – натомість вони

при відповідних термодинамічних умовах входять в кристалічні решітки інших мінералів.

Мінерали у вигляді ізоморфних сумішей вельми поширені в природі. Часто вони утворюють безперервні ізоморфні ряди від одного складу до іншого – цей ізоморфізм називається досконалим, або необмеженим. Прикладом досконалого ізоморфізму є група польових шпатів – плагіоклазів. Плагіоклази – це мінерали, які утворюють безперервний ізоморфний ряд (табл. 9), крайніми членами якого є альбіт ((Ab): Na[AlSi₃O₈]) і анортит ((An): Ca[Al₂Si₂O₈]). У плагіоклазах, твердих розчинах альбіту Na[AlSi₃O₈] і анортиту Ca[Al₂Si₂O₈], відбувається заміщення Натрію і Силіцію відповідно на Кальцій і Алюміній з рівною сумою зарядів взаємозаміщуючих катіонів.

Таблиця 9.

Ізоморфний ряд плагіоклазів

Назва мінералу	Межі змін у складі, %		Назва мінералу	Межі змін у складі, %	
	від	до		від	до
Альбіт	Ab ₁₀₀	Ab ₉₀ An ₁₀	Лабрадор	Ab ₅₀ An ₅₀	Ab ₃₀ An ₇₀
Олігоклаз	Ab ₉₀ An ₁₀	Ab ₇₀ An ₃₀	Бітовніт	Ab ₃₀ An ₇₀	Ab ₁₀ An ₉₀
Андезин	Ab ₇₀ An ₃₀	Ab ₅₀ An ₅₀	Анортит	Ab ₁₀ An ₉₀	An ₁₀₀

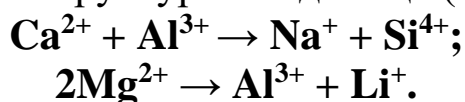
Обмежені ізоморфні суміші при зміні термодинамічних умов (особливо при зниженні температури) можуть розпадатися на складові компоненти. Це явище називається розпадом твердих розчинів. Так, наприклад, лужні польові шпати K(AlSi₃O₈) і Na(AlSi₃O₈) при високих температурах утворюють безперервний ізоморфний ряд, а при охолодженні розпадаються на дві фази: одну з переважним умістом Калію та іншу – з переважним умістом Натрію. У межах кожної фази виникають взаємні проростання, відомі під назвою пертитів і антипертитів.

У мінералах, які є йонними сполуками, виділяють ізовалентний і гетеровалентний ізоморфізм.

При ізовалентному ізоморфізмі відбувається заміщення рівнозарядних йонів (наприклад, K⁺ – Rb⁺; Ca²⁺ – Sr²⁺; Al³⁺ – Ga³⁺, Mg²⁺ – Fe²⁺ тощо);

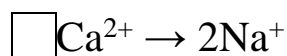
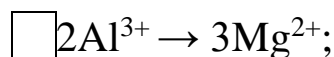
При гетеровалентному ізоморфізмі заміщення супроводжується компенсацією зарядів йонів, які заміщують один одного, за наступними схемами:

1. Без зміни кількості структурних одиниць (пара за пару):

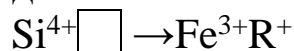


2. Зі зміною кількості структурних одиниць і появою або зникненням:

✓ вакансій □ і дефектності структури мінералу



✓ впровадження додаткових атомів у міжвузловий простір



(де R^{+} – катіон лужного металу, наприклад, в аметистах);

При гетеровалентному ізоморфізмі взаємозаміщення зазвичай відбувається тільки тоді, коли різниця зарядів між йонами не більше одиниці. Якщо різниця зарядів перевищує одиницю, межі ізоморфізму звужуються, аж до практично повної відсутності ізоморфних заміщень. Гетеровалентний ізоморфізм є найбільш поширеним в природі.

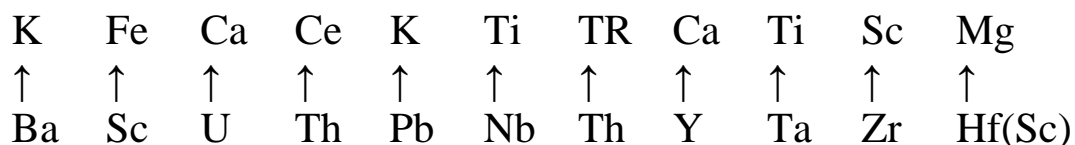
Однією з основних умов ізоморфізму є близькість величин йонних радіусів – вони можуть відрізнятись не більше, ніж на 10 – 15%. Тому ізоморфними виявляються елементи, сусідні по діагоналях таблиці Д. І. Менделєєва – діагональні ряди – наприклад, діагональний ряд Na – Ca ($r_{\text{Na}^{+}} = 0,98$, $r_{\text{Ca}^{2+}} = 1,02$), який представлений в плагіоклазах, що складають більше 50% земної кори. У діагональних рядах атоми та йони мають майже однаковий розмір:

I	II	III	IV	V	VI	VII
Li 0,088	Be 0,034	B 0,020				
Na 0,098	Mg 0,074	Al 0,057	Si 0,039			
K 0,133	Ca 0,104	Sc 0,083	Ti 0,064			
Rb 0,149	Sr 0,120	Y 0,097	Zr 0,082	Nb 0,066	Mo 0,068	
Cs 0,165	Ba 0,138	TR 0,104 - 0,080	Hf 0,082	Ta 0,068	W 0,068	Re 0,072

*– стрілки відображають напрям таких ізоморфних заміщень.

Серед різних варіантів ізоморфного заміщення виокремлюють також «полярний ізоморфізм» – ізоморфне заміщення у певному напрямку, коли йон, який має менший радіус, заміщує більший за

розміром йон. Полярний ізоморфізм характерний для двох рядів елементів (О. Є. Ферсман), в яких ізоморфне заміщення може відбуватись лише по вертикалі знизу до гори:



Ізоморфні речовини повинні мати подібне просторове розміщення атомів або йонів і подібні за зовнішньою формою кристали. Такими речовинами є, наприклад, галуни. У кристалах алюмокалієвих галунів $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ катіони K^+ можуть частково або повністю заміщуватись катіонами Rb^+ або NH_4^+ , а катіони Al^{3+} – катіонами Cr^{3+} або Fe^{3+} .

Якщо ізоморфне заміщення буде відбуватися між атомами і йонами різного розміру в аналогічних за складом структурах, це може привести до різкої зміни структури і переходу катіонів у нову координацію. Таке явище називається *морфотропією*, а ряди мінералів, пов'язаних морфотропними переходами, називають *ізодіморфними рядами*. Наприклад, ізодіморфний ряд карбонатів групи кальциту – арагоніту (табл. 10). У цьому ряду мінералів межа морфотропного перетворення проходить через $Ca[CO_3]$: усі карбонати двовалентних катіонів, йонний радіус яких менше радіуса Ca^{2+} , кристалізуються в структурі кальциту, а карбонати з більшими, ніж у Ca^{2+} , катіонами – у структурі арагоніту.

Таблиця 10.

Ізодіморфний ряд карбонатів

Назва мінералу	Формула	Радіус катіона	Координаційне число	Тип структури
Магнезит	$Mg[CO_3]$	0,74	6	Тригональний, тип кальциту
Сфєрокобальтит	$Co[CO_3]$	0,78		
Сидерит	$Fe[CO_3]$	0,80		
Смітсоніт	$Zn[CO_3]$	0,83		
<i>Родохрозит</i>	$Mn[CO_3]$	0,91		
Отавіт	$Cd[CO_3]$	0,99		
Кальцит	$Ca[CO_3]$	1,04		
Арагоніт	$Ca[CO_3]$	1,04	9	Ромбічний, тип арагоніту
<i>Стронціаніт</i>	$Sr[CO_3]$	1,20		
Церусит	$Pb[CO_3]$	1,26		
Вітерит	$Ba[CO_3]$	1,38		

Морфотропні перетворення звужують межі ізоморфного заміщення і ведуть до утворення розриву в рядах ізоморфних сумішей. У двох сполуках з різною структурою явище досконалого

ізоморфізму відбуватися не може. Таким чином, взаємозаміщення атомів і йонів спостерігається найчастіше в тих випадках, коли вони будуть подібні за розмірами і структурними мотивами кристалічні решітки.

Проте, в мінералогії часто зустрічаються явища, коли атоми і йони утворюють близькі кристалічні решітки, але не утворюють ізоморфних заміщень. Наприклад, такі ряди, як галіт (NaCl) – галеніт (PbS) – периклаз (MgO) і кальцит (Ca[CO₃]) – натрієва селітра (Na[NO₃]), мають однакові структури в межах кожного ряду, але їх йони не утворюють взаємозаміщень. Таке явище називається *ізоструктурністю*, або *ізотипією*, а мінерали, що мають однаковий структурний тип – ізоструктурними або ізотипними.

Зовнішнім проявом ізоструктурних видів при різному їх хімічному складі є *ізогонізм* (від грецьк. *гоніа* – кут), тобто однакова симетрія ізоструктурних мінералів, а також близькі геометричні константи і форми. Ізогонізм можна продемонструвати на прикладі кристалів кальциту (Ca[CO₃]) і натрієвої селітри (Na[NO₃]), які мають велику геометричну подібність. Обидві ці речовини кристалізуються в ромбодричній сингонії з кутами між ребрами, які перетинаються на потрійній осі: 101° 55' – для кальциту і 102° 41,05' – для селітри. Якщо в розчин однієї з таких речовин помістити ромбоєдр іншої, то він почне немов би доростати, але зі змішаного розчину обидва мінерали будуть кристалізуватися окремо у вигляді зернистого агрегату.

Барій сульфат BaSO₄ – важкий білий порошок, важкорозчинний у воді, який має чисто-біле забарвлення. У присутності KMnO₄ утворюється не чистий барій сульфат, а ізоморфна суміш (тобто твердий розчин) KMnO₄ у BaSO₄. Це означає, що у кристалічній решітці барій сульфату частина сульфат-іонів SO₄²⁻ заміщена перманганат-іонами MnO₄⁻. Такий осад не буде знебарвлюватись, навіть за умови дуже ретельного промивання водою.

Барій перманганат Ba(MnO₄)₂ у таких умовах утворитися не може, оскільки ця сіль добре розчинна у воді, а її кристали мають чорне забарвлення.

Методика проведення дослідження

- ✓ До 20 мл безбарвного розчину калій сульфату K₂SO₄ прилити 10 мл розчину калій перманганату KMnO₄ фіолетового кольору. Розчин розділити розчин на дві порції по 15 мл.

- ✓ До першої порції додати 15 мл безбарвного розчину барій хлориду $BaCl_2$. Осад, що утворився, відфільтрувати і промити для видалення залишків калій перманганату.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
...

- ✓ До другої порції замість барій хлориду $BaCl_2$ додати 10 мл безбарвного розчину кальцій хлориду $CaCl_2$. Осад, що утворився, відфільтрувати і промити для видалення залишків калій перманганату.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
...

- ✓ **Висновки за результатами дослідження**
 - Визначити, в якому випадку забарвлення осаду не змінилося і дати пояснення.
 - Встановити, в якому з двох випадків утворилась ізоморфна суміш.

Контрольні питання

1. Ізоморфізм. Сутність поняття.
2. Види ізоморфізму. Навести приклади до кожного виду ізоморфізму.
3. Типи твердих розчинів заміщення. Навести приклади.
4. Емпіричні правила ізоморфізму.
5. Поясніть явище досконалого ізоморфізму і в чому його відмінність від недосконалого? Навести приклади.
6. Чим відрізняється гетеровалентний ізоморфізм від ізовалентного? Навести приклади.
7. У чому суть явища морфотропії? Навести приклади.
8. Фактори ізоморфного взаємного заміщення атомів в кристалах.
9. Назвіть тип ізоморфізму, який спостерігається в ряду плагіоклазів?

6. Руди. Хімічний склад руд

6.1. Електрографічне визначення металічних елементів у складі руд

Завдання роботи: застосування електрохімічних методів для дослідження хімічного складу руд; вивчення руд та мінералів, які входять до складу руд.

Залізні, мідні руди та мінерали: пірит, халькопірит, галеніт.

Реактиви:	Прилади:
1. Розчин калій нітрату ($\omega_{\text{KNO}_3} = 5 \%$);	1. Електроди – 2 алюмінієві пластинки розміром 5×5 мм і товщиною до 3 мм (анод);
2. розчин жовтої кров'яної солі ($\omega_{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]} = 5 \%$);	2. джерело постійного струму;
3. розчин калій роданіду ($\omega_{\text{KCNS}} = 5 \%$);	3. фільтрувальний папір;
4. диметилглюксим у концентрованому розчині амоніаку ($\omega = 1 \%$);	4. металевий штатив;
5. розчин гідроген проксиду ($\omega_{\text{H}_2\text{O}_2} = 3 \%$);	5. стержень;
6. розчини амоній гідроксиду ($\omega_{\text{NH}_4\text{OH}} = 5$ та 25%);	6. 2 лапки з ізоляційними прокладками;
7. розчини калій оксалату ($\omega_{\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4} = 1$ та 5%);	7. мідний дріт.
8. розчин ацетатної кислоти;	
9. розчин калій йодиду ($\omega_{\text{KI}} = 10 \%$).	

Електрографічний метод аналізу відрізняється від інших методів хімічного аналізу тим, що наочно ілюструє локалізацію елементів, які визначаються у досліджуваному зразку.

Електрографічний метод аналізу дозволяє швидко й точно визначити хімічний склад речовини, використовуючи найпростіші й доступні прийоми, реактиви й устаткування, а також провести аналіз швидко, не ушкоджуючи досліджуваний предмет або мінерал.

Електрографічний метод аналізу є методом відбитків, при якому розчинення зразка і перенесення йонів на паперову підкладку полегшується накладенням електрорушійної сили. Він заснований на процесі електролізу, коли при анодному окисненні метали переходять у розчин у вигляді катіонів (рис. 12, 13).

В основі методу лежить *анодне руйнування мінералу*. Анодом слугує випробуваний метал, сплав або мінерал, а *катодом* – *алюмінієва пластинка*. Між катодом і анодом поміщують *фільтрувальний папір*, змочений розчином того або іншого електроліту, наприклад 5% розчину KNO_3 . При накладанні зовнішнього електричного поля певної напруги катіони металу з проби мінералу переходять у індикаторний розчин, яким насичений фільтрувальний папір і їх можна виявити аналітичними реакціями, в

результаті яких виникає характерний кольоровий осад у вигляді “відбитка”. За характерною кольоровою плямою, що утвориться, роблять висновок про присутність того або іншого металу або катіону.

В алюмінієвих пластинках потрібно зробити отвір і в ньому закріпити мідний дріт. Лапки закріпити на штативі за допомогою муфти на відстані 25 - 30 см одна від одної та вставити у них металевий стержень так, щоб його можна було вільно пересувати. Металевий стержень має бути ізольованим від лапки.

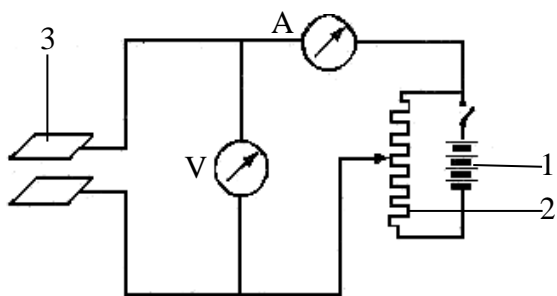
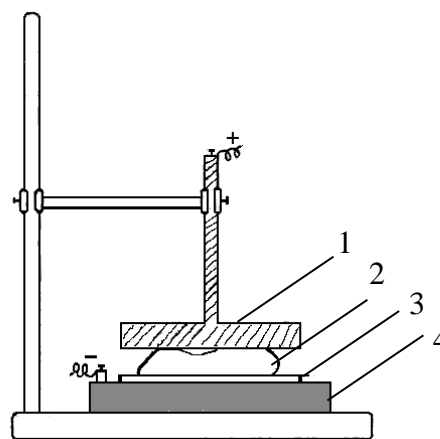


Рис. 12. Схема включення електрографічного обладнання:

1 – джерело струму; 2 – реостат; 3 – електроди.

Рис.13. Прилад для електрографічного аналізу:

1 – мідна пластинка або щітка з мідних дротинок, 2 – проба мінералу, 3 – індикаторний папір, 4 – алюмінієва пластина.



Джерелом струму можуть бути: освітлювальна мережа (якщо є необхідні випрямлювачі й реостати), акумулятори, сухі батареї, батарейки від кишенькових ліхтарів. Потрібні амперметр зі шкалою від 0,1 до 1 А (включається в ланцюг послідовно) і вольтметр (включається паралельно).

Як додатковий опір використовують *дротовий* реостат або електричні лампи. Отриманої таким шляхом напруги у 15 - 20 В цілком вистачає, щоб провести ряд дослідів. Якщо випробовувані зразки мають високу електропровідність, потрібно знизити напругу до 4 - 6 В. Кращі результати можна отримати тоді, коли опір досліджуваного зразка становить близько 40 - 60 Ом. Густина струму не повинна перевищувати 10 - 20 А/дм².

При аналізі мінералів важливо забезпечити достатню електропровідність. Для цього прианодна частина є пучком мідних або латунних дротиків у вигляді щітки або пензлика, що збільшує кількість точок дотику з досліджуваним мінералом.

Якісне визначення металів у рудах електрографічним методом

Метал	Реактив	Ознаки реакції (електрограма)	Заважають відкриттю
Ферум Fe ²⁺	5% розчин K ₃ [Fe(CN) ₆]	Синє забарвлення	Cu
Ферум Fe ³⁺	5% K ₃ [Fe(CN) ₆] або 5% KCNS	Синє забарвлення Червоне забарвлення	Cu
Нікель Ni ²⁺	1% диметилглюксиму в конц. розчині амоніаку	Червоне забарвлення	Fe
Кобальт Co ²⁺	KCNS, розчинений в ацетоні	Блакитне забарвлення	Cu і Ni у великій кільк.
Хром Cr ³⁺	3% H ₂ O ₂ і NH ₄ OH	Жовте забарвлення хроматів, червонувате – перхроматів, синє – пероксиду Хрому, зелене – йонів Cr ³⁺	Mn
Манган Mn ²⁺	0,5% бензидину в ацетатній кислоті	Блакитне забарвлення	Cr
Купрум Cu ²⁺	5% NH ₄ OH 5% K ₃ [Fe(CN) ₆]	Темно-синє забарвлення Коричнє забарвлення	Fe, Pb
Плюмбум Pb ²⁺	1% K ₂ C ₂ O ₄ в ацетатній кислоті, 10% KI	Жовте забарвлення	Ag, Hg
Аргентум Ag ⁺	5% K ₂ C ₂ O ₄	Цегляно-червоне забарвлення	Hg
Вісмут Bi ³⁺	10% KI	Жовтогаряче забарвлення	Pb
Станум Sn ²⁺	0,2 - 0,5 % розчин какотеліну	Фіалкове забарвлення	Ti

Якщо потрібно досліджувати сполуку на невеликій ділянці поверхні – наприклад, деталі приладу або включення рудного мінералу у пусту породу, – застосовують *капілярні електроди*. У капіляр з вставленим в нього мідним дротиком або графітовим стержнем вводиться електроліт і відповідний реактив, що дає з випробуваним катіоном забарвлену або нерозчинну сполуку. Осад, що утворюється в капілярі, потім досліджують під мікроскопом. Щоб рідина з капіляра не впливала, кінець його занурюють у суміш гуміарабіку (смола сенегальської акації, харчова добавка E-414) з даним реактивом.



Швидкість визначення сполуки залежить від електропровідності. Щоб збільшити її, слід ретельно очищати поверхню зразка. Оксиди металів зручно видаляти з поверхні предмета вологою ганчірочкою, посипаною магній оксидом. Жирні плями видалити ваткою, змоченою діетиловим етером.

Іноді доводиться ізолювати катод від рідини, нанесеної на фільтрувальний папір, щоб уникнути побічних реакцій. Для цього катод покривають тонким шаром розчину целулоїду в ацетоні або колодієм (целулоїд – суміш нітроцелюлози з камфорою, а колодій – це нітроцелюлоза, змішана зі спиртом і водою).

Електрографічні «спектри» полегшують аналіз. Смужки фільтрувального паперу змочують відповідними реактивами й прикріплюють до катода. Анодом є досліджувані сплави. Згодом смужки паперу набудуть різного забарвлення. Електролітом можуть бути 5 % розчин калій або натрій нітрату, розчини натрій сульфату або хлоридної кислоти тощо (табл. 11). Фільтрувальний папір не повинен бути занадто вологим, інакше отриманий відбиток розпливатиметься. Занадто сухий папір дає нерізкий відбиток.

Методика проведення дослідження

- ✓ Зібрати електричну схему, як це показано на рис.12.
- ✓ Фільтрувальний папір обробити відповідними реактивами (таблиця 11).
- ✓ До катода приєднати алюмінієвий дріт, кінець якого проходить уздовж фільтрувального паперу, змоченого електролітом і поміщеного на досліджуваний предмет з очищеною поверхнею (рис. 13).
- ✓ Другим електродом – анодом потрібно доторкнутись до іншої ділянки досліджуваного мінералу.
- ✓ Подати напругу від джерела постійного струму (до 20 В). У кожному дослідженні цю величину потрібно підбирати експериментально.
- ✓ Тримати прилад під напругою потрібно не менше п'яти хвилин.
- ✓ Залежно від металу на поверхні паперу утворюються по-різному забарвлені плями.
- ✓ Написати рівняння катодного та анодного процесів електрографічного визначення Феруму та Купруму у досліджуваних мінералах.
- ✓ Написати рівняння якісних аналітичних реакцій для виявлення йонів цих металів у розчині.
- ✓ **Висновки за результатами експерименту**
 - Хімічний склад досліджуваних мінералів;
 - Руди кольорових та чорних металів: хімічний склад та умови утворення в природі.

Контрольні питання

1. Яке значення має поняття “руда”?
2. Які існують залізні руди?
3. Як здійснюється зберігання та перевезення залізних руд?
4. Дайте коротку характеристику сірчаного колчедану.
5. Дайте загальну характеристику руд кольорових металів.
6. Які руди відносяться до неметалічних? Дайте загальну характеристику неметалічних руд.
7. Де застосовують хромовмісні руди?

6.2. Вилуговування металів з руд

Завдання роботи: застосування фізико-хімічних методів для дослідження хімічного складу руд; вивчення руд та мінералів, які входять до складу руд.

Залізні, мідні руди та мінерали: пірит, халькопірит, галеніт.

Реактиви:	Посуд:
1. Амоній хлорид, хімічно чистий (х.ч.), 2. концентрована нітратна кислота HNO_3 , 3. концентрований розчин NH_4OH .	1. Стакан хімічний об'ємом 300-400 мл, 2. паличка скляна, 3. лійка для фільтрування, 4. колба для збору фільтрату, 5. промивалка, 6. фарфоровий тигель для прокалювання.

Великий вплив на розподіл різних хімічних елементів у зоні осадконакопичення має життєдіяльність організмів.

1. У тілах організмів відбуваються такі реакції, які в інших умовах є неможливими (наприклад, розкладання CO_2 під дією сонячних променів).

2. Хімічний склад організмів дуже різноманітний. До складу органічної речовини входять загалом ті ж елементи, що і до складу гірських порід. Відмінності виражаються у наступному. У складі тканин хребетних тварин і найбільш високоорганізованих рослин крім Карбону, Гідрогену і Оксигену, які містяться абсолютно у всіх організмах, зустрічаються в помітній кількості майже виключно тільки Кальцій, Нітроген і Фосфор. Тому в живій речовині вміст цих елементів перевищує 1 %. Щодо інших елементів, то одні організми можна назвати концентраторами Li, B, F, Si, Al, P, Mg, S, Cl, K, V, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, As, Br, Sr, I і Ba, а в інших – вміст цих елементів є

дуже невеликим. Тому хімічний склад є часто родовою або видовою ознакою.

3. Розрізняють два типи концентрування хімічних елементів:

- a. масове підвищення вмісту даного хімічного елемента в організмах, які живуть в середовищі, збагаченому цим елементом (наприклад, Ферумом або Бором у вулканічних районах);*
- b. специфічне концентрування того чи іншого елемента певними видами або родами без вираженої залежності від хімічного складу навколишнього середовища. Наприклад, в морських організмах уміст деяких елементів зростає порівняно з навколишньою водою: Флуору, Бору, Калію, Сульфур – у десятки разів; Купруму і Йоду – у десятки тисяч разів; Цинку і Мангану – у сотні тисяч разів.*

Завдяки діяльності рослин - концентраторів зола деяких видів кам'яного вугілля може розглядатися як руда рідкісних елементів, особливо Германію, Галію, Кобальту і Нікелю. Уміст рідкісних і розсіяних елементів у тканинах деяких сучасних рослин, що ростуть над рудними тілами, іноді може слугувати пошуковою ознакою цих руд і відображають контури рудного тіла.

За розрахунками В. І. Вернадського загальна маса сучасних організмів дорівнює $n \cdot 10^{14}$ т, що приблизно становить 0,001 % від маси земної кори. Велика частина живої речовини зосереджена в океані переважно у вигляді планктону. На суші, за даними А. П. Виноградова, найбільша маса зосереджена у деревній рослинності, друге місце займає трав'яниста рослинність (не більше 20 % від маси лісу), потім – жива речовина ґрунтів і останнє місце займає тваринний світ.

Різноманітність хімічного складу сучасних тварин і рослин пов'язана з їх організацією: чим простіше організація тварин і рослин, тим різноманітніше їх хімічний склад. Високоорганізовані рослини і хребетні тварини достатньо одноманітні за своїм хімічним складом.

Еволюція форм, які асимілюють Силіцій, зупинилася на типі губок, а у рослин – на злаках. Таким чином, кремнієвий скелет мають організми, що стоять на низькому ступені розвитку. Організми, які використовують Кальцій і Фосфати, продовжували розвиватися далі, даючи все більш високоорганізовані форми.

У різних безхребетних раковини й інші скелетні утворення за хімічним складом є карбонатами, які представлені переважно кальцитом і арагонітом. Однак, арагоніт, внаслідок нестійкості, зазвичай не зберігається у викопному стані.

Присутній у складі багатьох скелетів Магній, знаходиться у вигляді доломіту, а не магнезиту. Найбільше $MgCO_3$ у складі карбонатних раковин й інших скелетних структур, а також вапняків накопичують організми, які живуть в умовах тропічного мілководдя, мають.

Морські форми, переходячи в опріснені і солонуватоводні басейни, часто змінюють вапняну раковину на органічну – хітинову або аглютинінову (піщану). Аналогічні зміни спостерігаються іноді і при переході до глибоководних зон моря. Це зазвичай відбувається у форамініфер, серед яких відомі явища ізоморфізму складу скелетних утворень: абсолютно однакові форми, завдяки відмінності умов проживання, мають різний за складом скелет. Зміна складу скелетних утворень з переходом в опріснені басейни спостерігається також у губок – вапняні губки не живуть у прісних водах. У морських молюсків у солонуватоводних і опріснених водах зменшується вміст $CaCO_3$ в раковинах і збільшується відносна кількість конхіоліну.

Живі бактерії створюють геохімічні бар'єри (біохімічні – відновлювальні або окиснювальні) на яких локалізуються поклади руд. В утворенні рудних родовищ беруть участь багато видів мікроорганізмів – це групи аеробів і анаеробів, які «працюють» у симбіозі. При надходженні оксигеновмісних рудоносних вод, що містять органіку, у породи вугільного, бітумного або графітового ряду створюється сприятливе середовище для життєдіяльності аеробної мікрофлори. Вони перетворюють органічні речовини, присутні в породі, утворюють органічні кислоти, окиснюючи сульфідів, сульфатну кислоту; бактерії *Pseudomonas fluorescens* продукують перекис водню. У результаті *аероби підвищують окисно-відновний потенціал* розчинів: від $+(150 - 200)$ мВ до $+(500 - 600)$ мВ, прискорюється розкладання порід і їх вилуговування, перехід металів у розчини у формі металоорганічних сполук. Унаслідок високої розчинності таких сполук в окиснювальній зоні біохімічного бар'єру метали накопичуються в розчинах, тобто таким екзогенним (біогенним) шляхом виникають *рудоносні розчини* і тільки з них утворюються *екзогенні родовища*.

Чим глибше переміщуються розчини у неокиснені породи, тим більше вільного кисню розчинів використовується аеробами і, коли він витрачається повністю, аероби відмирають. Продукти їх метаболізму, в тому числі металоорганічні сполуки, стають поживним середовищем для анаеробних бактерій, які на межі окиснених і неокиснених порід починають інтенсивно розмножуватись. *Анаероби* перетворюють металоорганічні сполуки у менш розчинні форми, виділяють H_2S , CH_4 , H_2 і *створюють* на шляхах циркуляції рудоносних розчинів *відновлювальний геохімічний бар'єр* – знижують окиснювальо-відновлювальний потенціал до мінус (-500) - (-600) мВ. У відновлювальних умовах металічні елементи осаджуються у складі відповідних малорозчинних сполук. При подальшому переміщенні розчину вглиб неокиснених порід анаероби повністю використовують той запас поживних речовин, який їм залишили аероби, і теж відмирають. Після цього відновне середовище в розчині змінюється на окиснювальне і відновний геохімічний бар'єр зникає, осаджування металів припиняється, незважаючи на присутність у розчині H_2S , CH_4 , H_2 , вуглеводнів та інших відновників. Оскільки більшість родовищ є сульфідними рудами, то у процесі осадження сульфідів з металоносних розчинів утворення цих родовищ відбувалось за участі сульфатредуючих бактерій.

Вилучення окремих складових твердого матеріалу, наприклад, мінералів з руд за допомогою розчинника називають процесом вилуговування. Вилуговування засновано на здатності однієї з речовин, з яких складається руда, порода або матеріал, що піддається вилуговуванню, «розчинятися» краще, ніж інші. Вилуговування застосовують у гірничій справі (наприклад, для видобутку солі), гідрометалургії, хімічній промисловості, цукровому виробництві, для вилучення дубильних та інших корисних речовин з рослинної сировини.

Бактеріально-хімічне вилуговування металів. При переробці руд тисячі і навіть мільйони тонн цінних металів втрачаються у вигляді відходів, шлаків, «хвостів». Відбуваються також викиди шкідливих газів в атмосферу.

Для вилучення металів з руд сульфідних мінералів Купруму, Феруму, Цинку, Стануму, Кадмію тощо, рудних концентратів і гірських порід використовують зазвичай тіонові бактерії, особливо *Thiobacillus ferrooxidans*, які окиснюють Сульфур і сульфуровмісні сполуки. При цьому метали з нерозчинної сульфідної форми

переходять у сульфати, добре розчинні у воді. З сульфатних розчинів метали вилучаються шляхом осадження, екстракції, сорбції.

Одним з можливих шляхів вилучення металів з розчинів є *адсорбція металів клітинами живих мікроорганізмів – біосорбція* металів. Метали включаються до складу специфічних білків – металотіонінів. Необхідну для росту і розмноження енергію ці бактерії отримують при окиснюванні відновлених сполук Сульфуру і двовалентного Феруму в присутності вільного кисню. Джерелом Карбону для побудови структурних елементів клітин бактеріям слугує вуглекислий газ. Характерною особливістю фізіології цих мікроорганізмів є потреба в дуже кислому середовищі. Вони розвиваються при рН від 1 до 4,8 з оптимумом при 2 - 3.

Тіонові бактерії достатньо поширені в природі. Вони є у водоймах, ґрунтах, вугільних і золоторудних родовищах. Значні кількості їх зустрічаються в родовищах сульфатних і сульфідних руд. Але в умовах природного залягання таких руд активність тіонових бактерій стримується відсутністю кисню. При розробці сульфідних родовищ руди вступають у контакт із повітрям, і в них розвиваються мікробіологічні процеси, що супроводжуються вилуговуванням металів.

Хімічне вилуговування металів. Вилучення металів з руд, концентратів та відходів різних виробництв за допомогою водних розчинів хімічних реагентів з наступним виділенням металів з цих розчинів є етапами загального процесу *гідрометалургії*. Основні операції гідрометалургії – механічна обробка руди (подрібнення, розділення, згущення), зміна хімічного складу руди або концентрату (випалювання, спікання, розкладання хімічними реагентами), вилуговування, зневоднення і промивання, освітлювання розчинів та видалення шкідливих домішок, осадження металів або їх сполук з розчинів, переробка осадів.

Методами добування металів із металічних руд є купчасте, чанове вилуговування.

Метод *купчастого вилуговування* застосовується при відкритій розробці відвалів, куп, шламів або інших відходів гірничої промисловості, коли концентрація вихідного металу менше 0,4 %. Процес купчастого вилуговування проводять у наступній послідовності. Спочатку подрібнюють відвальну мінеральну масу і зрошують її вилуговувальною рідиною – розбавленим розчином, який містить H_2SO_4 і $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Далі через цю суміш продувають стиснуте

повітря (O_2). У результаті окиснювання під дією сульфатної кислоти вилуговувальний розчин збагачується металами. Збагачений розчин збирають і розчинниками (зазвичай ціанідами) екстрагують з нього метали. На завершальному етапі добування метали одержують методами осадження або електролізу. Тривалість такого процесу може становити від декількох місяців до року.

Порівняно з іншими методами купчасте вилуговування металів – це найменш трудомісткий технологічний процес, інтенсифікація якого не призводить до забруднення довкілля шкідливими викидами.

Метод *чанового вилуговування* металів є найбільш складною біометалургійною технологією, яка використовується для добування U, Au, Ag, Cu, Cd, Zn та інших металів із руд і сульфідних концентратів. За цим методом ступінь екстракції металів із змішаних сульфідних концентратів може досягати 94 %. Чанове вилуговування сульфідних концентратів проводять у такій послідовності стадій. У апарати - чани великого об'єму ($400 - 9000 \text{ м}^3$) з безперервним перемішуванням завантажують подрібнений рудний концентрат. Додають розбавлену сульфатну кислоту і вносять *інокулянт* – культуру клітин бактерій, за участю яких відбувається біохімічне окиснювання, наприклад, Fe^{2+} у Fe^{3+} . Проводять процес зв'язування металу в проточному аераційному режимі при підвищеній кислотності; температуру підтримують в межах $38 - 40 \text{ }^\circ\text{C}$. За таких умов швидкість вилуговування металу може досягати 700 мг/л за годину, а ефективність його біоокиснення становитиме $90 - 94 \%$. Найвищий ступінь вилуговування з поліметалічної руди має метал з найменшою величиною електродного потенціалу.

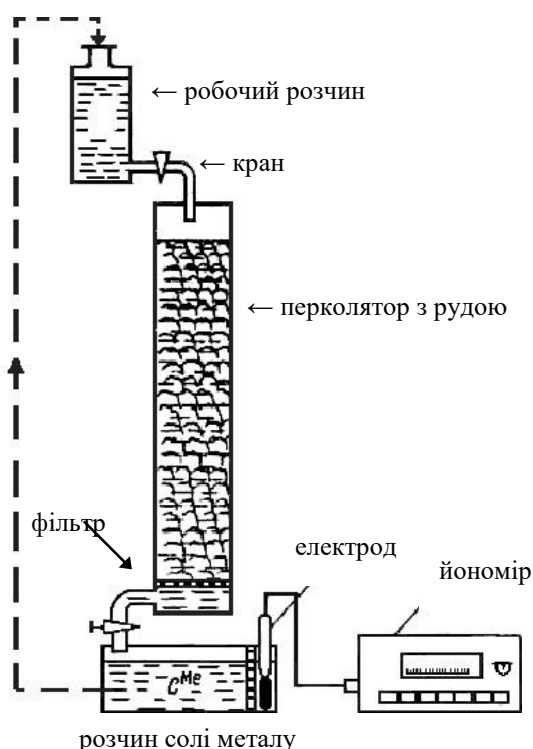
Щорічно в світі таким способом видобувають сотні тисяч тонн Купруму, або приблизно 5% від її загального видобутку. У ряді країн цим способом отримують також значні кількості Урану.

Методи *біосорбції металів* із розчинів прості, ефективні і дешеві. Їх принцип ґрунтується на здатності мікробних клітин адсорбувати або зв'язувати метаболітами йони металів, переводячи їх у розчинні, леткі форми або осад. З цієї причини за участю мікроорганізмів можлива екстракція 100% розчинених у субстраті Pb, Cu, Ni, Cr, U, а такі метали як Au, Ag, Pt, Se навіть із розбавлених розчинів вилучаються на 90% .

Методика проведення дослідження

Установка (рис. 14). Скляний або пластмасовий перколятор заповнюється рудою одного мінералогічного складу (пірит) й однієї крупності. Масу руди у перколяторі визначають заздалегідь. Перколятор має у нижній частині фільтр, через який фільтрується утворений в результаті вилуговування розчин у прийомну склянку.

У верхній частині установки закріплюються посуд для *робочого розчину*, у нижній – прийомні



ємкості для збору *продукційного розчину*. Приймні ємкості обладнані відділенням для розміщення електроду, за допомогою якого вимірюється концентрація металу в розчині. Дослідження проводяться при повністю вкритій розчином руді й вистоюванні її впродовж певного часу. Тривалість експерименту залежить від мінерального складу руди й активності робочого розчину.

Рис. 14. Лабораторна установка з дослідження процесу вилуговування металу з руди.

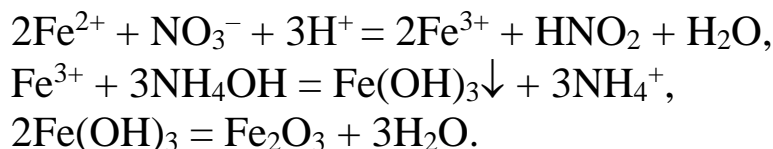
- ✓ Зважити 10 г залізної руди (або подрібненого піриту) одного гранулометричного складу, засипати наважку у перколятор.
- ✓ Залити в перколятор робочий розчин нітратної кислоти, 20 %.

<p><i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i></p> <p style="text-align: center;">...</p>	<p><i>Спостереження:</i></p> <p style="text-align: center;">....</p>
--	--

- ✓ Через певний час випустити порцію отриманого розчину в прийомну ємкість і записати в таблицю час припинення вилуговування.
- ✓ Промити перколятор декілька разів невеликими порціями дистильованої води.
- ✓ Об'єднати промивні води з продукційним розчином, зазначити загальний об'єм одержаного розчину і визначити вміст Феруму в ньому.

Послідовність етапів кількісного визначення Феруму

Уміст Феруму у розчині визначити у вигляді Fe_2O_3 гравіметричним методом – осадженням іонів Fe^{3+} розчином амоніаку згідно з рівняннями реакцій:



Формою осадження є аморфний осад $\text{Fe}(\text{OH})_3$: $K_S(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 3,2 \cdot 10^{-38}$, а ваговою формою – прокалений безводний ферум(III) оксид – Fe_2O_3 .

- ✓ 50 мл одержаного кінцевого продукційного розчину переносять у склянку на 300 мл, додають 3 г NH_4Cl і нагрівають майже до кипіння (але не кип'ятять!).

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

- ✓ Потім додають по краплях при перемішуванні 1 - 2 мл концентрованої HNO_3 і продовжують нагрівання ще 3 - 5 хвилин.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

- ✓ Отриманий жовтий розчин розбавляють до 150 мл гарячою, дистильованою водою і осаджують бурий осад ферум(III) гідроксиду концентрованим розчином NH_4OH , обережно по краплях додаючи його до реакційної суміші при перемішуванні.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i> ...	<i>Спостереження:</i>
---	-------------------------------

- ✓ Розчин з осадом залишають на 5 хвилин, перевіряють повноту осадження і приступають до фільтрування, для чого використовують беззольний фільтр з малою щільністю (червона стрічка).
- ✓ Промивання осаду здійснюється гарячою водою методом декантації (5 - 6 разів), а потім – на фільтрі (беззольному) до негативної проби на хлорид-іон.

Осадження, фільтрування і промивання осаду закінчують обов'язково в один прийом; залишати до наступного заняття не промитий до кінця осад не можна!

- ✓ Фільтр з промитим осадом підсушують у сушильній шафі при 110 - 115 °С і ще злегка вологим переносять у прожарений до постійної маси фарфоровий тигель.
- ✓ Далі фільтр обвуглюють на електричній плитці і прожарюють в муфельній печі при 800 - 900 °С.
- ✓ Визначають масу Fe₂O₃, результати дослідження записують у таблицю за формою:

	МАСА НАВАЖКИ РУДИ <i>m</i> , Г	ОБ'ЄМ РОЗЧИНУ <i>V</i> , Л	КОНЦЕНТРАЦІЯ РОЗЧИНУ ДЛЯ ВИЛУГОВУВАННЯ <i>C</i> , МОЛЬ/Л	ТРИВАЛІСТЬ ЕКСПЕРИМЕНТУ <i>T</i> , ХВ.	МАСОВА ЧАСТКА МЕТАЛУ, %
1					
2					
...					

Обробка одержаних результатів

- ✓ Обчислити масову частку Феруму в оксиді:

$$Fe = 0,6994 \cdot Fe_2O_3.$$

Масова частка Феруму у наважці піриту дорівнюватиме:

$$\omega = 0,6994 \cdot \frac{m_0}{m} \cdot 100 (\%),$$

де *m* – маса піриту, г; *m*₀ – маса осаду, г; число 0,6994 – гравіметричний фактор.

- ✓ **Висновки за результатами дослідження:**
 - Результати вилуговування металу з руди .
 - Методи вилуговування металів з руд руди.

Контрольні питання

1. Роль живих організмів у процесах осадконакопичення.
2. Біомінерали. Приклади, умови їх утворення.
3. Чим відрізняються процеси розчинення і вилуговування?
4. Біотехнологічні методи виділення металів з руд.
5. Сутність процесу вилуговування міді з забалансових руд і відвалів. Яка роль мікроорганізмів для інтенсифікації процесу вилуговування?
6. Укажіть технологічні особливості процесів вилуговування золота, уранових руд, бокситів, вольфрамових руд.



II. ПЕДОСФЕРА. БІОКОСНІ СИСТЕМИ ЗЕМЛІ

1. Фізичні та фізико-хімічні властивості ґрунтів

1.1. Вивчення явища набухання ґрунтів і глинистих порід

Завдання роботи: вивчити здатність ґрунтів до набухання із застосуванням фізико-хімічних методів дослідження;
Мати чітке уявлення про фізико-хімічні характеристики процесу набухання ґрунтів.

Зразки:	Устаткування
1. Монтморилоніт, 2. каолініт, 3. дерново-підзолистий ґрунт, 4. суглинок, 5. чорнозем солонцюватий тощо.	1. Прилад Васильєва для визначення набухання; 2. кристалізатор, 3. чашка Петрі.

Набуханням називається збільшення об'єму ґрунту в процесі змочування. Здатність до набухання пов'язана з гідрофільністю глинистих мінералів зв'язних ґрунтів, їх великою питомою поверхнею.

Набухання виникає при гідратації зазвичай глинистих мінералів ґрунту з утворенням навколо кожної з них шару зв'язаних молекул води – *гідратних оболонок*. Утворення зв'язаних молекул води послаблює взаємодію між самими твердими частинками, «розрихлює» і розупорядковує структуру, за рахунок чого ґрунт збільшується в об'ємі. При цьому відстань між тонкодисперсними частинками ґрунту збільшується.

При набуханні в ґрунтовій системі розвивається певний тиск, який називається *тиском набухання*. Визначають його за допомогою зовнішнього навантаження: навантаження, при якому перестане спостерігатися збільшення об'єму ґрунту при гідратації і буде тиском набухання.

В основі набухання лежить дія адсорбційних, осмотичних і капілярних сил, які визначають умови утримання молекул води в такій природній дисперсній системі як ґрунт. *Найбільшу роль*

відіграють осмотичні процеси, спричинені різницею концентрацій солей у поровому розчині і у воді, яка оточує ґрунт. Якщо концентрація зовнішнього розчину менше від концентрації солей у поровому розчині, то відбувається набухання ґрунту, якщо ж більше – буде розвиватися зворотний процес – осмотична усадка.

У каолінових глин у процесі набухання мають місце як осмотичні явища, так і капілярне вбирання води.

Ступінь набухання ґрунтів визначається наступними факторами:

- ✓ якісний й кількісний склад високодисперсних глинистих мінералів – ґрунти, що містять більше мінералів групи монтморилоніту, характеризуються більшою здатністю до набухання;
- ✓ хімічний склад і концентрація водного розчину, який взаємодіє з ґрунтом;
- ✓ склад поглинутих катіонів – ґрунти, що містять поглинутий Натрій, набухають більше (за інших рівних умов), ніж ті ж ґрунти, що містять Кальцій.

Глинисті мінерали групи монтморилоніту, які мають рухому кристалічну решітку, характеризуються незрівнянно більшим ступенем набухання порівняно з мінералами, що мають жорстку кристалічну решітку, наприклад, групи каолініту (табл. 12). У монтморилоніту молекули води вільно проникають між шаруватими пакетами, що веде до їх розсування й викликає інтенсивне набухання. Це явище було доведено ще Гофманом, який встановив залежність відстані між шаруватими пакетами кристалічної решітки монтморилоніту від умісту в ньому води.

Таблиця 12

Здатність глин та ґрунтів до набухання

ГЛИНИСТІ ПОРОДИ Й ҐРУНТИ	ЗБІЛЬШЕННЯ ОБ'ЄМУ ВІДНОСНО ПОЧАТКОВОГО, %
монтморилонітова глина	96,0
гідрослюда	16,0
каолінит глуховецький	4,0
мусковіт	2,0
дерново-сильноподзолистий ґрунт	5,0
чорнозем солонцюватий	20,0
чорнозем звичайний	14,0

Таким чином, ґрунти, які в глинистій фракції містять монтморилоніт, нонтроніт та подібні до них мінерали, будуть набухати сильніше, ніж ґрунти, у складі глинистої фракції яких присутні галуазит, каолінит та інші мінерали з жорсткими

кристалічними решітками. Найбільше набухання притаманне чорнозему солонцюватому. Зовсім не набухають (або набухають дуже слабо) піски і супіски.

Дисперсність ґрунтів також сильно впливає на величину їх набухання: чим більше дисперсність (подрібненість), тим вищим буде й ступінь набухання. Так, із збільшенням умісту глинистих частинок колоїдного ступеня дисперсності, сильно зростає набухання суглинків і глин.

Набухання ґрунтів змінюється також залежно від складу обмінних катіонів. Ґрунти, у яких поглинальний комплекс насичений переважно дво- і тривалентними катіонами, характеризуються обмеженим набуханням. Найбільше набухання спостерігається у важких глин, які в значній кількості містять в обмінному комплексі одновалентні катіони. За даними К. К. Гедройца, насичені Li^+ і Na^+ частинки діаметром менше 0,25 мк, набухають з утворенням стану гелеподібної маси, де уміст води відносно маси сухої наважки досягає 1000 %.

Роль обмінних катіонів у процесі набухання пов'язана переважно з наступними явищами. Залежно від природи катіона змінюється кількість зв'язаних у дифузному шарі колоїдної міцели молекул води і чим більшою вона буде, тим більшою дисперсністю буде характеризуватись ґрунт. Тобто, *процес набухання супроводжується диспергуванням ґрунту*. У обмінних катіонів здатність зв'язувати молекули води змінюється за наступною закономірністю:



Відповідно величина набухання і дисперсність будуть більшими тоді, коли глини або ґрунти насичені Na^+ , а не Ca^{2+} .

Набухання ґрунтів залежить також від присутності солей у розчинах, що циркулюють у ґрунтах, їх концентрації і величини рН. Хімічний склад ґрунтового розчину визначає склад обмінних катіонів, а отже, і величину набухання ґрунтів. Якщо ж у природній воді присутні одні і ті ж солі, то величина набухання ґрунту буде змінюватися залежно від їх концентрації. Збільшення концентрації електролітів у воді веде до зменшення товщини гідратної оболонки йонів дифузного шару ґрунтових міцел і, відповідно, до зменшення кількості зв'язаної води і набухання ґрунту.

Величина набухання залежить також від характеру структурних зв'язків: найбільше набухання характерно для ґрунтів з коагуляційним типом контактів. Руйнування природної структури

ґрунтів сприяє збільшенню набухання. Найбільш різко величина набухання зростає у ґрунтів зі змішаним і фазовим типами контактів.

Кількісна оцінка набухання ґрунту:

- абсолютне набухання ґрунту (Δh), см – збільшення висоти зразка ґрунту при взаємодії ґрунту з водою або іншою рідиною;
- відносне набухання ґрунту ($\delta = \Delta h/h$) – відношення абсолютного набухання до початкової висоти зразка ґрунту.

Методика проведення дослідження

- ✓ Зразок глини або ґрунту доводять до повітряно-сухого стану, прогріванням у сушильній шафі до сталої маси.
- ✓ Висушений зразок розмелюють і просівають через сито з міліметровими отворами.
- ✓ Циліндр висотою 5 - 6 см закріплюється на пористому дні (вирізаному, наприклад, з пемзи). Пористе дно вкривають кружком з фільтрувального паперу (рис. 15), попередньо зваженого. На фільтрувальний папір ставлять кільце, в яке насипають зразок ґрунту висотою 1 см (h_0).
- ✓ Кільце з фільтром і сухим ґрунтом зважують. Масу фільтрувального паперу віднімають.
- ✓ Кільце із зразком ґрунту вставляють у циліндр, вкривають кільцем фільтрувального паперу і закривають легкою кришкою 2, на яку опирається штифт 3, пов'язаний з індикатором 4.

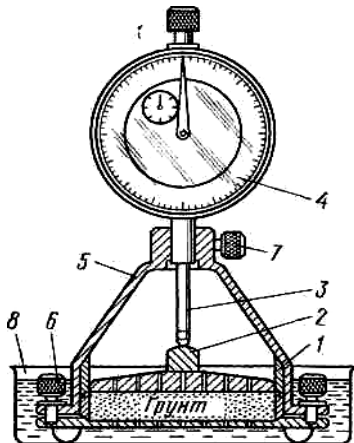


Рис. 15. Прилад Васильєва для визначення набухання ґрунтів:

- 1.- циліндр із досліджуваним ґрунтом,
- 2 - кришка,
- 3 - штифт,
- 4 - індикатор,
- 5 - основа індикатора,
- 6 - кріпильний гвинт,
- 7- гвинт, що кріпить індикатор,
- 8 - чашка Петрі з водою.

- ✓ Циліндр із досліджуваним ґрунтом обережно поміщають у чашку Петрі 8 і закріплюють на штативі (основі індикатора 5).
- ✓ Чашку Петрі заповнюють водою до рівня занурення нижнього пористого кільця. Слідкують за тим, щоб рівень води не змінювався в ході експерименту – тому воду весь час підливають.

- ✓ Через пористе дно циліндра вода надходить у досліджуваний ґрунт, який, завдяки змочуванню, набухає й давить на кришку. Рух кришки через штифт передається на індикатор, стрілка якого вказує збільшення об'єму порівняно з початковим (%). Стрілку індикатора можна спроектувати на екран і спостерігати за її пересуванням.
- ✓ Набухання спостерігають до припинення поглинання води ґрунтом. Фіксують значення h через певні проміжки часу.
- ✓ Після закінчення досліду прилад розбирають, воду зливають, кільце з вологим ґрунтом (без фільтрів) зважують і проводять контрольне вимірювання висоти зразка ґрунту в кільці. Результати дослідження записують у таблицю і розраховують абсолютне і відносне набухання:

Тривалість набухання, τ (хв.)	Висота зразка ґрунту, h (мм)	Набухання	
		Абсолютне Δh , мм	Відносне $\delta = \Delta h/h_0$
0	$h_0 = 10$ мм		
10			
....			

- ✓ **Висновки за результатами досліджень:**
 - Визначити, який з використаних в експерименті зразків ґрунту набухає сильніше.
 - Пояснити характер структурних зв'язків між частинками у досліджуваних ґрунтах.
 - Оцінити мінеральний склад досліджуваних ґрунтів.
 - В яких галузях виробничої діяльності потрібне визначення величини набухання.

1.2. Водні властивості ґрунтів та ґрунтоутворювальних порід

Завдання роботи: мати чітке уявлення про стан і форми води в ґрунті; засвоїти поняття гігроскопічна волога, максимальна гігроскопічність ґрунту, пливчаста волога, абсолютно сухий ґрунт, повітряносухий ґрунт; уміти досліджувати водні властивості ґрунтів.

Зразки:	Устаткування
1. дерново-підзолистий ґрунт, 2. суглинок, 3. чорнозем солонцюватий тощо.	сушильна шафа, ексікатор, терези і важки, штатив, алюмінієві або скляні бюкси, лійка, мірний циліндр, мірний сакан

Водопроникністю називають здатність ґрунтів всмоктувати й пропускати воду, яка поступає з поверхні. Це одна з важливих ґрунтово-гідрологічних характеристик, що впливає на особливості формування стоку, водний режим ґрунту.

Процес руху води має два етапи: всмоктування (інфільтрація) та просочування (фільтрація). *Інфільтрація* характеризує заповнення водою вільних пор ґрунту під впливом сорбційних, меніскових, гравітаційних сил і градієнта напору. *Фільтрація* – це безперервний рух води в насиченому ґрунті під впливом градієнта.

Водопроникність ґрунтів (табл. 13) *вимірюється* об'ємом води, який переходить через одиницю площі поперечного перерізу за одиницю часу (коефіцієнт фільтрації).

Таблиця 13

Шкала оцінки водопроникності* ґрунту

Оцінка водопроникності	Кількість води (мл), що надійшла в ґрунт
Надмірно висока	1000 - 500
Найкраща	500 - 100
Хороша	100 - 70
Задовільна	70 - 30
Незадовільна	30 - і менше

*– За кількістю води (мл) у мірній склянці, що *надійшла протягом першої години* спостережень, оцінюють водопроникність ґрунту. Більш точна характеристика водопроникності ґрунту визначається за кількістю води (мл), яка пройде через ґрунт за першу годину спостережень. Для цього протягом години в циліндрі над ґрунтом підтримується шар води в 1 см, причому враховується загальна кількість води, яка пішла на фільтрацію.

За різницею між кількістю води, використаної на фільтрацію і кількістю води, що пройшла через ґрунт, встановлюється кількість води яка пішла на вбирання – вологоємність ґрунту.

Водопроникність ґрунтів визначається їх гранулометричним складом, хімічними властивостями, структурою, щільністю, вологістю тощо. Водопроникність знижується, якщо ґрунт містить колоїди, особливо насичені Натрієм або Магнієм. При зволоженні такі ґрунти швидко набухають і стають майже водонепроникними.

Водопроникність відіграє як позитивну, так і негативну роль. При низькій водопроникності можуть спостерігатися такі негативні явища, як вимокання культур, застій води на поверхні ґрунту, заболочення, стік води по поверхні схилу і розвиток ерозії. При дуже

високій водопроникності не створюється достатній запас води в кореневмісному шарі ґрунту, а при зрошенні спостерігаються великі втрати води, що призводить до екологічних проблем.

Вологість ґрунту – це загальний уміст води у ґрунті в даний момент часу. Її можна визначити на дотик. Для приблизної оцінки вологості ґрунтів рекомендуються наступні критерії:

- ✓ мокрий ґрунт – при закладці з ґрунтового розрізу стікає вода;
- ✓ сирий ґрунт – вода не стікає, але прикладений лист фільтрувального паперу намокає; при стисненні в руці ґрунт перетворюється на тістоподібну масу, а рука зволожується;
- ✓ вологий ґрунт – прикладений фільтрувальний папір зволожується, а ґрунт при незначному зусиллі стискається;
- ✓ свіжий ґрунт – фільтрувальний папір не промокає, ґрунт холодить руку;
- ✓ сухий ґрунт – пилюватий.

Вологість ґрунту постійно змінюється внаслідок переміщення вологи за профілем і її випаровування і тому не відображає кількість води, яка є доступною рослинам.

Гігроскопічність – це здатність ґрунту адсорбувати пароподібну вологу і міцно утримувати її на поверхні твердих частинок. Вона характеризується гігроскопічною вологістю і максимальною гігроскопічною вологістю.

Гігроскопічна вологість – це пароподібна волога, поглинена ґрунтом з повітря і міцно утримувана в даний момент часу на поверхні твердих частинок. Вона знаходиться в рівновазі з пароподібною вологою атмосфери і *характеризує вологість повітряно - сухого ґрунту*. Кількість гігроскопічної вологи залежить від гранулометричного, мінерального складу ґрунту і вмісту гумусу у ґрунті, а також від вологості повітря. У ґрунтах тайгово-лісової зони її значення варіює від 0,25 до 10 %.

Гігроскопічну вологу можна видалити з ґрунту тривалим висушуванням при 105 °С.

При визначенні кількості складових частин ґрунту необхідно враховувати гігроскопічну воду і всі розрахунки перераховувати на сухий ґрунт, для чого результати множать на коефіцієнт гігроскопічності (K_T).

1.2.1. Вивчення водопроникності ґрунту

Методика проведення дослідження

- ✓ Спеціальний циліндр закрити у нижній частині вкладишем з сітчастим дном і закріпити на штативі.
- ✓ Повітряно-сухий ґрунт просіяти через сито з отворами в 1 мм, і насипати у циліндр. Постукуючи по стінці циліндра, ущільнити ґрунт так, щоб одержати стовпчик ґрунту вистою 10 см.
- ✓ Під циліндром з ґрунтом і вкладишем на штативі закріпити лійку, під якою встановити мірний стакан.
- ✓ Відміряти 100 мл води мірним циліндром.
- ✓ На поверхню ґрунту з мірного циліндра тонким струменем наливати воду так, щоб її рівень впродовж усього досліду був не більше, ніж на 1 см, вище від рівня ґрунту.
- ✓ Визначити, скільки часу потрібно, для того щоб з лійки з'явилась перша крапля води, яка пройшла через ґрунт.
- ✓ Результати вимірювань записати у таблицю за формою:

Час, хв	Об'єм води, який надійшов у ґрунт, мл	Водопроникність, мл/хв	Якісна оцінка водопроникності ґрунту

1.2.2. Вивчення вологості та гігроскопічності ґрунту

Методика проведення дослідження

Для визначення *вологості* ($W_{п}$, %) відбирають *вологий* ґрунт, а для визначення *гігроскопічності* ($W_{г}$, %) – *повітряно-сухий*. Усі інші операції дослідження є однаковими.

- ✓ Два скляних бюкси з кришками зважити на технічних терезах з точністю до 0,01 г.
- ✓ Зважити дві наважки масою 10 - 20 г: вологого ґрунту і повітряно-сухого ґрунту, взятих з заданої глибини.
- ✓ Наважки ґрунту помістити у заздалегідь зважені скляні бюкси, і закрити їх кришками. Закриті бюкси з наважками ґрунту знову зважити на технічних терезах.
- ✓ Бюкси з наважками ґрунту поставити у сушильну шафу, попередньо відкривши кришку (покласти кришку поруч). Сушити 5 год при температурі 105 °С.
- ✓ Бюкси закрити кришкою, помістити у ексікатор до повного охолодження і знову зважити.

- ✓ Далі бюкси з ґрунтом знову поставити у сушильну шафу, попередньо відкривши кришку, і сушити ще 2 години. Якщо різниця при зважуванні після першої та другої сушки не перевищує 0,003 г, то висушування закінчують.
- ✓ Результати записати в таблицю за формою:

ҐРУНТ	МАСА ПОРОЖНЬОГО СКЛЯНОГО БЮКСА, А	МАСА СКЛЯНОГО БЮКСА З ҐРУНТОМ ДО СУШІННЯ, Б	МАСА СКЛЯНОГО БЮКСА З ҐРУНТОМ ПІСЛЯ СУШІННЯ, В
Вологий			
Повітряно-сухий			

- ✓ Обчислюють вологість ($W_{п}$, %) й гігроскопічну вологість ($W_{г}$, %) ґрунту за формулами:

$$W_{п} = \frac{100(b - в)}{в - a}, \quad W_{г} = \frac{100(b - в)}{в - a}$$

де a – маса порожнього скляного бюкса (г); b і $в$ – маса скляного бюкса з ґрунтом до і після сушіння (г).

- ✓ Обчислюють коефіцієнт перерахунку з вологого ґрунту на сухий ($K_{п}$)

$$K_{п} = \frac{100 - W_{п}}{100} .$$

- ✓ Обчислюють коефіцієнт гігроскопічності ($K_{г}$)

$$K_{г} = \frac{100 + W_{г}}{100} .$$

- ✓ Результати обчислень записують у таблицю за формою:

ҐРУНТ		$W_{п}$, %	$W_{г}$, %	$K_{п}$	$K_{г}$
1	Вологий		—		
	Повітряно-сухий	—			
2	Вологий				
	Повітряно-сухий				
.....					

- ✓ **Висновки за результатами досліджень:**

- Порівняйте гігроскопічність різних типів ґрунтів.
- Наведіть інші водно-фізичні властивості ґрунтів.
- Поясніть роль водно-фізичних властивостей ґрунтів у формуванні та руйнуванні структури ґрунтів.
- Поясніть взаємозв'язок між водно-фізичними властивостями ґрунтів та їх родючістю.

1.3. Вивчення пористості та середнього радіусу капілярів ґрунту

Завдання роботи: мати чітке уявлення про стан і форми води в ґрунті; засвоїти поняття гігроскопічна волога, максимальна гігроскопічність ґрунту, пливчаста волога, абсолютно сухий ґрунт, повітряносухий ґрунт; уміти досліджувати водні властивості ґрунтів.

Реактиви:	Устаткування:
1. Дистильована вода, 2. зразки ґрунту різного механічного складу.	1. Циліндри місткістю 1 л. 2. три металевих штативи, 3. три скляних трубки діаметром 2-3 см і довжиною 50 см, 4. три хімічних стакани, 5. марля.

1.3.1. Вивчення пористості ґрунту (загального об'єму пор)

У результаті взаємодії води з ґрунтовими частинками спостерігається збільшення об'єму ґрунту, проте це збільшення є меншим від суми окремо взятих об'ємів ґрунту і води. Це явище зменшення сумарного об'єму ґрунту і води в результаті їх взаємодії називається *контракцією об'єму*. Для ґрунтів контракція об'єму коливається від $0,16 \text{ см}^3$ (підзолисті ґрунти) до $1,60 \text{ см}^3$ (чорноземи) на 100 г. Для колоїдів, виділених із 100 г алювіального суглинку, контракція становить $2,088 \text{ см}^3$, а для колоїдів, виділених з чорнозему, – $7,355 \text{ см}^3$.

Явище контракції об'єму системи «ґрунт + вода» можна пояснити утворенням зв'язаної води: чим більше утворюється в ґрунті зв'язаної води, тим більше величина контракції об'єму. При переході вільної води в зв'язаний стан густина її збільшується, а об'єм зменшується. У результаті загальний об'єм системи «ґрунт + вода» теж зменшується.

Контракція визначається за зменшенням загального об'єму (см^3) системи, коли 1 г сухої речовини, що набухає, вбирає n грамів води. Принцип методу полягає в тому, що певний об'єм ґрунту змішується з таким же об'ємом води і в результаті змішування об'єм суміші є дещо меншим, ніж сума об'ємів ґрунту і води. Різниця між сумою взятих при дослідженні об'ємів ґрунту і води та фактично отриманих об'ємів суміші набухлого ґрунту з водою буде складати величину

об'єму пор (виражається у відсотках). Величина об'єму пор характеризує суму об'ємів вільних проміжків ґрунту.

Грубозернисті ґрунти мають відносно велику величину пор, однак загальний їх об'єм (пористість ґрунту) більший у дрібнозернистих ґрунтів. Так, для піску пористість становить 40 %, для глини – 53 %, для торфу – 84 %.

Методика проведення дослідження

- ✓ У мірний циліндр місткістю 100 см³ наливають 50 см³ води.
- ✓ В іншій мірний циліндр насипають такий же об'єм досліджуваного повітряно-сухого ґрунту.
- ✓ Пересипають ґрунт в перший циліндр. Уміст циліндра збовтують і відзначають загальний об'єм суміші ґрунту і води.
- ✓ Результати заносять у таблицю за формою:

Зразок ґрунту	Об'єм взятого ґрунту <i>a</i>	Об'єм води <i>b</i>	Об'єм суміші води і ґрунту <i>c</i>

- ✓ Пористість визначають за формулою:

$$x = \frac{(a+b-c)}{a} \cdot 100\%$$

де: *a* – об'єм взятого ґрунту, см³; *b* – об'єм води, см³; *c* – об'єм суміші води і ґрунту, см³.

- ✓ **Висновок за результатами дослідження:**

– Навести характеристику пористості досліджуваного зразка ґрунту.

1.3.2. Визначення середнього радіусу капілярів ґрунту

Капілярною називається вода, яка під впливом сил поверхневого натягу повільно піднімається по капілярах ґрунту. Це добре помітно за переміщенням вгору фронту змочування ґрунту, поміщеного у трубки невеликого діаметра з висотою 0,5 - 1,0 м. Після припинення підняття води в трубці можна виміряти висоту підняття рідини (*h*, см) і обчислити середній радіус капілярів у ґрунтах за формулою:

$$h = \frac{2\sigma}{r \cdot \rho \cdot g},$$

де (σ – поверхневий натяг води, $\sigma = 72,75$ мН/м при 20 °С; ρ – густина води 1 г/см³; g – прискорення сили тяжіння, $g = 9,81$ м/с²; r – середній радіус капілярів, см).

Діаметр капілярів у ґрунтах залежить від їх механічного складу. Середній радіус капілярних ходів суглинного ґрунту у багато разів менше, ніж піщаного ґрунту. Найтонші капіляри мають глинисті ущільнені ґрунти, найширші – піщані. Тому висота підняття води в ґрунтах легкого механічного складу буде меншою, порівняно з важкими ґрунтами. У глинистому ґрунті підняття води відбувається повільно, але на значну висоту (якщо спостерігати 1 добу і більше); у піщаному і структурному ґрунтах підняття відбувається значно швидше, але на меншу висоту.

Висоту капілярного підняття води в ґрунті визначають перед проектуванням і будівництвом осушувальних систем. При осушенні перезволожених ґрунтів рівень ґрунтових вод опускають на глибину, яка дорівнює висоті капілярного підняття. Під час експлуатації осушених ґрунтів за допомогою системи шлюзів-регуляторів підтримують певний рівень води в каналах-колекторах і відповідно в ґрунті. При цьому забезпечується надходження капілярної води до кореневої системи рослин.

Крім того, капілярне підняття води в автоморфних ґрунтах має велике значення в ґрунтоутворюванні і житті рослин. Так, у посушливих умовах при дефіциті вологи капілярне підняття збільшує запас продуктивної вологи, підвищує родючість ґрунту. Якщо ґрунтові води мають високу концентрацію водорозчинних сполук, то капілярне підняття призведе до засолення ґрунтів.

Методика проведення дослідження

- ✓ Повітряно-сухий ґрунт (суглинний або піщаний) добре розтирають у ступці товкачиком з гумовим наконечником.
- ✓ Підготовлений ґрунт насипають у скляну трубку. Товщина шару ґрунту в трубці має становити приблизно 0,5 - 1 м. Легким постукуванням трубки забезпечують рівномірне упакування ґрунтових частинок.
- ✓ Кінці обох трубок обертають шматочками марлі, яку притискають за допомогою гумових кілець.
- ✓ Трубки закріплюють у вертикальному положенні в штативі.
- ✓ Кінці трубок обережно занурюють у стакан, наповнений водою, і в такому положенні залишають на добу, слідкуючи за просуванням води по капілярах ґрунту. У продовж першої години відлік часу проводять через кожні 10 хвилин, а потім – через кожні 3 години.

- ✓ Результати спостережень записують у таблицю за формою:

Час від початку капілярного підняття води, хв.	Висота підняття води в ґрунтах, мм		
	Глинистий	Піщаний	Структурний
.....			

- ✓ За даними спостережень будують графік. По вертикальній осі відкладають у масштабі висоту капілярного підняття води (мм), а по горизонтальній – відрізки часу (хвилини).

✓ **Висновки за результатами дослідження**

- Яке фізичне явище лежить в основі капілярного підняття води?
- Як за рівнем підняття рідини оцінити діаметр капілярів?
- Як пористість залежить від рівня структурної організації ґрунту?

Контрольні питання

1. Дайте визначення поняття «ґрунт».
2. Сформулюйте фактори ґрунтоутворення.
3. Визначте вплив ґрунтів як фактора зовнішнього середовища на організм людини.
4. Зазначте загальні фізичні та фізико-хімічні властивості ґрунтів.
5. Які фізико-механічні властивості характерні для ґрунту?
6. Стан і форми води в ґрунті, їх доступність для рослин.
7. Водні властивості ґрунтів.
8. Капілярно зв'язана вода ґрунтів.
9. Типи водного режиму ґрунтів.
10. Морфологічні характеристики ґрунтів.
11. Види новоутворень ґрунтів.
12. Що називають ґрунтовим профілем?
13. Класифікація ґрунтових структурних агрегатів та їх характеристики.
14. Що називається структурою ґрунту?
15. Яке значення має структура ґрунту?
16. Агрегатний склад ґрунту.
17. На які групи поділяють структурні агрегати ґрунту за формою і за розміром?
18. Роль води у процесах вивітрювання.

2. Механічний склад ґрунту

Завдання роботи: мати чітке уявлення про механічний склад ґрунту;
уміти визначати різновид ґрунту за гранулометричним складом.

Зразки і реактиви:	Устаткування:
1. розчин кальцій хлориду $C(1/zCaCl_2)$ = 1 моль/л, 2. дистильована вода, 3. дерново-підзолистий ґрунт, 4. суглинок, 5. чорнозем солонцюватий тощо.	1. мірні циліндри на 50 і 100 мл, 2. піпетки на 5 і 30 мл, 3. скляні палички.

Відомо декілька методів визначення механічного складу ґрунту в лабораторних умовах. Найбільш простим і доступним серед них вважається *метод М. М. Філатова*, який дозволяє швидко встановити кількість головних груп ґрунтових частинок – піску, глини, а потім, за їх співвідношенням, визначити ґрунтовий різновид.

Основними ознаками механічного складу ґрунту при візуальному визначенні є:

Стан сухого ґрунту	Відчуття при розтиранні сухого ґрунту	Стан вологого ґрунту	Здатність скочуватися в шнур	Відчуття при розтиранні вологого ґрунту	Різнovid ґрунту
.....

Методика проведення дослідження

- Підготовчий етап.* Зразок ґрунту розтирається в ступці і пропускається крізь сито з отворами 1 мм. Частинки скелетної частини ґрунту, які залишилися на ситі, можуть бути зважені на терезах. Таким чином, встановлюється кількість великих уламків.
- Визначення вмісту глини в ґрунті.*
 - ✓ У мірний циліндр ємкістю 50 мл насипають просіяну через сито ґрунтову масу і ущільнюють її легким постукуванням, поки об'єм маси не буде дорівнює 5 мл.
 - ✓ Після цього в циліндр доливають 30 мл води і 5 мл розчину кальцій хлориду для коагуляції колоїдних частинок і ретельно розмішують масу.
 - ✓ Потім доливають воду до мітки 50 мл і залишають на 30 хв для відстоювання. Після відстоювання визначають збільшення об'єму ґрунту за мітками мірного циліндра.

- ✓ Результати записують у таблицю за формою:

Об'єм ґрунту, взятого для визначення	Об'єм ґрунту в циліндрі через 30 хв	Приріст об'єму ґрунту, мл	Відсоток глини у ґрунті, %

- ✓ Визначити уміст глини у ґрунті (%) за приростом об'єму ґрунту. Для цього можна використати емпіричну формулу:

$$X = 22,7 \cdot K,$$

де X – уміст глинистих частинок, %; K – приріст об'єму на 1 см^3 взятого для аналізу ґрунту; або скористатись даними таблиці 14:

Таблиця 14.

Визначення умісту глини в ґрунті за приростом об'єму

Приріст об'єму ґрунту, мл	% глини у ґрунті	Приріст об'єму ґрунту, мл	% глини у ґрунті
4,00	90,7	1,75	39,6
3,75	85,1	1,50	34,0
3,50	79,4	1,25	29,3
3,25	73,7	1,00	22,7
3,00	67,0	0,75	17,0
2,75	62,9	0,50	11,3
2,50	56,7	0,25	5,7
2,25	51,0	0,12	2,7
2,00	45,4		

3. *Визначення вмісту піску в ґрунті.*

- ✓ У мірний циліндр ємкістю 100 мл насипають той же ґрунт, в якому визначали вміст глини, поки об'єм його після ущільнення буде дорівнювати 10 мл.
- ✓ Після цього доливають воду до позначки 100 мл, добре розмішують ґрунт скляною паличкою і дають відстоятися протягом 90 секунд. За цей час крупні частинки піску осідають на дно циліндра, а більш дрібні – крейда і легкі частинки пилу й мулу (глини) знаходяться у завислому стані у воді.
- ✓ Каламутну воду зливають і до осаду, що залишився, знову доливають воду до позначки 100 мл, добре розмішують і залишають відстоюватися 90 секунд, після чого каламутну воду знову зливають.
- ✓ Усі ці операції (доливання води, розмішування і відстоювання протягом 90 сек) повторюють доти, поки вода після чергового відстоювання не стане зовсім прозорою.
- ✓ Потім вимірюють об'єм піску, який залишився, вважаючи кожен мілілітр рівним 10 % піску.

- ✓ Отримані результати записують у таблицю за формою:

Об'єм ґрунту, взятого для визначення піску, мл	Об'єм ґрунту після промивання і відстоювання, мл	% піску в ґрунті (1 мл = 10 %)

4. *Визначення вмісту пилуватої фракції в ґрунті*

- ✓ Уміст пилу в ґрунті розраховують, віднімаючи від 100 суму відсотків глини і піску (а також скелета). За співвідношенням глини і піску визначають механічний склад і різновид ґрунту, користуючись таблицями 15 і 16:

Таблиця 15.

Різновиди ґрунтів за механічним складом

Уміст у ґрунті		Різновид ґрунту
глини	піску	
1 частина	1 - 2 частини	Глинистий
Те ж саме	3 частини	Важкосуглинковий
»	4 частини	Середньосуглинковий
»	5 - 6 частин	Легкосуглинковий
»	7 - 10 частин	Супіщаний
»	більше 10 частин	Піщаний

Таблиця 16.

Класифікація ґрунтів за гранулометричним складом

Назва ґрунту за гранулометричним складом	Уміст фізичної глини, % (розмір частинок < 0,01 мм)			Уміст фізичного піску, % (розмір частинок > 0,01 мм)		
	ґрунти					
	Підзолистого типу ґрунтоутв.	Степового типу ґрунтоутв.; червоноземи і жовтоземи	Солонці і сильно солонцюваті ґрунти	Підзолистого типу ґрунтоутв.	Степового типу ґрунтоутв.; червоноземи і жовтоземи	Солонці і сильно солонцюваті ґрунти
Піщаний:						
<i>пухко піщаний</i>	0-5	0-5	0-5	100-95	100-95	100-95
<i>зв'язнопіщаний</i>	5-10	5-10	5-10	95-90	95-90	95-90
Супіщаний	10-20	10-20	10-20	90-80	90-80	90-80
Суглинковий						
<i>легкосуглинковий</i>	20-30	20-30	15-20	80-70	80-70	85-80
<i>середньосуглинковий</i>	30-40	30-45	20-30	70-60	70-55	80-70
<i>важко суглинковий</i>	40-50	45-60	30-40	60-50	55-40	70-60
Глинистий:						
<i>легкоглинистий</i>	50-65	60-75	40-50	50-35	40-25	60-50
<i>середньоглинистий</i>	65-80	75-85	50-65	30-20	25-15	50-35
<i>важкоглинистий</i>	>80	>85	>65	<20	<15	<35

- ✓ *Загальні висновки за результатами досліджень:*

Висновки формулюють у вигляді таблиці за формою:

К Зразок ґрунту	Уміст, %			Різновид ґрунту
	глини	піску	пилу	
		Т		

Контрольні питання

1. Кора вивітрювання та корисні копалини в ній.
2. Роль води, CO₂, O₂ у процесах вивітрювання.
3. Стійкість мінералів до процесу вивітрювання.
4. Характеристика основних первинних мінералів порід і ґрунтів.
5. Вторинні мінерали ґрунтів, яка їх роль у ґрунтоутворенні та формуванні властивостей ґрунтів?
6. Класифікація ґрунтів за механічним складом за Н.А. Качинським.
7. Будова ґрунтового профілю.
8. Морфологічні ознаки ґрунтових горизонтів: А, В, С, D, G.
9. Яку будову ґрунтового профілю має дерново-підзолистий ґрунт?
10. Класифікація ґрунтів за потужністю ґрунтових горизонтів.
11. Визначення забарвлення ґрунту за допомогою трикутника Захарова.

3. Хімічний склад ґрунтів

3.1. Визначення кальцій карбонату (CaCO₃) у ґрунті

Завдання роботи: мати чітке уявлення про ґрунтовий профіль, типи розподілу речовин у ґрунтовому профілі та розподіл карбонатів у різних типах ґрунтів;
мати уявлення про процеси вапнування ґрунтів;
уміти визначати вміст CaCO₃ як діагностичної ознаки ґрунту.

Зразки та реактиви	Посуд і устаткування
1. Дерново-карбонатний ґрунт, суглинок, чорнозем солонцюватий тощо, 2. нітратна (або хлоридна) кислота (1:1), 3. нітратна (або хлоридна) кислота з молярною концентрацією: 0.02, 0.1, 0.2 моль/л, 4. розчини NaOH з молярною концентрацією: 0.02, 0.1, 0.2 моль/л.	1. Дворога колба, 2. терези, 3. ділильні лійки, 4. бюретки, 5. штативи лабораторні, 6. конічні колби; 7. фільтрувальний папір, 8. муфель, 9. сушильна шафа.

Класифікація ґрунтів включає такі таксономічні одиниці.

Тип – основна таксономічна одиниця; в один тип об'єднуються ґрунти з *одноманітними* гідротермічними умовами під *однотипною* рослинністю, на мате-

ринських породах *подібного* мінерального складу, з *однотипною* будовою профілю, *близьким* рівнем родючості.

Розрізняють наступні типи ґрунтів України:

- *ґрунти Українського Полісся* – підзолисті ґрунти, дерново-підзолисті (в Україні розглядають як самостійний тип), болотні, лучні;
- *ґрунти Лісостепу* – сірі лісові ґрунти, сіроземи, чорноземи;
- *ґрунти Степу* – чорноземи, каштанові та бурі гірсько-лісові ґрунти (буроземи).

Виділяють також тип *червоноземів*, які утворюються під широколистяними лісами в умовах промивного водного режиму вологого субтропічного клімату й частково тропічних саван; вони містять велику кількість оксидів Al_2O_3 й Fe_2O_3 і збіднені SiO_2 .

Підтип – розкриває зміст типу і включає ґрунти, у яких поряд з типовими є властивості, що характерні для інших типів.

Рід – таксономічна одиниця, що відображає *карбонатність, кислотність, оглеєння, прояв солонцюватості і засолення ґрунтів* тощо.

Літологічна серія – таксономічна одиниця, що відображає генетичну природу ґрунтоутворювальних порід.

Вид – таксономічна одиниця, що відображає ступінь прояву ознак типу, підтипу, роду і літологічних ознак.

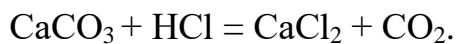
Різновид – таксономічна одиниця, що відображає гранулометричний склад ґрунту.

Варіант – таксономічна одиниця, що відображає трансформацію ґрунту в результаті його використання;

Серед таких генетичних типів ґрунтів як дернові, сіроземи, каштанові ґрунти і чорноземи трапляються карбонатні ґрунти (рід), які утворюються у гумусовому шарі землі там, де на поверхню виходять вапнякові і крейдянні породи, а також вапнякові мергелі, туфи, леси, лесовидні, валунні суглинки з уламків вапняків тощо. Вони містять зазвичай карбонати Кальцію й Магнію.

Дерново-карбонатні (рендзини) і дернові ґрунти формуються на карбонатних породах під широколистяними та змішаними лісами з добре розвиненим трав'яним покривом в умовах гумідного клімату. В основі еволюції цих ґрунтів лежить поступове вилуговування $CaCO_3$ і за стадіями цього процесу (рис.16) ґрунти поділяють на підтипи – типові (А), вилуговані (Б) і опідзолені (В). Глибину залягання горизонту, який містить $CaCO_3$, визначають за реакцією взаємодії ґрунту з хлоридною кислотою ($\omega = 10\%$), візуальною

ознакою перебігу якої є ефект «скипання» ґрунту у результаті виділення вуглекислого газу за рівнянням:

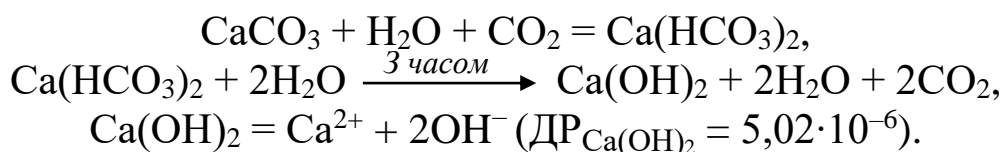


Глибина «скипання» ґрунту є однією з основних характеристик ґрунтового профілю.

Перегнійно-карбонатні ґрунти (значна частина території Малого Полісся) – це специфічні ґрунти, які формуються там, де у ґрунтоутворенні беруть участь мергелі; зрідка вони трапляються на вапняках і карбонатних пісковиках. Ці ґрунти досить різноманітні – супіскові, піскувато-, легко- та середньосуглинкові. Вони містять багато вапна, що зумовлює їхню лужну реакцію. Висока насиченість «основами», переважно Кальцієм, сприяє нагромадженню гумусу, його фіксації у верхньому горизонті. Тому перегнійно-карбонатні ґрунти достатньо збагачені гумусом. Супіскові різновиди містять менше гумусу, а суглинкові – більше. Особливостями поживного режиму цих ґрунтів є мала кількість рухомих фосфатів та сполук Калію.

Однією з основних причин низької родючості багатьох ґрунтів, особливо дерново-підзолистих, є підвищена кислотність та недостатня кількість Кальцію й Магнію. *Нестача Кальцію і Магнію, обумовлює підвищення кислотності ґрунту*, порушує оптимальне мінеральне живлення рослин, пригнічує життєдіяльність мікрофлори, посилює токсичну концентрацію Al, Fe, Mn, що проявляється у зниженні проникності біологічних мембран, ослизненні кореневої системи і, як наслідок, у зменшенні надходження поживних речовин у рослину.

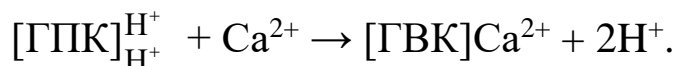
Для підвищення умісту Кальцію і Магнію, вносять вапняне добриво, яке перетворюється у ґрунті за такою послідовністю реакцій:



Отже, з органічними і мінеральними кислотами ґрунту, а також з ґрунтовим поглинальним комплексом, можуть взаємодіяти або кальцій карбонат:



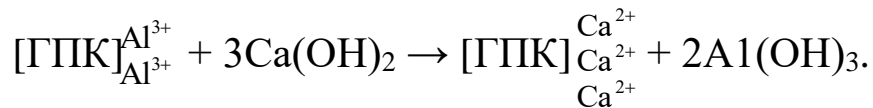
або йони Ca^{2+} :



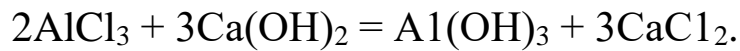
Уміст обмінних катіонів Al^{3+} при вапнуванні також зменшується – вони переходять у нерозчинну сполуку $\text{Al}(\text{OH})_3$:

	А	Б	В
0 см	CaCO ₃	не має	не має
30 см		CaCO ₃	не має
50 см			CaCO ₃

Рис.16. Підтипи дерново-карбонатних ґрунтів за глибиною скипання.



Розчинні солі Алюмінію в ґрунтовому розчині теж будуть переходити в нерозчинний і нешкідливий осад $\text{Al}(\text{OH})_3$:



Наведені рівняння реакцій свідчать, що *основним у багатосторонній дії вапняних добрив на ґрунт є ліквідація підвищеної кислотності ґрунту та рухомого Алюмінію.*

При вапнуванні доза вапняних добрив (D) розраховується за величиною гідролітичної кислотності ґрунту (H_T):

$$D(\text{CaCO}_3) = H_T \cdot 1,5 \text{ (т/га)}.$$

Зазвичай для вапнування використовують молодий вапняк (CaCO_3), який прийнятий за 100 % вапняне добриво, доломітове борошно ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$), гашене вапно $\text{Ca}(\text{OH})_2$, золу сланців, озерне вапно – гата, дефекаційний бруд (відходи цукрової промисловості), а також відходи виробництва фосфатних добрив. *Вапнякове борошно*: уміст CaCO_3 не менше 85 %; уміст вологи до 1,5 % (I клас добрива) і 4 - 6 % (II клас добрива); залишок частинок 0,25 мм на ситі становить не більше 45 %. *Доломітове борошно* містить: не менше 80 % CaCO_3 і MgCO_3 ; уміст вологи – до 12 %. *Дефекат* сірого кольору містить: не менше 75 % CaCO_3 ; органічних речовин – до 10 %, Нітрогену – від 0,2 до 0,5 %, Фосфору – від 0,4 до 0,7 %, Калію – від 0,1 до 0,8 %; незначну кількість Cu, Mn, B, Co. Дефекат використовують після його провітрювання. *Зола сланців*: уміст CaCO_3 у пилоподібній золі (0,01 - 0,06 мм) становить 72 - 82 %, у циклонній – від 93 %, у камерній – від 99 %; уміст вологи не більше 0,5 %. Зола містить також: Бор (20 - 115 мг/кг), Купрум (43 - 77 мг/кг), Манган (700 - 1025 мг/кг), Молібден (30 - 95 мг/кг), Кобальт і Цинк.

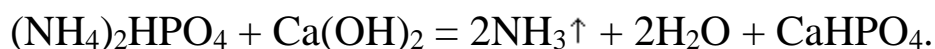
Дози CaCO_3 перераховують на конкретне вапняне добриво за формулою:

$$D = [10^6 \cdot m(\text{CaCO}_3)] / [(M \cdot (100 - B) \cdot (100 - Z)],$$

де D – доза конкретного вапняного добрива, т/га, M – уміст додаткових речовин у добриві (ω , %), Z – уміст частинок у добриві, діаметр яких більше 1 мм (ω , %), B – вологість добрива (ω , %).

Внесення Кальцію у ґрунт сприяє гуміфікації рослинних решток і коагуляції гумусу за рахунок утворення малорозчинних гуматів Кальцію.

Вапнування ґрунтів підвищує азотфіксуючу здатність мікрофлори, нітрифікаційну здатність ґрунту і зменшує газоподібні втрати Нітрогену. Проте, неправильне застосування амонійних добрив, зумовлює збільшення втрат Нітрогену цих добрив до 20 - 36 %:

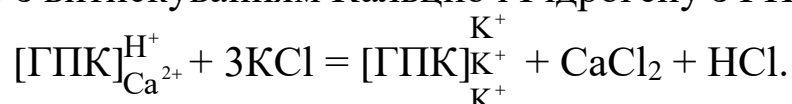


Тобто вапнування ґрунту за допомогою $\text{Ca}(\text{OH})_2$ супроводжується видаленням Нітрогену з ґрунту у вигляді газоподібного амоніаку.

Вапнування поліпшує фосфатне живлення рослин за рахунок перетворення фосфатів Fe та Al на більш рухомі сполуки, збільшує поглинальну здатність кореневої системи і зменшує антагонізм між Фосфором і Алюмінієм. При сумісному застосуванні вапна і фосфоритного борошна, преципітату, фосфат-шлаку умови фосфатного живлення рослин погіршуються. Тому вапно і названі вище фосфорні добрива потрібно вносити у різні строки.

Вапнування сприяє більшому виносу Калію з ґрунту. Уміст Калію у різних ґрунтах коливається від 0,5 до 3 % (K_2O) і залежить від механічного складу ґрунту. Загальний (валовий) Калій міститься переважно у складі первинних і вторинних мінералів (не менше 91 %), в обмінно-поглиненому (0,5 - 2 %) і необмінно-поглиненому (до 9 %) станах. Тому найбільша кількість Калію знаходиться в глинистій фракції ґрунту: важкі глинисті і суглинні ґрунти мають 2 - 3 % Калію (з розрахунку на K_2O), а піщані і супіщані – 1,5 - 2 %. Дуже збіднені Калієм торф'янисті ґрунти (0,03 - 0,05 %).

Водорозчинний Калій представлений у ґрунтовому розчині різними солями (нітратами, фосфатами, сульфатами, хлоридами, карбонатами), які безпосередньо засвоюються рослинами. Уміст його в ґрунті зазвичай незначний (близько 1/10 від обмінного Калію), оскільки Калій з розчину легко поглинається ґрунтовим поглинальним комплексом і засвоюється рослинами. Поглинання Калію пов'язано з витискуванням Кальцію і Гідрогену з ГПК:



При систематичному застосуванні калійних добрив може відбуватися втрата Кальцію з ґрунту (декальцинування) і підкислення ґрунтового розчину. Тому на кислих ґрунтах вапнування є прийомом, що підвищує ефективність калійних добрив. Враховуючи, що калій добре поглинається ґрунтом, калійні добрива можна вносити в запас, на 2 - 3 роки.

У деяких ґрунтах водорозчинний Калій (а також Калій внесених у ґрунт добрив) може зв'язуватись у необмінній формі, в результаті чого його доступність для рослин знижується. Необмінна фіксація Калію (як і йона амонію) найбільш сильно виражена в чорноземах і сіроземах, особливо при їх почерговому зволоженні і висушуванні.

Вапнування сприяє також мобілізації запасів Молібдену і Мангану, рухливість яких при вапнуванні зменшується.

Методи визначення вмісту карбонатів (CaCO_3 і MgCO_3) у ґрунті засновані на ваговому, об'ємному або газометричному визначенні CO_2 , витісненого при руйнуванні карбонатів.

Найбільш простими і швидкими методами є: об'ємний, заснований на руйнуванні карбонатів титрованим розчином кислоти з наступним визначенням надлишку кислоти лугом, і ваговий, заснований на визначенні втрати маси ґрунту за рахунок видалення CO_2 при руйнуванні карбонатів кислотою.

Об'ємний метод можна застосовувати при високому, а ваговий – при будь-якому вмісті карбонатів.

3.1.1. Газометричний метод визначення CaCO_3 у ґрунті

Методика проведення дослідження

- ✓ Збирають прилад як показано на рис. 16.
- ✓ З аналізованого зразка ґрунту беруть наважку масою 2 г і поміщують її в одне з колін сухої дворогої колби.
- ✓ У друге коліно колби наливають 10 мл розбавленої нітратної кислоти HNO_3 (або хлоридної кислоти HCl , розбавлення 1:1).

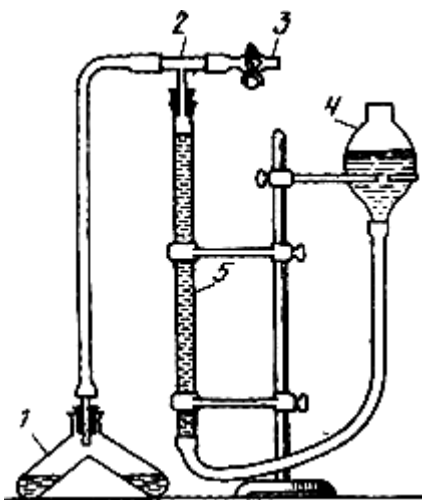


Рис. 17. Прилад для вимірювання об'єму CO_2 при визначенні карбонатності ґрунту:

- 1 – реакційна дворога пробірка;
- 2 – трійник;
- 3 – гвинтовий зажим;
- 4 – скляна груша;
- 5 – бюретка.

- ✓ Колбу щільно закривають корком. Потім при відкритому затискачі 3, опускаючи або піднімаючи посудину (ділильну воронку), встановлюють рівень води на нульовій відмітці бюретки. Зажим 3 закривають.

- ✓ Перекидають колбу так, щоб кислота перетекла у коліно з ґрунтом. Починається виділення вуглекислого газу і рівень води в бюретці опускається, а в посудині піднімається. Створюється додатковий тиск, що гальмує виділення CO₂ у колбі. Щоб уникнути цього, у міру опускання рівня води в бюретці опускають і скляну грушу.
- ✓ Через 1 - 2 хвилини, коли перше бурхливе виділення CO₂ завершиться, вміст пробірки знову перемішують. Періодичне перемішування продовжують доти, поки не припиниться виділення CO₂, про що свідчить встановлення постійного рівня води в бюретці.
- ✓ Об'єм вуглекислого газу, що виділився, фіксують, витримуючи однакові рівні в бюретці і у скляній груші.

Обробка результатів експерименту

При температурі 20 °С і тиску 760 мм рт. ст. 1 мл CO₂ має масу 1,878 мг. Оскільки в лабораторних умовах при визначенні карбонатності ґрунтів температура коливається в межах 16 - 22 °С, а тиск в межах 740 - 770 мм рт ст, то за рахунок цих коливань маса CO₂ змінюється максимум на ±3,4 %, чим можна знехтувати.

Для розрахунку результатів користуються середніми даними, наведеними в таблиці 17.

Приклад обчислення:

припустимо, що маса зразка ґрунту 1 г і в результаті реакції за рахунок виділення газу CO₂ з бюретки було витіснено 26,5 мл води (26,5 = 20 + 6,5). Тоді, користуючись таблицею, вміст карбонатів можна обчислити як суму двох чисел: 4,27 + 1,39 = 5,66 (% карбонатів).

Таблиця 17

Уміст карбонатів у ґрунті, %

Кількість CO ₂ , мл	Наважка ґрунту, г		
	1,0	2,0	0,5
0,5	0,11	0,21	0,43
1,0	0,21	0,43	0,85
1,5	0,32	0,64	1,28
2,0	0,43	0,85	1,71
2,5	0,53	1,07	2,13
3,0	0,64	1,28	2,56
3,5	0,75	1,49	2,99
4,0	0,85	1,71	3,41
4,5	0,96	1,92	3,84
5,0	1,07	2,13	4,27
5,5	1,17	2,35	4,69
6,0	1,28	2,56	5,12
6,5	1,39	2,77	5,55

7,0	1,49	2,99	5,98
7,5	1,60	3,20	6,40
8,0	1,71	3,41	6,83
8,5	1,81	3,63	7,26
9,0	1,92	3,84	7,68
9,5	2,03	4,05	8,11
10,0	2,13	4,27	8,54
20,0	4,27	8,54	17,07
30,0	6,40	12,80	25,61
40,0	8,54	17,07	34,14
50,0	10,67	21,34	42,68

✓ **Висновки за результатами досліджень:**

- Уміст карбонатів у досліджуваних ґрунтах. Чи буде даний ґрунт карбонатним?
- Пояснити позитивні і негативні сторони присутності карбонатів у ґрунтах.

2.1.2. Об'ємний метод визначення CaCO₃ у ґрунті

Методика проведення дослідження

- ✓ Зразок ґрунту просіюють через сито з отворами 1 мм і зважують на аналітичних терезах наважку від 2 до 5 г (залежно від умісту карбонатів: чим більше карбонатів – тим менше наважка).
- ✓ Наважку поміщають у колбу ємкістю 750 - 1500 мл, доливають 500 - 1000 мл кислоти. Концентрація розчину нітратної (або хлоридної) кислоти визначається вмістом CO₂ карбонатів у ґрунті:

Уміст CO ₂ карбонатів у ґрунті (ω, %)	Молярна концентрація еквівалента кислоти (моль/л)
до 15 %	0,02
від 16 до 18%	0,1
більше 18%	0,2

- ✓ Наважку ґрунту витримують з кислотою протягом доби, періодично збовтуючи її. Закривати колбу корком не можна, оскільки реакція руйнування карбонатів відбувається бурхливо з виділенням газу:



- ✓ Через добу настоювання перевіряють реакцію розчину лакмусовим папером. Якщо реакція кисла (pH < 7), витяжку відфільтровують через паперовий складчастий фільтр. В іншому випадку до розчину додають ще 100 - 200 мл титрованого

розчину кислоти і знову витримують упродовж доби, періодично збовтуючи.

- ✓ З відфільтрованої витяжки відміряють 25 мл розчину і переносять у колбу для титрування. Додають 2 - 3 краплі індикатора метилового червоного і титрують надлишок кислоти титрованим розчином лугу NaOH відповідної концентрації (0,02; 0,1 або 0,2 моль/л) до переходу червоного забарвлення у блідо-жовте.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
...

Обробка результатів експерименту

1. Кількість CO₂ (%) обчислюють за формулою:

$$\omega(X) = \frac{(n_{\text{к}} - n_{\text{NaOH}}) \cdot 0,044 \cdot 100 \cdot K}{m_{\text{грунту}}},$$

де $n_{\text{к}}$ – кількість кислоти (ммоль), яка міститься у 25 мл вихідного розчину кислоти [$n_{\text{к}} = V_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}$]; n_{NaOH} – кількість (ммоль) у 25 мл витяжки [тобто об'єм NaOH (мл), що пішов на титрування, помножений на молярну концентрацію еквівалента лугу]; 0,044 – маса одного мілімоля CO₂; 100 – коефіцієнт перерахунку на 100 г ґрунту; K – коефіцієнт перерахунку на сухий ґрунт (поправка на вміст гігроскопічної води); m – наважка ґрунту, яка відповідає 25 мл витяжки.

2. Для перерахунку процентного вмісту CO₂ карбонатів у процентний вміст CaCO₃ отриманий результат потрібно помножити на коефіцієнт 2,273.
- ✓ **Висновки за результатами досліджень:**
 - Уміст CO₂ і CaCO₃ у досліджуваних ґрунтах.
 - Пояснити позитивні і негативні сторони присутності карбонатів у ґрунтах.

Контрольні питання

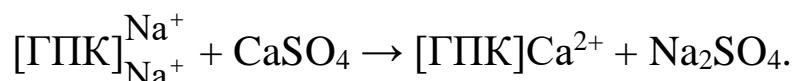
1. Карбонатні ґрунти: умови формування, склад.
2. Уплив карбонатів на властивості ґрунту.
3. Назвіть мінерали, що представляють карбонатні породи ґрунтів.
4. Глибина скипання карбонатів та характеристика ґрунту.
5. Методи боротьби з карбонатністю ґрунтів.

3.2. Визначення вмісту гіпсу ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) у ґрунті

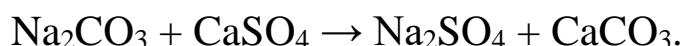
Завдання роботи: мати чітке уявлення про ґрунтовий профіль, типи розподілу речовин у ґрунтовому профілі та утворення гіпсу у каштанових і засолених ґрунтах;
уміти визначати вміст $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ у ґрунті як діагностичної ознаки для характеристики ґрунту;
розуміти хімізм процесу гіпсування ґрунтів та його практичне значення.

Зразки та реактиви	Посуд і устаткування
1. Дерново-підзолистий ґрунт, солонець, солончаки, каштановий ґрунт;	1. Терези,
2. Нітратна HNO_3 або хлоридна кислота HCl : $C(1/zX) = 0,25$ моль/л, $\omega = 10$ %;	2. бюретка,
3. розчин BaCl_2 з масовою часткою 10 %;	3. штатив лабораторний.
4. розчин NH_4OH з масовою часткою 10 %.	4. конічні колби;
	5. фільтри,
	6. беззольний фільтр,
	7. муфель.

Визначення кількості гіпсу і глибини залягання гіпсоносних горизонтів є необхідним для загальної характеристики ґрунтів, а також вирішення питання щодо способів меліорації солонцюватих ґрунтів і солонців. Якщо йонів Натрію у [ГПК] мало, то шкоди від нього практично немає, але при концентрації Na^+ більше 10 % від загальної кількості поглинених катіонів, його потрібно видаляти з ґрунту. *Хімічна меліорація засолених ґрунтів полягає у донасиченні ґрунтового вбирного комплексу Кальцієм і нейтралізації лужності.* Це досягається внесенням гіпсу $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Після внесення в ґрунт гіпсу йони Na^+ в [ГПК] обмінюються на йони Ca^{2+} :



Одночасно гіпс знешкоджує в ґрунтовому розчині соду, яка є шкідливою для рослин:



Під впливом гіпсування усувається лужна реакція ґрунту, поліпшуються його фізичні, фізико-хімічні і біологічні властивості, підвищується родючість. Норму гіпсу обчислюють за формулою:

$$H = 0,086 \cdot h \cdot d \cdot (\text{Na} - 0,05 \cdot T),$$

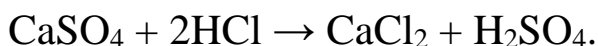
де 0,086 – $M(1/z\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$, мг/моль; Na – вміст увібраного Натрію, ммоль/100 г ґрунту; T – ємність вбирання, ммоль/100 г ґрунту (або

сума поглинених основ, S); h – глибина залягання солонцевого горизонту, см; d – питома маса солонцевого горизонту, г/см³.

Ефективність гіпсування залежить від типу ґрунту, ступеня його засолення, норм і способів внесення гіпсу, а також зволоження ґрунтів. При випаданні опадів менше 450 мм потрібно проводити зрошення для промивання натрій сульфату.

Для хімічної меліорації використовують гіпс, фосфогіпс, ферум(II) сульфат, сульфатну кислоту тощо. Гіпс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: уміст гіпсу не менше 70 %, вологи – не більше 5 %. Фосфогіпс: містить 80 - 92 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, фосфатної кислоти – від 1 до 2 % P_2O_5 , уміст вологи – до 6 % (I сорт) і до 20 % (II сорт). Фосфогіпс може містити значні домішки Кадмію, Флуору тощо.

Методи визначення гіпсу у ґрунтах основані на вилуговуванні гіпсу хлоридною кислотою HCl з молярною концентрацією еквівалента 0,2 моль/л (розчинність гіпсу у воді незначна). При взаємодії гіпсу з кислотою відбувається реакція згідно рівняння



У фільтраті визначають уміст іонів SO_4^{2-} , для чого додають розчин барій хлориду BaCl_2 і осаджують важкорозчинний барій сульфат BaSO_4 .

Методика проведення дослідження

- ✓ Ґрунт просіюють через сито з отворами 0,25 мм. Беруть наважку просіяного ґрунту масою 1 - 5 г (залежно від умісту гіпсу). Якщо ґрунт має багато гіпсу ($> 10\%$), то наважку рекомендується брати в межах від 0,2 до 1 г.
- ✓ Наважку переносять у колбу на 100 мл і заливають розчином кислоти ($C(1/zX) = 0,25$ моль/л), ретельно перемішують і залишають на добу.

<p><i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i></p> <p>....</p>	<p><i>Спостереження:</i></p> <p>....</p>
---	--

- ✓ Через добу ґрунт відфільтровують, відмивають багаторазовою декантацією розчином кислоти ($C(1/zX) = 0,25$ моль/л) до відсутності якісної реакції на йон SO_4^{2-} . Для цього проводять пробу з BaCl_2 .

<p><i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i></p> <p>$\text{BaCl}_2 + \text{SO}_4^{2-} =$</p>	<p><i>Спостереження:</i></p> <p>....</p>
--	--

- ✓ Фільтрат збирають у колбу, в якій передбачається осадження SO_4^{2-} , і випарюють до об'єму 150 - 200 мл. Надлишок кислоти нейтралізують розчином амоніаку.
- ✓ Далі фільтрат підкислюють кислотою ($\omega = 10\%$) до $\text{pH} \approx 5$, нагрівають до кипіння і осаджують SO_4^{2-} , для чого з піпетки повільно, по краплях, додають 10 мл гарячого розчину BaCl_2 .

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
....

- ✓ Осад залишають на 2 години у теплому місці. Через 2 години його відфільтровують через беззольний фільтр з синьою стрічкою, промивають на фільтрі гарячою водою, підкисленою декількома краплями розчину кислоти ($\omega = 10\%$) до зникнення реакції на Ba^{2+} (проба з 10% розчином Na_2SO_4).
Якщо при промиванні осад BaSO_4 починає проходити через фільтр, то фільтрат потрібно ще раз перефільтрувати.
- ✓ Осад BaSO_4 озолнюють: прожарюють у тиглі при температурі не вище $600\text{ }^\circ\text{C}$ і після охолодження в ексікаторі зважують.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
....

- ✓ Результати записують у таблицю за формою:

Наважка ґрунту	Маса осаду BaSO_4

Обробка результатів експерименту

Щоб отримати правильне уявлення про кількість гіпсу в ґрунті, необхідно від отриманої маси SO_4^{2-} відняти ту масу, що міститься у водній витяжці. Уміст SO_4^{2-} (%) у ґрунті обчислюють за формулою:

$$\omega(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{100 \cdot 0,4114 \cdot m(\text{BaSO}_4) \cdot K}{m_{\text{ґрунту}}} - \omega(\text{SO}_4^{2-})_{\text{витяжки}}$$

де m_{BaSO_4} – маса BaSO_4 у взятій наважці, г; 0,4114 – коефіцієнт перерахунку на йон SO_4^{2-} ; K – коефіцієнт для перерахунку на сухий ґрунт; $m_{\text{ґрунту}}$ – наважка ґрунту, г; ω – відсоток SO_4^{2-} у водній витяжці, %.

При необхідності виразити вміст гіпсу в $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, одержану величину $\omega(\text{SO}_4^{2-})$ потрібно помножити на 1,79:

$$\omega(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 1,79 \cdot \omega(\text{SO}_4^{2-}).$$

- ✓ **Висновки за результатами дослідження:**
- Встановити вміст гіпсу у досліджуваних ґрунтах.
 - Пояснити як утворюється гіпс у засолених та каштанових ґрунтах.

Контрольні питання

1. Які природні умови утворення каштанових ґрунтів.
2. Засолені ґрунти та солонцюваті ґрунти, солончаки та солоді. Які основні причини та особливості їх утворення?
3. Які мінеральні форми утворює гіпс?
4. З якою метою проводять гіпсування та вапнування ґрунтів.
5. Поясніть значення гіпсування для ґрунту.

3.3. Органічні речовини ґрунту

Завдання роботи: вивчити розчинність гумусових кислот ґрунту у воді, кислотах та розчинах лугів; знати класифікацію органічних речовин ґрунту та хімічну будову їх основних представників.

Зразки та реактиви	Посуд і устаткування
1. Дерново-підзолистий ґрунт, суглинок, чорнозем солонцюватий тощо; 2. нітратна (або хлоридна) кислота з масовими частками 5 % і 10 %; 3. розчини NaOH: $\alpha(1/z\text{NaOH}) = 0,1 \text{ моль/л}; \omega = 1 \text{ \%};$	1. Терези, 2. сита з діаметром пор 1 мм; 3. Колби місткістю 150 мл, 4. штатив лабораторний, 5. пробірки, 6. лійки, 7. фільтри, 8. сушильна шафа.

Гумусові кислоти – це складні системи динамічно стійких до біорозкладання природних органічних та металоорганічних сполук, які утворюються в результаті вторинного синтезу шляхом самоорганізації в молекулярні ансамблі з високим ступенем невпорядкованості структури і полідисперсністю молекулярних мас.

Гумусові кислоти – найважливіші природні комплексоутворюючі речовини. Вони присутні у водах, ґрунтах, донних осадах – усюди, де відбуваються процеси біотрансформації органічних решток. Гумусові кислоти утворюють міцні сполуки з йонами

металів, чим визначається їх глобальна геохімічна роль. Взаємодія з гумусовими кислотами – це початковий етап у ланцюжку процесів, що ведуть до акумуляції благородних металів у відновних породах і формуванню рудних родовищ.

У порядку збільшення вмісту гумусових кислот їх основні джерела можна розмістити в наступний ряд: морські води (до 1 мг/л), річкові води (до 20 мг/л), болотні води (до 300 мг/л), ґрунти (1 – 12 %), торф (до 40 %), буре вугілля (до 85 %). Найбільша кількість видобутих гумусових кислот (до 85 %), представлених фракціями гумінових (ГК) і фульвокислот (ФК), міститься в бурому вугіллі леонардиті. Серед ґрунтів максимальну кількість гумусових кислот – до 10 % – знаходиться в чорноземі.

За розчинністю розрізняються дві основні групи гумусових кислот – водорозчинні фульвокислоти і нерозчинні у воді гумінові кислоти (рис.18), які здатні переходити у розчин тільки у лужному середовищі і осаджуватись у кислому середовищі.

Роль гумінових кислот визначається особливостями їхньої хімічної будови: у їх молекулах присутні такі функціональні групи: карбоксильні (R–COOH), гідроксильні (R–OH), метоксильні (CH₃–O–R), фенольні тощо. Карбоксильні групи у водному середовищі дисоціюють з утворенням йонів Гідрогену і негативно заряджених складних органічних аніонів. Взаємодія таких аніонів з позитивно зарядженими йонами металів обумовлює утворення координаційних сполук (комплексів) з високою міцністю.

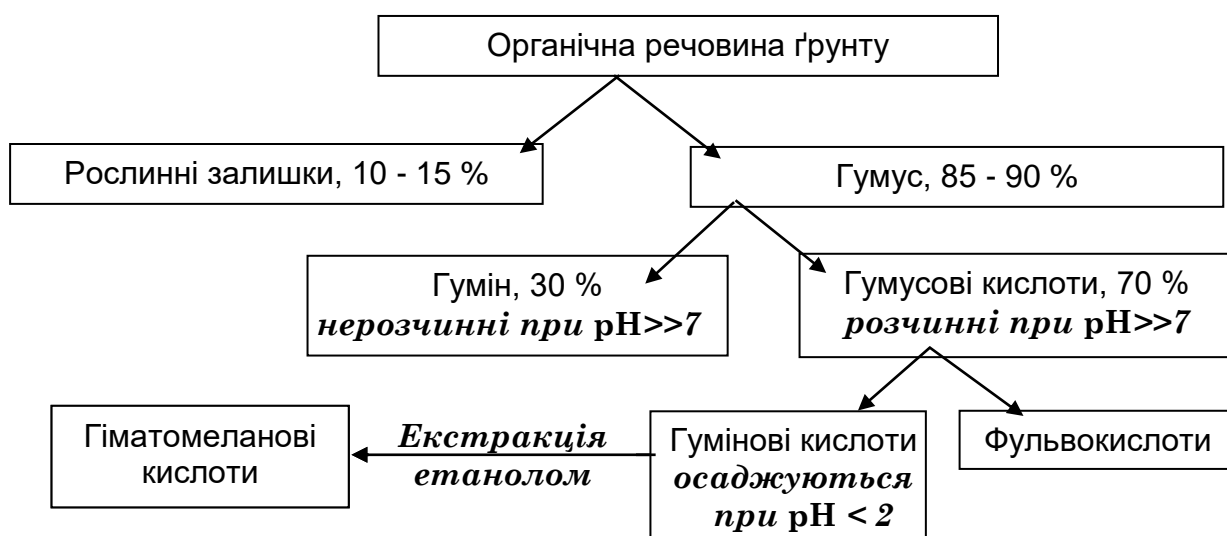


Рис.18. Складові частини органічної речовини ґрунту.

У присутності гумінових кислот концентрація йонів металів у складі комплексів, набагато перевищує концентрацію вільних йонів. Гумінові кислоти розчиняються тільки в лужному середовищі – умови, які не зустрічаються в природних системах. Тому комплекси металів з гуміновими кислотами утримуються і концентруються в ґрунтах, зависях вод, донних відкладеннях та вуглецевих породах. Отже *гумінові кислоти є потужним геохімічним бар'єром*.

Фульвокислоти під дією атмосферних опадів виносяться з ґрунтів у річки, тому у поверхневих водах більшість металів знаходиться у формі фульватних комплексів. Їх розчинність на один-три порядки перевищує розчинність відповідних гідроксидів. *Внаслідок комплексоутворення з фульвокислотами різко збільшується міграційна здатність елементів у природних водах*.

Висновок про протилежну дію гумінових і фульвокислот було підтверджено при дослідженні форм знаходження радіонуклідів, які утворились під час аварії на Чорнобильській АЕС. У результаті фазового хімічного аналізу ґрунтів району Чорнобиля виявилось, що основна частка радіонуклідів пов'язана із важкорозчинними фракціями, насамперед з гуміновими кислотами ґрунту. Виявилось, що в умовах України тенденція до утримування радіонуклідів у ґрунтах є значно сильнішою, ніж тенденція до їх розсіювання поверхневими водами.

У ряду дерново-підзолисті ґрунти → сірі лісові ґрунти → чорноземи склад гумусових кислот трансформується у бік наростання частки стійких фракцій гумінових кислот і зниження частки рухомих фульвокислот.

3.3.1. Дослідження розчинності гумусових речовин у мінеральних кислотах

Методика проведення дослідження

- ✓ Для дослідження вибрати ґрунти: підзол, чорнозем, солонець, торф. Підготувати наважки по 30 г подрібненого і пропущеного через сито з діаметром пор 1 мм ґрунту.
- ✓ У мірні колби місткістю 100 мл насипати зразки ґрунтів і долити в кожную колбу по 50 мл кислоти ($C(X) = 0,1$ моль/л).
- ✓ Збовтувати суміш упродовж 5 хвилин, після чого залишити відстоюватись на 30 - 40 хв.
- ✓ Відфільтрувати суміш і зібрати фільтрат.

Оцінка результатів експерименту

1. Визначити забарвлення витяжок.
2. Умовними позначеннями [(+) – мало, (+ +) – багато, (-) – немає] показати приблизну кількість гумусових сполук.
3. Результати записати в таблицю розчинності гумусових сполук в кислоті за формою:

Ґрунт	Горизонт	Забарвлення кислотної витяжки	Гумусові речовини, що перейшли у розчин (назва)	Приблизна кількість гумусових речовин
Підзол	A ₁			
Чорнозем	A			
Солонець	B ₁			
Торф	A _r			

- ✓ **Висновки за результатами дослідження:**
– Вказати, які речовини обумовлюють забарвлення кислотних витяжок.

3.3.2. Дослідження розчинності гумусових речовин у лугах

Методика проведення дослідження

- ✓ Для дослідження вибрати ґрунти: підзол, чорнозем, солонець, торф. Підготувати наважки по 30 г подрібненого і пропущеного через сито з діаметром пор 1 мм ґрунту.
- ✓ У мірні стакани місткістю 250 мл насипати зразки ґрунтів і долити в кожний стакан ще 150 см³ розчину NaOH.
- ✓ Збовтувати суміш впродовж 5 хвилин, після чого залишити на 30 - 40 хв.
- ✓ Відфільтрувати суміш і зібрати фільтрат.
- ✓ Для визначення здатності до коагуляції налити в стакан 30 мл фільтрату і прилити до нього по краплям розчин кислоти, $\omega(X) = 10\%$. Розчин збовтати і дати постояти 10 хвилин. Поява пухкого осаду є свідченням коагуляції. Якщо осад не з'явився, то вміст стакану потрібно підігріти впродовж 10 - 15 хвилин на водяній бані.

Оцінка результатів експерименту

1. Визначити забарвлення витяжок.
2. Умовними знаками показати інтенсивність процесу коагуляції [(++) – сильна, (+) – слабка, (—) – відсутня].
3. Результати записати в таблицю розчинності гумусових речовин у лугах за формою:

Ґрунт	Гори зонт	Лужна витяжка		Переважаючі гумусові речовини		
		забарвлення	коагуляція	у розчині до коагуляції	в осаді	у розчині після коагуляції
Підзол	A ₂					
Чорнозем	A					
Солонець	B ₁					
Торф	A _г					

✓ **Висновки за результатами дослідження:**

- Вказати, які речовини обумовлюють забарвлення лужних розчинів.

3.3.3. Дослідження розчинності гумусових речовин у воді

Методика проведення дослідження

- ✓ Для дослідження вибрати ґрунти: підзол, чорнозем, солонець, торф. Підготувати наважки по 30 г подрібненого і пропущеного через сито з діаметром пор 1 мм ґрунту.
- ✓ У мірні стакани місткістю 250 мл насипати зразки ґрунтів і долити в кожний стакан ще 150 см³ дистильованої води.
- ✓ Збовтувати суміш впродовж 5 хвилин, після чого залишити на 30 - 40 хв.
- ✓ Відфільтрувати суміш і зібрати фільтрат.
- ✓ Для визначення здатності до коагуляції налити в стакан 30 мл фільтрату і прилити до нього по краплям розчин кислоти, $\omega = 10\%$. Розчин збовтати і дати постояти 10 хвилин. Поява рихлого осаду є свідченням коагуляції. Якщо осад не з'явився, то вміст стакану потрібно підігріти впродовж 10 - 15 хвилин на водяній бані.

Оцінка результатів експерименту

1. Визначити забарвлення витяжок.
2. Умовними знаками показати інтенсивність процесу коагуляції [(++) – сильна, (+) – слабка, (—) – відсутня].
3. Результати записати в таблицю розчинності гумусових речовин у воді за формою:

Ґрунт	Горизонт	Водна витяжка		Коагуляція	Гумусові кислоти, які містяться у розчині
		забарвлення	прозорість		
Підзол	A ₂				
Чорнозем	A				
Солонець	B ₁				
Торф	A _г				

- ✓ **Загальні висновки за результатами дослідження:**
- Яка розчинність гумусових речовин у воді, кислоті й лугах?
 - Які гумусові речовини накопичуються у ґрунтах?
 - Які гумусові речовини або їх сполуки вимиваються з ґрунту?
 - За яких умов (реакція середовища) гумусові речовини вимиваються з ґрунту, а за яких – накопичуються?
 - Як впливають на властивості ґрунту гумінові кислоти та їх сполуки?
 - Як впливають на властивості ґрунту фульвокислоти та їхні сполуки?

Контрольні питання

1. У якому вигляді накопичуються у ґрунтах органічні речовини?
2. Гумус. Хімічна природа речовин гумусу.
3. Як утворюються гумусові кислоти?
4. Характеристика гумінових кислот і фульвокислот?
5. Які заходи сприяють збереженню і збільшенню вмісту гумусу в ґрунтах?
6. Як впливає гумус на родючість ґрунту?
7. Специфічні і неспецифічні органічні речовини ґрунту.
8. Гуміни.
9. Органічні речовини, які об'єднуються поняттям «лігнін».

3.4. Кислотність ґрунтів

Завдання роботи: вивчити види кислотності ґрунтів та причини формування кислих ґрунтів;
 уміти визначати актуальну і потенційну кислотність ґрунтів;
 уміти давати оцінку ступеня насиченості ґрунтів основами та ємності поглинання кислих ґрунтів.

Зразки та реактиви	Устаткування
1. Зразки ґрунту. 2. Дистильована вода; 3. розчин KCl з молярною концентрацією еквівалента 1 моль/л; 4. розчин CH_3COONa з молярною концентрацією еквівалента 1 моль/л; 5. розчин NaOH з молярною концентрацією еквівалента 0,02 моль/л;	1. Лійки скляні з діаметром 10 см; 2. палички скляні; 3. стакан на 250 мл; 4. піпетка місткістю 50 мл; 5. фільтр паперовий; фільтр паперовий «біла стрічка»; 6. циліндр мірний на 100 мл; 7. колби конічні на 250 мл; 8. рН-метр або йономір, магнітна мішалка.

3.4.1. Визначення актуальної і потенційної обмінної кислотності ґрунтів

Кислотність є однією з основних властивостей ґрунтів. Виокремлюють актуальну і потенційну кислотність ґрунтів.

Актуальна кислотність визначається концентрацією йонів Гідрогену, які накопичуються в ґрунтовому розчині в результаті електролітичної дисоціації органічних і мінеральних кислот, присутніх у ґрунтовому розчині.

Для визначення актуальної кислотності ґрунт промивають водою і у водній витяжці встановлюють концентрацію йонів C_{H^+} за величиною рН, яку визначають експериментально:

$$pH = -\lg C_{H^+}.$$

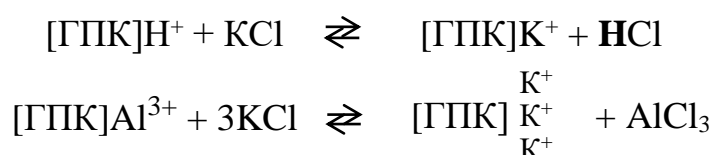
Однак є ґрунти, водна витяжка яких не дає кислої реакції, – вона з'являється тільки при обробці розчинами солей. Така форма кислотності називається пасивною або потенційною.

Потенційною кислотністю називають здатність твердої фази ґрунту при взаємодії з солями утворювати розчин, що має кислу реакцію. Вона обумовлена йонами H^+ або Al^{3+} , які знаходяться у зв'язаному ґрунтовими колоїдами стані.

Залежно від природи солей, які використовують для виявлення потенційної кислотності, її поділяють на обмінну і гідролітичну.

Потенційна обмінна кислотність ґрунту – це та частина потенційної кислотності, яка виявляється при заміщенні йонів H^+ або Al^{3+} ґрунту катіонами розчинних «нейтральних» солей (KCl, NaCl, BaCl₂).

Найчастіше з цією метою використовують розчин KCl з молярною концентрацією еквівалента 1 моль/л:



де ГПК – ґрунтовий поглинальний комплекс. Обмінну кислотність визначають за величиною рН сольової (але не водної) витяжки. Обмінна кислотність завжди вище від актуальної, оскільки при її визначенні одночасно враховують і рухливі йони H^+ , які знаходилися в ґрунтовому розчині.

Отже, актуальну і потенційну обмінну кислотність ґрунтів визначають, вимірюючи рН ґрунтових витяжок:

- рН водної ґрунтової витяжки ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) свідчить про *актуальну кислотність*, величина якої обумовлена вмістом вільних катіонів Гідрогену,
- рН *сольової* ґрунтової витяжки (pH_{KCl}) характеризує *потенційну обмінну кислотність*, величина якої обумовлена вмістом зв'язаних катіонів Гідрогену.

Методика проведення дослідження

- ✓ *Приготувати водну ґрунтову витяжку.* Для цього у стакан на 250 мл помістити 30 г висушеного й охолодженого до кімнатної температури ґрунту. Додати до наважки ґрунту 150 мл дистильованої води з розрахунку: 5 мл води на 1 г ґрунту. Перемішувати вміст стакану впродовж 3 - 5 хвилин скляною паличкою. Далі відфільтрувати суміш через паперовий фільтр і зібрати готову витяжку в колбу. Перші декілька мілілітрів фільтрату необхідно відкинути, оскільки в ньому зібрани солі й забруднення з фільтру.
- ✓ *Приготування сольової ґрунтової витяжки* виконують у такій же послідовності, проте, у цьому випадку, до ґрунту додають розчин калій хлориду KCl. У склянку на 250 мл помістити 20 г висушеного та охолодженого до кімнатної температури ґрунту. Додати до ґрунту 50 мл розчину KCl з розрахунку: 2,5 мл розчину KCl на 1 г ґрунту. Перемішати вміст склянки впродовж 3 - 5 хвилин скляною паличкою. Відфільтрувати вміст склянки через паперовий фільтр, збираючи готову витяжку в приймальній колбі. Перші кілька мілілітрів фільтрату відкинути.
- ✓ *Визначення рН ґрунтових витяжок* проводять за допомогою рН-метра. Для цього електроди рН-метра занурюють у ґрунтову витяжку. Показники приладу реєструють не менше, ніж через 1 хв.
- ✓ Результати записують у таблицю за формою:

рН водної ґрунтової витяжки ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$)		рН сольової ґрунтової витяжки (pH_{KCl})	
ґрунт	рН	ґрунт	рН
....

- ✓ Приблизну оцінку кислотності кожної з витяжок ґрунту можна провести, використовуючи універсальний індикаторний папір.

Оцінка результатів експерименту

1. Порівняти отримані значення величини рН водної та сольової витяжок з даними таблиці 18.

Таблиця 18.

Градація кислотності (лужності) ґрунтів за величиною рН водної та сольової витяжок

Характеристика ґрунту	рН _{H₂O}	Ґрунти	Характеристика ґрунту	рН _{KCl}
Сильнокислі	3,0 - 4,5	Болотні, болотно-підзолисті, підзолисті, червоноземи, тропічні	Сильнокислі	≤ 4,5
Кислі	4,5 - 5,5	Підзолисті, дерново-підзолисті, тропічні, червоноземи	Середньокислі	4,6 - 5,0
Слабкокислі	5,5 - 6,5	Окультурені дерново-підзолисті, червоноземи, сірі лісові	Слабкокислі	5,1 - 5,5
Нейтральні	6,5 - 7,0	Чорноземи, сірі лісові	Близькі до нейтральних	5,6 - 6
Слабколужні	7,0 - 7,5	Чорноземи південні, каштанові, сіроземи з ознаками солонцюватості	Нейтральні	рН > 6
Лужні	7,5 - 8,0	Солонці, солончаки		
Сильнолужні	> 8,5	Содові солонці, солончаки		

2. Визначити ступінь кислотності досліджуваного ґрунту.

Ґрунт	Кислотність	
	актуальна	потенційна

✓ **Висновки за результатами дослідження:**

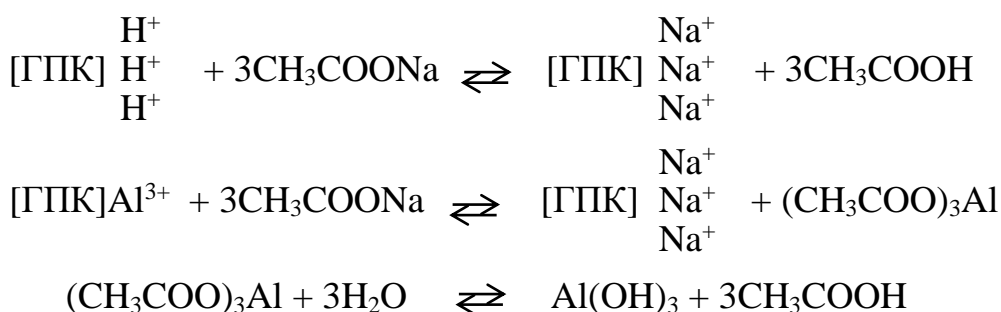
- Пояснити природу кислотності ґрунтів.
- Сформулювати основні характерні ознаки різних видів кислотності ґрунтів.
- Накреслити схему колоїдної міцели кислих ґрунтів.
- Пояснити механізм йонного обміну ґрунтового поглинального комплексу кислих ґрунтів.

3.4.2. Дослідження гідролітичної кислотності ґрунтів

Гідролітичною кислотністю називають ту частину потенціальної кислотності ґрунту, яка виникає при витісненні йонів Н⁺ або Al³⁺ з ґрунту катіоном солі, утвореної лугом і слабкою кислотою.

Найчастіше для визначення гідролітичної кислотності ґрунту використовують водний розчин натрій ацетату CH₃COONa (сіль

утворена лугом NaOH і слабкою ацетатною кислотою CH₃COOH) з молярною концентрацією еквівалента 1 моль/л:



Гідролітичну кислотність виражають у ммоль на 100 г ґрунту і позначають символом *H*.

Знання гідролітичної кислотності ґрунту необхідні для оцінки ступеня насиченості ґрунтів основами, обчислення ємності поглинання кислих ґрунтів, встановлення дози вапна при вапнуванні кислих ґрунтів, а також для обґрунтування можливості заміни суперфосфату фосфоритним борошном.

Отже, метод визначення гідролітичної кислотності оснований на обробці наважки ґрунту розчином здатної до гідролізу солі, утвореної слабкою кислотою і лугом. Слабку кислоту, яка виділяється в результаті гідролізу солі, титрують стандартним розчином гідроксиду лужного металу в присутності індикатора фенолфталеїну.

Методика проведення дослідження

- ✓ *Приготування сольової ґрунтової витяжки.* Приготувати наважку повітряно - сухого ґрунту масою 40,0 г. Перенести наважку в конічну колбу місткістю 250 - 300 мл і долити 100 мл розчину натрій ацетату до рН = 8,0 - 8,2. У колбу опустити магнітний елемент. Уміст колби перемішувати на магнітній мішалці протягом 1 години. Через годину відфільтрувати суміш і зібрати фільтрат у конічну колбу місткістю 100 мл. Перші порції фільтрату не збирати (приблизно 10 мл).
- ✓ *Титрування сольової ґрунтової витяжки.* У конічну колбу місткістю 250 мл перенести аліквоту (50 мл) фільтрату, додати 2 - 3 краплі фенолфталеїну і титрувати розчином лугу до моменту появи стійкого рожевого забарвлення. Відмітити об'єм розчину лугу (V_{NaOH}), який було витрачено на титрування.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
....

*Оцінка результатів експерименту
і кислотності ґрунту*

1. Розрахунок величини гідролітичної кислотності ґрунту (ммоль/100 г абсолютно сухого ґрунту) проводять за формулою

$$H_{\Gamma} = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot C_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{CH}_3\text{COONa}} \cdot 1,75 \cdot K}{V_{\text{ал}} \cdot m_{\text{ґрунту}}} \quad (\text{ммоль/100 г ґрунту}),$$

де V – об'єм розчину NaOH, мл; C – концентрація розчину NaOH, моль/л; V_0 – об'єм добавленого до наважки ґрунту розчину натрій ацетату, мл; $V_{\text{ал}}$ – об'єм аліквоти витяжки, мл; 1,75 – коефіцієнт, який враховує повноту витіснення йонів H^+ з ґрунтового поглинального комплексу; K – коефіцієнт вологості ґрунту.

2. Результати розрахунків записати у таблицю за формою:

Наважка ґрунту m , г	Об'єм розчину натрій ацетату $V_{\text{CH}_3\text{COONa}}$	Об'єм аліквоти	pH витяжки (за pH-метром)	Об'єм розчину луґу V_{NaOH} , мл	Кислотність гідролітична H_{Γ}
№1 -		50 мл			
№2 -					
...

✓ **Висновки за результатами досліджень:**

- Порівняти величину гідролітичної кислотності досліджуваного ґрунту з величиною обмінної кислотності.
- Пояснити причини появи гідролітичної кислотності ґрунтів.
- Встановити необхідність вапнування досліджуваних ґрунтів.
- Якщо вапнування потрібно, визначити дози вапна, які слід вносити у такий ґрунт.

Контрольні питання

1. Дати визначення кислотності ґрунту.
2. Групи ґрунтів залежно від величини pH.
3. За допомогою яких фізичних методи можна виміряти кислотність ґрунту і як це зробити?
4. Природа кислотності ґрунтів.
5. З чим пов'язана актуальна кислотність ґрунтів?
6. Які наслідки має закислення ґрунту?
7. Які процеси обумовлюють обмінну кислотність ґрунтів?
8. Дати визначення гідролітичної кислотності ґрунту.

9. Як за допомогою рН-метра виміряти кислотність ґрунтового розчину?
10. Як за величиною рН ґрунтового розчину оцінити кислотність ґрунту?
11. Які процеси обумовлюють потенціальну обмінну і потенціальну гідролітичну кислотність ґрунтів?
12. Умови життя рослин на кислих ґрунтах.

3.5. Визначення суми поглинених «основ» (за методом Каппена-Гільковіца) і ступені насичення ґрунтів «основами»

Завдання роботи: вивчити будову поглинального комплексу ґрунтів;
уміти експериментально визначати суму поглинених «основ» і ступінь насичення ґрунтів «основами».

Реактиви:	Обладнання:
1. Розчини з молярною концентрацією еквівалента 0,1 моль/л: HCl, NaOH; 2. фенолфталеїн.	1. Порцелянова ступка з товкачиком, 2. сито з отворами 1 мм, 3. технічні терези, 4. конічні колби місткістю 100 см ³ , 5. скляна лійка, 6. бюретки на 25 або 50 см ³ , 7. залізний штатив з зажимами, 8. фільтрувальний папір, 9. крапельниця для фенолфталеїну.

Приготування розчинів:

- 1) Приготування хлоридної кислоти: 8,2 мл кислоти з густиною 1,19 розбавляють дистильованою водою до загального об'єму 1 л.
- 2) Приготування розчину натрій гідроксиду: 4 г кристалічного NaOH розчиняють у декарбоксільованій дистильованій воді і об'єм доводять до 1 л.
- 3) Приготування розчину фенолфталеїну. 0,1 г фенолфталеїну розчиняють у 100 мл 96 - 98 % етилового спирту.

Метод оснований на витискуванні катіонів з ґрунтового поглинального комплексу йонами Гідрогену хлоридної кислоти і наступним титруванням надлишку кислоти (яка не прореагувала) розчином натрій гідроксиду.

Якщо в ґрунті містяться карбонати, цей метод використовувати не можна, оскільки кислота буде витратиться додатково на руйнування карбонатів.

Методика проведення дослідження

- ✓ На технічних терезах беруть наважку в 10 г (для чернозему можна 5 г) із середньої проби ґрунту, попередньо розтертого товкачиком у порцеляновій ступці і просіяного через сито з діаметром отворів 1 мм.
- ✓ Наважку переносять у колбу місткістю близько 100 см³, куди наливають 50 см³ хлоридної кислоти.
- ✓ Колбу з ґрунтом збовтують протягом 30 хв і залишають стояти на 24 години.
- ✓ Потім уміст колби збовтують і фільтрують через лійку з фільтром. Можна також не збовтувати суміш, а обережно декантувати рідину над осадам ґрунту. У будь-якому разі збирають фільтрат.
- ✓ Для титрування відбирають 25 мл фільтрату в конічну колбу на 100 см³. У пробу фільтрату додають 2 - 3 краплі розчину фенолфталеїну.
- ✓ Титрують розчином натрій гідроксиду до появи яскраво-рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 1 хв. У разі випадання осаду сесквіоксидів забарвлення потрібно спостерігати в прозорому шарі над осадам.

Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:	Спостереження:
---	------------------------

- ✓ Аналогічно проводять титрування контрольної проби – 25 мл хлоридної кислоти (контроль).

Оцінка результатів експерименту

1. Результати записують у таблицю за формою:

Наважка ґрунту <i>m</i> , г	Об'єм аліквоти	Об'єм розчину лугу <i>V</i> ₀ , NaOH, мл	Об'єм розчину лугу, <i>V</i> _{NaOH} , мл	<i>V</i> ₀ – <i>V</i>	<i>K</i> _Г	Сума поглинених «основ» <i>S</i>
10	25 мл					

2. Суму поглинених «основ» обчислити за формулою:

$$S = \frac{(V_0 - V) \cdot C_{\text{NaOH}} \cdot 100 \cdot K_{\text{Г}}}{m_{\text{ґрунту}}},$$

де *S* – сума поглинених «основ» (ммоль на 100 г ґрунту); *V*₀ – об'єм розчину натрій гідроксиду, витрачений на титрування кислоти в контрольній колбі (мл); *V* – об'єм розчину натрій

гідроксиду, витрачений на титрування проби фільтрату (мл); $C(\text{NaOH})$ – концентрація розчину NaOH , ммоль/л; 100 – коефіцієнт перерахунку на 100 г ґрунту; K_{Γ} – коефіцієнт гігроскопічності ґрунту; m – маса навашки ґрунту, яка відповідає взятому для титрування об'єму витяжки (г).

3. Обчислюють ступінь насиченості ґрунту основами (V , %) за відношення суми обмінних основ до ємності катіонного обміну:

$$V(\%) = \frac{S}{S + H_{\Gamma}} \cdot 100,$$

де V – ступінь насиченості ґрунтів основами (%); S – сума обмінних (поглинених) основ (ммоль/100 г ґрунту); H_{Γ} – гідролітична кислотність (ммоль/100 г ґрунту); $S + H_{\Gamma}$ – ємність катіонного обміну (ммоль/100 г ґрунту); 100 – коефіцієнт перерахунку на відсотки.

4. За ступенем насиченості ґрунтів основами визначають необхідність вапнування досліджуваного ґрунту: якщо $V = 50\%$ і менше – необхідність вапнування сильна; $V = 50 - 70\%$ – необхідність вапнування середня; $V = 70 - 80\%$ – необхідність вапнування слабка; $V = 80\%$ і більше – необхідність вапнування відсутня.

✓ **Висновки за результатами дослідження:**

- Вказати поглинальну здатність ґрунту і зробити висновки за отриманими результатами.
- Написати схему витискування обмінних основ з ґрунтового поглинального комплексу хлоридною кислотою.
- Зробити визначення суми поглинених основ за методом Каппена-Гільковіца для досліджуваного ґрунту.
- Встановити ступінь насиченості ґрунту основами та необхідність його вапнування.

3.6. Дослідження фізико-хімічних властивостей ґрунтів

Завдання роботи: знати механізм різних видів поглинальної здатності ґрунтів;
уміти розрізняти і експериментально оцінювати види поглинальної здатності ґрунтів.

Реактиви:	Устаткування:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Зразки ґрунту; 2. розчин натрій гідрогенфосфату ($\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 5\%$); 3. молібденова рідина (розчин $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ у HNO_3); 4. розчини з молярною концентрацією еквівалента 0,1 моль/л: калій хлориду, барій хлориду, амоній оксалату і амоній карбонату. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Колби на 250 мл, 2. стакани скляні, 3. лійки скляні, 4. пробірки, 5. штативи, 6. фільтрувальний папір, вата 7. порцелянові чашки, 8. терези, 9. пісчана і водяна бані.

Однією з найголовніших фізико-хімічних властивостей є поглинальна здатність ґрунту. Розрізняють механічну, фізичну, хімічну й фізико-хімічну (обмінну) поглинальну здатність ґрунту.

Механічна поглинальна здатність – це здатність ґрунту як пористого тіла затримувати дрібні частинки суспензій під час фільтрування: затримуються ті частинки, діаметр яких більше, ніж діаметр пор ґрунту. Саме тому нерозчинні у воді добрива і меліоранти (фосфоритне борошно, вапно, гіпс) закріплюються в ґрунті механічно.

Механічне поглинання буде тим вище, чим важче ґрунт за гранулометричним складом і, відповідно, тонше пори. Внаслідок цього у важких ґрунтах мулиста і колоїдна фракцій ґрунту практично не вимиваються.

Негативне значення фізичного поглинання пов'язане з замулюванням ґрунтових пор, внаслідок чого відбувається заболочування ґрунту, погіршується водний і повітряний режим ґрунту, утворюються заплавні ґрунти.

Фізична поглинальна здатність – це фізична адсорбція на поверхні частинок ґрунту молекул розчинених речовин, яка буде відбуватись тим інтенсивніше, чим більше в ґрунті міститься тонкодисперсних частинок. Адсорбовані за рахунок сил фізичної адсорбції речовини хімічно не змінюються.

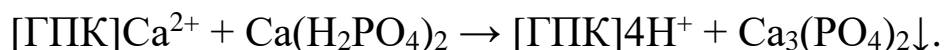
На поверхні дисперсних твердих частинок можуть фізично адсорбуватись водяна пара, гази (кисень, вуглекислий газ, азот, водень, амоніак), розчинені у воді молекулярні речовини й навіть бактерії. Серед газоподібних речовин найбільше поглинається водяна пара і амоніак, а найменше – вуглекислий газ, кисень і азот. Молекули розчинених органічних речовин притягуються до ґрунтових частинок сильніше, ніж молекули води. Так поглинаються більшість органічних кислот, алкалоїди, високомолекулярні органічні сполуки.

Проте, у розчинах мінеральних солей, лугів і неорганічних кислот на поверхні ґрунтових частинок адсорбуються переважно молекули води, а розчинні речовини переходять з поверхні у ґрунтовий розчин. Наприклад, при високій вологозабезпеченості аніони Хлору і нітрат-іони заміщуються молекулами води і вимиваються з верхніх шарів ґрунту, що і обумовлює їх сильну рухливість у ґрунті. Таке вимивання йонів Cl^- має позитивне значення для більшості рослин (особливо картоплі, тютюну, цитрусових), але вимивання NO_3^- є небажаним.

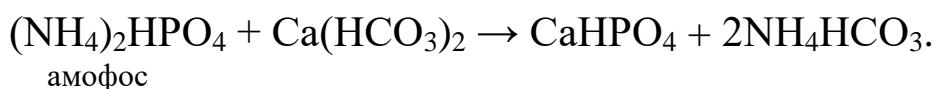
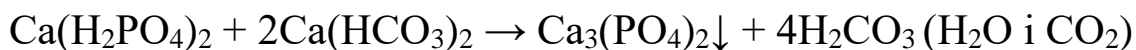
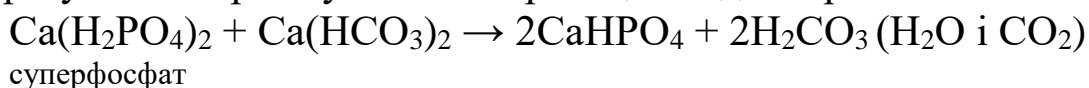
Хімічна поглинальна здатність пов'язана з явищем хемосорбції – утворенням нерозчинних (або важкорозчинних) сполук на поверхні дисперсних частинок ґрунту, що відбувається з хімічним перетворенням речовин. У результаті хемосорбції поглинаються переважно аніони ґрунтового розчину.

Відомі різні види хемосорбції, які можна розглянути на наступних прикладах.

1) Хемосорбція аніону PO_4^{3-} обумовлена утворенням важкорозчинних солей у результаті перебігу хімічної реакції між рухомими йонами H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} ґрунтового розчину та поверхневими катіонами Кальцію, Феруму або Алюмінію ґрунтової частинки. Наприклад, у ґрунтах з нейтральною і лужною реакцією хімічне поглинання розчинних у воді фосфатів може бути пов'язано з утворенням малорозчинних кальцій фосфатів:

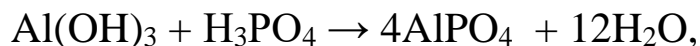


Утворена важкорозчинна сполука закріплюється на поверхні ґрунтової частинки. Внесення фосфорних добрив у карбонатні ґрунти також веде до їх хімічної сорбції, що може відбуватись як результат перебігу хімічних реакцій згідно з рівняннями:



З урахуванням здатності PO_4^{3-} -йонів закріплюватись хімічно, у ґрунт вносять більше фосфорних добрив і у гранульованій формі, ніж потрібно за розрахунками.

- 2) Осадова сорбція, зокрема фосфатів, відбувається у ґрунтах з кислою реакцією, якщо поверхня ґрунтових частинок є гідроксидами Феруму і Алюмінію:

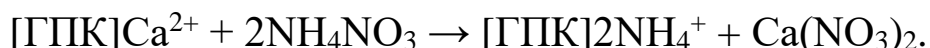


У результаті хімічного поглинання Фосфор переходить у менш доступну для рослин форму. За зростанням інтенсивності хімічного поглинання фосфат-аніонів ґрунти можна розмістити в такій послідовності:

чорноземи < сіроземи < дерново-підзолисті ґрунти < червоноземи.

- 3) Комплексоутворювальна сорбція – це утворення алюмосилікатно-гумусо-залізистих комплексів.
- 4) Міцне склеювання плівок гумусових речовин з поверхнею мінеральних колоїдів при хемосорбції та адгезії органічних мінеральних колоїдів або сорбційного гумусового комплексу.

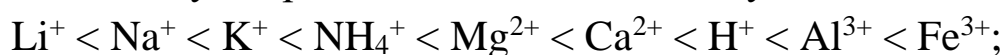
Фізико-хімічна або обмінна поглинальна здатність – це здатність ґрунтових колоїдів обмінювати свої йони на йони ґрунтового розчину. Обмінні реакції в основному відбуваються з катіонами зовнішнього дифузійного шару колоїдної міцели ґрунту, оскільки ядро ґрунтових колоїдів зазвичай має негативний заряд (ацидоїди). Наприклад:



Якщо ж колоїди ґрунту є «базоїдами», то обмін відбувається аніонами. *Процеси фізико-хімічного поглинання відбуваються за такими закономірностями:*

- 1) обмін відбувається у строго еквівалентних співвідношеннях за законами обмінних хімічних реакцій;
- 2) реакція обміну катіонів відбувається швидко (за 3 - 5 хв сорбується до 85 % катіонів), але для встановлення динамічної рівноваги між катіонами ґрунтового розчину і дифузійного шару колоїдної міцели ґрунту необхідно 1 - 3 доби;
- 3) поглинений катіон може бути витіснений і замінений іншим катіоном ґрунтового розчину;
- 4) енергія обмінного поглинання різних катіонів збільшується зі збільшенням валентності та атомної маси катіона за

виключенням гідроген-іона, який при найменшій атомній масі має високу енергію поглинання і витискує інші катіони:



- 5) обмінне поглинання є переважно оборотним процесом;
- 6) інтенсивність поглинання катіонів залежить від концентрації розчину: чим нижче концентрація, тим активніше поглинання катіонів.

3.6.1. Визначення здатності ґрунту до поглинання фосфат-іонів

Методика проведення дослідження

- ✓ Розтерти у ступці і просіяти вибраний для дослідження ґрунт. Висушити його до сталої маси у сушильній шафі при температурі не більше 60 °С.
- ✓ Зважити 20 г підготовленого повітряно-сухого ґрунту і перенести наважку в колбу на 100 мл. Налити у колбу з наважкою 20 мл розчину калій гідрогенфосфату K_2HPO_4 або натрій гідрогенфосфату Na_2HPO_4 .
- ✓ Поставити колбу у шейкер для 30-хвилинного періодичного збовтування. Потім дати суміші відстоятися і відфільтрувати її. Фільтрат має бути прозорим. Фільтрат розділити на дві порції по 10 мл.
- ✓ Зважити порцелянову чашку (m_0). Перші 10 мл фільтрату налити у зважену порцелянову чашку і випарювати на пісчаній або водяній бані насухо. Після випарювання ще раз зважити порцелянову чашку (m_1).
- ✓ В інших 10 мл фільтрату визначити присутність фосфат-іонів. Для цього до 1 - 2 крапель розчину, який містить PO_4^{3-} , додають 8 - 10 крапель молібденової рідини (розчин $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ у HNO_3) та злегка нагрівають до 40 - 50 °С. У присутності йонів PO_4^{3-} утворюється жовтий кристалічний осад, нерозчинний у HNO_3 і легко розчинний у лугах та NH_3 .

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- ✓ Результати записати у таблицю за формою:

Маса порцелянової чашки (m_0 , г)	Маса порцелянової чашки після випарювання (m_1 , г)	$\Delta m = m_1 - m_0$, Δm , г	Оцінка присутності фосфат-іонів і ПЗГ (%)

Оцінка результатів експерименту

1. Розрахувати поглинальну здатність ґрунту ПЗГ (%) за формулою:

$$\text{ПЗГ} = \frac{2(m_1 - m_0)}{\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) \cdot m_{\text{р-ну}}} \cdot 100 (\%)$$

де $m_{\text{р-ну}}$ – маса розчину натрій (або калій) гідрогенфосфату, $\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4)$ – масова частка натрій (або калій) гідрогенфосфату, $m_1 - m_0$ – різниця мас порцелянових чашок до і після випарювання, $2(m_1 - m_0)$ – маса натрій (калій) гідрогенфосфату, поглинутого 20 г ґрунту.

- ✓ **Висновок за результатами дослідження:**
 - Рівняння реакції якісного визначення фосфат-іонів.
 - Механізм поглинання фосфат-іонів ГПК.
 - Будова ґрунтового поглинального комплексу (ГПК) досліджуваного ґрунту.

3.6.2. Дослідження видів поглинальної здатності ґрунтів

1. Дослідження механічної поглинальної здатності

Методика проведення дослідження

- ✓ Пропустити через сито з діаметром пор 1 мм пісок та досліджувані зразки ґрунту.
- ✓ У колби на 250 мл поставити три скляні лійки. На дно кожної лійки покласти невелику грудочку пухкої вати. У кожну лійку помістити приблизно 20 г піску або зразка ґрунту (до половини об'єму лійки) – наприклад: в першу – крупний пісок, в другу – супісок, у третю – чорнозем тощо.
- ✓ Через усі лійки пропустити глинисту суспензію, приготовлену в співвідношенні 2 г глини на 100 мл води. Суспензію потрібно попередньо перемішати. Об'єм суспензії має бути приблизно у три рази більший за кількість ґрунту або піску у лійці.

- ✓ Повторити усі етапи досліду з розчином звичайних чорнил, розбавлених у 10 разів.

2. Дослідження фізико-хімічної поглинальної здатності

Методика проведення дослідження

- ✓ У дві колби помістити 20 г чорнозему, просіяного через сито з діаметром пор 1 мм.
- ✓ У першу колбу прилити у три рази більшу кількість дистильованої води, а в другу – у три рази більшу кількість розчину КСІ. Збовтувати суміш у кожній колбі впродовж 3 хвилин.
- ✓ Профільтрувати через лійки з паперовим фільтром. Фільтрат зібрати у стакани. У фільтратах визначити наявність йонів Кальцію. Для цього по 2 мл кожного фільтрату переносять у 2-і пробірки і в кожену приливають 2 мл розчину $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$. У присутності Ca^{2+} утворюється осад (або муть) CaC_2O_4 .

Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:	Спостереження:
---	------------------------

3. Дослідження хімічної поглинальної здатності

Методика проведення дослідження

- ✓ Підготувати дві пробірки. В одну пробірку налити 4 мл розчину амоній карбонату $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.
- ✓ У другу пробірку поставити лійку з паперовим фільтром, на який поміщують (приблизно 1/3 лійки) зразок чорнозему. На ґрунт повільно (по краплях) доливають таку кількість розчину $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, щоб отримати приблизно 4 мл фільтрату.
- ✓ У пробірках – фільтраті та розчині $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ – визначають присутність йонів CO_3^{2-} . З цією метою в кожену пробірку доливають розчин BaCl_2 . У присутності йонів CO_3^{2-} утворюється осад важкорозчинної солі BaCO_3 .

Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:	Спостереження:
---	------------------------

Оцінка результатів експерименту

1. Результати візуальних спостережень записати у таблицю за формою:

	Досліджуваний зразок		Оцінка фільтрату		
	Грунт	Розчин, що пропускається через грунт	Прозорість	Мутність	Утворення осаду
I	Пісок	Глиниста суспензія			
	Супісок				
	Чорнозем				
	Пісок	Розчин чорнил			
	Супісок				
	Чорнозем				
II	Чорнозем	H ₂ O			
		KCl			
III	Чорнозем	(NH ₄) ₂ CO ₃			

У досліді I – оцінюється фільтрат, одержаний після фільтрування через зразки ґрунту; у досліді II – оцінюється присутність йонів Ca²⁺ у фільтратах; у досліді III – оцінюється присутність у фільтраті йонів CO₃²⁻.

Умовними знаками оцінити інтенсивність показника, що характеризує фільтрат: [(++) – сильна, (+) – слабка, (—) – відсутня].

✓ **Висновки за результатами дослідження:**

- Пояснити відмінності у кількості осаду на основі знання про механізм дії різних видів поглинальної здатності ґрунту.
- Визначити відобразити схематично вид та механізм поглинальної здатності ґрунтів у кожному досліді.

Контрольні питання

1. У чому полягає сутність фізичного поглинання?
2. Пояснити механізм хімічного поглинання.
3. Чому фізико-хімічна поглинальна здатність називається також обмінною?
4. Визначте поняття "ґрунтовий поглинальний комплекс", опишіть його основні характеристики.
5. Хімічна будова "ґрунтового поглинального комплексу".

3.7. Виділення, пептизація і коагуляція ґрунтових колоїдів

Завдання роботи: знати будову ліофобних та ліофільних колоїдів ґрунту;
уміти розрізняти поняття коагуляція і пептизація;
знати механізм електролітної коагуляції колоїдів ґрунту;
уміти експериментально оцінювати явища електролітної коагуляції і пептизації колоїдів ґрунту.

Реактиви:	Обладнання:
1. Зразок гумусового горизонту чорнозему, солонцю або іншого ґрунту, 2. розчин натрій хлориду, ($C(\text{NaCl}) = 1$ моль/л), 3. насичений розчин амоній оксалату, 4. дистильована вода, 5. розчини з молярною концентрацією еквівалентна 0,1 моль/л: NaCl , NaOH , CaCl_2 , MgCl_2 , FeCl_3 , HCl , NH_4Cl .	1. Пробірки, 2. пробіркотримачі, 3. штативи лабораторні, 4. стакани скляні, 5. палички скляні, 6. лійки скляні, 7. фільтрувальний папір, 8. скляні колби на 100 мл, 9. спиртівка або сухий спирт.

Коагуляція колоїдів відбувається при висушуванні і проморожуванні ґрунту, а також при дії електролітів. Коагулююча дія йонів є тим вищою, чим більше валентність катіонів, а у йонів однакової валентності – тим сильніше, чим більше їх атомна маса. Винятком з цього правила є йони H^+ і OH^- , присутність яких викликає коагуляцію навіть при дуже малих концентраціях.

Якщо додавання великих доз електролітів веде до перезарядки колоїдів, то коагуляція не відбувається.

3.7.1. Одержання і коагуляція колоїдів ґрунту

1. Одержання колоїдів ґрунту

Методика проведення дослідження

- ✓ Скляну лійку з фільтром встановлюють у штатив. Фільтр змочують дистильованою водою. Під лійку ставлять скляний стакан.
- ✓ Зразок гумусового горизонту ґрунту масою 5 г переносять на фільтр і промивають розчином NaCl .
- ✓ Після того як на промивання буде витрачено 0,5 л розчину NaCl , з-під воронки відбирають у пробірку пробу (1 мл) і доливають до неї невеликий об'єм (2 мл) насиченого розчину амоній оксалату. Вміст пробірки підігривають.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

Поява білого осаду або каламуті вказує на присутність у фільтраті йонів Кальцію. У цьому випадку промивання зразка ґрунту слід продовжити.

- ✓ Якщо у пробах фільтрату не буде виявлено слідів Ca^{2+} (фільтрат при додаванні розчину $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ та підігріванні не мутніє), стакан з фільтратом відставляють від лійки і ставлять новий, порожній.
- ✓ Далі ґрунт у лійці промивають дистильованою водою. Після 3 - 4 порцій води починають уважно стежити за трубкою лійки. У той момент, коли в трубці з'явиться темнозабарвлена рідина, підставляють новий чистий стакан і продовжують промивання дистильованою водою.
- ✓ У підставлений стакан збирають 60 - 80 cm^3 забарвленого фільтрату. Після цього промивання припиняють, а фільтрат переливають у колбу. Він є колоїдним розчином мінеральних частинок і гумусу.

2. Дослідження явища коагуляції колоїдів ґрунту

Методика проведення дослідження

- ✓ У 6 пробірок налити по 5 мл розчину колоїдів ґрунту, одержаних у попередньому досліді.
- ✓ Потім, по можливості одночасно, прилити у кожену пробірку однакову кількість (ще по 5 мл) розчинів електrolітів:
 - у першу пробірку – розчин CaCl_2 ,
 - у другу – розчин MgCl_2 ,
 - у третю – розчин FeCl_3 ,
 - у четверту – HCl ,
 - у п'яту – розчин NaCl ,
 - у шосту – розчин NH_4Cl .
- ✓ Одразу перемішати розчини і стежити за швидкістю появи муті з наступною появою осаду – тобто коагуляції колоїдів з витяжки ґрунту.

Оцінка результатів експерименту

1. Зафіксувати інтервали часу (оцінювати через кожні 30 секунд), через які з'являється осад і записати результати в таблицю за формою:

№ пробірки	Електроліти	Інтервали часу, через які з'явився осад, хв														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	HCl	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2	NaCl	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
3	NH ₄ Cl	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
4	CaCl ₂	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
5	MgCl ₂	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6	FeCl ₃	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

2. Умовними знаками оцінити інтенсивність появи муті [+] або осаду [‡]. Наприклад: [++] – сильна муть, [+] – слабка муть; або [‡‡] – сильний осад, [‡] – слабкий осад.

✓ **Висновок за результатами дослідження:**

- Визначити, як на швидкість коагуляції колоїдного розчину ґрунту впливає: заряд катіона та природа катіона з однаковою величиною заряду. Врахувати, що один з йонів викликає майже миттєву коагуляцію, а інші діють повільно.
- Встановити порядок йонів за їх коагулюючою здатністю: побудувати ліотропний ряд катіонів за спаданням сили коагуляції. Від яких властивостей катіонів залежить їх коагулююча здатність?
- Пояснити, як діє додавання електроліту, що містить йони H⁺, у порівнянні з розчинами, що містять інші катіони.
- Будова міцел колоїдів ґрунту: ацидоїди, базойди. Пояснити механізм електролітної коагуляції колоїдів ґрунту (ацидоїдів).
- Як пов'язані властивості колоїдів з родючістю ґрунтів?

3.7.2. Дослідження пептизації ґрунтових колоїдів

Методика проведення дослідження

- ✓ Підготувати 4 плоскодонних колби місткістю 250 мл. Окремо у кожену колбу прилити 50 мл певного розчину: у першу – H₂O, у другу – NaOH, у третю – NaCl, у четверту – CaCl₂.
- ✓ Взяти 4 наважки по 20 г розтертого гумусового горизонту ґрунту (для чорнозему – горизонт А; для солонця – горизонт В_i) і у кожену з 4-х колб внести наважку ґрунту.
- ✓ Додати в кожену колбу ті ж самі розчини так, щоб загальний об'єм суміші в колбі становив 150 мл. Збовтувати суміш в

кожній колбі упродовж 10 хвилин так, щоб взята наважка ґрунту розподілилась по всьому об'єму рідини.

- ✓ Одержану суспензію залишити на 40 хв.

Оцінка результатів експерименту

1. Відмітити, чи відбувається осідання суспензії ґрунту в кожній колбі: найменша швидкість осідання свідчить про сильну пептизацію частинок ґрунту і утворення найбільш стійкої суспензії.
2. Оцінити ступінь пептизації за шкалою: сильна (++); слабка (+); відсутня (—).
3. Результати спостережень записати в таблицю за формою:

Зразок ґрунту	Електроліт	Ступінь пептизації	З чим пов'язано явище пептизації
	H ₂ O		
	NaOH		
	NaCl		
	CaCl ₂		

- ✓ **Висновки за результатами дослідження:**

- Чому у воді колоїди солонцю сильно пептизовані, а чорнозему – дуже слабо або зовсім не пептизовані?
- З чим пов'язаний пептизуючий вплив NaOH у чорноземі та солонці?
- Чому розчин солі CaCl₂ викликає коагуляцію?
- Чому NaCl може сприяти коагуляції, а NaOH викликає пептизацію колоїдів?
- Чим пояснюється відмінність впливу на ґрунтові колоїди води і NaCl у солонці?

Контрольні питання

1. Визначте поняття "ґрунтові колоїди", опишіть їх речовинний склад, будову колоїдної міцели ґрунту.
2. Причини коагуляції та пептизації ґрунтових колоїдів.
3. Екологічне значення ґрунтових колоїдів.
4. Що називають ґрунтовим поглинальним (або вбирним) комплексом?

3.8. Виявлення важких металів у ґрунтах

Завдання роботи: уміти оперувати знаннями про хімічні елементи – забруднювачі ґрунтів; знати про біогеохімічні провінції на території України; кларковий та фоновий вміст хімічних елементів у ґрунтах; орієнтуватись у проблемах, пов'язаних з важкими металами як забруднювачами ґрунтів.

Реактиви:	Устаткування:
<ol style="list-style-type: none">1. Зразки ґрунту по 30 г.2. розчин нітратної кислоти ($C(1/z HNO_3) = 1,5$ моль/л),3. розчин калій роданіду ($\omega(KCNS) = 5 \%$) [або NH_4CNS],4. розчин калій гексаціаноферату(II) ($\omega(K_4[Fe(CN)_6]) = 5 \%$),5. розчин плюмбум(II) нітрату ($\omega(Pb(NO_3)_2) = 5 \%$),6. розчин калій йодиду ($\omega(KI) = 5 \%$),7. розчин калій хромату ($\omega(K_2CrO_4) = 5 \%$),8. розчин натрій хлориду ($\omega(NaCl) = 5 \%$),9. розчин ферум(III) хлориду ($\omega(FeCl_3) = 5 \%$),10. розчин купрум(II) сульфату ($\omega(CuSO_4) = 5 \%$),11. розчин амоніаку ($\omega(NH_4OH) = 10\%$).	<ol style="list-style-type: none">1. Колби конічні на 250 мл,2. лійки скляні,3. палички скляні,4. стакани скляні на 250 мл,5. циліндри мірні на 100 мл,6. фільтрувальний папір,7. пробірки,8. піпетки на 1 та 5 мл.

Одними з негативних наслідків життєдіяльності людини є накопичення відходів, які можна поділити на виробничі і побутові.

Виробничі відходи. Для забезпечення потреб однієї людини щорічно з Землі в середньому за рік вилучається від 20 до 30 т мінеральної сировини, з якої у кінцеві продукти переходить не більше 1 - 3 %. Відповідно на планеті щороку з'являється не менше 100 млрд. т виробничих відходів. Це гірські породи, відвали виробництв кольорових і чорних металів, шлаки і огарки домен, теплових станцій, печей, відходи хімічної та інших галузей промисловості тощо. Оскільки населення Землі і його потреби зростають, а руди стають біднішими на корисні компоненти, то кількість виробничих відходів безперервно збільшується. Ці відходи займають площі родючої землі, попадають у вигляді пилу в атмосферу і, розчиняючись, надходять у гідросферу. Тверді відходи мають великий вміст шкідливих речовин, вони є екологічно небезпечними.

Відходи багатьох виробництв містять також і цінні компоненти. У відвалах виробництв чорних металів є Титан, Нікель, Кобальт, Купрум, Аурум, Платина та інші металічні елементи. Зола вугілля і горючих сланців містить Германій, Молібден, Ванадій, Реній, Аргентум, Аурум тощо. Наприклад, уміст Германію у вугіллі, що спалюється, на порядок більше від його світового споживання. Тому, при переробці цих відходів можна отримати велику кількість цінних компонентів.

Відходи багатьох виробництв можуть бути використані як сировина для одержання будівельних матеріалів. До таких виробництв відноситься металургія (шлаки), теплоенергетика (золошлакові відходи), хімічна (фосфатні, піритні недогарки), гірничодобувна й інші галузі промисловості.

Побутові відходи. Розвинені країни світу виробляють понад 13 млрд. т побутових відходів на рік, а кількість побутових відходів на людину коливається в межах від 200 до 500 кг/рік. Маса побутових відходів за рік зростає приблизно на 5 %. Побутові відходи містять багато компонентів, основними складовими є папір (30 - 40 %), залишки харчової продукції (близько 30 %), метали (4 - 9 %) і полімери (2 - 3 %).

Найбільш сильному забрудненню піддається верхній шар літосфери – ґрунт, оскільки ґрунт виступає як посередник між атмосферою і гідросферою для будь-якої забруднюючої речовини, що викидається людиною. У цілому можна виокремити наступні джерела забруднення ґрунту.

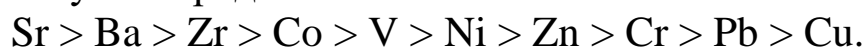
- ✓ *Житлові будинки* та побутові підприємства, де переважає забруднення побутовим сміттям, харчовими відходами, будівельним сміттям, відходами опалювальних систем.
- ✓ *Промислові підприємства* постачають ґрунт забрудненням будь-якого виду, природи та якості, наприклад, твердими відходами.
- ✓ *Теплоенергетика.* Крім утворення маси шлаків при спалюванні кам'яного вугілля з теплоенергетикою пов'язане виділення в атмосферу сажі, незгорілих частинок, оксидів Сульфуру, які зрештою випадають разом з опадами і опиняються в ґрунті.
- ✓ *Сільське господарство.* Добрива, отрутохімікати, які застосовуються у сільському й лісовому господарстві для захисту рослин від шкідників, хвороб і бур'янів.
- ✓ *Транспорт.* У результаті аварій при транспортуванні шкідливих речовин, аварій на нафтопроводах, а також при роботі двигунів

внутрішнього згоряння інтенсивно виділяються оксиди Нітрогену, Плюмбум, вуглеводні та інші речовини, які осідають на поверхню ґрунту або поглинаються рослинами. В останньому випадку ці речовини не тільки накопичуються у ґрунті, а й залучаються до природних кругообігів, пов'язаних з харчовими ланцюгами.

Самоочищення ґрунтів практично не відбувається або відбувається дуже повільно. Токсичні речовини накопичуються, що сприяє поступовій зміні хімічного складу ґрунтів, порушення єдності геохімічного середовища та живих організмів. Техногенне забруднення внаслідок дії промислових емісій полютантів, насамперед, важких металів, є однією з основних причин погіршення якості ґрунтів.

Наслідками негативного впливу забруднювачів на ґрунт є: зростання їх концентрації до критичного рівня; значні зміни фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунтів (рН, ємності катіонного обміну, руйнування структури, загибель мікробоценозів, зниження ферментативної активності); зменшення продуктивності та погіршення якості продукції агроценозів; розвиток ерозійних процесів; повне руйнування генетичних горизонтів ґрунту; утворення техногенної пустелі. Найбільшого забруднення рухливими формами важких металів зазнають ґрунти мегаполісів та території міст, розташованих у районах із високим ступенем концентрації промислового виробництва.

Найбільш можливі елементи – забруднювачі ґрунту можна розмістити у наступний ряд:



Контроль забруднення ґрунтів хімічними речовинами проводять відповідно до ГОСТ 17.4.2.01-83 «Охорона природи. Ґрунти. Класифікація хімічних речовин для контролю забруднень». За ступенем небезпеки виділяють три класи: 1 клас – надзвичайно небезпечні; 2 клас – дуже небезпечні; 3 клас – помірно небезпечні; 4 клас мало небезпечні або інертні (табл. 19, 20).

Таблиця 19.

Коефіцієнти небезпеки елементів - забруднювачів (K_n)

Ступінь небезпеки	Клас небезпеки	Назва речовини	K_n
Надзвичайно небезпечні (ГДК/ОДК < 0,2 мг/кг)	1	As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn	3
Дуже небезпечні (ГДК/ОДК 0,2 - 0,5 мг/кг)	2	Co, Cu, Ni, Cr	2
Помірно небезпечні (ГДК/ОДК > 0,5 мг/кг)	3	V, W, Mn, Sr, Fe	1,5
Мало небезпечні та інертні		S	1,0

Таблиця 20

Порівняння ГДК для ґрунтів за даними різних джерел, мг/кг

Елемент	Кларк		Фон у ґрунті		ГДК МОЗ		Лімітуючий показник
	ЗК	Г	У складі органічних сполук	У складі мінеральних сполук	Валовий уміст	Рухомі форми	
Pb	16	10	10	12	32	23	санітарно-токсикологічний
Zn	83	50	54	63	55	37	
Cr	83	200	65	81	90(Cr ^{III})	6 (Cr ^{VI})	
Ni	58	40	28	34	20	4	
Cu	47	20	16	11,5	33	3	Органолептичний
Mn	1000	850	496	605	1 500	600(50)	
Fe	51000	38000	19 909	20 333	—	—	

Примітка. ЗК – уміст у земній корі; ГДК МЗ – ГДК, розроблені за часів СРСР, які прийняті наразі в Україні; Г – уміст у ґрунті; у дужках показано ліміт для ґрунтів сільськогосподарського призначення.

Таблиця 21

Фоновий уміст валових форм важких металів та As у ґрунтах (мг/кг)

ґрунти	Zn	Cd	Pb	Hg	Cu	Co	Ni	As
Дерново-підзолисті піщані й супіщані	28	0,05	6	0,05	8	3	6	1,5
Дерново-підзолисті суглинкові й глинисті	45	0,12	15	0,10	15	10	30	2,2
Сірі лісові	60	0,20	16	0,15	18	12	35	2,6
Чорноземи	68	0,24	20	0,20	25	15	45	5,6
Каштанові	54	0,16	16	0,15	20	12	35	5,2

Критерієм оцінки небезпечності забруднювача є ГДК і розраховані на його основі інтегральні показники: коефіцієнт небезпеки речовини (K_H), коефіцієнт концентрації речовини (K_C) та коефіцієнт зворотної реакції на дію даного хімічного забруднювача ($K_{зв.р.}$). Коефіцієнт небезпеки визначається за формулою

$$K_H = C_i / \text{ГДК},$$

де C_i – уміст забруднювача на даній території. Небезпека забруднення середовища буде тим більшою, чим вищий клас небезпеки речовини.

Величина K_C визначається як відношення реального вмісту елемента в ґрунті до його регіонального фонового вмісту ($C_{\phi i}$) для даної території:

$$K_C = C_i / C_{\phi i}.$$

Регіонально-фоновим вмістом хімічної речовини вважається величина, яка характеризує їх вміст у ґрунтах території, що не перебуває під тиском техногенного навантаження.

Зазвичай забруднення середовища відбувається не одним, а групою хімічних елементів. Тому, техногенне навантаження на середовище кількісно оцінюють за сумарним показником забруднення (Z_c) – активною сумою коефіцієнтів концентрації елементів – забруднювачів, значення яких перевищують 1. Він розраховується за формулою

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n-1).$$

де n – число аномальних хімічних елементів, які складають групу елементів - забруднювачів. Показник Z_c розраховується лише для токсичних елементів першого і другого класів небезпеки.

Таблиця 22

Орієнтовна оціночна шкала рівнів і категорій небезпеки забруднення ґрунтів за сумарним показником забруднення Z_c

Ступінь забруднення ґрунтів		Сумарне Z_c	
рівень фону (кларка)	незабруднені	< 4	дуже слабка
перевищення фону більше 50 %	умовно забруднені	4 - 8	слабка
перевищення фону більше 50%, але не вище ГДК*(ОДК)**	слабко забруднені	16 - 32	допустима
перевищення ГДК (ОДК) не більше, ніж у 2 рази	середньо забруднені	32 - 64	помірно небезпечна
перевищення ГДК (ОДК) більше, ніж у 2 рази	сильно забруднені	64 - 128	небезпечна
перевищення ГДК (ОДК) більше, ніж у 4 рази	надзвичайно забруднені	> 128	надзвичайно небезпечна

*ГДК – гранично допустимі концентрації речовин - забруднювачів,

**ОДК – орієнтовно допустимі концентрації речовин – забруднювачів.

Методика проведення дослідження

- ✓ **Приготування кислотної витяжки ґрунту.** Зважити на терезах 20 г сухого ґрунту (Попередньо висушеного до сталої маси і охолодженого до кімнатної температури). У конічну колбу на 250 мл всипати наважку ґрунту і додати 50 мл розчину нітратної кислоти (з розрахунку 2,5 мл розчину HNO_3 на 1 г ґрунту). Цю операцію виконувати під витяжною шафою. Перемішувати уміст колби протягом 3 - 5 хв. Відфільтрувати суміш через паперовий фільтр, збираючи готову витяжку в приймальну колбу: перші кілька мілілітрів фільтрату не відбирати, тому що в ньому зібрані солі і забруднення з фільтра.
- ✓ **Виявлення катіонів Плюмбуму(II).** Взяти 6 пробірок і пронумерувати їх. У перші 3 пробірки налити по 3 - 4 мл

контрольного розчину $Pb(NO_3)_2$, а в інші 3 пробірки – такий же об'єм кислотної витяжки зразка ґрунту. Для дослідження кожного разу відбирати одну пробірку з контрольним розчином і другу пробірку з розчином витяжки ґрунту. До обох пробірок додати:

- а. 1 мл розчину натрій хлориду ($NaCl$) – у присутності катіонів Плюмбуму випаде білий осад:

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- б. 1 мл розчину калій йодиду (KI) – у присутності катіонів Плюмбуму випаде жовтий осад:

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- в. 1 мл розчину калій хромату (K_2CrO_4) – у присутності катіонів Плюмбуму випадає жовтий осад:

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- ✓ **Виявлення катіонів Купруму(II).** Взяти 4 пробірки і пронумерувати їх. У перші 2 пробірки налити по 3 - 4 мл контрольного розчину $CuSO_4$, а в інші 2 пробірки – такий же об'єм кислотної витяжки зразка ґрунту. Для дослідження кожного разу відбирати одну пробірку з контрольним розчином і другу пробірку з розчином витяжки ґрунту. До вибраних двох пробірок (їх буде два набори) послідовно додати:

- а. 2 - 3 мл (надлишок) розчину амоніаку (NH_4OH) і перемішати вміст пробірки; у присутності катіонів Купруму(II) утворюється спочатку осад, що далі розчиняється і розчин набуває характерного інтенсивного синього забарвлення:

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- б. 1 мл розчину жовтої кров'яної солі $K_4[Fe(CN)_6]$ – у присутності катіонів купруму(II) випадає червоно-бурий осад:

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- ✓ **Виявлення катіонів Феруму(III).** Взяти 4 пробірки і пронумерувати їх. У перші 2 пробірки налити по 3 – 4 мл контрольного розчину FeCl₃, а в інші 2 пробірки – такий же об'єм кислотної витяжки зразка ґрунту. Для дослідження кожного разу відбирати одну пробірку з контрольним розчином і другу пробірку з розчином витяжки ґрунту. До вибраних двох пробірок (їх буде два набори) послідовно додати:

a. 1 мл розчину калій гексаціаноферату(III) K₄[Fe(CN)₆] – у присутності катіонів Феруму(III) випадає темно-синій осад берлінської блакиті.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

б. 1 мл розчину калій роданіду (KCNS) (або амоній роданіду) – у присутності катіонів Феруму(III) розчин забарвлюється в криваво-червоний колір.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

✓ **Висновки за результатами дослідження**

- Зробити висновок про вміст важких металів у досліджуваних зразках ґрунтів.
- Оцінити клас небезпечності забруднювачів (якщо вони присутні) ґрунту.
- Написати рівняння аналітичних хімічних реакцій, проведених для виявлення катіонів Плюмбуму, Купруму та Феруму у досліджуваних зразках ґрунту.

Контрольні питання

1. Сформулюйте основні особливості мінералогічного й хімічного складу ґрунту.
2. Перерахуйте головні елементи мінерального живлення рослин. Які хімічні елементи називаються мікроелементами?

3. Які метали називаються «важкими» і чому вони являються токсичними для біоти.
4. Чому Меркурій, Плюмбум і Кадмій є на сьогодні основними забруднювачами біосфери.
5. Кларки важких металів у ґрунтах.
6. Поняття ГДК, ОДК та фонового вмісту важких металів у ґрунті.
7. Класи небезпечності важких металів – забруднювачів ґрунту.

2.9. Каустобіоліти: торф, вугілля, нафта

Завдання роботи: вивчити методи виділення гумінових кислот з вугілля і торфу, оснований на їх різній розчинності у кислотах та розчинах лугів; знати класифікацію каустобіолітів, хімічну будову і умови утворення в природі вугілля, торфів і нафти; знати фізико-хімічні властивості основних представників каустобіолітів, структуру вугілля і торфу.

<i>Зразки та реактиви</i>	<i>Посуд і устаткування</i>
1. Вугілля або торф; 2. нітратна (або хлоридна) кислота з масовою часткою 5 %; 3. розчин NaOH, $\omega = 1\%$; 4. толуол (перед застосуванням висушують кальцій хлоридом); 5. лужний розчин натрій пірофосфату ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$);	1. Конічні колби місткістю 150, 200 мл, 2. Мірні колби місткістю 500 мл, 3. мірні циліндри місткістю 100 мл, 4. фільтри, 5. сушильна шафа, 6. муфельна піч, 7. електронні терези, 8. центрифуга, 9. шейкер, водяна баня.

Приготування деяких реактивів:

1. Натрій пірофосфат, лужний розчин: 44,6 г кристалічного натрій пірофосфату декагідрату і 4 г натрію гідроксиду розчиняють у 1000 см³ води.

Гумінові кислоти вилучаються з твердих горючих копалин (рис.19) і ґрунтів розчинами лугів або солей лужних металів у вигляді темно-забарвлених розчинів – гуматів металів. З розчинів гуматів гумінові кислоти далі осаджуються кислотами у вигляді аморфного пластівчастого осаду.

Елементний склад гумінових кислот, виділених з різних твердих горючих копалин і ґрунтів, суттєво відрізняється. За даними ряду авторів він коливається в широких межах: вміст Карбону 40 - 60 %,

Гідрогену – 2 - 7 %, Оксигену – 29 - 46 %, Нітрогену – 2 - 6 % (табл.23).

За зовнішнім виглядом гумінові кислоти (ГК) – це бурий аморфний полідисперсний порошок з $\rho = 1,14 - 1,69 \text{ г/см}^3$. Єдиної думки щодо величини молекулярної маси гумінових кислот, поки що, немає: різні хімічні методи оцінюють її у межах від 1 300 до 130 000; фізичні методи осмометрії, кріоскопії і віскозиметрії дають величини 700 - 26 000; методи центрифугування і світлорозсіяння – від 30 000 до 80 000. За даними Д. С. Орлова середні молекулярні маси гумінових кислот ґрунтів змінюються в межах 1 500 - 600 000.

Таблиця 23

Елементний склад гумінових кислот різного походження

Препарат	Уміст елементів, %					Атомні Відношення	
	С	Н	О	N	S	О/С	Н/С
ГК бурого вугілля*	57,87	5,05	33,58	3,0	0,5	0,44	1,05
ГК ґрунтів	55,4	4,8	36,0	3,6	0,8	0,50	1,04
ГК торфу	57,1	5,0	35,2	2,8	0,4	0,47	1,04
ГК вод	51,2	4,7	40,4	2,6	1,1	0,60	1,12
ГК морських донних відкладень	56,3	5,8	31,7	3,8	3,1	0,45	1,23

Фізико - хімічні властивості гумінових кислот. ГК мають високорозвинену питому поверхню, внаслідок чого є хорошими сорбентами. Вони здатні набухати і пептизуватись у деяких рідинах, особливо у воді, ацетоні, спирті.

Розчини гумінових кислот у водних розчинах лугів, мають коричнево-буре забарвлення, при низьких концентраціях оптично прозорі і довго зберігаються. При певних співвідношеннях між гуміновими кислотами і лужними розчинами утворюється полідисперсна система, яка містить гумат лужного металу.

Поверхневий натяг розчинів ГК близький до поверхневого натягу води. При підкисленні розчинів, а також додаванні солей лужноземельних металів кислоти коагулюють. Найбільш стійкими до коагулюючої дії електролітів і найбільш високодисперсними є гумінові кислоти торфу. Поріг коагуляції (визначається за найменшою концентрацією електроліту, яку необхідно додати для початку процесу коагуляції певної кількості гумату) закономірно знижується при переході від менш зрілих зразків до більш зрілих.

При висушуванні гумінові кислоти проявляють необоротні властивості: чим вище температура сушки, тим більші необоротні втрати води. Так, висушені кислоти сорбують тільки 70 % води,

втраченої при висушуванні; повітряно сухі кислоти утримують до 25 % вологи.

Традиційними екстрагентами гумінових кислот з різних твердих горючих копалин і ґрунтів є розчини гідроксидів Натрію, Калію, інколи розчини карбонатів цих металів. Часто використовується для екстракції і водний розчин амоніаку. Для повної екстракції гумінових кислот методом лужного розчинення достатньою є така кількість лугу, яка необхідна для повної нейтралізації кислих функціональних груп кислот. Вилучення гумінових кислот із сировини лужними розчинами розглядають як процес утворення солей, які мають значно більший ступінь дисоціації у водних розчинах, ніж самі кислоти.

Хімічні властивості гумінових кислот різноманітні і обумовлені багатофункціональністю ГК, у структурі молекули яких присутні різні функціональні групи: карбоксильні, фенольні та спиртові гідроксили, метоксильні, хіноїдні, лактонні, енольні, естерні, альдегідні, кетонні, а також Оксиген у складі гетероциклів та пероксогруп тощо.

Так, гумінові кислоти здатні до реакцій обміну з солями і основами. Ці реакції оборотні. Кількість барій гідроксиду, яка прореагувала з ГК стехіометрично відповідає сумарному вмісту активних карбоксильних груп і фенольних гідроксилів в молекулі кислоти. Реакція з солями лужноземельних металів і органічних кислот, наприклад з кальцій ацетатом, відбувається за рахунок карбоксильних груп. Гумати лужних металів розчиняються у воді, а гумати лужноземельних металів нерозчинні.

Карбонільні групи гумінових кислот вступають в реакції з фенілгідразином, гідроксиламіном. Для гумусових кислот характерне явище таутомерії. Наприклад, таутомерія карбонільних груп і фенільних гідроксилів Ar-OH, коли одні і ті ж групи вступають у реакцію з фенілгідразином і з диметилсульфатом.

Гумінові кислоти взаємодіють з металічним натрієм у рідкому амоніаку, який вибірково діє на етерні зв'язки. Особливо легко розкладаються арил-арілові етери, важче арил-алкілові і практично не розкладаються алкіл-алкілові етери. У результаті утворюються розчинні у воді сполуки з властивостями кислот або нейтрального характеру.

Гумінові кислоти окиснюються калій перманганатом у лужному середовищі. Реакція відбувається як деструктивний розпад поліциклічних систем з утворенням різних ароматичних карбонових

кислот, етерів та інших сполук. За рахунок хіноїдних груп гумінові кислоти вступають у окиснювально - відновлювальні реакції з оксидами металів змінної валентності.

При хлоруванні гумінових кислот утворюються розчинні в етері продукти зі значним вмістом Хлору.

Нагрівання без доступу повітря веде до розкладання кислот, але не до плавлення. Термічна деструкція гумінових кислот починається вже при 100 °С. Незалежно від способу виділення гумінові кислоти зазнають однакових змін, у результаті яких руйнуються бічні функціональні групи і залишається конденсоване ароматичне ядро.

Зростання температури термодеструкції супроводжується збільшенням вмісту Карбону, натомість вміст Оксигену і Гідрогену зменшується, а вміст Нітрогену залишається постійним. Вихід твердого залишку спадає до 55 - 57 % при 400 °С, а вихід пароподібних продуктів (СО, СО₂, Н₂О) зростає. Кількість функціональних груп знижується, але при цьому вміст фенольних гідроксилів, навпаки, зростає, що пояснюють перерозподілом залишкового Оксигену з виникненням нових гідроксильних груп. Після видалення води при 120 °С починається декарбоксілювання. При 200 °С процеси декарбоксілювання відбуваються дуже інтенсивно і майже повністю закінчуються при температурах 250 - 300 °С. Серед газоподібних продуктів розкладання переважають оксиди Карбону, але при нагріванні вище 250 - 300 °С у складі газів з'являється метан і водень.

Згідно з І. В. Тюрнім, група гумінових кислот може бути розподілена на 3 фракції, без урахування гумінових кислот, що входять до складу групи ґрунтових гумінів.

До *фракції 1* відносять гумінові кислоти, розчинні безпосередньо в розбавлених розчинах лугів без попереднього видалення обмінного Кальцію. Ця фракція представлена здебільшого бурими гуміновими – *ульмінновими* – кислотами (а саме їх полімерними комплексами з фульвокислотами), які знаходяться у вільному стані або у вигляді гуматів Al, Fe, Ca і Mg, розчинних у водному розчині NaOH з молярною концентрацією еквівалента 0,1 моль/л.

Фракція 2 – це гумінові кислоти, розчинні у розбавлених розчинах лугів тільки після видалення з ґрунту обмінного Кальцію. Ця фракція представлена чорними гуміновими кислотами або *власне гуміновими кислотами* (а саме їх полімерними комплексами за

участю фульвокислот), які знаходяться у формі гуматів Ca, також розчинних у водному розчині NaOH з молярною концентрацією еквівалента 0,1 моль/л.

Фракція 3 включає гумінові кислоти, які розчиняються у розбавлених лугах при почерговій обробці ґрунту кислотою (розчином H_2SO_4 з молярною концентрацією еквівалента 0,5 - 1,0 моль/л, при охолодженні і при нагріванні) і лугом. Сюди відносяться гумінові і ульмінові кислоти полімерних комплексів з фульвокислотами, пов'язані з відносно стійкими гідратами сесквіоксидів.

Фракція бурих гумінових кислот (1) переважає у ґрунтах лісових областей, у опідзолених ґрунтах лісостепу, в бурих лісових ґрунтах, а також в гірничо-підзолистих, гірничо-лугових і гірничо-тундрових ґрунтах. У ґрунтах чорноземного типу (за винятком солонцюватих), у каштанових ґрунтах і сіроземах переважають гумінові кислоти, які входять до складу другої фракції.

Таким чином, гумінові кислоти не є хімічно індивідуальними речовинами, а представляють суму речовин, що мають спільні риси будови, але не ідентичні між собою.

Гумінові кислоти твердих горючих копалин містять до 50 % фракцій, які розчиняються тільки у оксигеновмісних органічних розчинниках (спирті, ацетоні, діоксані, фенолі тощо). Це *гіматомеланові кислоти* – за зовнішнім виглядом коричневі аморфні порошки. Вони містять 58 - 62 % Карбону, 3 - 7 % Гідрогену, 25 - 30 % Оксигену, 2 - 5 % Нітрогену. Молекулярна маса гіматомеланових кислот не перевищує 250 - 550; до їх складу входить від 2 - 4 (ммоль/г) карбоксильних груп, 2 - 3 (ммоль/г) фенольних гідроксилів, 1 - 2 (ммоль/г) метоксильних груп, 1 - 2 (ммоль/г) карбонільних груп. Дані інфрачервоної спектроскопії і рентгеноструктурного аналізу вказують, що порівняно з гуміновими кислотами, вони мають більш низький уміст ароматичної частини і більш високий уміст аліфатичної частини у складі молекули.

Фульвокислоти є аморфними світлокоричневими порошками, добре розчинними у воді, спирті, розчинах лугів, етилацетаті, сильних кислотах. Фульвокислоти та їхні солі надають воді жовтого або червонуватого забарвлення.

Фульвокислоти твердих горючих копалин і ґрунтів містять 30 - 51 % Карбону, 4 - 5 % Гідрогену, 25 - 47% Оксигену і 1 - 4,5% Нітрогену.

Хімічний еквівалент фульвокислот наближається до 300 за рахунок карбоксильних груп і 120 – за рахунок усіх інших активних груп з кислотними властивостями. Загальний уміст активних груп з кислотними властивостями коливається від 8 - 10 мг•екв/г, з яких карбоксильних – від 2 до 5 мг•екв/г. Крім карбоксильних, в них містяться метоксильні, фенольні та карбонільні лактонні групи.

Средньостатистична молекулярна маса фульвокислот змінюється в межах від 5000 до 15000.

Фульвокислоти представлені гетерогенною і полідисперсною групою високомолекулярних, нітрогеновмісних органічних кислот. У їх структурі було встановлено наявність ароматичних і аліфатичних частин. Ароматична частина виражена менш яскраво і переважне значення мають бічні ланцюги, тобто аліфатичні (вуглеводні і амінокислоти) компоненти молекули, що мають функціональні групи з кислотними властивостями. Завдяки цьому фульвокислоти добре розчинні у воді. Їх водні розчини мають кислу реакцію ($pH = 2,6 - 2,8$).

2.9.1. Визначення загального виходу гумінових кислот з вугілля та торфу

Суть методу полягає в обробці аналітичної проби вугілля (або торфу) розчином натрій пірофосфату, осадженні гумінових кислот надлишком кислоти і визначенні маси одержаного осаду.

Методика проведення дослідження

1. Екстракція гумінових кислот.

- ✓ Зважують наважку проби масою 1,0 г у перерахунку на суху беззольну масу. (Якщо вихід гумінових кислот має бути менше 20 %, то наважку збільшують у два рази). Наважку поміщають в конічну колбу А місткістю 250 см³, доливають 100 см³ лужного розчину натрій пірофосфату і перемішують протягом 1 години.
- ✓ Суспензію центрифугують протягом 15 хв при 210 с⁻¹. Розчин декантують і збирають у конічну колбу Б місткістю 1000 см³.
- ✓ Нерозчинний залишок промивають двома порціями по 100 см³ розчину натрій гідроксиду. Після кожного промивання суспензію центрифугують і збирають промивний розчин у колбу В.
- ✓ Промитий залишок переносять у колбу А, додають 100 см³ розчину натрій гідроксиду і нагрівають протягом 2 годин на киплячій водяній бані. Після охолодження до кімнатної

температури вміст колби А центрифугують протягом 15 хвилин при 210 c^{-1} .

- ✓ Розчин декантують і збирають в колбу В. Нерозчинний залишок промивають двома порціями по 100 cm^3 розчину натрій гідроксиду. Центрифугують суспензію після кожного промивання, збираючи промивний розчин у колбу В.

2. Осадження гумінових кислот

- ✓ Уміст колби Б фільтрують у мірну колбу місткістю 1000 cm^3 і доводять до мітки водою. Відбирають піпеткою 100 cm^3 фільтрату і переносять у стакан, у який додають 60 cm^3 нітратної (хлоридної) кислоти для осадження гумінових кислот.
- ✓ Суспензію центрифугують або фільтрують. Після центрифугування розчин відокремлюють декантацією і промивають осад гумінових кислот водою. Промивання осаду ведуть до початку пептизації гумінових кислот, яку визначають за появою слабкого жовтого забарвлення (утворення гелю або колоїду). До колоїдного розчину додають 5 cm^3 кислоти для додаткового осадження гумінових кислот.
- ✓ Загальний осад гумінових кислот фільтрують через беззольний фільтр, попередньо висушений у сушильній шафі до постійної маси при $(90 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Фільтр з осадом гумінових кислот поміщають у зважений бюкс, попередньо висушений у сушильній шафі до постійної маси при $(90 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Бюксу з осадом на фільтрі також сушать при температурі $(90 \pm 5) ^\circ\text{C}$ протягом 1 години.
- ✓ Бюкси виймають із сушильної шафи, охолоджують спочатку 5 хвилин на повітрі, а потім в ексікаторі з відповідним осушувачем і зважують.
- ✓ Контрольні висушування, охолодження та зважування проводять доти, поки різниця мас при двох послідовних зважуваннях буде не більше $0,001 \text{ г}$. Ураховують масу бюкса, фільтра і визначають масу осаду.
- ✓ Висушений фільтр з осадом переносять у попередньо прожарений у муфельній печі при температурі $(600 \pm 25) ^\circ\text{C}$ до постійної маси і зважений тигель і озолують при $(600 \pm 25) ^\circ\text{C}$ протягом 1 - 2 годин.

- ✓ Тигель виймають з муфельної печі, охолоджують спочатку протягом 5 хвилин на повітрі, а потім в ексикаторі з відповідним осушувачем і зважують.
- ✓ Контрольні прожарювання при тій же температурі протягом 15 хвилин, охолодження та зважування проводять доти, поки різниця мас при двох послідовних зважуваннях не перевищуватиме 0,001 г. Враховуючи масу тигля, визначають масу осаду.

2.9.2. Визначення виходу вільних гумінових кислот з вугілля та торфу

Суть методу полягає в одноразовій екстракції гумінових кислот з аналітичної проби вугілля після видалення бітумів при нагріванні з розчином натрій гідроксиду (1 %), подальшому осадженні гумінових кислот надлишком нітратної (або хлоридної) кислоти і визначенні маси одержаного осаду.

Методика проведення дослідження

- ✓ Зважують ~2 г проби зразка, висушеної до сталої маси. Наважку поміщають у конічну колбу А місткістю 250 см³, доливають 100 см³ розчину натрій гідроксиду і нагрівають на киплячій водяній бані протягом 2-х годин.
- ✓ Охолоджують уміст колби А до кімнатної температури і центрифугують протягом 15 хв при 210 с⁻¹. Надосадовий розчин декантують і збирають у конічну колбу Б місткістю 500 см³.
- ✓ Осад, що залишився на дні центрифужних пробірок, промивають двома порціями (по 100 см³) розчину натрій гідроксиду. Суспензію, яка утворюється, кожного разу знову центрифугують. Після кожного промивання збирають промивний розчин у колбу В.
- ✓ Лужний розчин у колбі Б фільтрують у мірну колбу місткістю 500 см³ і доводять до мітки водою. Відбирають 100 см³ фільтрату і переносять у стакан, в який додають 60 см³ кислоти і продовжують виділення гумінових кислот як зазначено раніше.

Оцінка результатів експерименту (для робіт 2.7.1 і 2.7.2)

1. Загальну масову частку (ω , %) гумінових кислот (ГК), і вихід вільних гумінових кислот (ГК), в перерахунку на сухий беззольний (daf) стан обчислюють за формулою:

$$\omega_{\text{ГК}} = \frac{100 \cdot V \cdot (m_1 - m_2)}{V_1 \cdot m} (\%),$$

де m_1 – маса сухих гумінових кислот (г); m_2 – маса золи гумінових кислот (г); V – загальний об'єм лужного розчину (мл); V_1 – об'єм аликвоти лужного розчину, взятого для осаждения гумінових кислот (мл); m – маса наважки вугілля з розрахунку на сухий беззольний стан (г), яка обчислюється за формулою:

$$m = m_3 \cdot \frac{100 - (\omega_a + A_a)}{100},$$

де m_3 – маса наважки вугілля (г); ω_a – масова частка аналітичної вологи у вугіллі, %; A_a – зольність аналітичної проби вугілля, %.

2. Результати записати у таблицю за формою:

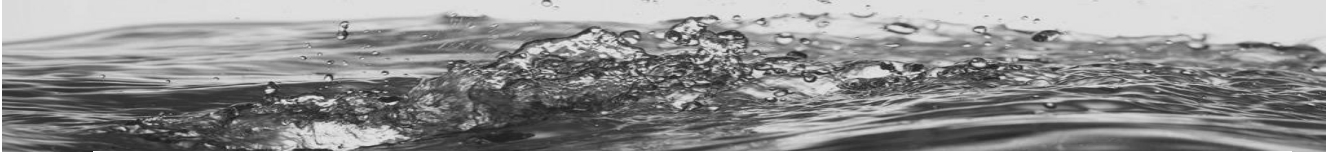
m	m_3	m_1	m_2	V	V_1	$\omega_{\text{ГК}}, \%$

✓ **Висновки за результатами дослідження**

- Основні етапи хімічного виділення гумінових речовин з органогенної сировини – торфу і вугілля.
- Вміст гумінових кислот у досліджуваному вугіллі.
- Елементний склад досліджуваного вугілля.

Контрольні питання

1. Класифікація гумінових речовин каустобіолітів.
2. Теорії гуміфікації.
3. Груповий та фракційний склад гумусу.
4. Структура, елементний склад, хімічний склад та основні властивості торфів.
5. Теорії утворення покладів вугілля і нафти.
6. Хімічні речовини нафти.
7. Газогідрати та горючі сланці.
8. Назвіть джерела попадання органічних речовин у ґрунт.



3.1. Хлорність, солоність та загальна мінералізація води

Завдання роботи: вивчити методи визначення хлорності води води;
знати методи обчислення солоності води;
уміти визначати загальну мінералізацію води.

Реактиви	Устаткування
1. Розчин аргентум(I) нітрату ($\omega(\text{AgNO}_3) = 10\%$ або $C(1/z \text{ AgNO}_3) = 0,1$ моль/л); 2. розчин калій хромату ($\omega(\text{K}_2\text{CrO}_4) = 10\%$); 3. дистильована вода.	1. Колби конічні (250 мл); 2. бюретка; 3. пробірки колориметричні з відміткою на 5 мл; 4. лійки скляні.

Більше половини усіх присутніх у морській воді компонентів, а саме 55 %, становить йон Хлору. Якщо визначити концентрацію йонів Хлору (*хлорність*) у пробі морської води, то за умови сталості її сольового складу можна розрахувати загальну мінералізацію і солоність води, а також масову частку кожного з головних йонів.

На цьому принципі заснований аргентометричний метод визначення солоності. Хлорність води, визначена цим методом, показує уміст усіх галогенід-іонів, присутніх у морській воді, тобто суму йонів Хлору, Броду і Йоду; кількість хлорид-іонів у цій сумі становить 99,9 %. Величина хлорності визначається за співвідношенням:

$$Cl = 0,3285234 \cdot m_{\text{Ag}} (\%),$$

де m_{Ag} – маса катіонів Аргентуму (г), яка витрачається для осадження всіх галогенід-іонів, які містяться у 1 кг морської води. Залежність між солоністю й умістом йонів Хлору була визначена спеціальною комісією Міжнародної конференції з дослідження морів (кінець XIX ст.). – вона виражається рівнянням

$$S (\%) = 0,030 + 1,805 \cdot Cl (\%).$$

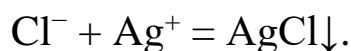
Це рівняння часто називають формулою Кнудсена, на ім'я голови комісії. Формула Кнудсена і складені за нею таблиці використовувалися для визначення солоності понад шістдесят років,

поки у 1963 р. не було запропоновано нове, більш компактне, співвідношення між солоністю і хлорністю:

$$S (\%) = 1,80655 \cdot Cl (\%).$$

Аргентометричний метод забезпечує точність до 0,02 %. Профільтрована океанічна вода має хлорність приблизно 19,38 ‰, що відповідає солоності 35,00 ‰, тобто середній солоності води океану. Солоність води 35,00 ‰ приймається за основний стандартний розчин або нормальну морську воду.

Найбільш поширеним для визначення вмісту йонів Хлору у природних водах є аргентометричний метод Мора (ГОСТ 4245) – об'ємний аналітичний метод, оснований на реакціях осадження йонів галогенів катіонами Аргентуму з утворенням малорозчинних галогенідів:



Сутність його полягає в прямому титруванні рідини розчином аргентум(I) нітрату з індикатором калій хроматом до побуріння осаду ($T_{AgNO_3/Cl^-} = 0,0005$ г/мл). Індикатором є розчин K_2CrO_4 , який дає з $AgNO_3$ червоний осад аргентум(I) хромату Ag_2CrO_4 . Проте, розчинність осаду Ag_2CrO_4 ($6,2 \cdot 10^{-3}$ моль/л) є набагато більшою за розчинність аргентум(I) хлориду $AgCl$ ($1,33 \cdot 10^{-5}$ моль/л). Тому при титруванні розчином $AgNO_3$ у присутності розчину K_2CrO_4 червоний осад Ag_2CrO_4 з'являється лише після додавання надлишку йонів Ag^+ , коли всі хлорид-іони вже осаджені. При цьому завжди до аналізованої рідини доливають розчин аргентум(I) нітрату, а не навпаки.

3.1.1. Якісне визначення Cl^- у воді

Методика проведення дослідження

- ✓ У пробірку наливають 5 мл морської води.
- ✓ Додають три краплі розчину аргентум(I) нітрату з масовою часткою 10 %.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
....

- ✓ Оцінюють зовнішній вигляд осаду $AgCl$, за яким приблизно визначають кількість зв'язаного Хлору, користуючись даними таблиці:

Характеристика осаду або муті	Вміст Cl^- , г/л
1. Опалесценція або слабка муть	0,001÷0,01
2. Сильна муть	0,01÷0,05
3. Утворення пластівців, осаждення через деякий час	0,05÷0,1
4. Білий об'ємний осад	Більше 0,1

3.1.2. Визначення хлорності води

Методика проведення дослідження

- ✓ Чотири проби досліджуваної морської води по 50 мл відбирають в конічні колби і об'єм доводять дистильованою водою до 100 мл. (Можна одразу взяти 100 мл досліджуваної води, якщо передбачається, що концентрація хлорид-іонів менше, ніж 0,1 г/л. Об'єм проби можна передбачити за результатами попереднього досліду).
- ✓ До проб досліджуваної води додають по 1 мл розчину калій хромату $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Одну колбу з одержаним розчином залишають як контроль.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- ✓ Кожну з трьох інших проб титрують розчином аргентум(I) нітрату до появи слабкого оранжевого відтінку.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- ✓ Фіксують об'єм розчину аргентум(I) нітрату, який було витрачено на титрування. Результати титрування записують у таблицю за формою:

№ проби	1	2	3	Середнє значення
$V(\text{AgNO}_3)$, мл				

- ✓ При значному вмісті хлоридів утворюється осад AgCl , який заважає визначенню. У цьому випадку титрування повторюють, але беруть менший об'єм проби досліджуваної води.

Оцінка результатів експерименту

1. Масову ($\rho(\text{Cl}^-)$, г/л) і молярну ($C(\text{Cl}^-)$, ммоль/л) концентрації хлорид-іону обчислюють за формулами:

$$\rho(\text{Cl}^-) = \frac{V(\text{AgNO}_3) \cdot C(1/z\text{AgNO}_3) \cdot 35,46}{V_{\text{проби води}}}, \text{ г/л};$$

$$\text{або } \rho(\text{Cl}^-) = \frac{V(\text{AgNO}_3) \cdot T \cdot K}{V_{\text{проби води}}} \cdot 1000, \text{ г/л},$$

де $V(\text{AgNO}_3)$ – об'єм аргентум(I) нітрату, витрачений на титрування, мл; $V_{\text{проби}}$ – об'єм проби, взятий для визначення, мл; $C(1/z \text{AgNO}_3)$ – молярна концентрація еквівалента розчину AgNO_3 , моль/л; $T_{\text{AgNO}_3/\text{Cl}^-}$ – маса хлорид йонів, що відповідає 1 мл розчину AgNO_3 і дорівнює 0,0005 г/мл; K – поправочний коефіцієнт до титру AgNO_3 .

Приклад обчислень:

a. Одержані експериментальні результати

№ проби	1	2	3	Середнє значення
$V(\text{AgNO}_3)$, мл	2,80	2,78	2,80	2,79

b. Вихідні дані для проведення обчислень:

Дано: $T(\text{AgNO}_3/\text{Cl}^-) = 0,0005 \text{ г/мл};$
 $K = 0,9345;$
 $V_{\text{проби}} = 50,0 \text{ мл};$
 $V(\text{AgNO}_3) = 2,79 \text{ мл}.$

c. Обчислення

$$\rho(\text{Cl}^-) = \frac{0,0005 \cdot 2,79 \cdot 0,9345}{50} \cdot 1000 = 0,026 \text{ (г/л)}.$$

2. Визначити хлорність та солоність води, якщо густина морської води дорівнює $1027,81 \text{ кг/м}^3$ (при атмосферному тиску $101,3 \text{ кПа}$ і температурі $4 \text{ }^\circ\text{C}$).

✓ Висновки за результатами досліджень

- Навести вміст хлорид-іонів у досліджуваній пробі води.
- Порівняти якісний та кількісний методи оцінки умісту йонів Хлору.
- Визначити тип досліджуваної морської води за ступенем солоності.

Контрольні питання

1. Які йони належать до головних незалежно від походження вод?
2. Класифікації вод за переважним умістом головного йона.

3. Які органічні речовини найчастіше зустрічаються в річках і озерах?
4. Які води відносяться до класу ультрапрісних?
5. Які води відносяться до категорії розсолів?
6. Які чинники формування складу природних вод є головними і другорядними?
7. Що таке БПК? Назвати характерні особливості морської води і її відмінність від прісних вод.
8. Від чого залежить йонна сила морської води?
9. Якими головними йонами визначається солоність морських вод?
10. Що таке хлорність води?
11. Дати визначення одиниці концентрації – проміле.

3.2. Визначення активного, залишкового хлору у воді і хлоропоглинання

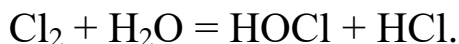
Завдання роботи: вивчити методи визначення хлоропоглинання природних вод як фактора оцінки ступеня їх забруднення;
вивчити хімічні закономірності, які лежать в основі методу хлорування води.

Реактиви	Обладнання
1. Розчин натрій тіосульфату ($C(1/zNa_2S_2O_3 = 0,05 \text{ моль/л})$), 2. розчин калій йодиду ($\omega = 5 \%, 10 \%$), 3. нітратна кислота, розбавлення 1 : 3, 4. хлорне вапно ($\omega = 2 \%$), 5. ацетатний буферний розчин, 6. розчин метилового оранжевого ($\omega = 0,2 \%$), 7. розчин крохмалю ($\omega = 1 \%$), 8. дистильована вода.	1. Конічні колби, 2. бюретки, 3. фільтрувальний папір,

Приготування буферної суміші (рН): змішати рівні об'єми розчинів ацетатної кислоти і натрій ацетату – кожний з молярною концентрацією еквівалента 1 моль/л.

Для зниження вмісту органічних і неорганічних речовин, які порівняно легко окиснюються, воду господарсько - питного призначення хлорують, після чого у воді залишається вільний хлор. У водопровідній воді згідно ГОСТ Р 51232-98 після 30-ти хвилинного контакту хлору з водою залишкового хлору не повинно бути більше 0,5 мг/л і менше 0,3 мг/л.

Для хлорування води на водопровідних очисних станціях використовується рідкий хлор Cl_2 і хлорне вапно CaOCl_2 (на станціях малої продуктивності), гіпохлорити Натрію і Кальцію – NaClO і $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. При введенні рідкого хлору Cl_2 у воду утворюються гіпохлоритна і хлоридна кислоти (рис. 19):



Гіпохлоритна кислота є слабкою і дисоціює згідно з рівнянням



pH	4	5	6	7	8	9	10	11
OCl^- , %	0,05	0,5	2,5	21,0	75,0	97,0	99,5	99,9
HOCl , %	99,95	99,5	97,5	79,0	25,0	3,0	0,5	0,1

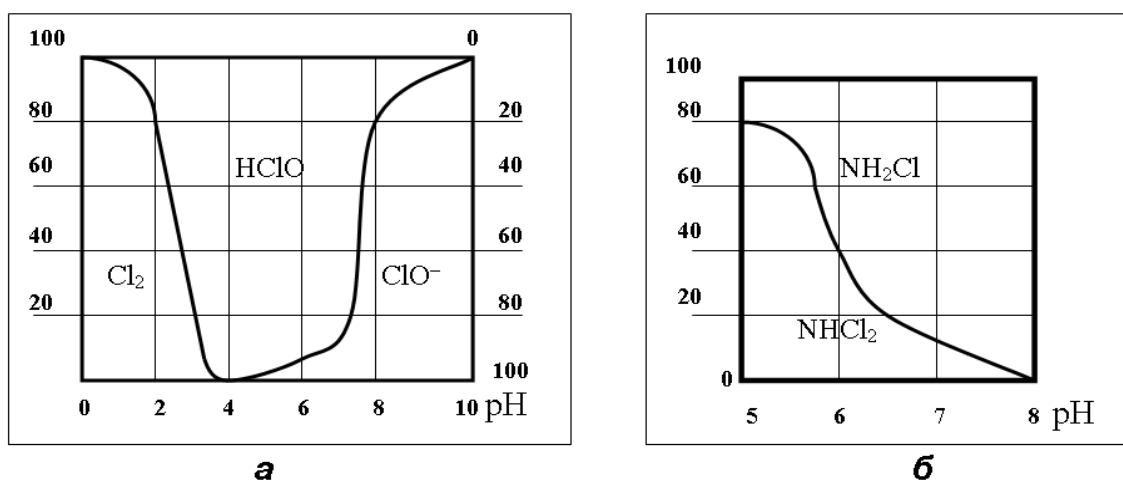
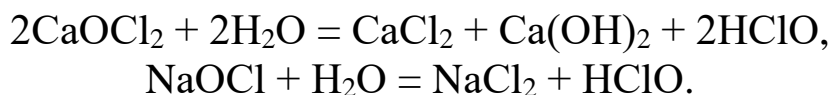


Рис. 19. Форми сполук Хлору при різних значеннях pH:

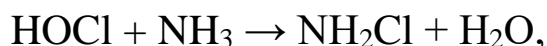
a – гідроліз хлору; *б* – монохлороаміни-дихлороаміни.

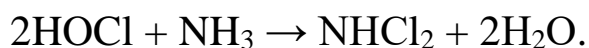
У сильно кислому середовищі ($\text{pH} < 4$) рівновага цієї реакції зміщена вліво, тому у воді буде присутній переважно молекулярний хлор. Здебільшого pH природних вод більше 4, тому у результаті дисоціації молекулярної форми кислоти HOCl у воді утворюються йони OCl^- , які мають бактерицидні властивості. Суму – $\text{Cl}_2 + \text{HOCl} + \text{OCl}^-$ – називають «вільним активним хлором».

Якщо замість хлору використовується хлорне вапно або натрій гіпохлорит, то відбуваються інші реакції:

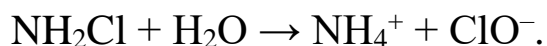


За декілька секунд до хлорування зазвичай проводять амонізацію питної води. У результаті цього у воді присутні сполуки амонію: у воді накопичуються монохлорамін NH_2Cl і дихлорамін NHCl_2 :

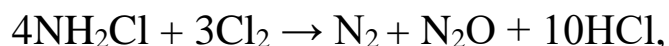




Проте, їх подальший гідроліз веде до утворення сильного окиснювача – гіпохлорит-іона:



Тому бактерицидна дія моно- і дихлорамінів є дещо меншою, ніж «вільного хлору», але більш тривалою. У надлишку хлору хлорамін може окиснюватись згідно з рівнянням реакції



що зменшує кількість надлишкового хлору. Хлор у вигляді хлорамінів, на відміну від вільного, називається «зв'язаним активним хлором». Отже, амонізацію питної води проводять з метою забезпечення більш тривалого бактерицидного ефекту і запобігання утворення хлорорганічних сполук, які надають воді неприємні запах і присмак.

Якщо вміст залишкового Хлору перевищує 0,1 мг/л, його можна виявити якісною реакцією.

Широкий спектр органічних і неорганічних речовин природних вод, що реагують з хлором, є причиною того, що до теперішнього часу ці складні процеси комплексно оцінюються лише сумарною характеристикою – величиною хлоропоглинання.

При взаємодії хлору з природними органічними речовинами можливі реакції окиснення (гумінових речовин, спиртів тощо) і заміщення (хлорування фенолів тощо). Окиснення хлором забарвлених органічних кислот ґрунтового гумусу, що є основною реакцією при всіх значеннях рН, супроводжується їх знебарвленням. Знебарвлення залежить від фракційного складу гумусу. Однак, хлорування гумусових речовин не є деструктивним процесом і не може забезпечити таку ж глибину знебарвлення води, як озонування.

Взаємодія хлору з нітрогеновмісними органічними сполуками залежить від їхньої природи. Хлор швидко взаємодіє з амінокислотами, повільніше з протеїнами, пептонами, сечовиною і зовсім не реагує з гаптуровою кислотою (N-бензоїлгліцин $\text{C}_9\text{H}_9\text{NO}_3$). Сполуки, що містять аміногрупи (амінокислоти, протеїни тощо), утворюють з хлором органічні хлораміни.

Залишковим хлором називають ту кількість молекулярного хлору, яка залишається у воді після знищення мікроорганізмів й окиснення органічних і неорганічних сполук.

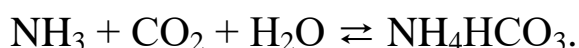
Хлоропоглинання води визначається як різниця між дозою введеного у воду активного хлору і його концентрацією у воді через деякий проміжок часу (зазвичай через 30 хвилин). Хлоропоглинання

води характеризує її забрудненість органічними і деякими неорганічними (Fe^{2+} , H_2S , SO_3^{2-} , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ тощо) речовинами і залежить від їх концентрації, дози хлору, часу взаємодії, температури, рН середовища та інших факторів.

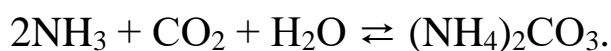
Хлоропоглинання річкових та озерних вод зазвичай становить 2,0 - 2,5 мг/л Cl_2 , а води ставків і боліт – від 4 до 5 мг/л Cl_2 . Підвищення хлоропоглинання води свідчить про їх забруднення.

Вода, у якій не містяться речовин, що взаємодіють з хлором, хлоропоглинальної здатності не має.

Амінування води застосовується для запобігання вуглекислотної корозії котлів і трубопроводів. Сполуки амонію або амоніак виконують функцію регулювання величини рН води: для мідних сплавів рекомендований рівень рН – від 8,8 до 9,0; для сплавів на основі заліза рН = 9,2 ÷ 11. Так, з підвищенням рН води до 8,4 - 8,5 відбувається реакція амоніаку з розчиненим у воді вуглекислим газом $\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ з утворенням кислій солі натрій гідрокарбонату:



З підвищенням рН води до 9 - 10 реакція завершується утворенням середньої солі натрій карбонату:



Ці солі потрапляють у котлову воду, де вода переходить у стан перегрітої пари, і розкладаються з утворенням окремо NH_3 , CO_2 і пари H_2O . Амоніак і CO_2 разом з парою видаляються з котла.

3.2.1. Якісна оцінка хлорованості води господарсько-питного призначення

Методика проведення дослідження

- ✓ В одну конічну колбу наливають 200 мл досліджуваної води, а в іншу – стільки ж дистильованої води (контроль). В обидві колби доливають по 5 мл нітратної кислоти (рН < 3) і по 0,1 мл розчину метилового оранжевого ($\omega = 0,2\%$).

<i>Аналіз процесу:</i>	<i>Спостереження:</i>
....

- ✓ Оцінка результатів дослідження: якщо в досліджуваній воді залишкового хлору більше 0,1 мг/л, то забарвлення буде

слабкішим порівняно з забарвленням в контрольній колбі, де була дистильована вода.

✓ **Висновки за результатами дослідження**

- Яким буде забарвлення індикатора метилового оранжевого у кислому середовищі.
- Оцінити досліджувану воду на вміст залишкового хлору.

3.2.2. Кількісне визначення активного хлору у хлорній воді

Методика проведення дослідження

- ✓ У конічну колбу місткістю 200 мл наливають 100 мл дистильованої води. Потім додають 1 мл хлорної води, 5 мл розчину калій йодиду і 5 мл ацетатної буферної суміші.
- ✓ Далі титрують розчином натрій тіосульфату до соломинно-жовтого забарвлення.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- ✓ Після появи цього забарвлення додають 1 мл розчину крохмалю. З'являється синє забарвлення.

<i>Аналіз процесу:</i>	<i>Спостереження:</i>
--------------------------------	-------------------------------

- ✓ Продовжують титрування розчином натрій тіосульфату до зникнення синього забарвлення і визначають об'єм розчину, який було витрачено на титрування (V_1).

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

Оцінка результатів експерименту

1. Результати записують у таблицю за формою:

Об'єм розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, V_1 (мл)	Об'єм досліджуваної води, V_2 (мл)	Уміст активного хлору $\rho(\text{Cl})$, мг/л

2. Уміст активного хлору (мг/л) визначають за формулою:

$$\rho(\text{Cl}) = \frac{V_1 \cdot C(1/z\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot 35,45}{V_2} \cdot 1000 \text{ (мг/л)},$$

де V_1 – об'єм розчину натрій тіосульфату, який пішов на титрування (мл); $C(1/z\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ – молярна концентрація еквівалента розчину натрій тіосульфату (моль/л); число 35,45 – еквівалент Хлору (г/моль); V_2 – об'єм досліджуваної води (мл).

✓ **Висновки за результатами досліджень**

- Хлорна вода. Уміст активного хлору у хлорній воді.
- Пояснити, які речовини використовуються для одержання хлорної води і які процеси при цьому відбуваються. Як залежить інтенсивність цих процесів від величини рН води?

3.2.3. Визначення хлоропоглинання води

Визначення хлоропоглинання основане на йодометричному визначенні хлорид-іонів після 30-хвилинного контакту розчину хлорного вапна (або вільного хлору) з досліджуваною водою.

Методика проведення дослідження

- ✓ У дві конічні колби місткістю 200 мл наливають по 100 мл досліджуваної води і дистильованої води (№ 1, контроль). Потім у кожену колбу додають 1 мл хлорного вапна (2 %).
- ✓ Колбу з досліджуваною водою (№ 2) закривають корком і залишають стояти впродовж 30 хвилин.
- ✓ У колбу № 1 з дистильованою водою одразу додають 2 мл розчину калій йодиду, 5 мл ацетатної буферної суміші і титрують розчином натрій тіосульфату до соломинно-жовтого забарвлення.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- ✓ Після появи цього забарвлення додають 1 мл розчину крохмалю. З'являється синє забарвлення.

<i>Аналіз процесу:</i>	<i>Спостереження:</i>
--------------------------------	-------------------------------

- ✓ Далі продовжують титрування розчином натрій тіосульфату до зникнення синього забарвлення і фіксують об'єм розчину, який було витрачено на титрування.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- ✓ Розчин, де міститься досліджувана вода (колба № 2), після 30 хвилин його відстоювання повторюють усі ті ж самі операції.

Оцінка результатів експерименту

1. Результати записують у таблицю за формою:

Об'єм розчину Na ₂ S ₂ O ₃ , V ₁ (мл)	Об'єм розчину Na ₂ S ₂ O ₃ , V ₂ (мл)	Об'єм досліджуваної води, V ₃ (мл)	Хлоропоглинання ХП, мг/л

2. Хлоропоглинання визначають за формулою:

$$\text{ХП} = \frac{(V_1 - V_2) \cdot C(1/z\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot 35,45}{V_3} \cdot 1000 \text{ (мг/л)},$$

де V₁ – об'єм розчину натрій тіосульфату, який пішов на титрування води у колбі № 1 (мл); V₂ – об'єм розчину натрій тіосульфату, який пішов на титрування води у колбі № 2 (мл); C(1/zNa₂S₂O₃) – молярна концентрація еквівалента розчину натрій тіосульфату (моль/л); число 35,45 – еквівалент Хлору (г/моль); V₃ – об'єм досліджуваної води (мл).

- ✓ ***Висновки за результатами досліджень***

- Оцінити забрудненість досліджуваної природної води органічними і неорганічними речовинами за величиною хлоропоглинання.
- Порівняти одержані результати із середньостатистичними даними щодо хлоропоглинання природних вод – річок, ставків або озер.

Контрольні питання

1. Які фактори визначають йонний склад природних континентальних вод?
2. Навести основні особливості хімічного складу природних континентальних вод.
3. Чому кислотність природних вод визначається вмістом гідрокарбонат- і карбонат- йонів?

4. Яку кислотність (значення рН) матиме чиста вода, що знаходиться в контакті з атмосферним повітрям?
5. Від яких факторів залежить якість природних вод?
6. Які сполуки ініціюють окиснювально-відновні процеси?
7. Який взаємозв'язок існує між редокс-потенціалом і кислотністю природних вод?
8. Обґрунтувати залежність ОВП системи від рН.
9. Хлоропоглинання природних вод як показник їх забруднення.

3.3. Уміст сульфат-іонів у природних водах

Завдання роботи: вивчити методи визначення присутності сульфат-іонів у природних водах;
вивчити хімічні закономірності, які лежать в основі методів якісного та кількісного визначення сульфат-іонів;
знати класифікацію природних вод за переважним умістом аніона та катіона.

Реактиви:	Хімічний посуд та обладнання:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Розчин плюмбум нітрату (х.ч.) $C(1/zPb(NO_3)_2) = 0,02$ мль/л; 2. калій сульфат (х.ч): стандартний розчин $C(1/z K_2SO_4) = 0,02$ моль/л; 3. дитизон, ч.д.а.; 4. етанол ГОСТ 18300 або ацетон ГОСТ 2603 5. катіоніт сильнокислотний КУ- 2 ; ГОСТ 20298 6. розчин барій хлориду ($\omega = 10$ %) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Мірні колби на 250 мл; 2. мірні піпетки на 5, 10, 25 мл; 3. конічні колби; бюретки на 25 мл.

Приготування деяких реактивів.

1. **Pb(NO₃)₂:** наважку Pb(NO₃)₂ масою 3,31 г переносять у мірну колбу місткістю 1 дм³, розчиняють у дистильованій воді, доводять до мітки водою, перемішують; зберігають у темній, щільно закритій склянці не більше 6 місяців;
2. **K₂SO₄:** наважку K₂SO₄ масою 0,436 г, попередньо висушену протягом 2 годин при 105 – 110 °С, переносять у мірну колбу місткістю 250 см³, доводять дистильованою водою до мітки і перемішують; зберігають у щільно закритому скляному або поліетиленовою посуді;
3. **Дитизон:** 0,1 г дитизона розтирають у фарфоровій ступці з 5 г бензойної кислоти; зберігають у темній, щільно закритій склянці;

3.3.1. Експрес - аналіз на вміст сульфатів у воді

Експрес - аналіз на підвищений вміст сульфатів у воді можна провести візуально за кількістю осаду барій сульфату.

Методика проведення дослідження

- ✓ У дві пробірки налити по 5 мл проби досліджуваної води (№ 1) і дистильованої води (№ 2, контроль).
- ✓ У обидві пробірки додати по 3 краплі розчину BaCl_2 .

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- ✓ Оцінити вміст сульфатів у пробах води, користуючись таблицею:

Спостереження	Уміст сульфатів, мг/л
Відсутність каламуті	5
Слабка муть, що з'являється через кілька хвилин	5 – 10
Слабка муть, що з'являється відразу	10 – 100
Сильна каламуть, швидко осідає	100 – 150

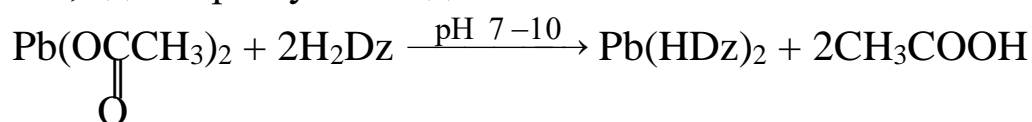
- ✓ **Висновки за результатами досліджень**
 - Оцінити вміст сульфат-іонів у досліджуваній природній воді.
 - Визначити, чи відноситься досліджувана вода до класу сульфатних вод.

3.3.2. Кількісне визначення сульфат-іонів у природних та стічних водах

Для визначення в пробах природних і стічних вод масової концентрації сульфатів можна використати титриметричний метод. Цей метод визначення масової концентрації сульфатів заснований на здатності йонів SO_4^{2-} утворювати з йонами Pb^{2+} важкорозчинний осад PbSO_4 . У точці еквівалентності надлишок йонів Плюмбуму реагує з дитизоном з утворенням комплексної сполуки. При цьому синьо-зелене забарвлення розчину змінюється на червоно-фіолетове.

Діапазон визначення сульфат-іонів знаходиться в межах від 50 до 300 мг/дм³. Якщо вміст SO_4^{2-} у досліджуваній воді укладається у зазначені межі, то дослідження можна проводити без розбавлення і концентрування проби. У випадку, коли масова концентрація сульфатів перевищує верхню межу, допускається розбавлення так, щоб концентрація сульфатів відповідала регламентованому діапазону. При масовій концентрації сульфатів у аналізованій пробі менше 50 мг/дм³, потрібно застосовувати інший метод визначення.

Визначенню заважають забарвлені і завислі речовини, а також інші катіони, здатні реагувати з дитизоном.



Методика проведення дослідження

Робота включає три етапи. На підготовчому етапі визначають коефіцієнт молярності плюмбум нітрату (поправочний коефіцієнт К). На другому етапі проводять підготовку проби досліджуваної води. Після цього переходять до третього етапу – визначення вмісту сульфат-іонів у підготовленій пробі води.

1. Підготовчий етап

- ✓ У три конічні колби відбирають по 10 мл розчину калій сульфату і додають по 30 мл етилового спирту (або ацетону) й індикатор дитизон у такій кількості, щоб розчин набув синьо-зеленого кольору.
- ✓ Проби титрують розчином плюмбум нітрату при постійному перемішуванні до переходу забарвлення розчину в червоно-фіолетове, що не зникає при стоянні. За відсутності розбіжності в об'ємах титранта більше 0,02 мл за результат титрування приймають середнє арифметичне.
- ✓ Результати записують у таблицю за формою:

Об'єм проби K ₂ SO ₄ (мл)	Об'єм розчину Pb(NO ₃) ₂ (мл)				Поправочний коефіцієнт К
	1	2	3	Середнє	

- ✓ Поправочний коефіцієнт визначають за формулою:

$$K = \frac{m(\text{K}_2\text{SO}_4) \cdot 4V(\text{K}_2\text{SO}_4)}{M(1/z\text{K}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) \cdot C(1/z\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)}$$

де $m(\text{K}_2\text{SO}_4)$ – наважка калій сульфату, що міститься в 250 мл розчину, г; $M(1/z\text{K}_2\text{SO}_4)$ – молярна маса еквівалента калій сульфату, г/моль; $V(\text{K}_2\text{SO}_4)$ – об'єм розчину K₂SO₄, взятий для визначення коефіцієнта, мл; $V(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)$ – об'єм розчину Pb(NO₃)₂, який було витрачено на титрування калій сульфату, мл; $C(1/z\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)$ – молярна концентрація еквівалента Pb(NO₃)₂, моль/л.

$$K = \frac{0,4357 \cdot 4 \cdot 10}{87,12 \cdot V(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) \cdot 0,02}$$

2. Підготовка проб води

- ✓ Завислі і колоїдні речовини усувають попереднім фільтруванням.
- ✓ Для видалення катіонів, здатних реагувати з дитизоном, пробу води пропускають через колонку з катіонітом КУ-2 у H^+ -формі. Смола КУ-2 попередньо регенерують хлоридною кислотою з молярною концентрацією 4 моль/дм^3 і відмивають дистильованою водою. Першу порцію води, що пройшла через колонку (25 – 30 мл), відкидають.

3. Виконання аналізу

- ✓ У три конічні колби відбирають по 10 - 20 мл підготовленої проби води і додають по 30 - 60 мл спирту (або ацетону).
- ✓ Додають індикатор дитизон у такій кількості, щоб розчин набув синьо - зеленого забарвлення.
- ✓ Проби титрують розчином плюмбум нітрату при постійному перемішуванні до переходу забарвлення розчину в червоно - фіолетове.
- ✓ Поблизу точки еквівалентності розчин плюмбум нітрату потрібно додавати по одній краплі з інтенсивним перемішуванням суміші, доти, поки перестане відновлюватись синє забарвлення розчину. Фіксують об'єми розчину $Pb(NO_3)_2$, який було витрачено на титрування.

Обробка результатів аналізу

1. Результати записують у таблицю за формою:

Об'єм проби води (мл)	Об'єм розчину $Pb(NO_3)_2$ (мл)				Масова концентрація сульфатів, г/л
	1	2	3	Середнє	

2. Масову концентрацію сульфатів у аналізованій пробі води розраховують за формулою:

$$\rho(X) = \frac{48,03 \cdot V(Pb(NO_3)_2) \cdot 0,02 \cdot K \cdot 1000}{V(\text{проби})},$$

де $\rho(X)$ – масова концентрація сульфатів у воді, мг/дм^3 ; $V(Pb(NO_3)_2)$ – об'єм розчину плюмбум нітрату, витраченого на титрування, см^3 ; $V(\text{проби})$ – об'єм проби, взятий для титрування після пропущення через катіоніт, см^3 ; 0,02 – молярна концентрація еквівалента $Pb(NO_3)_2$, моль/дм^3 ; 48,03 – молярна

маса еквівалента сульфат-іона, г/моль; K – коефіцієнт молярності (поправочний коефіцієнт).

✓ **Висновки за результатами дослідження:**

- Яку роль виконує дитизон при визначенні сульфатів у воді титриметричним методом? Відповідь обґрунтуйте.
- Як усувається вплив домішок, які можуть бути присутні в пробі води і заважають визначенню сульфатів? Які катіони можуть реагувати з дитизоном? Відповідь обґрунтуйте.
- Порівняти результати визначення вмісту сульфатів у пробах води, одержані різними методами.
- Визначити, чи відноситься досліджувана вода до класу сульфатних вод.

Контрольні питання

1. Як класифікувати природні води за переважним умістом аніонів?
2. Як класифікувати сульфатні води за вмістом катіонів?
3. Які існують нормативи на вміст сульфатів у питній воді, природних і стічних водах?
4. Який вплив на організм людини можуть надавати сульфат-іони в питній воді при підвищеному їх умісті?
5. Пояснити причини накопичення сульфат-іонів у природних водах.

3.4. Ферум та його сполуки у природних водах

Завдання роботи: вивчити методи визначення присутності сполук Феруму у природних водах;
вивчити хімічні закономірності, які лежать в основі методів якісного та кількісного визначення йонів Феруму;
знати хімічний склад сполук та форми, в яких Ферум міститься у природних водах.

Реактиви	Обладнання
1. Концентрована нітратна кислота, 2. розчин нітратної кислоти ($C(1/z) = 4$ моль/л), 3. розчин гідроген пероксиду ($\omega = 3\%$), 4. розчин амоній або калій роданіду ($\omega = 50\%$),	1. Пробірки, 2. конічні колби, 3. мірні колби на 50 і 100 мл, 4. фільтрувальний папір,

5. амоній персульфат кристалічний,	
6. розчин амоній персульфату або калій перманганату ($\omega = 5\%$),	
7. дистильована вода.	

Основними джерелами сполук Феруму в поверхневих водах є процеси хімічного вивітрювання гірських порід, що супроводжуються їх механічним руйнуванням і розчиненням. Проте, значні кількості Феруму надходять не тільки з підземним стоком. Велику частку їх складають стічні води підприємств металургійної, металообробної, текстильної, лакофарбової промисловості та з сільськогосподарськими стоками.

У природних водах у результаті взаємодії з мінеральними й органічними речовинами утворюється складний комплекс сполук Феруму, які знаходяться у воді у трьох основних формах: в розчиненому, колоїдно осажденному і завислому станах.

1. *Істинно розчинний стан* представлений сполуками Феруму(II); це прозорий безбарвний природний розчин, який утворюють підземні води.
2. *Нерозчинний стан* – це важкорозчинні сполуки Феруму(III), на присутність яких указує коричнево - бурій осад або яскраво виражені пластівці у прозорій воді.
3. *Колоїдний стан* – його свідченням є забарвлена у жовтувато-коричневий колір вода з ефектом опалесценції; у такій воді осад не випадає навіть при тривалому відстоюванні.
4. *Ферумоорганічні сполуки* – солі Феруму і ґрунтових кислот, які містяться у прозорій воді з жовтувато – коричневим відтінком.
5. *Ферум у клітинах залізобактерій*, ознакою чого є утворення коричневого слизу, наприклад, на водопровідних трубах.

Розчинний стан Феруму представлений сполуками, що перебувають у йонній формі, у вигляді гідроксокомплексів і комплексів з розчиненими неорганічними і органічними речовинами природних вод. У йонній формі мігрує переважно Fe(II), для присутності Fe(III) у розчиненому стані у воді мають бути штучні або природні комплексоутворюючі речовини. Тому основною розчинною формою знаходження Fe(III) у поверхневих водах є його комплексні сполуки з лігандами, представленими розчиненими неорганічними і органічними сполуками, а саме гумусовими речовинами.

Колоїдний стан представлений переважно ферумовмісними мінералами, оксидами і гідроксидами Феруму(III) і сполуками

Феруму, сорбованими на зависях, наприклад, глинистих мінералів з розміром частинок більше 0,45 мкм.

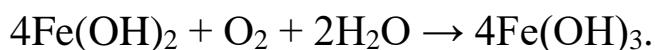
Утворення *бурого осаду* ферум(III) гідроксиду відбувається в наслідок хімічного і біохімічного (за участі залізобактерій) окиснення розчинних форм Fe(II).

Рівновага між різними *формами*, в яких міститься Ферум у природних водах, залежать від хімічного складу вод, їх кислотності й температури.

Переважаючою формою існування Феруму(II) у підземних водах є гідроген карбонат $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, який стійкий тільки при великій концентрації H_2CO_3 і за відсутності розчиненого кисню. Вода в цьому випадку прозора і безбарвна, але при стоянні на повітрі двовалентний Ферум окиснюється і вода набуває бурого відтінку. При зменшенні концентрації H_2CO_3 , тобто при підвищенні рН і появі у воді розчиненого кисню або інших окиснювачів, відбувається процес гідролізу, і Fe^{2+} переходить у малорозчинний гідроксид двовалентного Феруму:



При цьому утворюється ряд проміжних сполук, і у воді одночасно присутні як недисоційовані форми, так і йони: $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, Fe^{2+} , $\text{Fe}(\text{OH})^+$. У присутності розчиненого у воді кисню відбувається окиснення Fe^{2+} за рівнянням:



На цій стадії також одночасно присутні проміжні сполуки – $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ і $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$. Процес окиснення двовалентного Феруму в тривалентний у багатьох випадках у природних умовах відбувається за участю мікроорганізмів – залізобактерій, які використовують енергію реакції хімічного окиснення Феруму(II).

Утворений при окисненні ферум(III) гідроксид малорозчинний у воді. Так, при рН = 4 у воді може міститися до 0,05 мг/л $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Ферум(III) гідроксид може бути присутнім у воді в колоїдному стані – однією з основних форм існування Феруму в поверхневих водах. Стійкість колоїдного Феруму суттєво підвищується за рахунок захисної дії гумусових речовин. З такого комплексу Ферум може бути переведений в осад двома шляхами: природним – за участі бактерій, що руйнують органічну речовину, і штучним – за допомогою сильних окисників, які знищують захисні колоїди, а також під дією коагулянтів, наприклад, золів силікатої кислоти.

- Таким чином, у природних водах існує декілька сполук Феруму.
1. Елементарний Ферум (Fe^0). У воді не розчиняється, у присутності кисню повітря або вологи окиснюється до Fe_2O_3 , утворюючи іржу.
 2. Ферум двовалентний (Fe^{2+}). Переважно існує за умов відсутності кисню повітря і досить високого вмісту H_2CO_3 , тобто в основному в підземних водах. Його сполуки мають високу розчинність. При окисненні Fe(II) випадає червоно-бурий осад сполук Fe(III) .
 3. Ферум(III) гідроксид. У нейтральному та лужному середовищі ($\text{pH} \geq 7$) не розчиняється у воді, може знаходитися як у колоїдному стані, так і випадати в осад червоно-бурого кольору.
 4. Солі Феруму(III) – ферум(III) хлорид (FeCl_3), ферум(III) сульфат ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) – які добре розчинні у воді.
 5. Органічний Ферум. Найбільшу роль в утворенні органічного Феруму відіграють гумусові речовини, утворюючи з ним складні комплекси і колоїдні структури.

Уміст Феруму у 1 літрі поверхневих вод суші становить десяті частки міліграма, поблизу боліт – одиниці міліграмів. Підвищений уміст Феруму спостерігається в болотних водах, в яких він знаходиться у вигляді комплексів з ґрунтовими кислотами. Найбільші концентрації Феруму (до декількох десятків і сотень міліграмів на 1 л) спостерігаються в підземних водах з низькими значеннями рН.

Як біологічно активний елемент, Ферум певною мірою впливає на інтенсивність розвитку фітопланктону і якісний склад мікрофлори у водоймі.

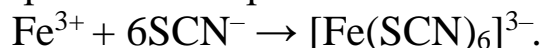
Концентрація Феруму змінюється залежно від пори року. Зазвичай у водоймах з високою біологічною продуктивністю в період літньої та зимової стагнації концентрація Феруму в придонних шарах води помітно збільшується. Осінньо - весняне перемішування водних мас (гомותרмія) супроводжується окисненням Fe(II) до Fe(III) і випаданням осаду Fe(OH)_3 .

Уміст Fe у питній воді вище 1 - 2 мг/л значно погіршує органолептичні властивості, надаючи їй неприємний в'язкий смак. Смак води стає схожим на смак чорнил, якщо вміст сполук Феруму досягає 1,5 мг в 1 л води. У масловиробництві вода з високим умістом Fe викликає прогресуюче розкладання жирів і додає маслу металічний присмак.

ГДК Fe у питній воді становить 0,3 мг/л (лімітуючий показник шкідливості – органолептичний), ГДК для водойм рибогосподарського призначення – 0,1 мг/л.

3.4.1. Якісна оцінка вмісту загального Феруму

Солі Феруму(II) переводять у солі Феруму(III), при взаємодії яких з надлишком амоній або калій роданіду утворюється комплексна сполука з інтенсивно червоним забарвленням:



Методика проведення дослідження

- ✓ У дві пробірки наливають по 10 мл дистильованої води (контроль, № 1) і досліджуваної води (№ 2).
- ✓ Додають по 2 краплі концентрованої нітратної (або хлоридної) кислоти.
- ✓ Далі у кожену пробірку додають по 1 - 2 краплі розчину гідроген пероксиду або кілька кристалів амоній персульфату.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- ✓ Додають 4 краплі розчину калій або амоній роданіду.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- ✓ Порівнюють забарвлення розчину в обох пробірках і визначають приблизний уміст Феруму, користуючись таблицею:

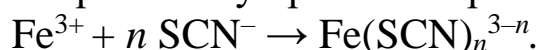
Забарвлення при спостереженні збоку	Забарвлення при спостереженні зверху	Уміст Феруму, мг/л
Забарвлення немає	Забарвлення немає	Менше 0,05
Ледь помітне жовто-рожеве	Дуже слабо жовтувато-рожеве	0,1
Дуже слабо жовтувато-рожеве	Світло-жовтувато-рожеве	0,25
Слабко жовтувато-рожеве	Слабко жовтувато-рожеве	0,50
Світло-жовтувато-рожеве	Жовтувато-рожеве	1,0
Жовтувато-рожеве	Жовтувато-червоне	2,5
Світло жовтувато-червоне	Яскраво-червоне	5,0

- ✓ **Висновок за результатами дослідження:**
– Оцінити приблизний уміст Феруму у досліджуваній воді.

- Пояснити причини накопичення Феруму у досліджуваній природній воді.
- Запропонувати склад сполук та форми, в яких Ферум міститься у досліджуваній воді.

3.4.2. Кількісне визначення загального Феруму у формі Fe(III)

Метод оснований на здатності йонів Fe^{3+} утворювати з роданід-іоном ряд комплексів, забарвлених у криваво-червоний колір:



Число роданід-іонів n може змінюватися від 1 до 6. У цій роботі береться надлишок роданід-іонів. Домішку двовалентного Феруму в розчині переводять у Ферум(III) додаванням амоній персульфату. Для пригнічення гідролізу солей Феруму(III) створюють кисле середовище за допомогою нітратної кислоти. Для стабілізації роданідних комплексів додають гідроген пероксид і розчин готують безпосередньо перед колориметруванням, оскільки забарвлення розчинів є нестійким.

Методика проведення дослідження

1. *Підготовчий етап – побудова калібрувального графіка*
 - ✓ *Приготувати стандартний розчин.* Для цього зважити 0,864 г залізоамонійних галунів $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.), розчинити у невеликій кількості води. Розчин підкислити додаванням по краплям нітратної кислоти з молярною концентрацією 4 моль/л до моменту одержання прозорого розчину, довести об'єм розчину дистильованою водою до 1 л (у 0,1 мл такого розчину міститься 1 мг Феруму) і ретельно перемішати.
 - ✓ У день аналізу приготувати *робочий розчин*, в якому міститься 0,01 мг Феруму у 1 мл. Для цього розбавити стандартний розчин у 10 разів.
 - ✓ З робочого розчину приготувати *еталонні розчини*. Розчини готують послідовно тільки після короліметрування попереднього. Для цього беруть 7 мірних колб на 100 мл. У колби наливають певну кількість робочого розчину і доливають 20 мл дистильованої води, а потім – 2 мл амоній роданіду. Об'єм одержаного розчину одразу доводять дистильованою водою до мітки і перемішують.

№ колби	1	2	3	4	5	6	7
Об'єм робочого розчину, мл	1	2	4	8	16	24	32
Масова концентрація Fe у еталонному розчині, мг/л	0,1	0,2	0,4	0,8	0,16	0,24	0,32

- ✓ Еталонні розчини послідовно колориметрують впродовж 15 - 30 хвилин після приготування кожного на фотоелектроколориметрі при довжині хвилі 450 - 480 нм.
- ✓ Результати визначення оптичної густини розчинів заносять у таблицю за формою:

№ колби	1	2	3	4	5	6	7
Об'єм робочого розчину, мл	1	2	4	8	16	24	32
Оптична густина еталонного розчину, D							

- ✓ За результатами визначення оптичної густини еталонних розчинів будують калібрувальний графік. По осі абсцис відкладають масу Феруму у 100 мл еталонного розчину (мг), а по осі ординат – відповідні їм показання приладу.

№ колби	1	2	3	4	5	6	7
Масова концентрація Fe у еталонному розчині, мг/л	0,1	0,2	0,4	0,8	0,16	0,24	0,32
Оптична густина еталонного розчину, D							

2. Основний етап

- ✓ Перед аналізом досліджувану воду підкислити до рН = 4, кип'ятити до зменшення об'єму на 1/3, охолодити і дистильованою водою довести до попереднього об'єму. Після цього воду профільтрувати.
- ✓ У мірну колбу місткістю 100 мл налити від 1 до 50 мл досліджуваної води і додати 2 мл концентрованої нітратної кислоти.
- ✓ Додати кілька кристалів амоній персульфату, ретельно перемішати і нагрівати на водяній бані впродовж 10 хвилин, після чого охолодити. До охолодженого розчину додати 2 мл розчину гідроген пероксиду.
- ✓ Додати 2 мл розчину калій або амоній роданіду і довести загальний об'єм у колбі дистильованою водою до мітки.
- ✓ Колориметрувати впродовж 10 - 15 хвилин. Записати значення оптичної густини досліджуваного розчину.

Оцінка результатів експерименту

1. Користуючись калібрувальним графіком

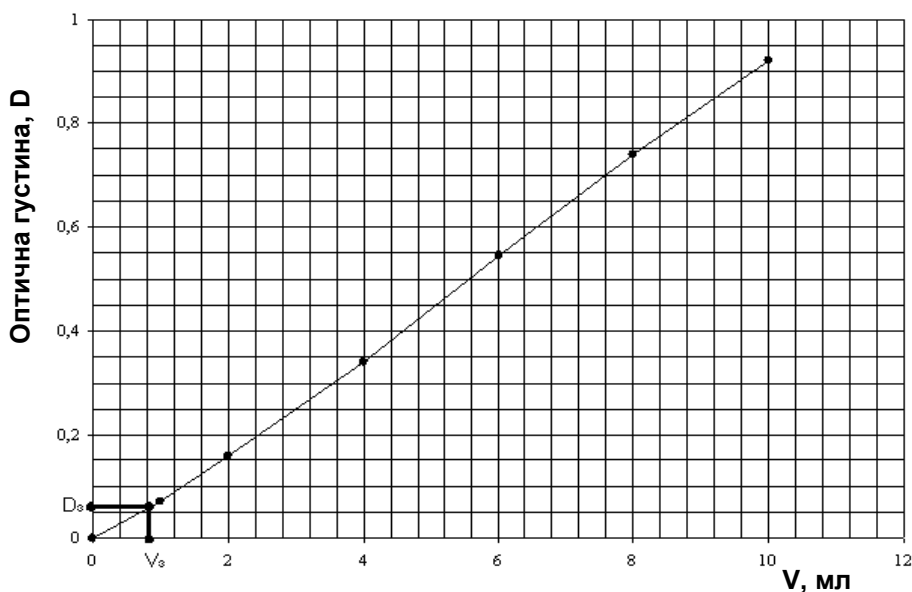


Рис. 20. Калібрувальний графік для визначення Феруму у складі тіоціанатних комплексів

визначити масову концентрацію Феруму у відповідному еталонному розчині (ρ_{Fe} , мг/л).

2. Розрахувати уміст Феруму у пробі досліджуваної води ($\rho_{x,\text{Fe}}$, мг/л) за формулою:

$$\rho_{x,\text{Fe}} = \frac{\rho_{\text{Fe}} \cdot 100}{V_{\text{(проби води)}}}$$

✓ Висновки за результатами дослідження:

- Порівняти вміст Феруму в досліджуваних зразках води за результатами двох методів.
- Запропонувати форми існування Феруму у досліджуваній воді.
- У складі яких сполук знаходиться Ферум у досліджуваній воді.
- Пояснити, які природні процеси могли стати причиною накопичення Феруму у досліджуваній воді.

Контрольні питання

1. Міграція Феруму: його осадження на геохімічних бар'єрах і переміщення у розчинних формах.
2. Методи очищення питної води від Феруму.

3. Біологічна роль Феруму.
4. Як змінюється рН поверхневих вод у період інтенсивного танення снігів?
5. Що таке редокс-буферність природних вод? З перебігом яких процесів вона пов'язана?
6. Які процеси обумовлюють карбонатну рівновагу природних вод?
7. Назвіть основні особливості перебігу окиснювально - відновних процесів у природних водах.
8. Закономірності міграції важких металів у природних водах.
9. Осадження важких металів на геохімічних бар'єрах.

IV. АТМОСФЕРА



4.1. Уміст вуглекислого газу у повітрі

Завдання роботи: знати компонентний склад атмосфери на різній висоті від поверхні Землі;
вивчити хімічні закономірності, які лежать розрізняти хімічні речовини, які є природними компонентами та забруднювачами атмосфери;
оволодіти методами визначення CO_2 і амоніаку в атмосфері.

Реактиви:	Устаткування:
1. Розчин бариту ($\text{C}(1/z\text{Ba}(\text{OH})_2) \sim 0,02$ моль/л); 2. фенолфталеїн (1 % водно-спиртовий розчин), 3. розчин оксалатної кислоти ($\text{C}(1/z\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \sim 0,02$ моль/л) 4. кальцинована сода (0,005 % розчин); 5. водний розчин амоніаку (25 %); 6. розчин сульфатної кислоти ($\text{C}(1/z\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0002$ моль/л); 7. водно-спиртовий розчин метилового оранжевого (1 %);	1. Шприць на 100 мл з голкою, 2. пробірка, 3. бюретка 4. пробка з піпеткою, 5. шприць на 100 мл.

Поглинальний розчин: до 500 мл дистильованої води додати 0,04 мл розчину амоніаку (25 %) та 1 - 2 краплі фенолфталеїну (1 %).

Атмосфера Землі утворена сумішшю газів, яка названа повітрям. Її основні складові – азот і кисень у співвідношенні приблизно 4 : 1. На людину впливає стан переважно нижніх 15 - 25 км шарів атмосфери, оскільки саме в них зосереджена основна маса повітря. Вищі шари атмосфери – це також і хімічна лабораторія, де в умовах, близьких до вакууму, деякі атмосферні гази під впливом потужного потоку сонячної енергії вступають у хімічні реакції.

У повітрі у вигляді невеликих домішок присутні й інші гази: озон, метан, карбон(II) оксид (CO), оксиди Нітрогену й Сульфуру, амоніак.

Для організму людини шкідливими газами є вуглекислий газ, амоніак, гідрогенсульфід, особливо, якщо вони містяться у повітрі у концентраціях, що перевищують максимально допустимі гігієнічні

норми. Дія, наприклад, карбон(II) оксиду CO на організм пов'язана з надходженням газу у кров, взаємодією з гемоглобіном і блокуванням його транспортної функції з перенесенням кисню до клітин та вуглекислого газу від клітин. Взаємодія гемоглобіну з цим газом спричиняє анемію у тварин.

Амоніак (NH_3) – це газ без кольору, токсичний, з характерним подразнюючим запахом, який відчувається при концентрації 35 мг/м^3 . Джерелом надходження амоніаку у повітря приміщень є розкладання сечі, фекалій, підстилки. Допустима концентрація амоніаку в приміщеннях $10 - 20 \text{ мг/м}^3$. Присутність в атмосферному повітрі амоніаку не допускається.

Гідрогенсульфід (H_2S) – газ без кольору, має запах тухлих яєць. Допустима концентрація в тваринницьких приміщеннях $5 - 10 \text{ мг/м}^3$. Утворюється сірководень при гнитті сульфуровмісних органічних речовин, а також надходить з клоачними газами. Сірководень дуже отруйний, за дією наближається до синильної кислоти. Потрапляючи на слизові оболонки дихальних шляхів він реагує з тканинними лужними металами, утворюючи сульфід Натрію або Калію, які попадають у кров і гідролізують з утворенням H_2S . Останній діє на нервову систему організму. У підвищених кількостях (1000 мг/м^3) газ викликає загальне отруєння, призводить до паралічу дихального і судинорухового центрів (токсична дія). При довгочасному вдиханні незначної кількості газу ослаблюється весь організм, понижується його резистентність, що сприяє виникненню вторинних захворювань (метатоксична дія).

Вуглекислий газ (CO_2) – малотоксичний, без кольору, запаху. Допустима кількість газу в повітрі тваринницьких приміщень до $0,15 - 0,30 \%$. В атмосферному повітрі міститься $0,03 \%$ CO_2 для сільської місцевості та $0,04 \%$ – для міста.

Дослідженнями встановлено, що підвищення концентрації CO_2 до $2 - 2,5 \%$ не викликає помітних відхилень у самопочутті людини, її працездатності. Якщо уміст CO_2 досягає 4% підвищується інтенсивність дихання, серцева діяльність, знижується працездатність. Подальше зростання його концентрації до 5% супроводжуються задишкою, підсиленням серцевої діяльності, зниженням працездатності. Накопичення CO_2 до 6% сприяє зниженню розумової діяльності, виникненню головного болю, запаморочення, а до 7% – може викликати неспроможність контролювати свої дії, втрату свідомості і навіть смерть. Присутність 10% CO_2 у повітрі викликає швидку, а $15 - 20 \%$ – миттєву смерть у результаті паралічу дихання. Гранично допустима концентрація (ГДК) CO_2 в житлових

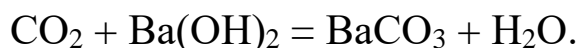
приміщеннях різного призначення встановлена в межах 0,07 - 0,1 %, у виробничих приміщеннях, де CO₂ накопичується від технологічного процесу, – до 1 - 1,5 %.

4.1.1. Експрес-метод визначення вуглекислого газу (CO₂) у повітрі за Демчуком

Визначення вуглекислого газу в повітрі здійснюється різними методами: титриметричним Суботіна-Нагорського, пробірочними – за Прохоровим, Демчуком та іншими.

Титриметричний метод визначення CO₂ повітря за Суботіним-Нагорським, оснований на властивості розчинів лугу поглинати в еквівалентних кількостях вуглекислий газ. У цьому методі певний об'єм повітря обробляється титрованим розчином Ва(ОН)₂, який інтенсивно поглинає вуглекислий газ, після чого його титр зменшується. За різницею титрів розчинів до поглинання і після поглинання CO₂ визначають кількість вуглекислого газу.

В умовах виробництва для визначення CO₂ найчастіше користуються методом за Демчуком. Метод ґрунтується на зв'язуванні вуглекислого газу слабким розчином барій гідроксиду (C(1/zBa(ОН)₂) = 0,005 моль/л) з утворенням барій карбонату:



Надлишок бариту, що не прореагував з CO₂, відтитровують оксалатною (або хлоридною) кислотою:

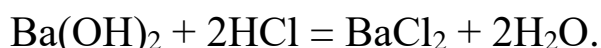


Рис.21. Колба Макарова.

У даному методі необхідно знати: концентрацію розчину барій гідроксиду; об'єм цього розчину, взятий для дослідження; об'єм пропущеного повітря крізь розчин барій гідроксиду. Зручно користуватися розчинами бариту і кислот з молярною концентрацією еквівалента 0,02 моль/л, скільки один мілілітр цих розчинів еквівалентний 0,44 мг CO₂.

Методика проведення дослідження

- ✓ Працюють з двома пробами повітря: чистим та забрудненим надлишковою кількістю CO₂. Усі операції дослідження проводять однаково з обома пробами.

- ✓ Беруть дві реакційні мірні пробірки або колби Макарова (рис. 21). До кожної пробірки підбирають гумовий корок з отвором, який закривають скляною паличкою. Почергово з корку виймають скляну паличку і через отвір у пробірку наливають 2 мл розчину бариту, додають кілька крапель фенолфталеїну. Пробірку швидко щільно закривають.
- ✓ Заповнюють пробірку повітрям. Для цього у корок встромляють голку від шприця (об'ємом 100 мл), а скляну паличку замінюють скляною трубкою, яка щільно тримається у корку. Під'єднують шприць до голки і поступово відтягують поршень. При цьому повітря засмоктується в пробірку через відкритий отвір піпетки.
- ✓ Шприць знімають, залишаючи голку у пробці, отвори голки і піпетки одразу закривають і вміст пробірки енергійно збовтують протягом 30 - 40 секунд.
- ✓ Якщо після струшування розчин залишається рожевим, то в пробірку вводять додаткову порцію досліджуваного повітря. Для цього відкривають отвір піпетки, шприць знову з'єднують з голкою і відтягують поршень шприця, відбираючи 2 - 2,5 мл прореагованого повітря. Тоді в пробірку нагнітається така ж кількість досліджуваного повітря.
- ✓ Пробірку знову закривають і вміст пробірки збовтують протягом 30 - 40 секунд. Так продовжують до повного знебарвлення розчину бариту. Фіксують об'єми пропущеного через розчин бариту повітря – контрольного та забрудненого.

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
--	-------------------------------

- ✓ *За другим способом* можна однократно пропустити через розчин бариту певний об'єм чистого та забрудненого повітря. Надлишок бариту відтитрувати розчином оксалатної кислоти до зникнення малинового забарвлення. Зафіксувати об'єми розчинів кислоти, що було витрачено на титрування в обох випадках.

Оцінка результатів експерименту

1. Результати вимірювань записують у таблицю за формою:

Об'єм повітря		Об'єм розчину кислоти		$\varphi(\text{CO}_2)$ %
чистого V_0 , мл	забрудненого V , мл	$V_{0,к}$, мл	V_k , мл	

2. Визначають концентрацію вуглекислого газу в повітрі за формулою:

$$\varphi_{\text{CO}_2} = \frac{(V_{0,\text{к}} - V_{\text{к}}) \cdot 0,44 \cdot 0,508}{V_0 \cdot 10} (\%),$$

де $V_{0,\text{к}}$ – об'єм кислоти, що витрачено на титрування розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$ при пропусканні чистого повітря (без CO_2), мл; $V_{\text{к}}$ – об'єм кислоти, що витрачено на титрування розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$ при пропусканні забрудненого повітря, що містить CO_2 , мл; 0,440 – об'єм CO_2 (мл), що еквівалентний 1 мл розчину кислоти з молярною концентрацією еквівалента 0,02 моль/л; 0,508 – об'єм CO_2 (н.у.), який відповідає 1 мг CO_2 ; V_0 – об'єм досліджуваного повітря (л), приведений до н.у. за формулою

$$V_0 = \frac{273 \cdot V_t \cdot P}{760 \cdot (273 + t)}.$$

3. Визначають концентрацію вуглекислого газу в повітрі користуючись таблицею (додаток).

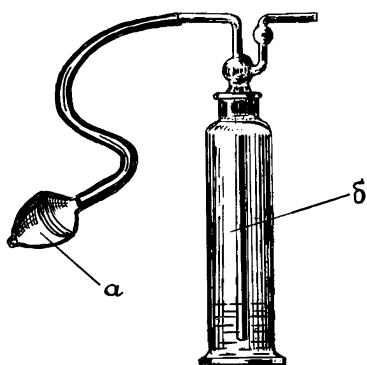


Рис.22. Прилад для визначення концентрації CO_2 за Лунге-Цеккендорфом:

a – гумова груша для продування повітря з клапаном; *б* – склянка Дрекселя з розчином соди з фенолфталеїном.

Приклад розрахунку за табличними даними:

- Об'єм пробірки підготовленої для аналізу (закрита корком з піпеткою і голкою) – 30 см³;
- об'єм взятого для реакції розчину бариту – 2 мл;
- шприцом введено в пробірку досліджуване повітря – 22 мл;
- об'єм всього повітря, взятого для аналізу 30 – 2 + 22 = 50 мл;
- титр розчину бариту – 2,1;
- концентрація вуглекислого газу в повітрі – 0,27 % (див. додаток)

4.1.2. Експрес-метод визначення вуглекислого газу (CO_2) у повітрі – метод Лунге-Цеккендорфа за модифікацією Д. В. Прохорова

Методика проведення дослідження

- ✓ У шприць об'ємом 100 мл набирають 20 мл 0,005 % розчину Na_2CO_3 з фенолфталеїном, який має рожеве забарвлення.
- ✓ Потім засмоктують у шприць з розчином 80 мл повітря й струшують протягом однієї хвилини.

- ✓ Якщо не відбулося знебарвлення розчину, повітря зі шприця обережно вичавлюють, залишивши в ньому розчин, і знову набирають порцію повітря й струшують ще одну хвилину.
- ✓ Цю операцію повторюють 3 - 4 рази, після чого додають повітря невеликими порціями по 10 - 20 мл, щораз струшуючи вміст впродовж 1 хвилини до знебарвлення розчину.

Оцінка результатів експерименту

1. Підраховують загальний об'єм повітря, що пройшло через шприць і визначають концентрацію CO₂ у повітрі за даними, наведеним у таблиці 22:

Таблиця 22

**Вміст CO₂ у повітрі залежно від об'єму повітря (мл), знебарвленого
20 мл 0,005 % розчину соди**

Об'єм повітря, мл	Вміст CO ₂ , %	Об'єм повітря	Вміст CO ₂ , %	Об'єм повітря	Вміст CO ₂ , %
8,0	0,32	33,0	0,116	41,0	0,084
16,0	0,208	34,0	0,112	42,0	0,080
20,0	0,182	35,0	0,108	43,0	0,076
24,0	0,156	36,0	0,104	44,0	0,070
26,0	0,144	37,0	0,100	45,0	0,066
28,0	0,136	38,0	0,096	46,0	0,060
30,0	0,128	39,0	0,092	47,0	0,056
32,0	0,120	40,0	0,088	48,0	0,052

4.1.3. Експрес-метод визначення вуглекислого газу (CO₂) у повітрі – модифікація методу Лунге-Цеккендорфа

Визначення засноване на нейтралізації слабкого розчину амоніаку вуглекислим газом у присутності індикатора фенолфталеїну. Надалі проводиться порівняння досліджуваного повітря й повітря відкритої атмосфери.

Методика проведення дослідження

- ✓ Спочатку дослідження проводять з повітрям відкритої атмосфери. У пробірку наливають 10 мл поглинального розчину й закривають гумовою пробкою, яку заздалегідь проколюють голкою від шприця.

- ✓ Повітря вбирають шприцем до поділки 20 мл і під тиском вводять через голку в пробірку з розчином амоніаку.
- ✓ Не відпускаючи поршня, пробірку енергійно збовтують для поглинання CO_2 з повітря.
- ✓ Ці маніпуляції проводять до повного знебарвлення поглинального розчину. Записують, скільки разів (число шприців) довелося вводити повітря зі шприця у пробірку, поки розчин знебарвився.
- ✓ Після цього пробірку звільняють від використаного розчину, промивають дистильованою водою, заповнюють свіжим поглинальним розчином (10 мл) і аналогічно проводять визначення з досліджуваним повітрям. Знову відзначають (записують) число шприців, використаних на знебарвлення розчину. Зазвичай у другому випадку для нейтралізації розчину амоніаку потрібне менше число шприців з повітрям.

Оцінка результатів експерименту

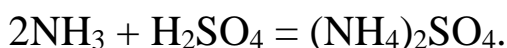
1. Концентрацію карбон(IV) оксиду у повітрі визначають за формулою:

$$\omega(\%) = \frac{0,04 \cdot n}{n_i},$$

де n – число шприців повітря відкритої атмосфери; n_i – число шприців досліджуваного повітря.

4.2. Визначення концентрації амоніаку в повітрі експрес-методом

Метод ґрунтується на зв'язуванні амоніаку розчином сульфатної кислоти ($C(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0002$ моль/л) з утворенням амоній сульфату:



При цьому необхідно знати: концентрацію розчину сульфатної кислоти, кількість цієї кислоти, взяту для дослідження, та об'єм пропущеного крізь кислоту досліджуваного повітря.

Методика проведення дослідження

- ✓ У чистий поглинач піпеткою або дозатором налити 2 мл розчину сульфатної кислоти з індикатором.
- ✓ Через розчин за допомогою шприця просмоктувати досліджуване повітря доти, поки кислота не забарвиться у

зелений колір. За кількістю взятого для аналізу повітря визначити концентрацію амоніаку (див. додаток).

Приклад розрахунку: для переходу 2 мл розчину сульфатної кислоти в зелений колір через неї пропущено 620 мл повітря. Тоді концентрація амоніаку становить 11,0 мг/м³.

✓ **Загальні висновки за результатами досліджень:**

1. Уміст вуглекислого газу в досліджуваному повітрі, визначений за різними експрес-методами. Який метод дає найбільш точні результати?
2. За результатами дослідження оцінити забрудненість повітря вуглекислим газом.
3. Порівняти одержані результати з літературними даними про склад атмосферного та легеневого повітря.
4. Уплив на організм підвищеного вмісту амоніаку в повітрі.
5. Джерела утворення вуглекислого газу в атмосферному повітрі.
6. Дія підвищеного вмісту вуглекислого газу в повітрі на організм.
7. Допустимі концентрації вуглекислого газу в повітрі.

Контрольні питання

1. Назвати основні хімічні компоненти тропосфери.
2. Який інертний газ представлений в тропосфері в найбільшій кількості?
3. Як перевести об'ємні відсотки вмісту газу в мільйонні частки (одиниці ppm)?
4. Як змінюється парціальний тиск окремих компонентів атмосфери з висотою ?
5. На яких висотах розташовується стратосферний шар?
6. Яка температура повітря на межі тропосфери і стратосфери?
7. Дати визначення аерозолів. Яке джерело надходження аерозольних частинок в атмосферу є основним?
8. Назвати джерела природного забруднення тропосфери.
9. Назвати властивості озону як хімічної сполуки.
10. Як змінюється концентрація озону в стратосфері при збільшенні відстані від поверхні Землі ?
11. Чи є озон парниковим газом?
12. Що таке нульовий цикл озону?
13. Яка роль молекул хлору у зменшенні концентрації озону?

14. Яка роль гідроксидних і гідрогенпероксидних радикалів в реакціях обриву ланцюга розпаду озону?

Задачі

Ситуаційна задача. *Розрахувати необхідний об'єм вентиляції для людини.*

Повітря населених людьми приміщень вважається чистим, якщо концентрація CO₂ не перевищує гранично допустимих концентрацій – 0,07 % (0,7 ‰) за Петенкофером або 0,1 % (1,0 ‰) за Флюге. На цій підставі розраховується необхідний об'єм вентиляції – кількість свіжого повітря, яке має поступати в приміщення, щоб концентрація CO₂ не перевищила приведених нормативів.

Його розраховують за формулою:

$$V = (K n) / (P - P_1),$$

де: V – об'єм вентиляції м³/годину; K – кількість CO₂, що виділяє одна людина за одну годину (у спокої 22,6 л/год; уві сні – 16 л/год; при виконанні роботи різної важкості – 30-40 л/год); n – кількість людей у приміщенні; P – гранично допустима концентрація CO₂ в проміллях (0,7 чи 1,0 ‰); P_1 – концентрація CO₂ в атмосферному повітрі в проміллях (0,4 ‰). При фізичних навантаженнях пропорційно їх важкості та інтенсивності зростає кількість дихальних рухів, а тому зростає і кількість видихуваного CO₂ та необхідний об'єм вентиляції.

1. Розрахувати необхідний об'єм вентиляції для однієї дорослої людини при умові, що концентрація CO₂ в повітрі лікарняної палати не повинна перевищувати 1 л/м³ (1 ‰ або 0,1%).

4.3. Визначення карбон(II) оксиду у атмосфері

Завдання роботи: знати компонентний склад атмосфери на різній висоті від поверхні Землі;
вивчити хімічні закономірності, які лежать розрізняти хімічні речовини, які є природними компонентами та забруднювачами атмосфери;
оволодіти методами визначення CO в атмосфері.

Реактиви:	Устаткування:
1. Розчин аргентум(I) нітрату, 0,05 %, 2. розчин аргентум(I) нітрату, (C _{екв.} = 0,15 моль/л), 3. розчин амоніаку, 25 %, 4. розчин натрій гідроксиду, 0,5 %, 5. силікагель, 6. сульфатна кислота, 7. розчин калій гідроксиду (C _{екв.} = 0,1 моль/л).	1. Піпетка на 5 мл з ціною поділки 0,1 мл, 2. поглинальні прилади Полежаєва, 3. піпетки на 1, 2, 5, 10 мл, 4. колориметричні пробірки, 5. аспіратор, 6. установка для одержання CO.

Приготування поглинальні розчини:

1. до 100 мл розчину аргентум(I) нітрату (0,05 %) додають 0,5 мл розчину амоніаку (25 %);
2. 2 г натрій гідрогенсульфіту розчиняють у 10 мл води і додають 10 мл розчину натрій гідроксиду (10%).

В атмосфері карбон монооксид міститься в незначних кількостях (від 0,01 до 0,2 ppm: 0,000001 – 0,00002 %). У природних умовах, на поверхні Землі, CO утворюється при неповному анаеробному розкладанні органічних сполук і при згоранні біомаси, зазвичай при лісових і степових пожежах, вулканічних виверженнях.

Карбон монооксид утворюється в ґрунті як біологічним шляхом (виділення живими організмами), так і небіологічним. Експериментально доведено виділення CO у результаті перетворення фенольних сполук ґрунтів, що містять групи –OCH₃ або –OH в орто- або пароположенні відносно першої гідроксильної групи. Загальний баланс продукування небіологічного CO і його окиснювання мікроорганізмами залежить від конкретних екологічних умов, у першу чергу, від вологості і значення рН. Наприклад, з аридних ґрунтів карбон монооксид виділяється безпосередньо в атмосферу, створюючи, локальні максимуми концентрації цього газу.

В атмосфері CO утворюється як продукт ланцюжка реакцій за участю метану та інших вуглеводнів (у першу чергу, ізопрену).

Основним антропогенним джерелом CO на даний час є вихлопні гази двигунів внутрішнього згоряння. Карбон монооксид утворюється при згорянні вуглеводневого палива в двигунах внутрішнього згоряння при недостатніх температурах або поганому налаштуванні системи подачі повітря (недостатньо кисню для окиснення CO до CO₂). Вихлопні гази карбюраторних двигунів, що працюють на холостому ходу під час зупинок, містять до 15 %, а під час руху – до 4 % CO. У XIX столітті значну частку антропогенного надходження CO в атмосферу забезпечував світильний газ – суміш газів – водню (50 %), метану (34%), карбон монооксиду (8 %) та інших горючих газів. Цей газ утворюється при термічній переробці вугілля. Він застосовувався для освітлення житла і вулиць, а в згущеному вигляді (10⁻¹² атмосфер) – для освітлення вагонів. Крім того, для обігріву використовувався водяний газ – газова суміш, у складі якої міститься до 45 % карбон монооксиду. На даний час у комунальній сфері цей газ витіснений набагато менш токсичним природним газом.

Властивості CO: 4 клас небезпеки, ГДК – 3мг/м³, розчинність у воді – 0.44 г/100 см³ води при температурі 0 С.

Унікальним джерелом CO є метиленхлорид (дихлорометан) – розчинник, що міститься в засобах для видалення фарби та знежирення.

Використання палива, виготовленого на основі біомаси (наприклад, таких матеріалів, як сільськогосподарські відходи, сухий гній, деревина або деревне вугілля), яке спалюють при приготуванні їжі у традиційних кухонних вогнищах без димоходів, призводить до підвищення концентрації карбоксигемоглобіну приблизно на 13 %. Найбільш поширеною причиною утворення високих концентрацій карбоксигемоглобіну в організмі є куріння тютюну.

Надходження CO від природних і антропогенних джерел є приблизно однаковим. Карбон монооксид в атмосфері швидко окиснюється до карбон діоксиду; середня тривалість його перебування в атмосфері становить близько 0,1 року.

Метод виявлення CO оснований на відновленні карбон(II) оксидом аміакатних розчинів аргентум(I) нітрату та наступному колориметричному визначенні забарвлених розчинів. Чутливість метода – 0,1 мг у аналізованому об'ємі.

Методика проведення дослідження

1. Зібрати установку для одержання карбон(II) оксиду

- ✓ Установка має реактор – круглодонну колбу для перегонки (об'ємом 250 мл) – та систему очищення газу, розміщену після реактора (рис. 23). Система для очищення складається з двох промивних склянок на 50 мл й осушувальну склянку. У одну з промивних склянок поміщують 20 мл розчину натрій гідроксиду (30%), а в другу – 20 мл лужного розчину натрій гідрогенсульфіту. Для додаткового очищення газу від парів води використовують осушувальну склянку, яку наповнюють гранульованим кальцій хлоридом.

2. Одержання карбон(II) оксиду

- ✓ К реактор наливають приблизно 100 мл сульфатної кислоти. Колбу закривають пробкою з отвором, в яку щільно вставлена крапельна лійка (об'ємом 50 мл) з відтягнутим кінчиком.
- ✓ Колбу обережно нагрівають на пісчаній бані до 80 - 110 °С, потім при поступовому охолодженні з воронки краплями добавляють мурашину кислоту. Газ, що виділяється, проходить через систему для очищення.
- ✓ Перші порції газу випускають через дві промивні склянки для поглинання CO і попередження забруднення ним повітря лабораторії. Останню склянку заповнюють сумішшю з 10 мл розчину калій гідроксиду, 10 мл розчину аргентум(I) нітрату ($C_{\text{екв.}} = 0,15$ моль/л) та 10 мл розчину пірогалолу.

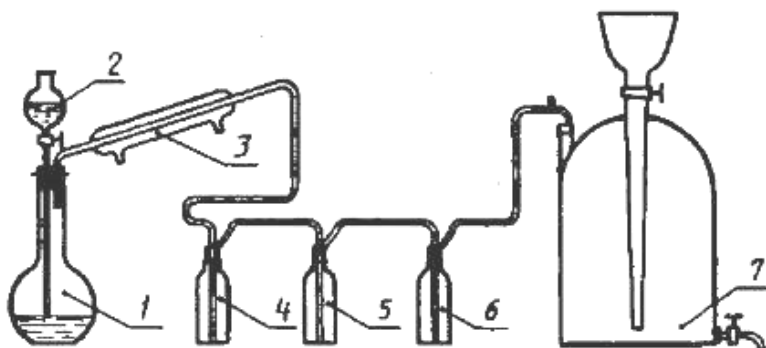
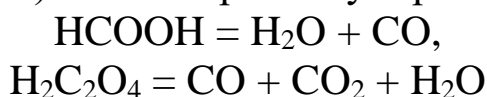


Рис. 23. Отримання CO в лабораторії:

- 1 - круглодонна колба (реактор);
- 2 - крапельна воронка з розчином мурашиної кислоти;
- 3 - холодильник;
- 4 - промивна склянка;
- 5 і 6 - склянки з пірогалолом;
- 7 - газометр.

3. Побудова стандартної колориметричної шкали.

- ✓ Стандартну шкалу готують у колориметричних пробірках. Для цього користуються мірною піпеткою, якою відбирають з

установки 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 мл досліджуваного розчину, що відповідає 0,125; 0,25; 0,375; 0,5; 0,625; 0,75 мг карбон(II) оксиду.

- ✓ Усі пробірки стандартної шкали і проби поміщують у киплячу водяну баню на 5 хвилин. Стандартна шкала стійка впродовж 3 діб.

4. Дослідження вмісту CO у повітрі

- ✓ Відбір проб. Поєднують послідовно два поглинальні прилади Полежаєва, в кожному з яких поглинальним розчином є діамінаргентум(I) нітрат, об'ємом 10 мл. Через них зі швидкістю 0,5 л/хв просмоктують 5 - 6 л досліджуваного повітря.
- ✓ Для очищення повітря від домішок альдегіду і гідроген сульфїду, які заважають визначенню CO, перед поглинальними приладами поміщають гофровану трубку з силікагелем і ще один поглинальний прилад з 10 мл розчину NaOH (0,5 %).
- ✓ Досліджуваний розчин з кожного поглинального приладу окремо переливають у колориметричні пробірки і поміщують у киплячу водяну баню на 5 хвилин.
- ✓ Після охолодження порівнюють інтенсивність забарвлення проб з одночасно приготованою стандартною шкалою у колориметричних пробірках.
- ✓ Потім зливають поглинальні розчини у колориметричну пробірку і об'єм доводять поглинальним розчином до 10 мл. Усі пробірки зі пробами поміщують у киплячу водяну баню на 5 хвилин.

Оцінка результатів експерименту

1. За колориметричною шкалою визначити масу CO у всьому об'ємі досліджуваного розчину.
2. Уміст CO у повітрі розраховують за рівнянням:

$$X_{\text{CO}} = \frac{m_{(\text{CO})} \cdot 1000}{V_0} \quad (\text{мг/л}),$$

де $m(\text{CO})$ – маса речовини, знайдена у всьому об'ємі досліджуваного розчину, мкг; V_0 , – об'єм досліджуваного повітря, приведений до нормальних умов, л.

- ✓ **Висновки за результатами досліджень**
 - Порівняти визначений у досліджуваному повітрі вміст CO з його ГДК для атмосфери міст.
 - Пояснити, якими переважними чинниками – природними або антропогенними – він обумовлений.

Контрольні питання

1. Назвати джерела надходження Сульфуру в атмосферу.
2. Пояснити механізм трансформації оксидів Сульфуру в сульфатну кислоту.
3. Які джерела вносять основний внесок у антропогенне забруднення атмосфери?
4. Чи може окиснювання сульфур діоксиду у сульфур триоксид відбуватись у твердій фазі?
5. Радикальне окиснення сполук Сульфуру.
6. Основні джерела та сполуки атмосферного Нітрогену.
7. Яка концентрація і час життя нітроген(II) оксиду в тропосфері?
8. Охарактеризувати шляхи стоку сполук Нітрогену з атмосфери.

4.4. Моделювання ролі атмосферних газів у виникненні кислотних дощів

Завдання роботи: вивчити хімічні закономірності, які лежать в основі виникнення кислотних дощів; оволодіти методами демонстрації ролі атмосферних газів у виникненні кислотних опадів атмосфери.

Реактиви:	Обладнання:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Хлоркальцієва трубка з активованим вугіллям, 2. лакмус, 3. водний розчин нітратної (хлоридної) кислоти (1:1), 4. натрій гідрогенкарбонат (крист.), 5. кальцій хлорид гіпохлорид (крист.), 6. нітратна кислота (1:1), 7. натрій сульфід (крист.), 8. сульфатна кислота (конц.), 9. розчин амоніаку у воді ($\omega = 25\%$) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Склянка с обрізаним дном, 2. стакани хімічні, 50 см³, 3. піпетки на 2 і 5 мл.

Методика проведення дослідження

- ✓ Зібрати прилад, що зображений на рис. 24. У стакан (1) – «джерело» – внести 1 г натрій гідрогенкарбонату, у склянки (2) і

- (3) внести 10 - 15 мл дистильованої води, додавши до неї розчин лакмусу.
- ✓ Відкрити пробку (5) і швидко внести у стакан (1) 1 мл хлоридної (або нітратної) кислоти (1:1).
 - ✓ Використати прилад для аналогічного проведення досліду «Одержання нітроген(IV) оксиду і його вплив на кислотність води», для чого у стакан (1) помістити 1 г хлорного вапна (кальцій хлорид гіпохлорит CaClO_2) і долити 2 мл нітратної кислоти (1:1).

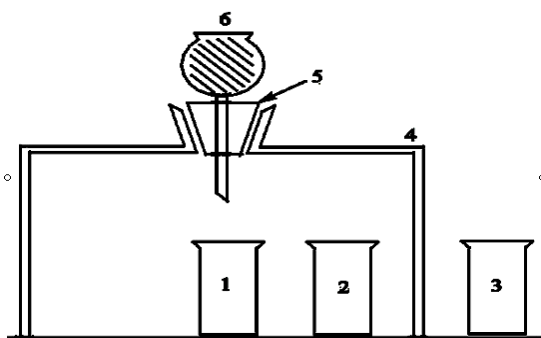


Рис. 24. Схема приладу:

1 – хімічний стакан («джерело»), 2 – хімічний стакан («дощові краплі»), 3 – хімічний стакан (контроль), 4 – склянка з обрізаним дном, 5 – пробка гумова, 6 – хлоркальцієва трубка з активованим вугіллям.

- ✓ Використати прилад для аналогічного проведення досліду «Отримання сульфур(IV) оксиду та його вплив на кислотність води», для чого у стакан (1) помістити 1 г натрій сульфїту і долити 2 мл розчину ацетатної кислоти.
- ✓ Розібрати прилад. Для нейтралізації газів, які зібрались над склянкою (4), відкривши пробку (5), швидко внести в одну із склянок 5 мл водного розчину амонїаку (25 %).

Оцінка результатів експерименту

Описати явища, що відбувалися при проведенні дослідів. Записати спостереження та рівняння відповідних реакцій. Звернути увагу на перебіг реакції: який виділиться газ, чи відбувається зміна забарвлення лакмусу у водному розчині в склянках (2) і (3):

<i>Аналіз хімічного процесу – рівняння хімічної реакції:</i>	<i>Спостереження:</i>
....

Пояснення: при отриманні нітроген(IV) оксиду і сульфур(IV) оксиду в склянці (2) відбувається зміна забарвлення (середя стає кислою, рН – менше 7), при отриманні вуглекислого газу зміна забарвлення в склянці (2) не спостерігається, вуглекислий газ не накопичується в атмосфері у великих кількостях і не впливає значною мірою на кислотність опадів.

Примітка: дану серію дослідів легко здійснити, не маючи спеціального хімічного устаткування, тобто в домашніх умовах або в умовах школи. Для цього необхідні наступні реактиви та обладнання: прозорий поліетиленовий флакон з обрізаним дном з-під води або інших рідин, 300 - 500 м³; прозорі склянки з-під лікарських препаратів діаметр 0,7 - 1,4 см; шприць; чорнична вода (розчин варення з чорниці у воді); столовий оцет (6 - 9 %); кальцій хлорид гіпохлорит (хлорне вапно – кристалічне); натратна кислота (1:1) ; натрій тіосульфат (фіксаж, що застосовується у фотографії – кристалічний); сульфатна кислота акумуляторна; водний розчин аміаку, 10 % (нашатирий спирт); дистильована вода; гумовий шланг або пластилін.

✓ **Висновки за результатами дослідження:**

- Поясніть призначення першої, другої і третьої склянок і хлоркальцієвої трубки в застосованій схемі приладу.
- Які природні явища моделюють дані досліди?
- У результаті яких процесів в атмосфері накопичуються оксиди Карбону, Нітрогену та Сульфуру?
- Зробіть висновки про вплив оксидів Карбону, Нітрогену та Сульфуру на кислотність опадів.

Контрольні питання

1. Назвіть основні причини парникового ефекту.
2. Що називають смогом?
3. Назвіть необхідні умови утворення фотохімічного смогу.
4. Яку роль у накопиченні озону відіграють оксиди Нітрогену?
5. Як домішки сполук Хлору впливають на озоновий шар планети?
6. Які нові хімічні сполуки утворюються під час лондонського смогу?
7. Хімічні процеси в атмосфері, які ведуть до утворення кислотних опадів.
8. Яку роль у складі смогу відіграє аерозоль?
9. Які погодні умови сприяють лондонському смогу?
10. Поясніть основні етапи кругообігу Карбону.
11. Поясніть основні етапи кругообігу Нітрогену.
12. Поясніть основні етапи кругообігу Сульфуру.

4.5. Визначення CO₂, NH₃, H₂S і CO газоаналізатором УГ-2

Завдання роботи: оволодіти методами визначення атмосферних газів за допомогою газоаналізатора УГ-2.

Реактиви:	Обладнання:
Набір індикаторних трубок	Газоаналізатор УГ-2

Універсальний переносний газоаналізатор УГ-2 (рис.25) призначений для визначення в повітрі приміщень концентрацій шкідливих газів: вуглекислого газу, амоніаку, гідрогенсульфіду, карбон(II) оксиду.

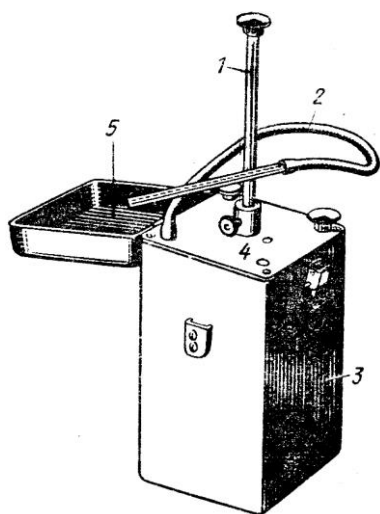
Принцип роботи газоаналізатора заснований на просмоктуванні повітря, в якому містяться шкідливі гази, через трубку заповнену спеціальним індикаторним порошком. В наслідок взаємодії досліджуваного повітря (газу), що проходить через трубку, з реактивом індикаторного порошку змінюється забарвлення індикаторного порошку: стовпчик індикаторного порошку з боку входу повітря забарвлюється в інший колір (під впливом амоніаку жовтий колір порошку переходить у синій, під впливом гідрогенсульфіду білий порошок набуває коричневого кольору, а під впливом СО – з'являється коричневе кільце).

Довжина забарвленого стовпчика індикаторного порошку в трубці пропорційна концентрації аналізованого газу в повітрі і вимірюється за шкалою, градуйованою в мг/м³ повітря. Основною частиною повітрязбірного пристрою є гумовий сильфон (балон) з розташованою усередині коробки стисненою пружиною, яка утримує сильфон в розтягнутому стані.

Досліджуване повітря просмоктується через індикаторні трубки за допомогою сильфонного насоса після попереднього стиснення сильфону на певну величину спеціальним металевим стержнем з канавками – штоком. Ступінь стиснення сильфону визначається відстанню між двома фіксуючими отворами, розміщеними в направляючій канавці штока. Відстань між фіксуючими отворами розраховано так, щоб при ході штока від одного поглиблення до іншого сильфон вбирав необхідний для аналізу даного газу об'єм досліджуваного повітря.

Під час визначення допустимої концентрації вуглекислого газу об'єм повітря, яке потрібно пропустити через індикаторну трубку має складати 400 мл, амоніаку – 250 мл, гідрогенсульфіду – 300 мл і для

карбон(II) оксиду – 220 мл. Для токсичних концентрацій відповідно: 100, 30; 30 і 60 мл.



Індикаторна трубка для визначення концентрації аналізованого газу в повітрі – це скляна трубка завдовжки 92 мм з внутрішнім діаметром 2,5 - 2,6 мм, заповнена відповідним індикаторним порошком, який утримується в трубці двома ватними прокладками і пижамі з мідного дроту.

Рис.25. Універсальний газоаналізатор типу УГ-2:
1 – калібрувальний шток; 2 – гумова трубка; 3 – фіксатор; 4 – індикаторна трубка.

Для заповнення трубки індикаторним порошком перед початком аналізу в один кінець скляної трубки вставляють металевий мідний стержень, а в протилежний – вкладають прошарок з гігроскопічної вати. Металевий мідний пиж спеціальним штирьком притискають до вати. Потім в сухому незагазованому, добре вентиляваному приміщенні через воронку в трубку насипають індикаторний порошок. Після ущільнення порошку в трубці шляхом постукування по її стінках, зверху накладають таку ж ватну тампон і закріплюють пижом.

З метою запобігання сторонніх впливів на індикаторний порошок відкриті кінці трубок герметизують ковпачками з конторського сургучу з прокладкою з алюмінієвої фольги, які перед аналізом знімають.

Методика проведення дослідження

- ✓ Шток вставляють у направляючу втулку повітрязабірного пристрою. Тиском руки на шток стискають сифон доти, поки фіксатор не порівняється з верхнім заглибленням у канавці штока.
- ✓ Індикаторну трубку звільняють від сургучевих заглушок (ковпачків), ущільнюють порошок в трубці, усуваючи просвіт, який утворився між стовпчиком порошку і ватною прокладкою.
- ✓ Гумову трубку повітрязабірного пристрою з'єднують з будь-яким кінцем індикаторної трубки.

- ✓ Злегка натиснувши долонею на ручку штока відводять фіксатор, після чого шток починає рухатися вгору. У цей час відбувається просмоктування досліджуваного повітря через індикаторну трубку. Коли стержень фіксатора увійде в нижнє заглиблення канавки, буде чути клацання і рух штока припиниться.
- ✓ Закінчивши просмоктування, індикаторну трубку знімають з гумової трубки і прикладають до шкали так, щоб нижня межа забарвленого стовпчика індикаторного порошку в трубці порівнялась з нульовою поділкою шкали. Верхня межа забарвленого стовпчика вказує на шкалі – концентрацію досліджуваного газу в мг/м³.
- ✓ Відлік концентрації ведуть з тієї чи іншої шкалою, залежно від об'єму пропущеного через трубку досліджуваного повітря. У всіх випадках необхідно проводити повторні визначення, які вкажуть на зміну концентрації аналізованого газу.

Контрольні питання

1. Який вплив вологості повітря приміщень на організм?
2. Які джерела накопичення вологи в повітрі приміщень?
3. Які застосовуються заходи боротьби з високою вологістю повітря в приміщеннях?
4. Який вплив на організм надає різне поєднання температури і вологості?

V. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Будова і склад Землі.
2. Будова і склад літосфери, гідросфери та атмосфери.
3. Хімічний склад земної кори.
4. Кларк елемента. Методи розрахунку кларків хімічних елементів. Вкажіть п'ять - шість елементів з найбільшим значенням кларка в декількох одиницях його вимірювання.
5. Поясніть різницю між поняттями «кларк» і «кларк концентрації».
6. Вказати п'ять найпоширеніших на Землі елементів за кількістю їх атомів і за загальною масою їх атомів. Чому Гідроген присутній в першому списку і відсутній у другому?
7. На десять найбільш поширених елементів припадає більше 99 % від числа усіх атомів і від маси земної кори. Які це елементи? Яка частина земної кулі називається земною корою?
8. За поширеністю на Землі хімічні елементи поділяються на поширені, рідкісні, розсіяні і самородні. Поясніть, на чому основана така класифікація і наведіть п'ять - шість прикладів хімічних елементів, що відносяться до зазначених груп.
9. Які хімічні елементи зустрічаються на Землі у вигляді простих речовин і яка їх загальна назва? Поясніть, чому до числа цих елементів входять Аурум і Платина, але серед них немає Магнію і Алюмінію?
10. Земний кларк Au дорівнює $5 \cdot 10^{-8}$ (% ат) і $5 \cdot 10^{-7}$ (% мас). Скільки атомів Au існує на Землі і чому дорівнює маса всього Au, якщо маса Землі дорівнює $6 \cdot 10^{24}$ кг, а загальне число атомів, що утворюють її, дорівнює $\approx 10^{50}$?
11. Як називаються всі природні сполуки хімічних елементів і на які типи вони поділяються? Які типи природних сполук найбільш поширені в земній корі й у земній атмосфері?
12. Форми знаходження хімічних елементів.
13. Класифікація природних сполук хімічних елементів (мінералів) за складом аніонів у їх кристалах. Як називаються в цій класифікації найбільш поширені типи мінералів? Приклади таких мінералів.
14. Наведіть приклади мінералів, які відносяться до класів: галоїдних сполук та сульфідів. Їх будова та елементний склад. Фізичні і хімічні властивості.

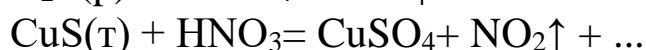
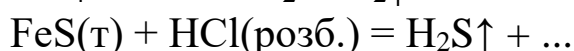
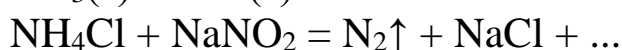
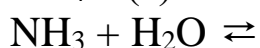
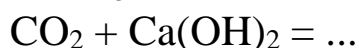
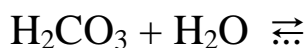
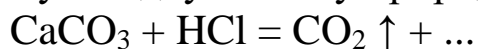
15. Наведіть приклади мінералів, які відносяться до класу оксидів та гідроксидів. Їх будова та елементний склад. Фізичні і хімічні властивості.
16. Найпоширеніші мінерали на Землі – це силікати і алюмосилікати. Наведіть приклади таких сполук. Обчисліть уміст (масову частку) елементів у мінералі, який називається альбіт.
17. Найпоширеніші на Землі мінерали – це силікати і алюмосилікати. Наведіть формули семи мінералів цієї групи, що мають такі назви: альбіт, ортоклаз, анортит, жадеїт, нефелін, каолін, діопсид. Обчисліть масові частки елементів у ортоклазі.
18. Напишіть формули мінералів, які називаються гематит, магнетит, кварц, каситерит. До якого класу мінералів вони відносяться? Чому дорівнює масова частка Феруму в гематиті й у магнетиті?
19. У чому полягає схожість і відмінність наступних мінералів: а) рутил і анатаз, б) кальцит і арагоніт, в) кварц, тридиміт і кристобаліт, г) гематит і магнетит? У якому мінералі – гематиті або магнетиті – масова частка Fe більше?
20. Напишіть формули мінералів, які називаються пірит, сфалерит, аргентит, галеніт і гринокіт. До якого класу мінералів вони відносяться? У чому полягає схожість і відмінність наступних мінералів: а) халькозин і ковелін; б) вюрцит і сфалерит; в) куприт і кіновар?
21. Головні й другорядні діагностичні ознаки мінералів.
22. Фізичні властивості мінералів.
23. Вивести хімічну формулу мінералу, який має наступний хімічний склад (% мас.):
 а. $\text{BeO} - 14,22$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 18,55$; $\text{SiO}_2 - 67,10$;
 б. $\text{CaO} - 27,84$; $\text{MgO} - 9,45$; $\text{FeO} - 19,00$; $\text{CO}_2 - 44,2$;
 в. $\text{CaO} - 30,45$; $\text{MgO} - 22,10$; $\text{CO}_2 - 47,80$.
24. Яке явище називають алотропією? Які алотропні або поліморфні модифікації утворює Оксиген, Карбон, Ферум?
25. Геохімічні класифікації хімічних елементів. Спорідненість хімічних елементів до Оксигену і Сульфуру. Родини хімічних елементів.
26. У чому відмінність понять «гірська порода» і «мінерал»?
27. Поширеність ядер у природі.

28. Пояснити, які частинки називають нуклідами. Як визначити атомну масу нукліду.
29. Характеристика протонів і нейтронів. Указати заряд протону та нейтрону атомного ядра й відносну масу нейтрона і протона в атомних одиницях маси.
30. Шляхи взаємоперетворення протонів і нейтронів атомного ядра.
31. Яке випромінювання називають йонізуючим?
32. Приклад фотонного випромінювання.
33. Види корпускулярного випромінювання.
34. Одиниці вимірювання енергії йонізуючих частинок. Одиниці вимірювання активності радіоактивного розпаду частинок.
35. Природа альфа-частинки. Приклад альфа-розпаду.
36. Види бета-розпаду та природа частинок, які утворюються. Електронний захват, приклади.
37. Назвати п'ять елементів, для яких атомна маса є сталою величиною.
38. Назвати природні ряди радіоактивності.
39. Написати рівняння, яке пояснює утворення радіоактивного ізотопу ^{14}C .
40. Написати рівняння основних стадій CNO-циклу.
41. Написати послідовні етапи перетворення радіоактивного ^{238}U на радіоактивний ^{234}U .
42. Які нукліди називають ізотопами. Навести приклади.
43. Написати всі ізотопи, які відомі для Урану.
44. Написати всі ізотопи, які відомі для Гідрогену та Оксигену.
45. Які ізотопи найбільше розповсюджені в природі. Указати склад ядер атомів тих елементів, які мають найбільшу кількість ізотопів.
46. Ізотопи, причини їх поділу в природі і зональність. Використання природного розподілу стабільних ізотопів.
47. Написати шляхи перетворення радіоактивного ізотопу ^{40}K .
48. Назвати магічні числа протонів. Навести приклади елементів з магічними числами протонів.
49. Вказати магічні числа нейтронів. Навести приклади.
50. Написати стабільні ізотопи елементів, атоми яких мають подвійні магічні числа.
51. Атомна частка Ірідію-191 у природній суміші з Ірідієм-193 становить 37,3 %. Обчисліть масові частки цих нуклідів.

52. Запропонуйте метод одержання ізоотопу ^{17}O з ізоотопу ^{14}N (перша ядерна реакція Резерфорда).
53. Написати рівняння для ядерних реакцій:
 - а) $^{238}\text{U}(d,n)^{239}\text{Np}$;
 - б) $^{55}\text{Mn}(n, \alpha)^{52}\text{V}$;
 - в) $^{70}\text{Zn}(p, n)^{70}\text{Ga}$.
54. Які нукліди називають ізомерами. Навести приклади.
55. Які нукліди називають ізобарами. Навести приклади.
56. Які частинки називають ізотонами. Навести приклади.
57. Визначення періоду напіврозпаду та середньої тривалості життя радіоактивних атомів.
58. Ізоморфізм хімічних елементів. Типи ізоморфізму. Приклади ізоморфізму елементів. Ізоморфні ряди елементів.
59. Магматичні системи. Характерні елементи для основних і кислих порід.
60. Гідротермальні системи. Типи гідротермальних систем.
61. Метасоматоз. Гідротермальний метасоматоз. Приклади.
62. Геохімічні бар'єри. Типи геохімічних бар'єрів.
63. Класифікація фізико - хімічних геохімічних бар'єрів. Приклади.
64. Міграція хімічних елементів. Форми знаходження хімічних елементів у геохімічних системах. Типи і види міграції (за В.О. Олексієнко і О. І. Перельманом).
65. Фактори міграції хімічних елементів. Роль температури і тиску.
66. Кисотно - лужні та окиснювально - відновлювальні потенціали – їх роль у міграції хімічних елементів.
67. Колоїдна форма міграції хімічних елементів.
68. Хімічні процеси гіпергенезу. Міграційні ряди хімічних елементів за Б. Б. Полиновим і О. І. Перельманом.
69. Поведінка хімічних елементів у зоні окиснення сульфідних родовищ.
70. Хімічні процеси у водоносних горизонтах окисного і глеєвого ряду.
71. Коефіцієнт водної міграції: що він характеризує і як визначається.
72. Коефіцієнт біологічного поглинання: як оцінюється і що характеризує.
73. Роль організмів у міграції та накопиченні хімічних елементів. Біофільність елементів, ряди накопичення хімічних елементів.

74. Написати рівняння реакцій, що визначають утворення мінералів у процесах вивітрювання: а) каолініту, б) тальку, в) мірабіліту.

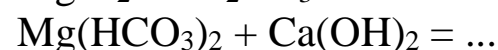
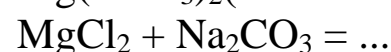
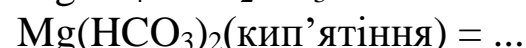
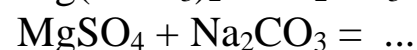
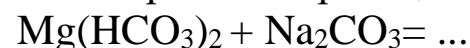
75. Дописати схеми рівнянь хімічних реакцій і вказати, які з них можуть відбуватись у природних умовах:



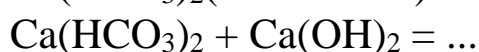
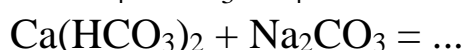
74. Скласти рівняння реакцій утворення в природі: а) кальцій гідрокарбонату з кальцій карбонатом, б) кальцію карбонату з кальцій гідрокарбонатом.

75. Написати формули речовин, що визначають тимчасову і постійну твердість води.

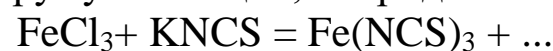
76. Дописати рівняння реакцій:



77. Дописати рівняння реакцій, що лежать в основі усунення тимчасової і постійної твердості води:



78. Дописати молекулярні рівняння реакцій визначення катіонів Феруму і Кальцію, хлорид-іонів та сульфат-іонів:





2. ПЕДОСФЕРА

1. Дайте визначення ґрунту. Перерахуйте основні фактори ґрунтоутворення.
2. Які особливості фізико - хімічних процесів, що відбуваються у ґрунті?
3. Які особливості елементного складу ґрунтів? Які елементи в ґрунтах відносяться до макро- і мікроелементів?
4. Які особливості фазового складу ґрунтів?
5. Мінеральна частина ґрунту.
6. Органічна частина ґрунту. Основні групи органічних сполук ґрунтів?
7. У чому полягають основні відмінності властивостей гумінових кислот і фульвокислот?
8. Роль живих організмів у процесі ґрунтоутворення.
9. Види поглинальної здатності ґрунтів. Їх характеристика.
10. Яка роль процесів йонного обміну в поглинальній здатності ґрунтів?
11. Чому для ґрунту більш характерним є поглинання катіонів, ніж аніонів?
12. Яким кількісним показником характеризується селективність поглинання катіонів ґрунтом?
13. Ємність катіонного обміну. Як залежить ємність катіонного обміну від гранулометричного складу ґрунту та вмісту гумусу?
14. Які функціональні групи гумусових речовин вносять основний внесок у катіонообмінну здатність ґрунтів?
15. Чому величина ємності катіонного обміну більшості ґрунтів залежить від рН?
16. Чим відрізняється склад ґрунтового повітря від складу повітря атмосфери?
17. Ґрунтовий розчин, його склад.
18. Який фізичний зміст має поняття ґрунтової кислотності?
19. У чому відмінність актуальної й потенційної кислотності ґрунту?
20. Яким чином може бути знижена на практиці ґрунтова кислотність?

21. Чим обумовлене явище кислотно - основної буферності ґрунтів?
22. Лужність ґрунту. Як на практиці визначається значення загальної лужності, лужності від розчинних карбонатів?
23. Чому вапнування ґрунтів може призводити до збільшення лужності ґрунту?
24. Ґрунт містить 3,1 % органічної речовини. Обчислити вміст С та N у ґрунті (% мас.), якщо органічна речовина містить 60 % С, а масове співвідношення С : N дорівнює 10 : 1.
25. Каустобіоліти. Визначення та основні представники. Їх сучасна роль як природного палива.
26. Хімічні компоненти торфу.
27. Фізико-хімічні властивості торфу.
28. Характеристика нафти. Гіпотези походження.
29. Компонентний склад нафти. Основні класи сполук, які містяться у нафтах.
30. Фізичні властивості нафти.
31. Елементний склад нафти.
32. Дистиляційні методи розділення нафт. Перегонка, ректифікація.
33. Газогідрати. Будова та генезис.
34. Сланцевий газ. Загальна характеристика.

3. ГІДРОСФЕРА

1. Основні хімічні компоненти гідросфери?
2. Загальні запаси води в гідросфері й кількісні співвідношення різних видів природних вод на Землі.
3. Аномальні властивості води як хімічної речовини.
4. Класифікація природних вод за хімічним складом. Мікроелементи природних вод.
5. Загальна мінералізація води. Класифікація природних вод за величиною загальної мінералізації?
6. Формула хімічного складу природних вод (формула Курлова).
7. Дайте характеристику класам, групам та типам природних вод за О. А. Алєкіним, О. І. Перельманом.
8. Які класи природних вод у класифікації Перельмана виділяються за окиснювально - відновлювальними умовами?
9. Особливості окиснювально - відновлювальних процесів у природних водах. Якими процесами контролюються окиснювально – відновлювальні умови у водоймах?

10. Значення редокс - рівня, які характерні для води, яка знаходиться в контактi з киснем повітря. Як змінюється редокс - рівень води при розкладанні в ній органічної речовини?
11. Редокс - буферність природних вод.
12. Якими факторами визначаються окиснювальні - відновлювальні умови в озерах?
13. Характеристика процесів аеробного та анаеробного розкладання органічної речовини?
14. Особливості окиснювальні - відновлювальних умов в океані. Зміна розподілу розчиненого кисню з глибиною у відкритому океані.
15. У яких випадках в океанських та морських водах можливе формування анаеробних умов у зоні мінімального вмісту кисню? Чому анаеробними є зазвичай порові води прибережних осадів?
16. Процеси, що визначають редокс - умови в підземних водах. Інтервал p_e , який характерний для більшості підземних вод.
17. Які класи природних вод за класифікацією Перельмана виділяються за лужно - кислотними умовами? Дайте їх характеристику.
18. Які особливості йонного складу океанічних вод? Сольовий склад.
19. Які фактори визначають вміст розчинених газів у природних водах? Які основні гази розчинені в природній воді?
20. Роль розчиненого кисню і CO_2 в океанічних водах. Лужний резерв і рН морської води.
21. Галогенез морський і континентальний. Послідовність відкладання солей у морському галогенезі.
22. Хлорність води? У яких одиницях вимірюється хлорність?
23. Солоність води. Одиниці вимірювання солоності.
24. Співвідношення концентрацій йонів води річок.
25. Які розчинні органічні речовин присутні у природних водах?
26. Які фактори формування хімічного складу природних вод відносять до прямих і непрямих, до головних і другорядних?
27. Твердість води. Види твердості. Одиниці вимірювання твердості води.
28. Карбонатна система природних вод. Які рівноваги визначають співвідношення компонентів у карбонатній системі?
29. Які мінерали, що знаходяться в контактi з водами, мають найбільший вплив на процеси рівноваги в карбонатній системі?

30. Від яких факторів залежить перебіг процесів розчинення та осадження карбонатів в океанічних водах?
31. Чому при змішуванні природних вод, що мають різний парціальний тиск вуглекислого газу над розчином, може відбуватися осадження або розчинення карбонатів?
32. У чому полягають особливості карбонатних рівноваг у морській воді?
33. Як залежить співвідношення концентрацій компонентів карбонатної системи від рН природної води?
34. Як процеси фотосинтезу і аеробного розкладання органічної речовини впливають на величину рН природних вод.
35. Явище закислення водойм. Основні стадії процесів закислення водойм.
36. Роль сполук Алюмінію в природних водоймах. Форми Алюмінію, присутні у воді при різних рН.
37. Уплив рН води на вміст у воді йонів Al^{3+} . Уплив йонів Алюмінію на біологічні процеси у водоймах.
38. Температурна стратифікація водойми та фактори, що обумовлюють її.
39. Температурний профіль водойми і зміна концентрації кисню з глибиною в періоди літньої і зимової стратифікації.

4. АТМОСФЕРА

1. Будова і склад атмосфери. Зміна температури, тиску і газового складу атмосфери з висотою.
2. Чинники, які обумовлюють формування складу атмосферного повітря.
3. Основні компоненти атмосфери, їх частка в атмосфері. Найбільш важливі атмосферні домішки, що входять до її складу.
4. Атмосфера як нерівноважна хімічна система.
5. Хімічний склад первинної атмосфери Землі. Процеси, які визначали зміну хімічного складу стародавньої атмосфери.
6. Зміни хімічного складу атмосфери, з якими був пов'язаний вихід життя на суходіл. Як цей напрямок в еволюції життя вплинув на подальшу зміну складу атмосфери?
7. Чому атмосфера є найбільш чутливим до забруднення резервуаром хімічної системи Землі?

8. Охарактеризуйте розподіл речовини в атмосфері. Область інтенсивного перемішування. Середня молярна маса повітря в області інтенсивного перемішування.
9. Фактори, які обмежують поширення речовин в атмосфері від поверхні Землі у вертикальному напрямку.
10. Температурні інверсії та їх вплив на поширення речовин, що надходять в атмосферу з наземних джерел.
11. На яких висотах в атмосфері можливі хімічні реакції? Наведіть приклади.
12. На яких висотах в атмосфері вміст атомарного кисню урівнюється з умістом кисню молекулярного? У результаті яких процесів утворюється атомарний кисень?
13. Реакції йонізації основних компонентів атмосфери на висотах більше 90 км.
14. Написати схеми процесів утворення йонізованих частинок у верхніх шарах атмосфери (нижче 300 км) у результаті поглинання ультрафіолетових променів атомами та молекулами водню і азоту, молекулами NO.
15. Основні реакції, в яких беруть участь компоненти йоносфери. Який катіон переважає в йоносфері і чому?
16. Відомі три ізотопи Оксигену – ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O . У звичайних умовах уміст ізотопів ^{16}O , ^{17}O в атмосфері складає відповідно (%) 99,74 і 0,04. Визначити, скільки ізотопу ^{18}O може утворитись в результаті йонізації атомів Оксигену у шарі атмосфери вище 1500 км.
17. Утворення озону в стратосфері. Реакції, що обумовлюють зменшення концентрації озону в стратосфері.
18. Чому на висоті 25 км спостерігається максимум концентрації озону?
19. Реакції озонового циклу і стаціонарна концентрація озону в стратосфері.
20. Каталітичне розкладання озону в азотному циклі. Рівняння реакцій.
21. Каталітичне розкладання озону в водневому циклі. Рівняння реакцій.
22. Каталітичне розкладання озону в хлорному циклі. Рівняння реакцій.
23. Хімічні перетворення компонентів атмосфери, які переважають у тропосфері.

24. Основні шляхи окиснення атмосферних домішок у тропосфері.
25. Роль вільних радикалів у тропосферних хімічних процесах.
26. Реакції в тропосфері, у результаті яких утворюються гідроксильні радикали. Їх концентрація і тривалість життя.
27. Реакції в тропосфері, у результаті яких утворюються гідрогенпероксидні радикали. Їх концентрація і тривалість життя.
28. Роль оксидів Нітрогену в окисненні метану в тропосфері.
29. Характеристика поняття «смог». Які речовини є компонентами смогу. Фотохімічний смог. Первинні забруднювачі, які є причиною його виникнення.
30. Природні та антропогенні джерела надходження в атмосферу сполук Сульфуру. Основні шляхи окиснення сульфур діоксиду в атмосфері. Процеси, що визначають зміну концентрації сульфур діоксиду в повітрі.
31. Процеси, що визначають зміну концентрації сульфатної кислоти і сульфатів, які утворюються при окисненні сульфур діоксиду в повітрі.
32. Природні та антропогенні джерела оксидів Нітрогену в тропосфері.
33. Процеси взаємоперетворень оксидів Нітрогену в тропосфері. Чому нітроген(I) оксид стійкий у тропосфері і нестійкий у стратосфері?
34. Процеси, які ведуть до утворення в тропосфері нітратної кислоти.
35. Джерела амонійного Нітрогену в тропосфері. Перетворення амоніаку в атмосфері.
40. рН атмосферних опадів в районах, де відсутні фактори забруднення атмосфери.
41. Кислотні опади, умови їх формування.
42. Об'ємна частка радіоактивного елемента Радону в повітрі дорівнює $6 \cdot 10^{-18}$. Визначити: 1) скільки атомів Радону міститься в одному см³ повітря; 2) у якому об'ємі повітря міститься один моль Радону.
43. Написати рівняння реакцій, у результаті яких у верхніх шарах атмосфери виникають частинки:
 NO^+ ; N_2^+ , N , NO^+ ; N^+ , N , NO ; NO_2 , $\text{NO}_3(\text{r})$, N^- ,
 O , O^* , O_3 , O_2 , O_3 , O^- , O_2^- , O^+ , O_2^+
 HO_2^* , OH^* , OH^* ,

5. БІОСФЕРА

1. Склад біосфери. Учення В. І. Вернадського про біосферу.
2. Уплив живих організмів на хімічний склад біосфери.
3. Фактори, які визначають межі біосфери в геологічних оболонках Землі. У якій земній оболонці біосфера має найбільшу потужність?
4. Енергетична роль живої речовини планети.
5. Які процеси формують колообіг речовин в атмосфері?
6. Біологічний кругообіг атомів хімічних елементів.
7. Великий геологічний кругообіг хімічних елементів.
8. Геохімічний кругообіг води.
9. Геохімічні цикли Сульфуру, Нітрогену, Оксигену, Карбону.
10. Наведіть схему атмосферного циклу сполук азоту.

VI. ОРІЄНТОВНІ КОНТРОЛЬНІ ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Встановити ряд:

В якому зазначені хімічні елементи, вміст яких у земній корі досягає 99,5 % :

1. O, Si, Al, Fe,
2. O, C, H, P, N,
3. Na, K, Mg, Ca,
4. Fe, O, Si, Mg

1	2	3	4
---	---	---	---

2. Визначити правильну відповідь:

Найбільшим вмістом у елементному складі Землі характеризується...

1. Силіцій
2. Оксиген
3. Алюміній
4. Карбон
5. Ферум

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

3. Вибрати правильну відповідь:

Вміст Силіцію у земній корі становить...

1. 46 %
2. 35 %
3. 28 %
4. 15 %
5. 8 %

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

4. Вибрати правильні відповіді:

Поширеність хімічних елементів у земній корі:

1. зменшується з підвищенням атомного номера
2. збільшується з підвищенням атомного номера
3. буде меншою, якщо атомна маса елемента кратна 4
4. буде більшою, якщо атомна маса елемента кратна 4

1	2	3	4
---	---	---	---

5. Вибрати правильні відповіді:

Поширеність хімічних елементів у земній корі:

1. зменшується з підвищенням атомного номера
2. збільшується з підвищенням атомного номера
3. буде більшою для елементів з парним значенням атомного номера
4. буде більшою для елементів з непарним значенням атомного номера

1	2	3	4
---	---	---	---

6. Встановити правильну відповідь:

Геохімічною групою хімічних елементів, які здатні утворювати мінерали – здебільшого оксигеновмісні сполуки – є елементи ...

1. атмофільні
2. сидерофільні
3. халькофільні
4. літофільні

1	2	3	4
---	---	---	---

7. Вибрати правильну відповідь: Літосферою називають...

1. океанічну частину Земної кори
2. земну кору і верхню частину мантії
3. земну кору і нижню частину атмосфери
4. земну кору і астеносферу
5. континентальну частину земної кори

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

8. Вибрати правильні відповіді:

Характерними мінералами нижньої мантії є...

1. $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ – олівіни
2. $(\text{Mg,Fe})\text{Al}_2\text{O}_4$ – шпінелі
3. $\text{Al}(\text{OH})_3$ – гіббсит
4. $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO})$ – периклази
5. $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$ – піроксени
6. SiO_2 – кварц

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

9. Вибрати правильні відповіді:

Характерними мінералами верхньої мантії є...

1. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ – бруссит
2. $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ – олівіни
3. $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO})$ – периклази
4. Al_2O_3 – корунд
5. FeS – троїліт

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

10. Встановити правильні відповіді:

За шкалою Мооса найменш твердим із зазначених мінералів є..

1. кварц
2. гіпс
3. кальцит
4. корунд
5. апатит

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

11. Вибрати правильні відповіді:

Геохімічна група хімічних елементів, що має назву «сидерофільні елементи», характеризується...

1. спорідненістю до S, Se, Te
2. спорідненістю до As, C, P, S,
3. близькими властивостями до Феруму
4. Близькими властивостями до Купруму

1	2	3	4
---	---	---	---

12. Встановити правильні відповіді:

Координаційним називають число ...

1. зарядів, що розміщуються навколо центрального атома (йона)
2. лігандів, що розміщуються навколо центрального атома (йона)
3. яке вказує на співвідношення радіусів катіону та аніону
4. яке дорівнює валентності центрального атома
5. яке дорівнює ступеню окиснення центрального атома (йона)

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

13. Вибрати правильну відповідь:

Хімічний склад олівинів відображає формула ...

1. $(Mg,Fe)_2SiO_4$
2. $(Mg,Fe)Al_2O_4$
3. $Al(OH)_3$
4. FeS_2

1	2	3	4
---	---	---	---

14. Встановити правильні відповіді:

Число Z у формулі $A = Z + N$ характеризує...

1. Заряд ядра в елементарних одиницях заряду
2. число нуклонів у ядрі даного елемента
3. число електронів в атомі даного елемента
4. число ізобарів – атомів, які утворює даний хімічний елемент

1	2	3	4
---	---	---	---

15. Встановити найбільш правильні відповіді:

На стабільність ізотопів хімічних елементів вказує...

1. парність масового числа атома ізотопу
2. однакове співвідношення числа протонів і нейтронів
3. Парне число порядкового номеру в таблиці Д.І. Менделєєва
4. співвідношення протонів p і нейтронів n : $p < n$

1	2	3	4
---	---	---	---

16. Вибрати правильний ряд:

Числа протонів або нейтронів, які відповідають магічним ядрам атомів хімічних елементів ...

1	2	3	4
---	---	---	---

1. 5, 15, 25, 45, 85, 125
2. 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126
3. 1, 4, 10, 20, 40, 80, 120
4. 4, 8, 24, 32, 56, 80, 160

17. Встановити правильний ряд:

Хімічних елементів, ядра яких отримали назву двічі магічних...

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1. H, N, O, Al
2. C, Zn, Ba, Sn
3. He, O, Ca, Pb
4. Cu, Fe, Pt, Ni,
5. Ni, Sn, He, O

18. Встановити правильний ряд:

Хімічних елементів, які характеризуються магічними числами протонів...

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1. H, He, N, O, Fe, Al
2. He, O, Ca, Ni, Sn, Pb
3. Na, C, P, Cr, Zn, Ag
4. Ag, Au, Cu, Fe, Pt, Hg,
5. K, Mg, C, O, As, Bi

19. Встановити правильну відповідь:

Розпад ядра атома хімічного елемента за типом β^+ супроводжується перетворенням нуклонів, яке виражається рівнянням ...

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1. $p \rightarrow n + e^+ + \bar{\nu}_e$
2. $p \rightarrow n + \pi^+$
3. $p + e^- \rightarrow n$
4. $n \rightarrow p + \pi^-$
5. $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$

20. Встановити найбільш правильне твердження:

До типу альфа-розпаду відносять поділ ядра атома хімічного елемента з утворенням частинок, будова яких аналогічних будові атома...

1. Гідрогену
2. Гелію
3. Літію
4. Аргону
5. Калію

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

21. Встановити правильні відповіді:

Спонтанний поділ важких ядер атомів веде до випромінювання ...

1. альфа- або бета-частинок
2. Осколків – ядер більш легких елементів
3. фотонів у вигляді гама променів
4. нейтронів
5. протонів
6. мезонів

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

22. Встановити правильне твердження:

До типу бета(-)-розпаду відносять поділ ядра атома хімічного елемента з випромінюванням ...

1. електронів
2. фотонів
3. бета-частинок
4. позитронів
5. протонів

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

23. Встановити правильне твердження:

До типу бета(+)-розпаду відносять поділ ядра атома хімічного елемента з випромінюванням ...

1. електронів
2. альфа-частинок
3. гама-променів
4. позитронів
5. протонів

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

24. Вибрати правильні твердження

Модифікації мінералів алмаз – графіт є...

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1. різними мінеральними видами
2. однаковими мінеральними видами
3. мінеральними різновидами
4. різними агрегатними станами речовини
5. поліморфними модифікаціями речовини

25. Вибрати правильні твердження

Мінерали кварц, аметист, цитрин, халцедон, відносять до....

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1. різних мінеральних видів
2. мінеральних різновидів
3. різних агрегатних станів речовини
4. однакових мінеральних видів
5. однакових мінеральних різновидів

26. Вибрати правильне твердження

Основну роль у ініціюванні процесів окиснення домішок у тропосфері відіграють:

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1. кисень повітря;
2. озон;
3. вільні радикали;
4. оксиди Нітрогену;
5. жорстке випромінювання.

27. Вибрати правильне твердження:

Основну роль у ініціюванні світіння мезосфери відіграють...

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1. кисень повітря;
2. озон;
3. вільні радикали;
4. оксиди Нітрогену;
5. жорстке випромінювання.

28. Вибрати правильне твердження:

Необхідною умовою для виникнення смогу є...

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1. сонячне випромінювання;
2. високий атмосферний тиск;
3. висока концентрація сульфур(IV) оксиду в тропосфері;
4. висока густина транспортного потоку;
5. температурна інверсія.

29. Вибрати правильну відповідь:

Найбільшу частку теплового випромінювання в атмосфері Землі поглинає...

1. SO₂
2. CO₂
3. H₂O
4. CCl_xF_{4-x}
5. CH₄

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

30. Вибрати правильну відповідь:

Газ, який у стратосфері поглинає 99 % випромінювання Сонця у небезпечний для біосфери УФ-області...

1. O₂
2. CCl_xF_{4-x}
3. O₃
4. CO₂
5. H₂O

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

31. Вибрати правильну відповідь:

Атмосфера Землі характеризується глобальною температурною інверсією в ...

1. тропосфері;
2. стратосфері;
3. мезосфері;
4. термосфері;
5. йоносфері.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

32. Вибрати групи аніонів та катіонів:

Які відносять до головних йонів, частка яких у природних поверхневих водах перевищує 95 % від загальної маси катіонів або аніонів....

1. Na⁺, K⁺, Ba²⁺, Fe³⁺;
2. Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺;
3. Cl⁻, HCO₃⁻, NO; NO₃⁻
4. SO₄²⁻, Cl⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻,

1	2	3	4
---	---	---	---

33. Вибрати слово та закінчити речення:

До складу літосфери входять земна кора та _____ ...

1. шар верхньої мантії
2. вся мантія
3. нижня мантія
4. астеносфера
5. мантія та ядро

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

34. Вибрати поняття, яке має означення:

Явище взаємного заміщення атомів у вузлах кристалічної решітки без порушення її будови називається....

1. поліморфізмом
2. метаморфізмом
3. метасоматозом
4. ізоморфізмом
5. гетероморфізмом

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

35. Вибрати поняття, яке має означення:

Явище, при якому одна і та ж за хімічним складом речовина може мати різні структури і кристалізуватися в різних видах симетрії, називається...

1. поліморфізмом
2. метаморфізмом
3. метасоматозом
4. ізоморфізмом
5. гетероморфізмом

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

36. Вибрати поняття, яке має означення:

Групу атомів або молекул, об'єднаних фізичною взаємодією в єдиний ансамбль із збереженням всередині нього індивідуальних властивостей, називають...

1. комплексом
2. поглинальним комплексом
3. координаційним багатогранником
4. складним йоном
5. кластером

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

37. Написати означення, вибравши зі списку правильні слова:

Дефект маси ядра – це різниця між _____ А _____ певного ізотопу, виражену в _____ Б _____, та _____ В _____, що відповідає числу нуклонів даного ізотопу ...

1. маса атома
2. масове число
3. кількість атомів
4. атомні одиниці маси
5. кілограм або грам

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

38. Встановити послідовність

Стійкості поліморфних модифікацій SiO_2 при збільшенні температури ...

1. кристобаліт
2. халцедон
3. тридиміт
4. кварц

	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				

39. Вибрати правильну відповідь:

В результаті ізовалентного ізоморфізму Mg може заміщуватись елементом....

1. Fe(II)
2. Fe(III)
3. Al
4. Mg
5. Ti
6. Cs

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

40. Вибрати правильну відповідь:

Аналогом Si, який в результаті гетеровалентного ізоморфізму може заміщувати цей елемент у природних сполуках, є...

1. Fe(II)
2. Al
3. Mg
4. Ca
5. Ti
6. Fe(III)

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

41. Встановити правильну відповідність між:

Типом перетворення частинок та рівнянням, яке його відображає...

1. ядерні реакції А). $p \rightarrow n + e^+ \bar{\nu}_e$
2. бета(-) розпад Б). $p + p \rightarrow D + \nu_e$
3. бета(+) розпад В). $n \rightarrow p + e^- \bar{\nu}_e$
4. К-захват Г). $p + e^- \rightarrow n$
 Д). $H + H \rightarrow H_2$

1	2	3	4

42. Встановити правильну відповідність між:

Назвою частинок та співвідношенням числа нейтронів і протонів у ядрі атома ...

1. ізобари А). $Z = \text{const}$, N та A змінні
2. ізотони Б). $A = \text{const}$, енергетичні стани різні
3. ізотопи В). $N = \text{const}$, Z и A змінні
4. ізомери Г). $A = \text{const}$, Z та N змінні
5. ізохори

1	2	3	4	5

43. Встановити правильну відповідність між:

Назвою частинок та співвідношенням числа нейтронів і протонів у ядрі атома ...

1. ізобари А). $A - N = \text{const}$
2. ізотопи Б). $A - Z = \text{const}$
3. ізомери В). $Z + N = \text{const}$
4. ізотони Г). $A = \text{const}$, $E \neq \text{const}$
5. ізохори

	1	2	3	4	5
А					
Б					
В					
Г					

44. Вставити пропущені слова (А, Б) і завершити означення:

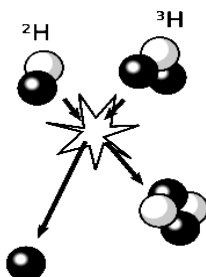
Радіоактивні ряди – це групи А, в яких кожний наступний елемент виникає в результаті Б попереднього ...

1. радіоактивних ізотопів важких елементів
2. радіоактивних частинок легких елементів
3. стабільних частинок радіоактивних елементів
4. радіоактивного випромінювання
5. радіоактивного розпаду

	1	2	3	4	5
А					
Б					

45. Вибрати правильні відповіді та продовжити рівняння:
 Реакції ядерного синтезу ${}^2\text{H} + {}^3\text{H} \rightarrow \dots? \dots$ згідно з наведеною схемою..

1. n
2. 1p
3. ${}^4_2\text{He}$
4. ${}^5_3\text{Li}$
5. ${}^{12}_6\text{C}$

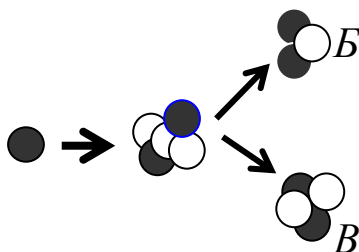


46. Заповнити таблицю:

Назва елемента	Символ ізотопа	Масове число	Атомний номер	Протони	Нейтрони	Електрони
1	2	3	4	5	6	7
Уран					142	
Відповіді:						
	?	?	?	?		?

47. Вибрати правильні відповіді та продовжити рівняння:
 реакції ядерного синтезу $n + \dots\text{A}\dots \rightarrow \dots\text{B}\dots + \dots\text{V}\dots$ згідно з наведеною схемою..

1. n
2. 1p
3. ${}^4_2\text{He}$
4. ${}^3\text{H}$
5. ${}^5_3\text{Li}$
6. ${}^{12}_6\text{C}$



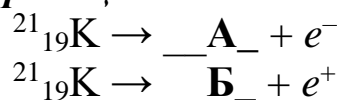
	1	2	3	4	5	6
А						
Б						
В						

48. Встановити відповідність між:
 Символами ізотопів атома Гідрогену та їх назвами...

- | | |
|-----------------------|-------------|
| 1. ${}^1_1\text{H}$ | А. Дейтерій |
| 2. ${}^1_1\text{D}^2$ | Б. Гідроген |
| 3. ${}^2_1\text{T}^3$ | В. Протій |
| | Г. Тритій |
| | Д. Протон |

	А	Б	В	Г	Д
1					
2					
3					

49. Заповнити пропущені місця і завершити рівняння двох ядерних реакцій:



1. ${}^{38}\text{Ar}$
2. ${}^{40}\text{Ar}$
3. ${}^{39}\text{Ar}$
4. ${}^{39}\text{Ca}$
5. ${}^{42}\text{Ca}$
6. ${}^{40}\text{Ca}$

	1	2	3	4	5	6
А						
Б						

50. Встановити відповідність між:

Назвою мінералу та його хімічною формулою....

- | | |
|-------------|--|
| 1. лимоніт | А. FeOOH |
| 2. беміт | Б. $(\text{Fe}^{3+}\text{Fe}^{2+})\text{O}_4$ |
| 3. корунд | В. $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ |
| 4. брусит | Г. $\beta\text{-AlOOH}$ |
| 5. магнетит | Д. Al_2O_3 |
| 6. гетит | Е. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ |
| 7. гіббсит | |

	А	Б	В	Г	Д	Е
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

51. Встановити відповідність між

Назвою мінералу та його хімічною формулою....

- | | |
|----------------|----------------------------|
| 1. пірит | А. Cu_2S |
| 2. халькозин | Б. CuFeS_2 |
| 3. галеніт | В. As_4S_4 |
| 4. халькопірит | Г. FeS_2 |
| 5. троїліт | Д. PbS |
| 6. реальгар | |

	А	Б	В	Г	Д
1					
2					
3					
4					
5					
6					

52. Встановити послідовність

Зміни поліморфних модифікацій SiO_2 при збільшенні температури ...

1. кристобаліт
2. халцедон
3. тридиміт
4. кварц

	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				

53. Встановити відповідність між

Назвою мінералу та його хімічною формулою....

- | | |
|---------------|-----------------------------------|
| 1. флюорит | A. $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$ |
| 2. галіт | B. KCl |
| 3. сильвініт | B. CaF_2 |
| 4. сильвін | Г. $AgCl$ |
| 5. карналіт | Д. $NaCl$ |
| 6. кріоліт | E. $KCl \cdot NaCl$ |
| 7. кераргірит | |

	A	Б	В	Г	Д	Е
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

54. Вибрати правильну відповідь і завершити твердження:

Озон у тропосфері – це...:

1. парниковий газ;
2. УФ-«екран» планети;
3. газ – компонент смогу.

- A. вірними є три фактори 1 і 3
Б. вірними є фактори 1
В. вірними є фактори 2
Г. вірними є фактори 3
Д. вірними є фактори 2 і 3

	1	2	3	4
A				
Б				
В				
Г				
Д				

55. Встановити відповідність між

Групою катіонів і аніонів (1 – 5) та обумовленим цією групою типом твердості води (A – Г) ...

- | | |
|----------------------------------|------------------|
| 1. $Ca^{2+}, Fe^{2+}, Mg^{2+}$; | A. карбонатна; |
| 2. Ca^{2+}, Mg^{2+} ; | Б. некарбонатна; |
| 3. HCO_3^- , | В. постійна; |
| 4. SO_4^{2-}, Cl^- , | Г. тимчасова |
| 5. $H_2PO_4^-; NO; NO_3^-$ | |

	A	Б	В	Г
1				
2				
3				
4				
5				

56. Встановити відповідність між

Фізико-хімічною властивістю природних вод (1 – 3) та групами основних йонів, що її обумовлюють...

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. загальна лужність | A. Cl^-, SO_4^{2-} ; |
| 2. загальна кислотність | Б. OH^- ; |
| 3. критична солоність | В. $HCO_3^-, CO_3^{2-}, (CO_2, p)$; |
| 4. карбонатна рівновага | Г. Na^+, K^+ ; |
| | Д. Ca^{2+}, Mg^{2+} ; |
| | Е. $Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}, NH_4^+$. |

	A	Б	В	Г	Д	Е
1						
2						
3						
4						

57. Встановити відповідність між

Назвою речовини (1 - 3) та вмістом її у складі атмосфери Землі, % об. (А – Е)...

1. озон у стратосфері
2. кисень у нижніх шарах атмосфери
3. CO₂ у нижніх шарах атмосфери

- А. $1 \cdot 10^{-6}$
 Б. $5 \cdot 10^{-4}$
 В. $34 \cdot 10^{-3}$
 Г. $2 \cdot 10^{-2}$
 Д. 9
 Е. 21

	А	Б	В	Г	Д	Е
1						
2						
3						

58. Встановити послідовність

Кристалізації силікатних мінералів у процесі охолодження магми відповідно до будови силікатних радикалів...

- А. радикали острівні [Si₂O₇]⁶⁻
 Б. радикали каркасних структур
 В. радикали кільцеві [Si₃O₆]⁶⁻, [Si₄O₁₂]⁸⁻, [Si₆O₁₈]¹²⁻
 Г. радикали шаруватих структур [Si₂O₅]²⁻
 Д. радикали нескінченних ланцюжків: подвоєних [Si₄O₁₁]⁶⁻ та ізольованих [SiO₃]²⁻

	1	2	3	4	5
А					
Б					
В					
Г					
Д					

59. Встановити відповідність між

формулою та назвою мінералів, які руйнуються або утворюються в реакції серпентинізації

1. флюорит
2. серпентин
3. плагіоклаз
4. альбіт
5. анортит

	1	2	3	4	5
А					
Б					
В					
Г					
Д					

$p\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot q\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 +$	$\text{KF} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$	$\text{KA}_{12}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH},\text{F})_2$	$+ \text{CaF}_2 +$	$p\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
А		Б	В	Г

60. Заповнити пропущені місця і завершити рівняння ядерної реакції: $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{30}_{15}\text{P} + \underline{\hspace{2cm}}$

1. ^1_0n
2. $^{61}_{30}\text{Zn}$
3. ^7_4Be
4. ^1_1H
5. β^+

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

61. Встановити відповідність між

Формулою та назвою мінералів, які руйнуються або виникають у ділянках активної взаємодії алюмосилікатних порід з кислими водними розчинами різної природи за різних температур...

$2K[AlSi_3O_8] + 4H^+ \rightarrow$	$Al_2(OH)_2[Si_2O_5] +$	$4SiO_2 + 2K^+ + H_2O$
А	Б	В

1. опал
2. кварц
3. ортоклаз
4. мікроклін
5. каолін
6. каолініт

	1	2	3	4	5	6
А						
Б						
В						
Г						
Д						

62. Встановити відповідність між:

Назвою морських біогенних осадових та їх хімічним складом...

- | | |
|---------------------|----------------|
| 1. радіолярієві | А. карбонатні |
| 2. коколітофоридові | Б. силікатні |
| 3. фораменіферові | В. гідроксидні |
| 4. діатомові | Г. фосфатні |
| 5. коралові | |

	А	Б	В	Г
1				
2				
3				
4				
5				

63. Встановити послідовність:

Мінералів у напрямку зростання їх твердості за шкалою Мооса

1. тальк
2. гіпс
3. кальцит
4. флюорит
5. апатит

	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

64. Встановити послідовність:

Мінералів у напрямку зменшення їх твердості за шкалою Мооса

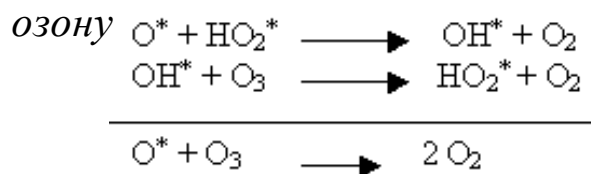
1. ортоклаз
2. кварц
3. топаз
4. корунд
5. алмаз

	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

65. Встановити правильну відповідність між:

Напрямок зміщення рівноваги загальної реакції розкладу

озону $O_3 + O \rightleftharpoons 2O_2$ ($\Delta H_r < 0$) у водневому циклі знищення



	1	2	3	4
А				
Б				
В				

та умовами її перебігу (1 – 4):

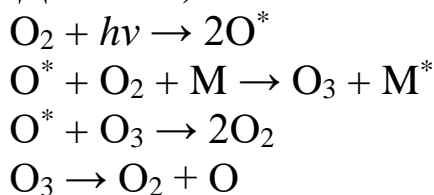
Напрямок

Умова

- | | | |
|----------------------|----|---------------------------------|
| А. накопичення озону | 1) | збільшення температури |
| Б. знищення озону | 2) | накопичення молекулярного кисню |
| В. збереження озону | 3) | присутність NO |
| | 4) | присутність атомарного хлору |

66. Встановити правильну відповідність між:

Напрямок зміщення рівноваги реакції розкладу озону $O_3 \rightleftharpoons O_2 + O$, ($\Delta H_r = -144$ кДж/моль) як однієї з стадій озонового циклу



	1	2	3	4	5
А					
Б					
В					
Г					
Д					

та умовами її перебігу (1 – 4):

Напрямок

Умова

- | | | |
|----------------------|----|--|
| А. накопичення озону | 1) | збільшення температури |
| Б. знищення озону | 2) | накопичення молекулярного кисню |
| В. збереження озону | 3) | відсутність фотонів з $\lambda = 242$ нм |
| | 4) | присутність NO |
| | 5) | присутність атомарного хлору |

67. Написати формули усіх можливих видів молекул та встановити правильну відповідь:

Оскільки Нітроген має ізомери ^{14}N і ^{15}N , то існує таке число видів молекул азоту N_2 , яке дорівнює...

1. один
2. три
3. п'ять
4. сім
5. дев'ять

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

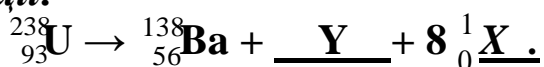
68. Написати формули усіх можливих видів молекул та встановити правильну відповідь:

Оскільки Оксиген має ізотопи ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O , , то існує таке число видів молекул азоту O_2 , яке дорівнює...

1. три
2. чотири
3. п'ять
4. шість
5. сім

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

68. Заповнити пропущені місця і завершити рівняння ядерної реакції:



встановивши відповідність між типом (X, Y) і природою частинки (1 – 5)...

	1	2	3	4	5
А					
Б					

Тип частинки Природа частинки

- | | |
|------|----------------------------|
| А. Y | 1. ${}^1\text{H}$ |
| Б. X | 2. ${}_{36}^{86}\text{Kr}$ |
| | 3. ${}_{30}^{61}\text{Zn}$ |
| | 4. ${}^1_0\text{n}$ |
| | 5. β^+ |

69. Провести обчислення і встановити правильну відповідь:

Серед двох природних ізотопів елемента Купруму на нуклід ${}^{63}\text{Cu}$ припадає 69,1 %, отже другим є нуклід Купруму з відносною атомною масою...

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1. 60
2. 62
3. 64
4. 65
5. 66

70. Провести розрахунки та вибрати правильну відповідь:

якщо відношення числа атомів ізотопів ${}^{63}\text{Cu}$ та ${}^{65}\text{Cu}$ у природному Купрумі становить 7:3, то відносна атомна маса Купруму дорівнює...

1	2	3	4
---	---	---	---

1. 63
2. 63,5
3. 64
4. 64,5

71. Провести обчислення і встановити правильну відповідь:

В природі існує три ізотопи Калію: ^{39}K (93,22 % від усіх атомів елемента), ^{41}K (6,77 %) і ^{40}K , тому на 1 атом радіоактивного нукліду Калію ^{40}K припадає N нерадіоактивних атомів Калію, де N дорівнює...

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1. 1000
2. 9000
3. 9999
4. 9300
5. 677

72. Провести обчислення і встановити правильну відповідь (округлити остаточні значення до цілих чисел):

За даними таблиці

Елемент	Кларк елемента в земній корі		Елемент	Кларк елемента в земній корі	
	Масовий, %	Об'ємний, %		Масовий, %	Об'ємний, %
Оксиген	47,0	91,97	Калій	2,50	2,14
Силіцій	29,5	0,89	Натрій	2,50	1,60
Алюміній	8,05	0,77	Магній	1,87	0,56
Ферум	4,65	0,68	Титан	0,45	
Кальцій	2,96	1,48			

мольне співвідношення атомів Оксигену та Силіцію в земній корі (округлити до цілих значень) становить....

1. 3,5
2. 0,35
3. 2,8
4. 0,25
5. 4,0

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

73. Провести обчислення і встановити правильну відповідь (округлити остаточні значення до цілих чисел):

За даними таблиці

Катіони (+)		
назва	г/кг	ω , %
Натрій	10,764	30,614
Магній	1,297	3,69
Кальцій	0,408	1,16
Калій	0,387	1,1

Аніони (-)		
назва	г/кг	ω , %
Хлориди	19,353	55,0
Сульфати	2,701	7,68
Гідрогенкарбонати	0,143	0,4

мольне співвідношення атомів Кальцію та Магнію (Ca : Mg) у морській воді становить....

74. Провести обчислення та встановити правильну відповідь:

У мінералі А з хімічним складом (ω , %) Al_2O_3 – 40,10; SiO_2 – 46,25; H_2O – 13,70 та хімічною формулою Б вміст Алюмінію (χ , %) становить В....

<u>А</u>		<u>В</u>
1.	берил	1. 20,5
2.	каолін	2. 25,0
3.	апатит	3. 17,8
4.	альбіт	4. 10,8
5.	тальк	

	1	2	3	4	5
А					
В					

Б. _____.

Література

1. *Алексеевко Владимир Алексеевич. Экологическая геохимия : Учебник / В. А. Алексеевко – М. : Логос, 2000. – 627 с. – ISBN: 5-88439-001-7.*
2. *Алексеевко Владимир Алексеевич. Геохимические барьеры. Учебное пособие / В. А. Алексеевко, Л. П. Алексеевко – М. : Логос, 2003. – 144 с. – ISBN 5-94010-220-4.*
3. *Беус Алексей Александрович. Геохимия окружающей среды / А. А. Беус, Л. И. Грабовская, Н. В. Тихонова. – М. : Недра, 1976. – 248 с.*
4. *Богатиренко В.А. Хімія Землі / В.А. Богатиренко, І.Б. Чорний, В.А. Нестеровський. – К. : Вид-во «Кондор», 2015. – 568 с.*
5. *Браун Теодор. Химия в центре наук: В 2-х частях / Т. Браун, Г. Ю. Лемей ; пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 448 с. – Ч. 1.*
6. *Браун Теодор. Химия в центре наук: В 2-х частях / Т. Браун, Г. Ю. Лемей ; пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 520 с. – Ч. 2.*
7. *Булах Андрей Глебович. Общая минералогия : Ученик для студ. вузов / А. Г. Булах – Изд. 3-е, испр. и перераб. – СПб. : Изд-во СПбГУ, 2002. – 364 с. – ISBN: 5-288-01757-3, 5-288-03032-4.*
8. *Введение в химию окружающей среды / Дж. Андруз, П. Бримблекумб, Т. Джикелз, П. Лисс. ; пер. с англ. ; [под ред. Г.А. Заварзина]. – М. : Мир, 1999. – 271 с. – ISBN: 5-03-003289-4.*
9. *Гаррелс Роберт. Растворы, минералы, равновесия / Р. М. Гаррелс, Ч. Л. Крайст ; перевод с английского И. В. Витовской ; [под редакцией и с предисловием И. Д. Рябчикова, В. В. Щербины]. – М. : Издательство "МИР", 1968. – 368 с.*
10. *Грум-Гржимайло С. В. Окраска самоцветов / С. Грум-Гржимайло // Зап. Всесоюзн. минерал. общ. – 1958. – Т. 87. – вып. 2. – С. 129–150. – ISSN 0869-6055.*
11. *Добровольский Всеволод Всеволодович. Химия Земли [Текст] : кн. для учащихся 9-10 кл. сред. шк. / В. В. Добровольский. – 2-е изд. перераб. – Москва : Просвещение, 1988. – 174. – ISBN 5-09-000163-4.*
12. *Еремин Николай Иосифович Неметаллические полезные ископаемые. / Н. И. Ерёмин. – М. : Изд-во Московского Университета, 2004. – ISBN 5-211-01064-7.*
13. *Задачи и вопросы по химии окружающей среды : учебное пособие / Тарасова Н. П., Кузнецов В. А., Сметанников Ю. В. [та ін.] – М. : Мир, 2002. – 368 с. – ISBN 5-03-003445-5.*
14. *Иванов Владимир Васильевич. Экологическая геохимия элементов : Справочник : В 6 кн. / Иванов В.В.; Под ред. Э.К. Буренкова. – М. : Недра, 1994. – Кн.1: s-элементы. – 304 с. – ISBN 5-247-03176-8.*
15. *Иванов Владимир Васильевич. Экологическая геохимия элементов : Справочник : В 6 кн. / Иванов В.В.; Под ред. Э.К. Буренкова. – М. : Недра, 1994. – Кн.2: Главные p-элементы. – 303 с. – ISBN 5-247-03178-4.*

16. *Иванов Владимир Васильевич.* Экологическая геохимия элементов : Справочник : В 6 кн. / Иванов В.В.; Под ред. Э. К. Буренкова. – М. : Недра, 1996. – Кн.3 : Редкие *p*-элементы. – 353 с. – ISBN 5-247-03179-2.
17. *Иванов Владимир Васильевич.* Экологическая геохимия элементов : Справочник : В 6 кн. / Иванов В.В.; Под ред. Э. К. Буренкова. – М. : Б.и., 1994. – ISBN 5-247-03175 [Недра]. – Кн.4 : Главные *d*-элементы. – М. : Экология, 1996. – 409 с. – ISBN 5-7120-0647-2.
18. *Иванов Владимир Васильевич.* Экологическая геохимия элементов : Справочник : В 6 кн. / Иванов В.В.; Под ред. Э. К. Буренкова. – Кн.5 : Редкие *d*-элементы. – 576 с. – М. : Экология, 1997. – ISBN 5-7120-07797-7.
19. *Иванов Владимир Васильевич.* Экологическая геохимия элементов : Справочник : В 6 кн. / Иванов В.В.; Под ред. Э.К. Буренкова. – М. : Б.и., 1994. – ISBN 5-247-03175 [Недра]. – Кн.6 : Редкие *f*-элементы. – М. : Экология, 1997. – 607 с. – ISBN 5-7120-080-0.
20. *Исидоров Валерий Алексеевич.* Введение в химическую экотоксикологию : Учеб. пособие / В. А. Исидоров. – СПб : Химиздат, 1999. – 144 с.– ISBN 5-7245-1149-5.
21. *Исидоров Валерий Алексеевич.* Экологическая химия : Учебное пособие для вузов / В. А. Исидоров. – СПб : Химиздат, 2001. – 304 с.– ISBN 5-7245-1068-5.
22. *Кетрис Марина Петровна.* Основы литохимии / М. П. Кетрис, Я. Э. Юдович. – СПб : Наука, 2000. – 479 с. – ISBN: 5-02-024897-5.
23. *Лазаренко Євгеній Костянтинівич, Винар О.М.* Мінералогічний словник / Є. К. Лазаренко, О. М. Винар. – К. : Наук. думка, 1975. – 772 с.
24. *Латыпова В. З.* Факторы формирования кислотно-основных свойств природной среды // Соросовский образовательный журнал, Т. 6, № 7, 2000. – С. 47 – 52.
25. *Мітрясова Олена Петрівна.* Хімічні основи екології : Навч. Посібник / О.П. Мітрясова. – Київ : Ірпінь: ВТФ “Перун”, 1999. – 190 с. – ISBN 966-569-196-1.
26. *Набиванець Богдан Йосипович.* Аналітична хімія природного середовища : Підручник / Б. Й. Набиванець, В. В. Сухан, Л. В. Калабіна та ін.. – К. : Либідь, 1996. – 304 с. – ISBN 5-325-00657-6.
27. *Опаловский Аркадий Анатольевич.* Планета Земля глазами химика / А. А. Опаловский ; [ответственный редактор И. В. Тананаев]. – М. : Наука, 1990. – 224 с. – ISBN 5-02-001479-6.
28. *Перельман Александр Ильич.* Геохимия / А. И. Перельман. – М. : Высш. шк., 1989. – 528 с. – ISBN: 5060004724.
29. *Платонов Алексей Николаевич.* Природа окраски минералов / А. Н. Платонов, Т. Б. Здорик. – К. : Наукова думка, 1976. – 264 с.
30. *Платонов Алексей Николаевич.* Природа окраски самоцветов / А. Н. Платонов, М. Н. Таран, В. С. Балицкий. – М. : «Недра», 1984. – 196 с.
31. *Смит Гордон.* Физическая геохимия / С. Гордон. – М. : Недра, 1968. – 474 с.

32. *Сребродольский Борис Иванович*. Янтарь / Б. И. Сребродольский. – М. : Наука, 1984. – 112 с., (Серия «Человек и окружающая среда»).
33. *Тетеріна Дар'яна Дмитрівна*. Хіміко-екологічні задачі та вправи з неорганічної хімії / Д. Д. Тетеріна ; [за ред. І. В. Мороза]. – К. : ІСДО, 1996. – 160 с. – ISBN 5-7763-9571-2.
34. *Фелленберг Гюнтер*. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию. Учебное издание / Г. Фелленберг ; перевод с немецкого А. В. Очкина ; [под редакцией к.х.н К. Б. Заборенко]. – М. : Мир, 1997. – 232 с. – ISBN 5-03-002857-9.
35. *Фиалков Юрий Яковлевич*. Применение изотопов в химии и химической промышленности / Ю. Я. Фиалков.– Издательство «ТЕХНІКА», Киев, 1975.– 240 с.
36. *Хаданович Альбина Викторовна*. Экологическая химия. Природные сорбенты, свойства и использование. Практическое руководство для студентов специальности «Биология» (научно - педагогическая деятельность) / А. В. Хаданович, В. Г. Свириденко : Мин-во обр. РБ. – Гомель : Изд-во «ГГУ им. Франциска Скорины», 2005. – 56 с.
37. *Химия окружающей среды* / пер. с англ. ; [под ред. Дж. О'М. Бокриса]. – М. : Химия, 1982. – 672 с.
38. *Экология и безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие для вузов* / Кривошеин Д. А., Муравей Л. А., Роева Н. Н. [и др.] ; под ред. Л. А. Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 с. – ISBN: 5-238-00139-8.

Електронні ресурси

1. Ваганов І. І. Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища / І. І. Ваганов, І. В. Маєвська, М. М. Попович.– Вінниця: ВДГУ, 1997. – 120 с. – Режим доступу <http://posibnyku.vntu.edu.ua/geologiya/index.html>.
2. *Іванов Євген Анатолійович*. Радіоекологічні дослідження : Навч. посібник / Е. А. Іванов. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. – 149 с. – Режим доступу http://eduknigi.com/ekol_view.php?id=535
3. *Мануйлов Александр Викторович*. Основы химии. Электрон. учебник / А. В. Мануйлов, В. И. Родионов. – Новосибирск: Издательство НИИ МИИОО НГУ, 1998. – 415 с. – Режим доступу <http://www.hemi.nsu.ru>.
4. *Шишелова Тамара Ильинична*. Практикум по спектроскопии. Вода в минералах: Учебное электронное пособие / Т. И. Шишелова, Т. В. Созинова, А. Н. Коновалова. – М. : Изд-во "Академия Естествознания", 2010. – ISBN 978-5-91327-093-1. – Режим доступу <http://www.rae.ru/monographs/74>.

Інтернет сайти:

1. ВСЕ КАМНИ МИРА В ДВЕ СТРОКИ или НОВЫЙ МИР КАМНЯ http://geo.web.ru/druza/in_NMK.htm
2. Друзья минералогии: <http://geo.web.ru/druza/index.html>
3. Екологічні новини. <http://bei-news.blogspot.com>.

4. Занимательная химия: Геохимия. Химия Земли. <http://all-met.narod.ru/geohim.html>
5. И. и Л. Крупениковы. Василий Робертович Вильямс. – <http://lib.rus.ec/b/385066/read>
6. Atomic Scale Design Network(ASDN): Educational Webportal. Chemistry. <http://asdn.net/asdn/chemistry/symmetry.shtml>
7. Claw.ru: История нашей планеты. <http://dino.claw.ru/>
8. Database of food. Related sciences. http://www.ourfood.com/Food_what_is_it.html
9. Encyclopedia Britannica. Mineral <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/383675/mineral/80367/Chemical-bonding#ref=ref619303>
10. Fire Earth. Mass die-offs from human impact and planetary response could occur by early 2016. Volcanoes and Glaciers. <http://feww.wordpress.com/tag/volcanoes/>
11. FLUORESCENT MINERALS <http://www.mineralatlas.com/specials/fluor.htm>
12. Mineral collectors page. Museums: <http://www.minerant.org/museums.html>
13. Mineralogy Database <http://webmineral.com/>
14. Old Earth Ministries Online Geology Curriculum http://www.oldearth.org/curriculum/geology/geology_curriculum_home.htm
15. Some Fundamentals of Mineralogy and Geochemistry. <http://www.gly.uga.edu/railsback/FundamentalsIndex.html>
16. The Wonderful World of Talc <http://academic.emporium.edu/abersusa/go336/ross/>
17. <http://www.ximicat.com>

ДОВІДНИКОВІ МАТЕРІАЛИ

Таблиця 1.

Основні дані про геосфери Землі

Геосфери	Розподіл геосфер		Позначення	Глибина нижньої межі*, км	Об'єм, 10^{18} м^3	Маса**, 10^{21} кг
Земна кора	осадовий шар		A	до 20	1,0	2,5
	"гранітний" шар			до 40	3,6	10
	"базальтовий" шар			до 70	5,6	16
Мантія	верхня мантія	субстрат	B	50-100	180,1	610
		шар Гутенберга (астеносфера)		~ 400		
	шар Голіцина		C	~ 900	205,7	856
	Нижня мантія		D	2900	510,8	2547
Ядро	Зовнішнє ядро		E	~ 4800	166,6	1828
			F	~ 5100		
	субядро		G	6371	8,6	106

* Різниця між середнім радіусом Землі й середнім радіусом межі (крім кори).

** Кора за А. Б. Роновим і А. А. Ярошевським (1969), інше – за Ф. Берчем (1964).

Таблиця 2

Число стійких ізотопів з різними числами нуклонів

Число стійких ізотопів	Число протонів	Число нейтронів
157	парне	парне
52	парне	непарне
50	непарне	парне
5	непарне	непарне

Таблиця 3

Дози випромінювання

Джерело випромінювання	Дози
Фонове випромінювання за рік	100 мБер
Допустиме випромінювання за рік	500 мБер
Телевізор, комп'ютер	500 мБер
Рентгенографія зубів	3 Бер
Рентгенографія шлунку	25 Бер
Променева хвороба (легка форма)	100 Бер
Променева хвороба (важка форма)	450 Бер
Допустиме аварійне опромінювання населення	10 Бер

Протягом року людина в середньому отримує дозу 0,1 бер і, отже, за все життя (в середньому 70 років) – 7 бер.

Таблиця 4

Поширеність ізотопів різних типів у Земній корі

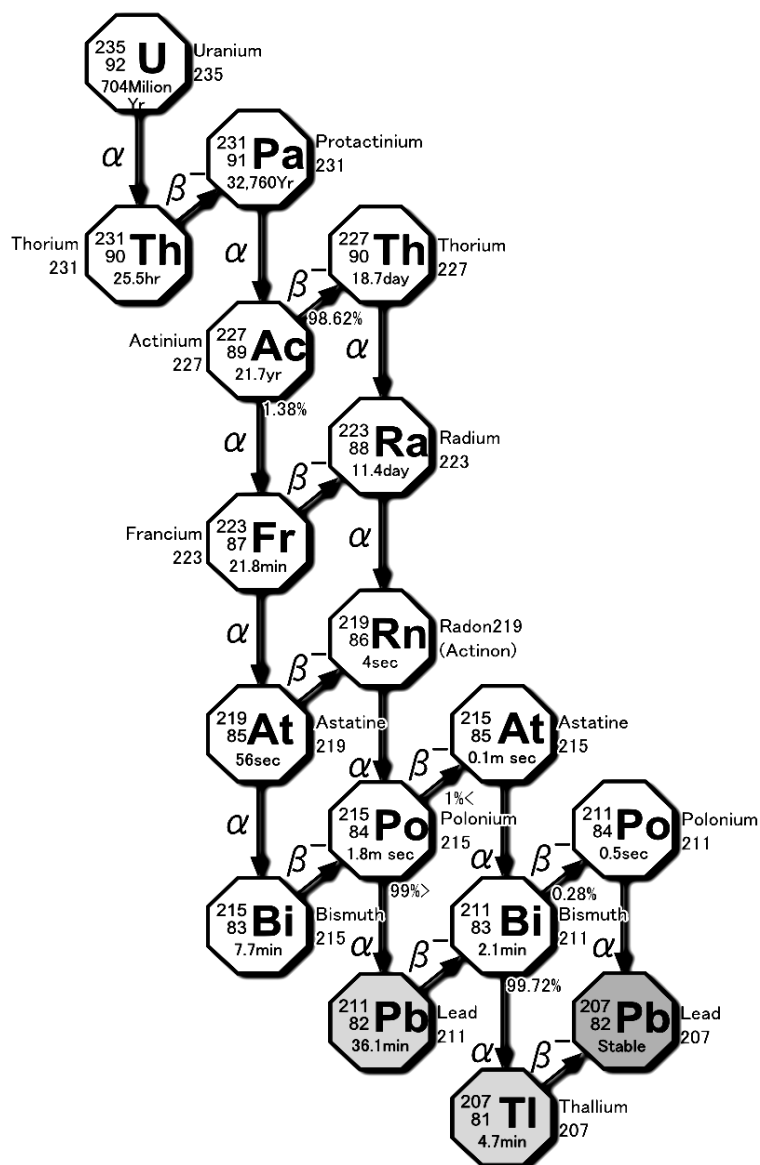
Тип атома	Вміст в земній корі	
	Атомна частка, %	Масова частка, %
4q	74,81	86,81
4q + 1	0,01	0,01
4q + 2	0,05	0,05
4q + 3	7,91	12,68
H	17,24	1,00

Таблиця 5

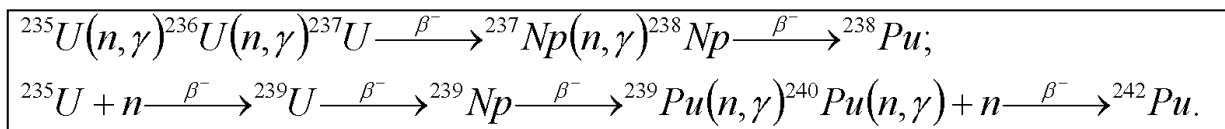
Природні радіоактивні ізотопи елементів з $Z \leq 83$

Ізотоп	Тип розпаду	Період напіврозпаду, роки	Ізотоп	Тип розпаду	Період напіврозпаду, роки
H ³	β	12,26	I ¹¹⁵	β	6 · 10 ¹⁴
Be ¹⁰	β	2,5 · 10 ⁶	Sn ¹²⁴	β	2 · 10 ¹⁷
C ¹⁴	β	5,76 · 10 ³	Te ¹²³	K-захват	> 10 ¹³
Na ²²	β ⁺ , γ	2,58	Te ¹³⁰	β	1,4 · 10 ²¹
Si ³²	β	710	Ba ¹³³	β	> 10 ¹⁵
P ³³	β	0,07	La ¹³⁸	β, K-захват	7 · 10 ¹⁰
S ³⁵	β	0,39	Ce ¹⁴²	α	5 · 10 ¹⁵
Ce ³⁶	β	4,4 · 10 ⁵	Pr ¹⁴¹	α	> 2 · 10 ¹⁶
Ar ³⁷	β	0,09	Nd ¹⁴⁴	α	5 · 10 ¹⁶
K ⁴⁰	β, K-захват, γ	1,25 · 10 ⁹	Nd ¹⁵⁰	α, β	5 · 10 ¹⁰
Ca ⁴⁸	β	2 · 10 ¹⁶	Sm ¹⁴⁷	α	6,7 · 10 ¹¹
V ⁵⁰	β	4,8 · 10 ¹⁴	Tb ¹⁵⁹	α	> 5 · 10 ¹⁶
Cr ⁵⁴	β	> 6 · 10 ¹⁵	Dy ¹⁵⁶	α	> 10 ¹⁸
Fe ⁵⁸	β	> 3 · 10 ¹⁴	Ho ¹⁶⁵	α	> 6 · 10 ¹⁶
Ni ⁶⁴	β	> 3 · 10 ¹⁵	Tu ¹⁶⁹	α	> 5 · 10 ¹⁶
Zn ⁶⁴	β	> 8 · 10 ¹⁵	Lu ¹⁷⁵	α	1 · 10 ¹⁷
Zn ⁷⁰	β	> 10 ¹⁵	Lu ¹⁷⁶	β	2,4 · 10 ¹⁰
Ge ⁷⁶	β	> 2 · 10 ¹⁶	Ta ¹⁸⁰	β, K-захват	2 · 10 ¹³
Se ⁸²	β	> 10 ¹⁷	W ¹⁸⁶	β	> 6 · 10 ¹⁵
Kr ⁸⁵	β	10,3	Re ¹⁸⁷	β	4 · 10 ¹²
Rb ⁸⁷	β	6,16 · 10 ¹⁰	Os ¹⁸⁷	K-захват	> 10 ¹⁵
Sr ⁸⁸	β	> 3 · 10 ¹⁶	Os ¹⁹²	β	> 10 ¹⁴
Zr ⁹⁶	β	> 5 · 10 ¹⁷	Pt ¹⁹⁰	α	5,9 · 10 ¹¹
Mo ⁹²	β	> 4 · 10 ¹⁸	Pt ¹⁹²	α	~ 10 ¹⁵
Mo ¹⁰⁰	β	> 3 · 10 ¹⁷	Pt ¹⁹⁸	β	10 ¹⁵
Cd ¹⁰⁰	β	> 6 · 10 ¹⁶	Au ¹⁹⁷	α	> 3 · 10 ¹⁶
Cd ¹¹⁶	β	> 10 ¹⁷	Pb ²⁰⁴	α	1,4 · 10 ¹⁷
In ¹¹³	K-захват	> 10 ¹⁴	Bi ²⁰⁹	α	2,7 · 10 ¹⁷

Ряд радіоактивного розпаду Урану ^{235}U = ряд Актинію ($4n+3$)

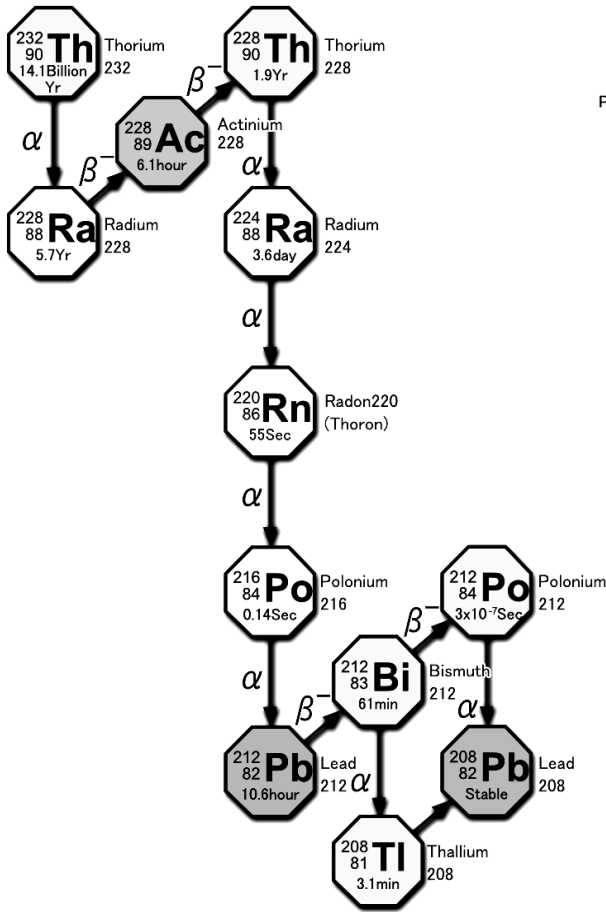


Урановий цикл розмноження палива в реакторі (схема ядерного брідінгу)

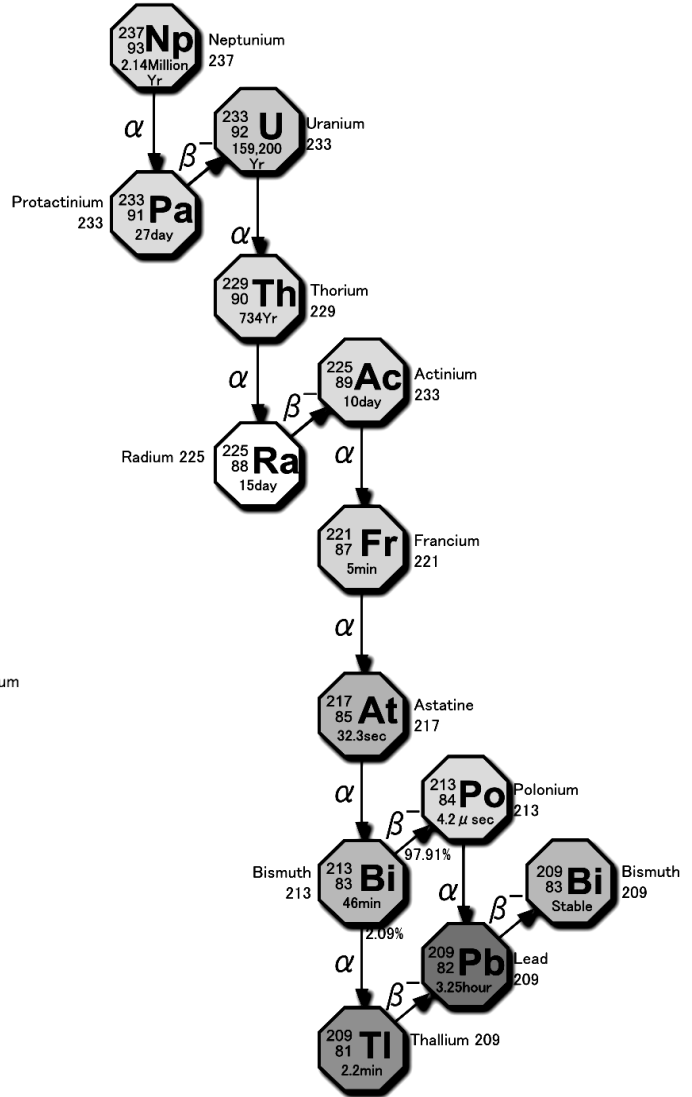


Радіоактивні ряди Торію-232 та Нептунію-237

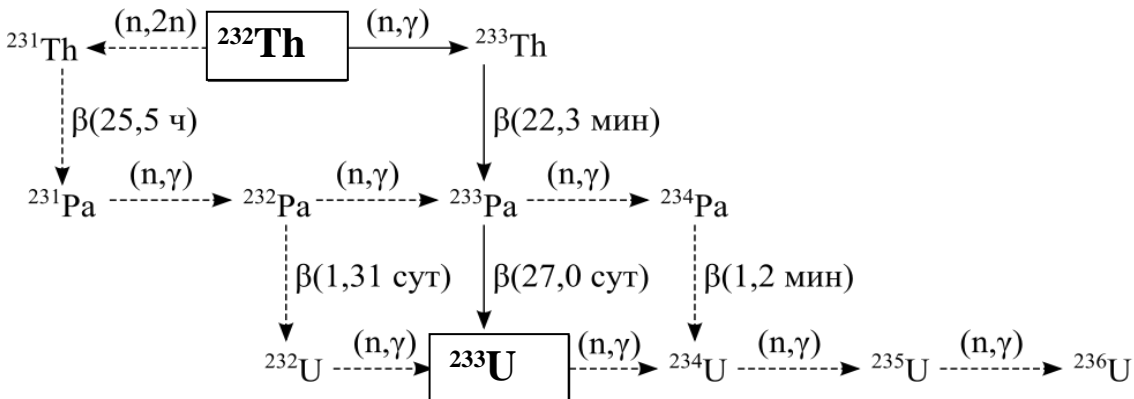
Природний ряд Торію (4n)



Штучний ряд Нептунію (4n+1)



Торієвий цикл розмноження палива в реакторі (схема ядерного брідінгу)



Основні одиниці вимірювання йонізованого випромінювання

Величина та її символи	Одиниця СІ, її позначення і назва	Позасистемна одиниця, її позначення і назва	Співвідношення між одиницями
Активність радіонукліда А	Бк (беккерель)	Ки (кюрі)	1 Бк = 1 розп/с, 1 Бк = $2,7 \times 10^{-11}$ Ки, 1 Ки = $3,7 \times 10^{10}$ Бк = = $3,7 \times 10^{10}$ розп/с.
Поглинена доза $D_{\text{погл}}$	Гр (грей)	Рад (рад)	1 Гр = 1 Дж/кг = 100 рад, 1 рад = 10^{-2} Гр.
Експозиційна доза $D_{\text{екс}}$	Кл/кг (кулон на кілограм)	Р (рентген)	1 Кл/кг = $3,88 \times 10^3$ Р, 1 Р = $2,58 \times 10^{-4}$ Кл/кг = 0,87 рад.
Еквівалентна доза $D_{\text{екв}}$	Зв (зіверт)	Бер (бер)	1 Зв = 1 Гр/Q = 100 рад/Q = = 100 бер, 1 бер = 1 рад/Q = 10^{-2} Зв.
Ефективна доза	Зв (зіверт)	Бер (бер)	
Коллективна ефективна доза	людино-зіверт (люд-Зв)	людино-бер (люд-Бер)	1 люд-Бер = 0,01 люд-Зв

Радіоактивність – довільне перетворення ядер одних елементів на інші, при якому ядро переходить у більш стійкий стан. Процес супроводжується випусканням йонізуючого випромінювання (корпускулярного, або електромагнітного).

Усі радіоактивні речовини розпадаються зі певною швидкістю, яка характеризується *періодом напіврозпаду* $t_{1/2}$.

Активність. Кожен радіонуклід кількісно характеризується активністю a – кількістю розпадів за одиницю часу.

Поглинена доза опромінення ($D_{\text{погл}}$) – кількість енергії випромінювання, поглиненої одиницею маси опромінюваного тіла.

Еквівалентна доза опромінення ($D_{\text{екв}}$) – це поглинена доза опромінення, що враховує небезпеку даного виду опромінення. З цією метою вводиться коефіцієнт якості опромінення Q , що показує у скільки разів даний вид випромінювання ефективніше γ - або рентгенівського випромінювання при однаковій дозі.

Експозиційна доза ($D_{\text{екс}}$) – це кількісна характеристика рентгенівського або γ -випромінювання за ефектом йонізації.

Радіоактивне забруднення місцевості (РЗМ) виникає внаслідок випадання радіоактивних опадів на поверхню Землі, які виникають в результаті ядерних вибухів, руйнування АЕС, ядерних реакторів тощо.

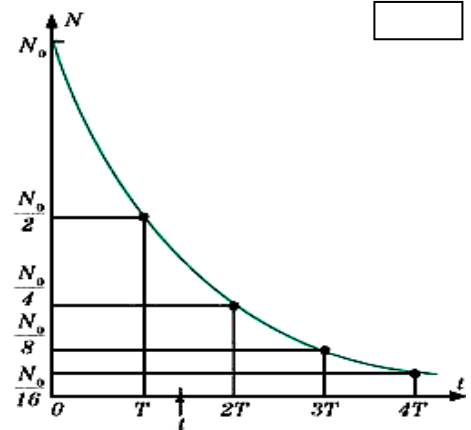
Закон радіоактивного розпаду. Ядерні сили. Енергія зв'язку ядра

Закон радіоактивного розпаду

Закон радіоактивного розпаду відкрив Ф. Содді. Потім Е. Резерфорд дослідним шляхом встановив, що активність радіоактивного розпаду зменшується з плином часу.

Для кожної радіоактивної речовини існує інтервал часу, протягом якого активність зменшується в 2 рази, тобто період напіврозпаду $T_{1/2}$ даної речовини.

Наприклад, для ядра атома Радію ${}_{88}\text{Ra}^{226}$ період $T_{1/2} = 1600$ років. Отже, якщо взяти 1 г Ra, то через 1600 років його буде 1/2 г, а через 3200 років – 1/4 г. Через нескінченний проміжок часу початкова кількість Радію має наблизитися до нуля



Математичне рівняння

Нехай спочатку при $t = 0$ число радіоактивних атомів N_0 .

Через $t_2 = T_{1/2}$ число ядер, що не розпались, стане $N = N_0/2$

Через $t_2 = 2 T_{1/2}$ залишиться $N = N_0/2^2$,

Через $t_3 = 3 T_{1/2}$ таких ядер буде $N = N_0/2^3$ тощо.



Отже наприкінці проміжку часу $t = n \cdot T_{1/2}$ ядер, що нерозпались, залишиться $N = N_0/2^n$.

Оскільки $n = t/T_{1/2}$, то $N_0 = N \times 2^{t/T_{1/2}}$.

Це закон, якому підкоряється розпад більшості радіоактивних ядер.

У радіоактивних елементів $T_{1/2}$ є різною величиною, наприклад:

${}_{90}\text{Th}^{232}$ має період напіврозпаду $T_{1/2} = 1,4 \cdot 10^{10}$ років, а у Криптоні ${}_{36}\text{Kr}^{94}$ період напіврозпаду $T_{1/2} = 1,4$ с. Для штучно одержаних елементів з $Z > 100$ період напіврозпаду складає соті і тисячні частки секунди.

Активність радіоактивного елемента прямо пропорційна кількості радіонуклідів (N) й обернено пропорційна періоду їхнього напіврозпаду (T)

$$N = N_0/2^n = N_0 \times 2^{-t/T_{1/2}}$$

$$n = t/T_{1/2}$$

$$N_0 = N \times 2^{t/T_{1/2}}$$

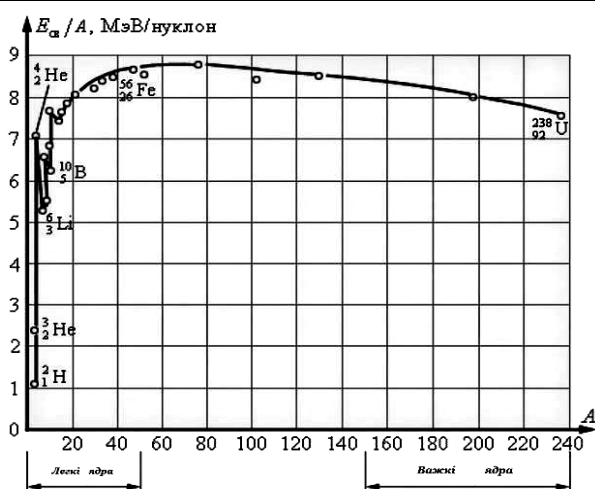
$$A = 0,69 \cdot N \cdot (1/T)$$

Ядерні сили	
<p>Сили тяжіння, що зв'язують протони і нейтрони в ядрі, називаються ядерними силами.</p> <p>Первні спроби пояснити ядерні сили – І.С. Тамм. Теорія – створена Х. Юкава (1936).</p> <p>Властивості ядерних сил:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. На відстанях біля 10^{-13} см сильні взаємодії відповідають притяганню, при зменшенні відстані – відштовхуванню. 2. Незалежні від наявності електричного заряду (властивість зарядової незалежності). Однакова сила діє і на протон і на нейтрон. 3. Взаємодіють з обмеженим числом нуклонів (властивість насичення). 4. Короткодійчі: швидко зменшуються, починаючи з $r \approx 2,2 \cdot 10^{-15}$ м. 	
Енергія зв'язку ядра	
<p>Енергія, яка необхідна для повного розщеплення ядра на окремі нуклони, називається енергією зв'язку. Енергія зв'язку дуже велика. При синтезі 4 г гелію виділяється така ж кількість енергії, як при спалюванні двох вагонів кам'яного вугілля.</p>	<p>$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Дж}$ $1 \text{ а.о.м.} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ кг}$</p>
<p>Формули для обчислення енергії зв'язку:</p> <p style="text-align: right;">Дефект маси:</p>	<p>$E_{зв} = \Delta m \times c^2 = (Z \times m_p + N \times m_n - M_{я}) \times c^2$ $\Delta m = Z \times m_p + N \times m_n - M_{я}$ $\Delta m = E_{зв} / c^2$</p>
<p>Коефіцієнт зв'язку енергії і маси (рівний c^2): $c^2 = 931,5 \text{ МеВ/а.о.м.}$</p>	<p>$1 \text{ а.о.е.} = c^2 \cdot 1 \text{ а.о.м.} =$ $9 \times 10^{16} \times 1,67 \times 10^{-27} = 1,5 \times 10^{-10} \text{ Дж}$ $= 931,44 \text{ МеВ}$</p>
Питома енергія зв'язку	
<p>Енергія зв'язку, яка припадає на один нуклон в ядрі. Енергія, яку необхідно затратити, щоб видалити з ядра один нуклон називається питомою енергією зв'язку:</p>	<p style="text-align: center;">$E_{\text{пит}} = E_{зв} / A$ де A — атомна маса</p>
<p>При плавленні льоду на 1 молекулу: 0,06 еВ; При пароутворенні води на 1 молекулу: 0,4 еВ; Для розриву молекули водню на атоми: 4,5 еВ; Для йонізації атома водню: 13,6 еВ; Для відділення нейтрона від ядра дейтерію: 1,1 МеВ.</p>	<p style="text-align: center;">Електронвольт: $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Дж}$ $1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ Дж}$</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. У ядер середньої частини періодичної системи Менделєєва з масовим числом $40 \leq A \leq 100$ питома енергія максимальна. Найбільш стійкі: від 50 до 60. 2. У ядер, для яких $A > 100$, питома енергія зв'язку плавно зменшується. 3. У ядер, для яких $A < 40$, питома енергія стрибкоподібно зменшується. 4. Максимальну питому енергію мають ядра, у яких число протонів і нейтронів парне (${}^2\text{He}^4$, ${}^4\text{Be}^8$, ${}^6\text{C}^{12}$), а мінімальну — ядра, у яких число протонів і 	

нейтронів непарне (${}^6_3\text{Li}$, ${}^{10}_5\text{B}$, ${}^{14}_7\text{N}$).

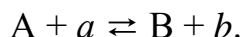
Таким чином, енергетично вигідні два способи вивільнення внутрішньої енергії:

- поділ важких ядер – ланцюгова ядерна реакція;
- синтез легких ядер – термоядерна реакція.



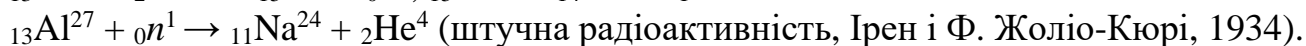
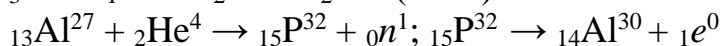
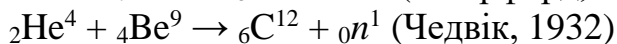
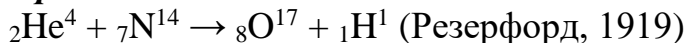
Графік залежності питомої енергії зв'язку від величини атомної маси:

Ядерні реакції – перетворення атомних ядер, викликані їх взаємодіями з різними частинками або один з одним. Символічний запис:



При написанні ядерних реакцій використовуються закони збереження заряду і атомної маси (числа нуклонів).

Приклади:



Енергетичний вихід ядерної реакції – різниця між сумарною енергією зв'язку частинок, що беруть участь в реакції і продуктів реакції.

Таблиця 7

Найбільш поширені мінерали

Назва	Формула
авантюрин	SiO_2
авгіт	$\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$
агат	SiO_2
адуляр	$[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
азурит	$\text{Cu}_2\text{Cu}[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2$
аквамарин	$(\text{Be}_3\text{Al}_2)\text{Si}_6\text{O}_{18}$
акміт	$\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$
аксиніт	$\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Al}_2[\text{BO}_3][\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH})$
алебастр	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
александрит	BeAl_2O_4
аланіт (ортит)	$(\text{Ca}, \text{Ce})_2(\text{Al}, \text{Fe})_3(\text{O}, \text{OH})\text{O}[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$
алмаз	C

алуніт	$KAl_3[SO_4]_2[OH]_6$
альбіт	$Na[AlSi_3O_8]$
альмандін	$Fe_3Al_2[SiO_4]_3$
амазоніт	$K[AlSi_3O_8]$
амблігоніт	$LiAl[PO_4](F,OH)$
аметист	SiO_2
анальцим	$Na[AlSi_2O_6] \cdot 2H_2O$
анатаз	TiO_2
ангідрит	$CaSO_4$
англезит	$PbSO_4$
андалузит	$Al_2(SiO_4)O$
андрадит	$Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$
анимікіт	Ag
анортит	$Ca[Al_2Si_2O_8]$
антигорит	$Mg_3[Si_2O_5](OH)_4$
антимоніт	Sb_2S_3
апатит	$Ca_5(PO_4)_3(Cl,OH,F)$
арагоніт	$Ca[CO_3]$
аргентит	Ag_2S
аргентит	$(Ag_8Ge)S_6$
арсенопірит	$FeAsS$
азбест	$Mg_6Si_4O_{11}(OH)_6 \cdot H_2O$
ауріпігмент	As_2S_3
барит	$BaSO_4$
беміт	$AlOOH$
берил	$(Be_3Al_2)Si_6O_{18}$, де A – Li, Na, Cr, Cs
біотит	$(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$
бірюза	$CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8 \square 5H_2O$
бішофіт	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$
боксит	$Al_2O_3 \cdot nH_2O$
борацит	$Mg_3[B_7O_{12}]OCl$
борніт	Cu_5FeS_4
брауніт	$Mn_2^+Mn_6^{3+}SiO_{12}$
бронзит	TiO_2
брусит	$Mg(OH)_2$
бура	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$
бурноніт	$CuPbSbS_3$
везувіан	$Ca_{10}Al_4(Mg,Fe)_2(OH,F)_4[SiO_4]_5[Si_2O_7]_2$
вермикуліт	$(Mg,Fe)_3(OH)_2[(Si,Al)_4O_{10}]_4H_2O$
вівіаніт	$Fe_3[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$
вілеміт	$Zn_2[SiO_4]$
вісмут самородний	Bi
вісмутин	Bi_2S_3
вісмутовий блиск	Bi_2S_3
вітеріт	$BaCO_3$
воджиніт	$(Ta,Nb,Mn,Sn,Fe)_2O_8$
воластоніт	$Ca_3[Si_3O_9]$
вольфраміт	$Al_2Be_3[Si_6O_{18}]$
вувльфеніт	$Pb[MoO_4]$
вуртцит	ZnS
галеніт	PbS
галіт	$NaCl$
галуазит	$Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8 \cdot 4H_2O$
гарн'єрит	$(Ni,Mg)_6[Si_4O_{10}](OH)_8$

гаусманіт	$Mn^{2+}Mn_2^{3+}O_4$
геденбергіт	$CaFe[Si_2O_6]$
геліодор	$Al_2Be_3[Si_6O_{18}]$
геліотроп	SiO_2
гельвін	$3Mn[BeSiO_4] \cdot MnS$
гематит	Fe_2O_3
геміморфіт	$Zn_4[Si_2O_7][OH]_2 \cdot H_2O$
гетит	$FeOOH$
гіацинт	$ZrSiO_4$
гібсит	$Al(OH)_3$
гіперстен	$(Mg,Fe)_2[Si_2O_6]$
гіпс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
глауберова сіль	$Na_2[SO_4] \cdot 10H_2O$
глауконіт	$(Fe^{3+}, Mg, Fe^{2+}, Al)_2[(Al, Si)Si_3O_{10}](OH)_2 \cdot H_2O$
глаукофан	$Na_2Mg_3Al_2[Si_8O_{22}]_2(OH)_2$
гірський криштал	SiO_2
гірка сіль	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$
графіт	C
гросуляр	$Ca_3Al_2[SiO_4]_3$
гюбнерит	$(Fe, Mn)[WO_4]$
данбурит	$Ca[B_2Si_2O_8]$
датоліт	$Ca[BOH(SiO_4)]$
джемсоніт	$Pb_4FeSb_6S_{14}$
діаспор	$AlOOH$
діопсид	$Ca(Mg, Fe)[Si_2O_6]$
дикіт	$Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$
дистен	$Al_2[SiO_4]O$
доломіт	$CaMg[CO_3]_2$
дощатий шпат	$Ca_3[Si_3O_9]$
дравіт	$(Na, Ca)(Mg, Fe, Li)_3Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH)_4$
жадеїт	$NaAl(Si_2O_6)$
залізняк бурий	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$
залізняк червоний – гематит	Fe_2O_3
залізняк магнітний – магнетит	$(Fe^{3+}Fe^{2+})O_4$
залізний блиск	Fe_2O_3
залізо	Fe
золото	Au
ідокраз	$Ca_{10}Al_4(Mg, Fe)_2(OH, F)_4[SiO_4]_5[Si_2O_7]_2$
ільменіт	$FeTiO_3$
іоліт	$(Mg, Fe)_2Al_3[AlSi_5O_{18}]$
каїніт	$KMg(SO_4)Cl \cdot 3H_2O$
каломель	$Zn_4[Si_2O_7][OH]_2 \cdot H_2O$
кальцит	$CaCO_3$
кам'яне вугілля	C
кам'яна сіль – галіт	$NaCl$
каолініт	$Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$
карналіт	$KMgCl_3 \cdot 6H_2O$
карнеол	SiO_2
карнотит	$K_2(UO_2)_2[V_2O_8]_2 \cdot 3H_2O$
каситерит	SnO_2
кварц	SiO_2
квасцове каміння	$KAl_3[SO_4]_2[OH]_6$
кераргірит	$AgCl$
кіаніт	$Al_2[SiO_4]O$

кізеріт	Mg[SO ₄]H ₂ O
кіновар	HgS
клейофан	ZnS
кнопіт	CaTiO ₃
кобальтин	CoAsS
кобальтовий блиск	CoAsS
ковелін	CuS
колеманіт	Ca[B ₂ BO ₄ (OH) ₃]•H ₂ O
колумбіт	(Fe,Mn)Nb ₂ O ₆
корунд	Al ₂ O ₃
кошаче око	Al ₂ [BeO ₄]
кремні	SiO ₂
кремнезем	SiO ₂
кріоліт	Na ₃ [AlF ₆]
кришталь гірський	SiO ₂
крававик	Fe ₂ O ₃
крокоїт	Pb[CrO ₄]
ксенотим	YPO ₄
кунцит	Cu ₂ O
куприт	CuO
кюстеліт	Ag (домішки Au)
лабрадор	Na ₆ Ca ₂ [AlSiO ₄](SO ₄)S
лазурит	
лейцит	K[AlSi ₂ O ₆]
лепідокрокіт	FeOOH
лепідоліт	KLi ₂ Al[AlSi ₃ O ₁₀](F,OH) ₂
лімоніт	Fe ₂ O ₃ •nH ₂ O
лопарит	(Na,Ca,Ce)(Nb,Ti)O ₃
ляпіс-лазур	Na ₆ Ca ₂ [AlSiO ₄](SO ₄)S
магнезит	MgCO ₃
магнетит	FeFe ₂ O ₄
малахіт	Cu ₂ [CO ₃](OH) ₂
манганіт	MnO(OH)
маргарит	Ca{AL ₂ (OH,F) ₂ [AlSiO ₅] ₂ }(OH,F) ₂
марказит	FeS ₂
марматит	ZnS
мартит	Fe ₂ O ₃
мідна лазур	Cu ₂ Cu[CO ₃] ₂ (OH) ₂
мідний блиск	Cu ₂ S
мідний колчедан – халькопирит	CuFeS ₂
мідь	Cu
мікроклін	K[AlSi ₃ O ₈]
мікроліт	(Ca,Na) ₂ Ta ₂ O ₆ (OH,F)
мілерит	NiS
мірабіліт	Na ₂ [SO ₄]•10H ₂ O
місячний камінь – адуляр	K[AlSi ₃ O ₈]
миш'яковий колчедан, арсенопирит	FeAsS
молібденіт	MoS ₂
монацит	(Ce,La...)[PO ₄]
монтморилоніт	Na(Mg,Al) ₂ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₂ •4H ₂ O
моріон	SiO ₂
моховик	SiO ₂
муліт	Al ₆ Si ₂ O ₁₃
мусковіт	KAl ₂ [AlSi ₃ O ₁₀](OH,F) ₂

накрит	$Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$
настуран	Os,Ir
нев'янськіт	(Ir,Os)
нефелін	$KNa_3[AlSiO_4]_4$
нефрит	$Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$
нігрин	TiO_2
нікелін	NiAs
олівін	A_2SiO_4 , де A – Fe,Mn
оліоклаз	$X[AlSi_3O_8]$, де X – Na, Ca
олов'яний камінь – каситерит	SnO_2
онікс	SiO_2
опал	$SiO_2 \cdot nH_2O$
орлець	$CaMn_4[Si_5O_{15}]$
ортоклаз	$K[AlSi_3O_8]$
ортопіроксени	$(Mg,Fe)_2[Si_2O_6]$
осмистий іридій	Os,Ir
отеніт	$Ca(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot (10-12)H_2O$
отуніт	$Ca(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot (10-12)H_2O$
офіт	$Mg_3[Si_2O_5](OH)_4$
палигорскіт	$Mg_2Al_2[Si_8O_{20}](OH)_2 \cdot 8H_2O$
пентландит	$(Fe,Ni)_9S_8$
перовскіт	$CaTiO_3$
піраргірит	Ag_3SbS_3
пірит	FeS_2
піролюзит	MnO_2
піроморфіт	$Pb_5[PO_4]_3Cl$
піроп	$Mg_3Al_2[SiO_4]_3$
пірофіліт	$Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$
піротин	$Fe(1-n)S$, де $n = 0,0 \div 0,11$
плагіоклази	$X[AlSi_3O_8]$, де X – Na, Ca
платина	Pt
повеліт	$CaMoO_4$
полігаліт	$K_2Ca_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$
полуцит	$(Cs,Na)AlSi_2O_6 \cdot nH_2O$, де $n < 1$
празем	SiO_2
преніт	$Ca_2Al[AlSi_3O_{10}](OH)_2$
прустит	Ag_3AsS_3
псиломелан	$BaMn^{2+}Mn_4^{4+}O_{10} \cdot 2H_2O$
раухтопаз	SiO_2
реальгар	As_4S_4
родоніт	$CaMn_4[Si_5O_{15}]$
родохрозит	$MnCO_3$
ростерит	$Al_2Be_3[Si_6O_{18}]$
рубеліт	$Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH)_4$
рубін	Al_2O_3
рутил	TiO_2
смарагд	$Al_2Be_3[Si_6O_{18}]$
тальк	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
танталіт	$(Fe,Mn)(Ta,Nb)_2O_6$
тенардит	Na_2SO_4
тенантит	$Cu_{12}As_4S_{13}$
тенорит	CuO
тетраедрит	$Cu_{12}A_4S_{13}$, де A – As, Sb
тигрове око	SiO_2

титанистий залізняк	FeTiO_3
титаномагнетит	$\text{Fe}(\text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_2\text{O}_4$
топаз	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$
торберніт	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
торит	ThSiO_4
тремоліт	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$
троїліт	FeS
трона	$\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
турмалін	$(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Li})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3(\text{OH})_4$
уваровіт	$\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$
уранініт	UO_2
фаяліт	A_2SiO_4 , де A – Fe, Mn
фенакіт	$\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$
ферберит	$(\text{Fe}, \text{Mn})[\text{WO}_4]$
флогопіт	$\text{K}(\text{Mg})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$
флюорит	CaF_2
форстерит	A_2SiO_4 , де A – Fe, Mn
фосфорит	$\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{OH}$
халцедон	SiO_2
халькантит	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
халькозин	Cu_2S
халькопірит	CuFeS_2
хлораргірит	AgCl
хризоберил	$\text{Al}_2[\text{BeO}_4]$
хризокола	$\text{Cu}_8(\text{OH})_8(\text{H}_2\text{O})_4[\text{Si}_8\text{O}_{20}] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
хризоліт	A_2SiO_4 , де A – Fe, Mn
хризопраз	SiO_2
хризотил-азбест	$\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$
хроміт	$(\text{Cr}^{2+}, \text{Fe}^{2+})\text{O}_4$
хромшпінеліди	$(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe}, \text{Ti})_2\text{O}_4$
целестин	$\text{Sr}[\text{SO}_4]$
церусит	PbCO_3
цинвальдіт	$\text{K}(\text{Li}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al})[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{F}, \text{OH})_2$
цинкіт	ZnO
цинкова обманка	ZnS
циркон	ZrSiO_4
цитрин	SiO_2
цоїзіт	$\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$
шамозит	$(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mg}, \text{Al})_6[(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{O})_8$
шеєліт	CaWO_4
шерл	$(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Li})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3(\text{OH})_4$
шпінель	
- шляхетна	$(\text{MgAl}_2)\text{O}_4$
- залізна	$(\text{FeAl}_2)\text{O}_4$
- свинцева	$(\text{Pb}^{2+}, \text{Pb}^{4+})\text{O}_4$
шпат	
- паперовий	CaCO_3
- гіркий бурий	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
- гіркий тальковий	MgCO_3
- дощатий	$\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$
- залізний	FeCO_3
- вапняний	CaCO_3
- ісландський	CaCO_3
- плавиковий	CaF_2

- важкий	BaSO ₄
евдіаліт	Na ₄ (Ca,Ce,Fe ²⁺) ₂ Zr[Si ₆ O ₁₇](OH,Cl) ₂
егірин	NaFe[Si ₂ O ₆]
електрум	Au (домішки Ag)
енаргіт	Cu ₃ AsS ₄
енстатит	(Mg,Fe) ₂ [Si ₂ O ₆]
епідот	Ca ₂ (Fe, Al ₃ O(OH)[SiO ₄][Si ₂ O ₇]
епсоміт	MgSO ₄ •7H ₂ O
еритрин	Co ₃ [AsO ₄] ₂ •8H ₂ O
бурштин	C ₁₀ H ₁₆ O ₄
яшма	SiO ₂

Таблиця 8

Схематична класифікація мінералів

Основні типи хімічних сполук	Класи (за головним аніоном)	Підкласи, розділи (за ступенем складності складу або за структурою, просторовою асоціацією комплексних аніонів)
I. Прості речовини	Самородні елементи	а) метали, б) напівметали, в) неметали
II. Бінарні сполуки з аніонами типу:		
S ²⁻ ; S ₂ ²⁻ ; Se ²⁻ ; As ³⁻ та ін.	1. Сульфідиди та їх аналоги (арсенідиди, селенідиди тощо.)	а) прості, б) дисульфідиди, диарсенідиди тощо, в) складні (у т. ч. сульфосолі)
O ²⁻ ; (OH) ⁻	2. Оксидиди, гідроксидиди та оксигідратиди	а) прості; б) складні; в) гідроксидиди та оксигідратиди (прості та складні)
F ⁻ ; Cl ⁻ ; Br ⁻ ; I ⁻	3. Фторидиди; 4. Хлоридиди, бромідиди, йодидиди	а) прості; б) складні (з водою, додатковим аніоном O ²⁻ та ін.)
III. Солеподібні сполуки з комплексними аніонами типу [Me^{z+}_mO²⁻_n]^{(2n-mz)-}		
	1. Силікати (алюмосилікати тощо.); 2. Борати	а) острівні: орто-, діорто-, триорто-; б) кільцеві; в) ланцюгові та стрічкові; г) шаруваті (листові); д) каркасні
	3. Фосфатиди; 4. Арсенатиди; 5. Ванадатиди; 6. Хроматиди; 7. Молібдатиди; 8. Вольфраматиди; 9. Титанатиди; 10. Сульфатиди; 11. Карбонатиди; 12. Нітратиди	а) прості (безводні або ті, що містять воду); б) складні (з водою, додатковими аніонами, складним катіонним складом тощо.)
IV. Органічні сполуки		
	1. Солі органічних кислот; 2. Смоли, бітуми	Не виділяються

Список евапоритів

Назва мінералу	Хімічна формула
Ангідрит	CaSO_4
Антарктикит	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Басаніт	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
Бішофит	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Бледит (астраханіт)	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Галіт	NaCl
Гейлюссит	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Гексагідрит	$\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Гіпс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Глауберит	$\text{CaSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$
Доломіт	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$
Зандеріт	$\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Каїніт	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{KCl} \cdot 11/4\text{H}_2\text{O}$
Карналіт	$\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Кізерит	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Льовеїт	$2\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Леонгардит	$\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Леоніт	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Мірабіліт	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Пентагідрит	$\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Пірсоніт	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Полігаліт	$2\text{CaSO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Сильвін	KCl
Сингеніт	$\text{CaSO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Тахигідрит	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{MgCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Термонатрит	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Шеніт (пікромерит)	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Епсоміт	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Трона	$\text{NaHCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Натрон (сода)	$\text{NaCO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Силікати

Ласифікаційна ознака	Назва	Формула
Острієні	геміморфіт	$\text{Zn}_4[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	хризоліт (олівін)	$(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$,
	гранати	$(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ca})_3(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Cr})_2[\text{SiO}_4]_3$,
	циркон	$\text{Zr}[\text{SiO}_4]$,
	кіаніт	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$,
	ставроліт	$\text{FeAl}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_2$,
	топаз	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$,
	епідот	$\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Al})_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$.
Кільцеві	берил (аквамарин)	$\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$,

	турмалін	$\text{Na}(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Li}, \text{Al}, \text{Mn})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] [\text{BO}_3]_3(\text{OH}, \text{F})_4,$
	евдіаліт	$(\text{Na}, \text{Ca})_9(\text{Zr}, \text{Ti}, \text{Mn})_3[\text{Si}_3\text{O}_9][\text{Si}_9\text{O}_{24}(\text{OH})_3]$
Ланцюгові (піроксени)	гіперстен	$(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6],$
	діопсид	$\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6],$
	егірін	$\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6],$
	жадеїт	$\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6],$
	родоніт	$\text{CaMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}].$
Стрічкові (амфіболи)	актиноліт і тремоліт	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2,$
	рогова обманка	$(\text{Na}, \text{K})_{0-1}(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al}, \text{Ti})_5[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl}, \text{O})_2$
Шаруваті	хризотил (серпентин)	$\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8,$
	тальк	$\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH}),$
	мусковіт	$\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2,$
	біотит	$\text{K}(\text{Fe}, \text{Mg})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2,$
	хризокола	$(\text{Cu}, \text{Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O},$
	клінохлор	$\text{Mg}_4\text{Al}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}](\text{OH})_8,$
	преніт	$\text{Ca}_2\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2,$
	апофіліт	$\text{KCa}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}]_2\text{F} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
	вермікуліти	$(\text{Mg}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_6(\text{Al}, \text{Si})_8\text{O}_{20} \cdot 8\text{H}_2\text{O},$
	сметити	$((\text{Mg}_3, \text{Al}_2)(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}),$
	монтморилоніт	$(\text{Al}_{1,67} \text{Mg}_{0,33})[(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}]\text{Na}_{0,33}(\text{H}_2\text{O})_n$
	каолініт	$\text{Al}_4(\text{OH})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})$
	Каркасні:	калієві польові шпати (ортоклаз, міноклін)
плагіоклази (альбіт, адуляр, лабрадор, анортит)		$(\text{Na}, \text{Ca})[(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8],$
нефелін		$\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4,$
содаліт		$\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6[\text{Cl}_2],$
лазурит		$\text{Ca}_2\text{Na}_6[\text{AlSiO}_4]_6[\text{SO}_4][\text{S}^{2-}],$
цеоліти: стильбіт		$((\text{Na}_2, \text{Ca})[\text{Al}_2\text{Si}_5\text{O}_{14}]) \cdot 6\text{H}_2\text{O},$

Таблиця 11

Головні типи елементів силікатних структур

Аніонний комплекс			Приклади структури
Тип	Формула	Заряд	
<i>Поодинокі і здвоєні тетраедри</i>			
Тетраедр (ортогрупа)	$[\text{SiO}_4]$	-4	олівіни, берил, циркон, епідот
Здвоєний тетраедр (диортогрупа)	$[\text{Si}_2\text{O}_7]$	-6	
<i>Кільця тетраедрів</i>			
Трьох	$[\text{Si}_3\text{O}_9]$	-6	везувіан, турмалін
Чотирьох	$[\text{Si}_4\text{O}_{12}]$	-8	
Шести	$[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$	-12	
Дев'яти	$[\text{Si}_9\text{O}_{27}]$	-18	
<i>Нескінченний ланцюжок тетраедрів $[\text{SiO}_3]_n^{2n-}$</i>			
Піроксеновий	$[\text{Si}_2\text{O}_6]$	-4	піроксени
Воластонітовий	$[\text{Si}_3\text{O}_9]$	-6	
Астрофілітовий	$[\text{Si}_4\text{O}_{12}]$	-8	

Родонітовий	[Si ₅ O ₁₅]	-10	
<i>Нескінченна стрічка з ланцюжків тетраедрів</i>			
Амфіболова	[Si ₄ O ₁₁]	-6	амфіболи
Джімтомпсонітова	[Si ₆ O ₁₆]	-8	
Воластонітова	[Si ₄ O ₁₁]	-6	
Ксенотлітова	[Si ₆ O ₁₇]	-10	
<i>Нескінченна сітка зі стрічок тетраедрів</i>			
Сітка (мережа з шести, восьми та чотирьох з'єднаних кілець)	[Si ₂ O ₅]	-2	слюди
<i>Нескінченний каркас тетраедрів</i>			
Характерний для алюмосилікатів, побудований з [SiO ₄] ⁴⁻ і [AlO ₄] ⁵⁻ груп; заряд каркаса дорівнює кількості груп [AlO ₄] ⁵⁻	[Al _m Si _{n-m} O _{2n}]	-m	польові шпати, цеоліти, кварц

Таблиця 12

Класифікація глинистих мінералів та їх основні властивості

Тип структури	Група	Мінерал	Середній структурний заряд на одну комірку	Питома поверхня м ² /г	ЄКО мг/100 г
1 : 1	Каолініту	Каолін	0	8 – 20	3 – 15
		Дикіт	0	–	1 – 30
		Накріт	0	–	–
		Галуазит гідратований	0	35 – 70	5 – 40
		Галуазит дегідратований	0	–	5 – 10
2 : 1	Монтмори-лоніту	Монтморилоніт	0,66	600 – 850	80 – 150
		Нонтроніт	0,66	–	110 – 150
		Гекторіт	0,66	–	17,5
		Сапоніт	0,66	–	70 – 90
		Саукоцит	0,66	–	–
		Гідрослюда	1,3	65 – 180	10 – 40
	Гідрослюди	Глауконіт	1,3	–	–
Вермикуліт	Вермикуліт	1,4	80 – 850	100 – 150	
2 : 1 : 1	Хлорити	Хлорит		80	10 – 40
Змішано-шаруваті	Впорядко-ване чергування шарів	–	1,1	–	–
	Невпоряд-коване чергування шарів	–	1,1	–	–
Шарувато-стрічкові	Палигорскіт	–	–	–	20 – 30
	Сепіоліт	–	–	–	20 – 30

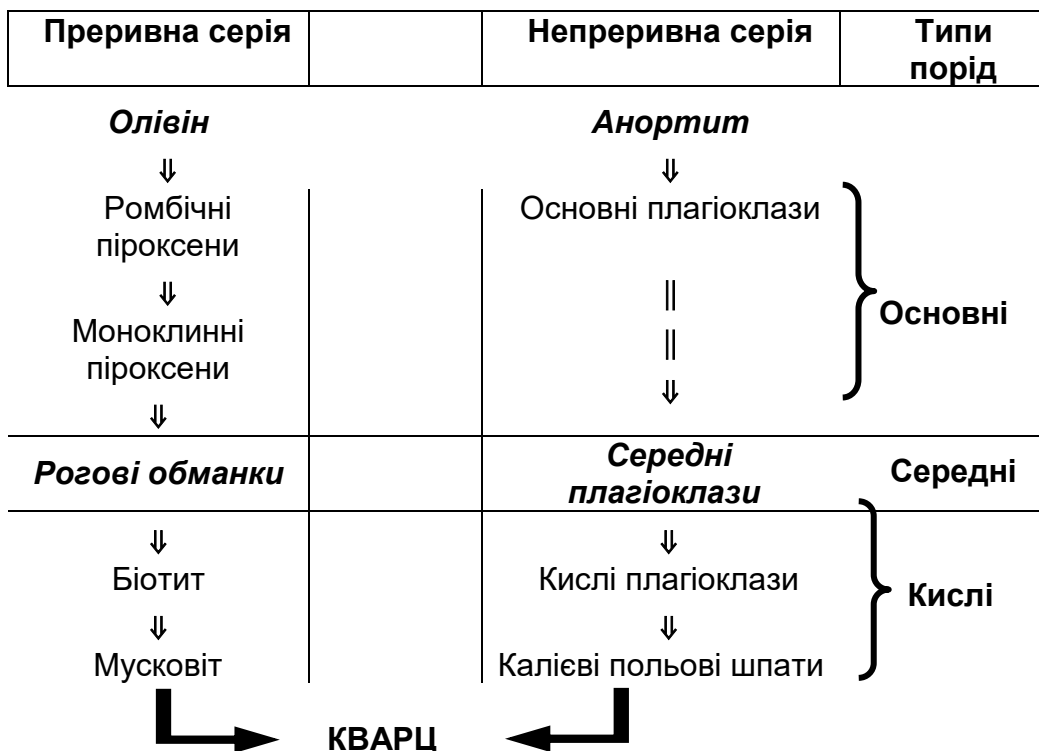
Асоціації елементів первинних порід різних родовищ

Тіла корисних копалин	Асоціація елементів
I. Магматичні родовища	
Хромітові	Cr, Fe, Mg, (Pt, Al)
Платинові	Cr, Fe, Pt, (Os, Ir), Mg
Титаномагнетитові	Fe, Ti, V
Апатит-магнетитові	Fe, F, P, Ca, (Zr)
Рідкісних земель	Ti, Nb, Zr, Ta, Ge, P, Al, F, (TR), Na
Медно-нікелеві (сульфідні)	Ni, Cu, (Pt, Pd, Co)
Алмазні (кімберліти)	C, Cr
Апатитові	P, Ti, Li, Zr, Th, Be, F, Cl, Sr, Nb, Ta, TR
II. Карбонатитові родовища	
Рідкісних земель	Na, Ga, Ge, La, Nb, Ti, Ta, (TR), Mg, Zr, F, Ca
Апатитові	P, Ca, Mg, F, Sr, Ba, TR, Ti, Zr, Nb, Ta, Cu, Mo
III. Пегматитові родовища	
Вольфрамомолітєві	W, Li, Sn
Монацитові	TR, Th
Берило- і топазоносні	F, B, Cl, Li, Pb, Cs, Ti, Nb, Ta, TR
IV. Скарнові родовища	
Залізорудні	Fe, Ca, Al, Si
Мідні	Cu, Fe, Ca, Al, Si, (Mo, Co), (Pb, Zn)
Молібденово-вольфрамові	Mo, W, Fe, Ca, Al, Si
Свинцево-цинкові	Pb, Zn, Fe, Cu, Ag, Bi, Al, Si
Оловорудні	Sn, Fe, Cu, (Mo, As, Zn, Pb, Bi, Ag, W), Si
Берилієві	Be, Fe, Mn, Si, Al, (Sc), W
Борні	B, Mg, Fe
V. Альбітит-грейзенові родовища	
Рідкісних земель, альбітитові	Be, Li, Rb, Ta, Nb, Zr, TR, Na, K, Al, Si
Грейзенові:	Sn, W, Li, Be, Si, Al
несульфідні	Sn, W, Mo; Mo, Be, Li; Mo, Be, F; Si
сульфідні	Al, (Fe, Cu, As, Bi, Zn, Pb)
VI. Гідротермальні родовища	
Кварцевого парагенезису	Au, As, Fe, Bi, Mo, W, U, Si, Cu
Сульфідного парагенезису:	
свинцю і цинку	Pb, Ba, Zn, Cu, Fe, U, Mo
п'ятиелементної формації	Co, Bi, Ni, Ag, Ca, Ba, U, F, As, Fe, (Pb, Zn, Cu)
каситериту	Sn, Pb, Zn, Fe, W
Карбонатного парагенезису:	
заліза	Fe, Mg, Ca, (Cu, Pb)
марганцю	Mn, Mg, Ca, (Fe, Ba)
магнію	Mg, Ca
Колчеданові	Fe, Cu, S, Zn, Pb, (Au, Ba)
Графітовмісні	C, Mg, Fe, Ti, Y, (Cu, Zn)
Тіла корисних копалин	Асоціація елементів
VI. Стратифіковані родовища	

Мідні	Cu, Fe, (Pb, Zn, Ag)
Свинцево-цинкові	Pb, Zn, Ag, Fe, Mg, (Ba, F)
VIII. Осадкові родовища	
Борові	B, Mg, K
Залізні	Fe, Mn
Марганцеві	Mn, Fe
Алюмінієві	Al, Fe
IX. Метаморфогенні родовища	
Марганцеві	Mn
Залістисті кварцити	Fe
Титанові	Ti, Fe
X. Родовища вивітрювання	
Остаточні	
Силікатно-нікелеві	Ni, Mg, Al, (Co, Mn)
Залістисті	Fe, Mg, Mn, Co, Ni, Cr
Алюмінієві	Al, Fe, Mn
Інфільтраційні уранові	U, Re, V, Cu

Схема 5

Послідовність кристалізації мінералів (за Н. Боуеном)



Твердість деяких мінералів за шкалою Мооса

N	Мінерал	Твердість	N	Мінерал	Твердість
1.	Алмаз	10	80	Опал	5,5—6,5
2.	Рубін	9	81	Родоніт	5,5—6,5
3.	Сапфір	9	82	Тремоліт	5,5—6,5
4.	Александрит	8,5	83	Актиноліт	5,5—6
5.	Хризоберил	8,5	84	Анатаз	5,5—6
6.	Цейлоніт	8	85	Берилоніт	5,5—6
7.	Родицит	8	86	Елеоліт	5,5—6
8.	Шпінель	8	87	Гаюїн	5,5—6
9.	Таафеїт	8	88	Периклаз	5,5—6
10.	Топаз	8	89	Псилометан	5,5—6
11.	ІАГ-гранат (гранатит)	8	90	Содалит	5,5—6
12.	Аквамарин	7,5—8	91	Бразиліаніт	5,5
13.	Берил	7,5—8	92	Хроміт	5,5
14.	Ганіт	7,5—8	93	Енстатит	5,5
15.	Пейніт	7,5—8	94	Лейцит	5,5
16.	Фенакіт	7,5—8	95	Молдавіт	5,5
17.	Смарагд	7,5—8	96	Натроліт	5,5
18.	Альмандін	7,5—8	97	Вілеміт	5,5
19.	Андалузит	7,5	98	Скаполіт	5—6,5
20.	Евклаз	7,5	99	Канкриніт	5—6
21.	Гамбергіт	7,5	100	Діопсид	5—6
22.	Уваровіт	7,5	101	Гіперстен	5—6
23.	Кордієрит	7—7,5	102	Ільменіт	5—6
24.	Данбурит	7—7,5	103	Лазурит	5—6
25.	Гросуляр	7—7,5	104	Лазуліт	5—6
26.	Піроп	7—7,5	105	Танталіт	5—6
27.	Спесартин	7—7,5	106	Бірюза	5—6
28.	Ставроліт	7—7,5	107	Датоліт	5—5,5
29.	Турмалін	7—7,5	108	Обсидіан	5—5,5
30.	Аметист	7	109	Томсоніт	5—5,5
31.	Авантюрін	7	110	Титаніт	5—5,5
32.	Гірський криштал	7	111	Апатит	5
33.	Цитрін	7	112	Аугеліт	5
34.	Дюмортєрит	7	113	Діоптаз	5
35.	Димчастий кварц (раухтопаз)	7	114	Геміморфіт	5
36.	Рожевий кварц	7	115	Смітсоніт	5
37.	Тигрове око	7	116	Страз	5
38.	Циркон	6,5—7,5	117	Вардит	5
39.	Агат	6,5—7	118	Кіаніт	4,5 та 7
40.	Аксиніт	6,5—7	119	Апофіліт	4,5—5
41.	Халцедон	6,5—7	120	Шеєліт	4,5—5
42.	Хлоромеланіт .	6,5—7	121	Цинкіт	4,5—5
43.	Хризопраз	6,5—7	122	Колеманіт	4,5

44.	Демантоїд	6,5—7	123	Варіцит	4—5
45.	Зкам'яніле дерево	6,5—7	124	Пурпурит	4,5
46.	Жадеїт	6,5—7	125	Баритокальцит	4
47.	Яшма	6—7	126	Флюорит	4—4,5
48.	Корнерупін	6,5—7	127	Магнезит	4
49.	Перідот (хризоліт)	6,5—7	128	Родохрозит	4
50.	Танзаніт	6,5—7	129	Доломіт	3,5—4,5
51.	Галіант	6,5	130	Сидеріт	3,5—4
52.	Перистерит	6,5	131	Арагоніт	3,5—4,5
53.	Сосюрит	6,5	132	Азурит	3,5—4
54.	Сингаліт	6,5	133	Купріт	3,5—4
55.	Смарагдит	6,5	134	Халькопірит	3,5—4
56.	Везувіан	6,5	135	Малахіт	3,5—4
57.	Силіманіт	6—7,5	136	Сфалерит	3,5—4
58.	Каситеріт	6—7	137	Церусит	3,5
59.	Епідот	6—7	138	Говліт	3,5
60.	Гідденіт	6—7	139	Вітерит	3,5
61.	Кунцит	6—7	140	Корали	3—4
62.	Амазоніт	6—6,5	141	Перли	3—4
63.	Авантюриновий польовий шпат	6—6,5	142	Ангідрит	3—3,5
64.	Бенітоїт	6—6,5	143	Барит	3
65.	Еканіт	6—6,5	144	Кальцит	3
66.	Фабуліт	6—6,5	145	Курнаковіт	3
67.	Лабрадор	6—6,5	146	Вульфеніт	3
68.	Місячний камінь	6—6,5	147	Гагат	2,5—4
69.	Нефрит	6—6,5	148	Крокоїт	2,5—3
70.	Ортоклаз	6—6,5	149	Гарнієрит	2,5—3
71.	Петаліт	6—6,5	150	Гейлюсит	2,5
72.	Преніт	6—6,5	151	Прустит	2,5
73.	Пірит	6—6,5	152	Серпентин	2,5
74.	Рутил	6—6,5	153	Хризосола	2—2,5
75.	Амблігоніт	6	154	Слонова кістка	2—4
76.	Бітовніт	6	155	Бурштин	2—3
77.	Санідін	6	156	Морська піна (сепіоліт)	2—2,5
78.	Тугупіт	6	157	Алебастр	2—2,5
79.	Гематит	5,5—6,5	158	Улексит	2
			159	Вівіаніт	1,5—3
			160	Стихтіт	1,5—2,5
			161	Сірка	1,5—2

Головні рудні мінерали

Металічний елемент	Мінерал	Формула мінералу	Вміст металу в мінералі, %
Аурум	Самородне золото	Au	85 – 96
	Калаверит	AuTe ₂	39
	Електрум	AuAg	50 – 85
Аргентум	Самородне срібло	Ag	100
	Аргентит	Ag _a S	87
	Кераргірит	AgCl	75
Ферум	Магнетит	Fe ₃ O ₄	72
	Гематит	Fe ₂ O ₃	70
	Лимоніт	Fe ₂ O ₃ •nH ₂ O	60
	Сидеріт	FeCO ₃	48
Купрум	Самородна мідь	Cu	100
	Халькопірит	CuFeS ₂	34
	Ковелін	CuS	66
	Халькозин	Cu ₂ S	80
	Борніт	Cu ₅ FeS ₄	63
	Куприт	Cu ₂ O	89
	Енаргіт	Cu ₃ AsS ₄	48
	Малахіт	CuCO ₃ •Cu(OH) ₂	57
	Азурит	2CuCO ₃ •Cu(OH) ₂	56
	Хризосола	CuSiO ₃ •nH ₂ O	36
Плюмбум	Галеніт	PbS	86
	Церусит	PbCO ₃	77
	Англезит	PbSO ₄	68
Цинк	Сфалерит	ZnS	67
	Смітсоніт	ZnCO ₃	52
	Каламін	Zn ₄ [Si ₂ O ₇] [OH] ₂ •H ₂ O	54
Станум	Касситерит	SnO ₂	78
	Станнін	Cu ₂ FeSnS ₄	27
Нікель	Пентландит	(Ni, Fe)S	22
	Нікелін	NiAs	44
	Гарнієрит	n(Ni, Mg) ₄ [Si ₄ O ₁₀][OH] ₄ •	до 46 – NiO
	Анабергіт	Ni ₃ [AsO ₄] ₂ •8H ₂ O	37– NiO
Кобальт	Кобальтин	CoAsS	35
	Шмальтин	CoAs ₂₋₃	28
	Ліннеїт	Co ₃ S ₄	58
	Асболан	m(Co, Ni)O•MnO ₂ •H ₂ O	—
	Ерітрин	Co ₃ [AsO ₄] ₂ •8H ₂ O	37

Хром	Магнохроніт	$(\text{Mg, Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$	50 – 65
	Хромпикотит	$(\text{Mg, Fe})(\text{Cr, Al})_2\text{O}_4$	35 – 55
	Алюмохроміт	$(\text{Fe, Mg})(\text{Cr, Al})_2\text{O}_4$	35 – 50
Манган	Піролюзит	MnO_2	63
	Псиломелан	$m\text{MnO} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	45
	Манганіт	$\text{MnO}_2 \cdot \text{Mn}(\text{OH})_2$	62
	Брауніт	Mn_2O_3	60 – 69
	Гаусманіт	Mn_3O_4	65 – 72
	Родохрозит	MnCO_3	48
	Родоніт	$(\text{Mn, Ca})\text{SiO}_3$	30 – 46
Алюміній	Діаспор Беміт	Al_2O_3 AlOOH	85 – Al_2O_3
	Гідраргіліт (гіббсит)	$\text{Al}(\text{OH})_3$	65 – Al_2O_3
	Нефелін	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	34 – Al_2O_3
Стибій	Стибніт (антимоніт)	Sb_2S_3	71
Меркурій	Кіновар	HgS	86
Вольфрам	Вольфраміт	$(\text{Fe, Mn})\text{WO}_4$	75
	Шеєліт	CaWO_4	80
Молібден	Молібденіт	MoS_2	60
Уран	Уранініт	UO_2	50 – 60 – U
	Настуран	UO_2	45 – 65 – U
	Уранові слюдки:		
	карнотит	$\text{K}_2\text{U}_2[\text{VO}_4]_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	63 – UO_3
	торберніт	$\text{CuU}_2[\text{PO}_4]_2\text{O}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	52 – UO_3
Літій	Сподумен	$\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	4 – 10 – Li_2O
	Лепідоліт	$\text{KLi}_2\text{Al}[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{F, OH}]_2$	2- 6 – Li_2O
	Хризотил-асбест	$\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{11}][\text{OH}]_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$	—
	Мусковіт	$\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	—
	Флогопіт	$\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{F, OH}]_2$	—
	Графіт	C	—
	Сірка	S	—
	Флюорит	CaF_2	—
	Апатит	$\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3[\text{F, Cl}]$	—
	Галіт	NaCl	—
	Сильвін	KCl	—
	Карналіт	$\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	—
	Каолініт	$\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$	—

Таблиця 16

Значення рН початку осадження гідроксидів деяких елементів з розбавлених розчинів (В. А. Олексієнко)

Елемент	рН	Елемент	рН	Елемент	рН	Елемент	рН
Zr ⁴⁺	2,0	Al ³⁺	4,1	Cd ²⁺	6,7	Hg ²⁺	7,3
Sn ²⁺	3,0	U ⁶⁺	4,2	Ni ²⁺	6,7	Ce ³⁺	7,4
Ce ⁴⁺	2,7	Cr ³⁺	5,3	Co ²⁺	6,8	La ³⁺	8,4
Fe ³⁺	2,48	Cu ²⁺	5,3	Y ³⁺	6,8	Ag ⁺	9,0
Hg ⁺	3,0	Fe ²⁺	5,5	Sm ³⁺	6,8	Mn ²⁺	9,0
In ³⁺	3,4	Be ²⁺	5,7	Zn ²⁺	7,0	Mg ²⁺	10,5
Th ⁴⁺	3,5	Pb ³⁺	6,0	Nd ³⁺	7,0		

Таблиця 17

Угрупування механічних елементів ґрунту за їх розмірами – класифікація механічних елементів (Н. А. Качинського, 1965).

	Назва механічних елементів	Діаметр механічних елементів, мм
Фізичний пісок ($> 0,01$ мм)	Каміння	> 3
	Гравій	3 – 1
	Пісок крупний	1 – 0,5
	Пісок середній	0,5 – 0,25
	Пісок дрібний	0,25 – 0,05
	Пил крупний	0,05 – 0,01
Фізична глина ($< 0,01$ мм)	Пил середній	0,01 – 0,005
	Пил дрібний	0,005 – 0,001
	Мул грубий	0,001 – 0,0005
	Мул тонкий	0,0005 – 0,0001
	Колоїди	$< 0,0001$

В основу виокремлення механічних фракцій покладені відмінності, переважно у водно-фізичних властивостях частинок. Так, за водно-фізичними властивостями кам'яниста частина ґрунту ($d > 1$ мм) не активна, інертна; вона не здатна утримувати вологу. Пісок ($d = 1,0 - 0,05$ мм) має слабку водоутримуючу здатність. Пил ($d = 0,05 - 0,001$ мм) дуже добре утримує воду і має гарну водопідйомну здатність; мул ($d < 0,001$ мм) характеризується слабкою водопроникністю і меншою, ніж у пилюватих частинок, водопідйомною здатністю.

Таблиця 18

Класифікація ґрунтів за механічним складом (Н.А.Качинський, 1965)

Коротка назва ґрунту	Вміст фізичної глини (частинок з діаметром < 0,01 мм), % для різних типів ґрунтоутворення:		
	підзолистий	степовий, червоноземи й жовтоземи	солончаки й сильно солонцюваті ґрунти
Пісок рихлий	0 – 5	0 – 5	0,5
Пісок зв'язаний	5 – 10	5 – 10	5 – 10
Супісок	10 – 20	10 – 20	10 – 15
Суглинок легкий	20 – 30	20 – 30	15 – 20
Суглинок середній	30 – 40	30 – 45	20 – 30
Суглинок важкий	40 – 50	45 – 60	30 – 40
Глина легка	50 – 65	60 – 75	40 – 50
Глина середня	65 – 80	75 – 85	50 – 65
Глина важка	> 80	> 85	> 65

Механічний склад ґрунту є важливою характеристикою, необхідною для визначення родючості ґрунту, способів його обробки тощо. Від механічного складу залежать майже всі фізичні та фізико-механічні властивості ґрунту: вологоємність, водопроникність, пористість, повітряний і тепловий режими тощо.

Таблиця 19

Класифікація ґрунтів за гранулометричним складом (Н. А. Качинський, 1965)

Назва ґрунту за гранулометричним складом	Уміст фізичної глини (< 0,01 мм) у ґрунтах, %			Уміст фізичного піску (> 0,01 мм) у ґрунтах, %		
	Підзолистого типу ґрунтоутворення	Степового типу ґрунтоутворення, червоноземах і жовтоземах	У солонцях та сильно-солонцюватих	Підзолистого типу ґрунтоутворення	Степового типу ґрунтоутворення, червоноземах і жовтоземах	У солонцях та сильно-солонцюватих
Піщаний						
пухкопіщаний	0 – 5	0 – 5	0 – 5	100 – 95	100 – 95	100 – 95
зв'язнопіщаний	5 – 10	5 – 10	5 – 10	95 – 90	95 – 90	95 – 90
Супіщаний	10 – 20	10 – 20	10 – 15	90 – 80	90 – 80	90 – 85
Суглинковий						
легкосуглинковий	20 – 30	20 – 30	15 – 20	80 – 70	80 – 70	85 – 80
середньосуглинковий	30 – 40	30 – 45	20 – 30	70 – 60	70 – 55	80 – 70
важкосуглинковий	40 – 50	45 – 60	30 – 40	60 – 50	55 – 40	70 – 60
Глинистий						
легкоглинистий	50 – 65	60 – 75	40 – 50	50 – 35	40 – 25	60 – 50
середньоглинистий	65 – 80	75 – 85	50 – 65	30 – 20	25 – 15	50 – 35
важкоглинистий	80	85	65	20	15	35

Таблиця 20

Участь мікроелементів у найважливіх ґрунтових процесах (за В.А. Ковдою)

Процес	Ґрунти або ґрунтові утворення	Мікроелементи, які накопичуються
Малий біологічний кругообіг	Рослинний опад свіжий або частково розкладений	Mo, Zn, Cu Co B I Br Se Ni U Ba Mn Sr V
Синтез гумусу	Гумінові речовини	B I Mn Co Cu Mo Zn Ni Pb Br F
Утворення глин і синтез колоїдів	Високодисперсна частина ґрунтів	Mn Fe Cu Co V Cr Ni Mo Li Rb Cs Ba Sr Pb Zn Mn V I B
Утворення ілювію	Ілювіальні горизонти	Cu Ni Co V Cr Zn Mo B
Оглеювання	Глеєвий горизонт	Mn Co Cu V
Гідрогенна акумуляція	Північні лугові ґрунти	Mn Cu Ni V Co B
	Південні лугові ґрунти	Ba Sr B
	Солончаки	B I F Li Rb Cs Zn Ca Co
	Тропічні латерити	Ti V Cr Co Ni Cu

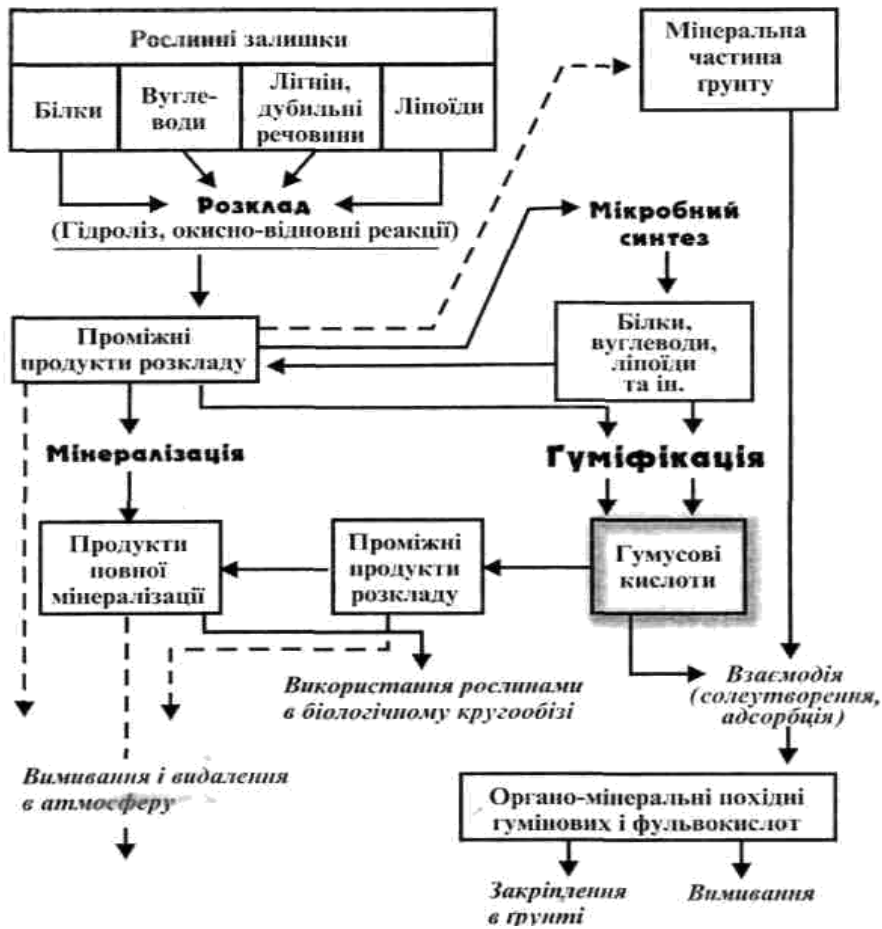
Таблиця 21

Класифікація ґрунтів за гранулометричним складом

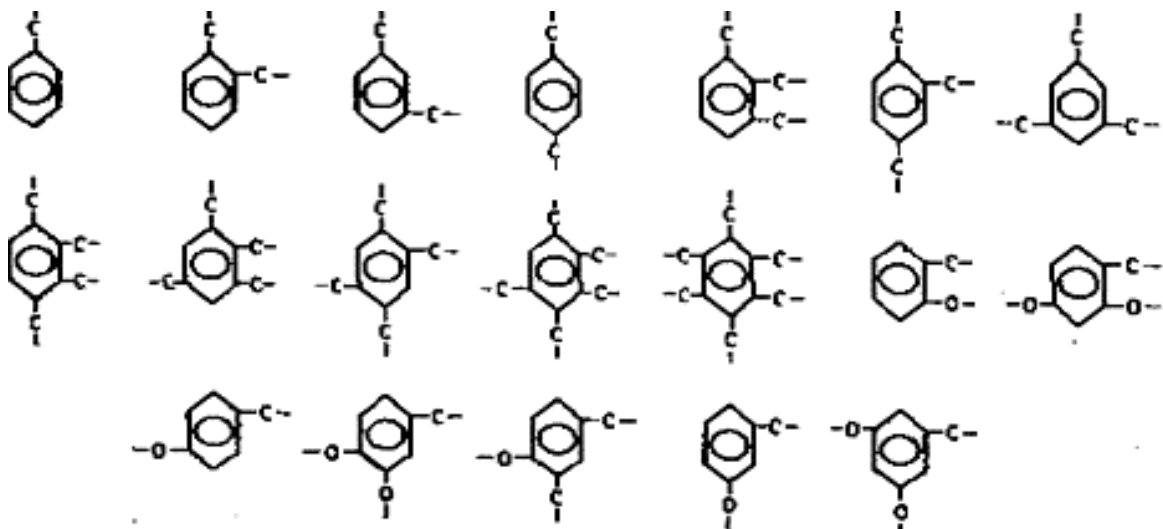
(за М. М. Годліним, 1940)

Групи ґрунтів за гранулометричним складом	Підгрупи ґрунтів за гранулометричним складом	Частинки, мм		
		> 0,05	0,5 ÷ 0,01 (грубий пил)	< 0,01
Піщаний	Піщаний	90	6	6
	Пилувато-піщаний	90	6	6
	Глинисто-піщаний	75-90	15	15
Супіщаний	Супіщаний	40-60	30-45	10-20
	Піщано-супіщаний	45-70	20-35	10-20
	Пилувато-супіщаний	25-50	40-60	10-25
Піщано-суглинковий	Піщано-легкосуглинковий	30-60	10-30	25-40
	Піщано-середньосуглинковий	20-40	20-40	35-50
	Піщано-важкосуглинковий	10-20	20-40	45-60
Грубопилувато-суглинковий	Легкосуглинковий	25	55-65	20-35
	Середньосуглинковий	15	50-60	30-50
Пилувато-суглинковий	Пилувато легкосуглинковий	20	40-50	30-45
	Пилувато середньосуглинковий	10	35-45	40-55
	Пилувато важкосуглинковий	5	30-40	50-65
Глинистий	Глинистий	10	35	60-80
	Важкоглинистий	10	25	70-90
	Піщано-глинистий	10	30	60-80

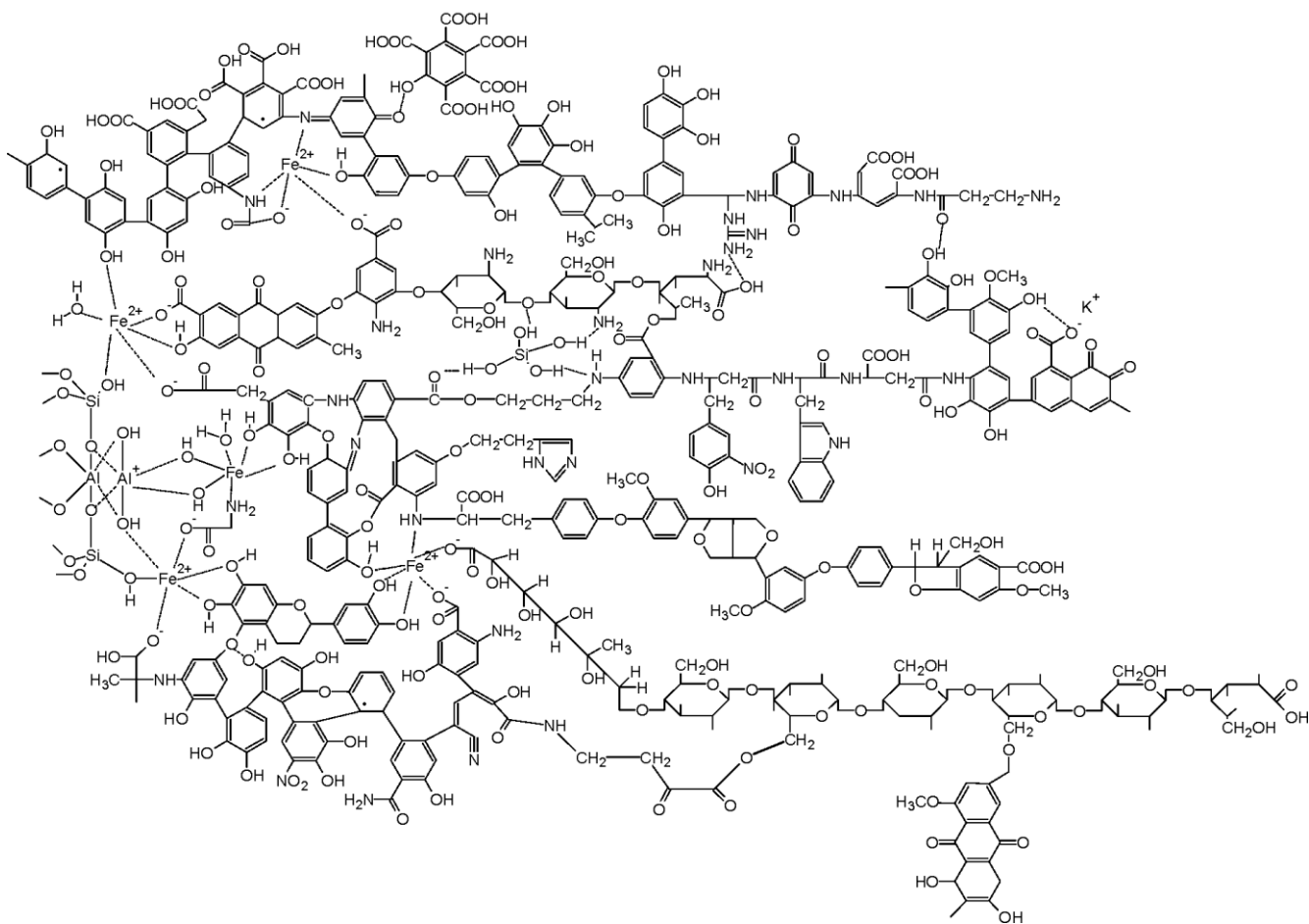
Утворення гумусових речовин у ґрунті (за Л. М. Олександровою, 1980).



Головні типи вуглеводневих скелетів, ідентифікованих у продуктах окиснення гумусових кислот



Середня структурна формула ГФК ґрунту



Представлена усереднена молекулярна структура ГФК є найбільш близькою до класичної характеристики органічних речовин за допомогою структурних формул. Вона дозволяє продемонструвати основні хімічні властивості ГФК, такі як кислотність, хелатуюча здатність, окиснювально-відновні і π -акцепторні властивості, а також поліелектролітну природу ГФК.

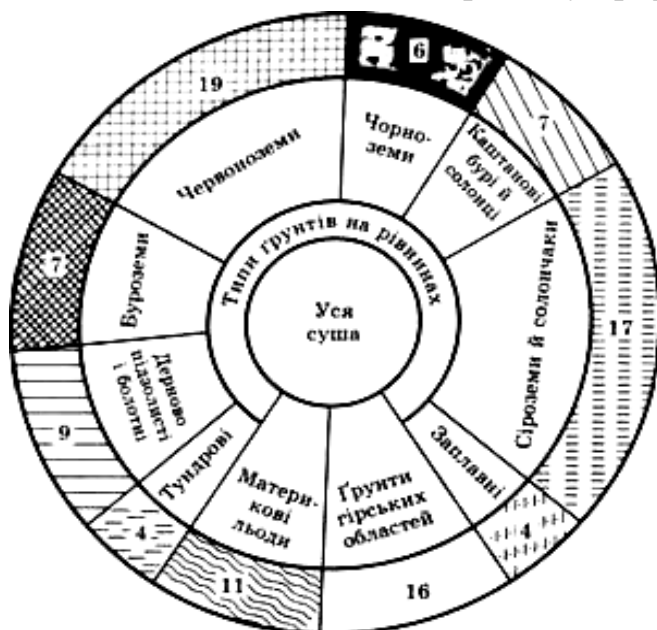


Схема 9

Співвідношення площ основних типів ґрунтів світу, %

Система індексів генетичних горизонтів ґрунту

Назва горизонтів	Індекси горизонтів			Коротка характеристика
	За системою В.В. Докучаєва	За системою О.Н. Соколовського	За системою Б.Г. Розанова	
Торф'яний	<i>A_T</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	Формується на поверхні в умовах постійного надмірного зволоження
Торф'яний мінералізований	<i>A_T</i>	<i>TC</i>	<i>TA</i>	Орний торф'яний горизонт змінений осушенням і обробітком
Лісова підстилка або степова повсть	<i>A_o</i>	<i>Ho, Hл, Hc</i>	<i>O</i>	Шар відмерлих органічних решток рослин і тварин
Дерновий	<i>Ad</i>	<i>Hd</i>	<i>Ad</i>	Формується під трав'янистою рослинністю, половиною і більше об'єму становлять коріння рослин
Перегнійний або торфво-перегнійний	<i>A</i>	<i>TH</i>	<i>AT</i>	Гумусно-акумулятивний, вміст органічної речовини 15–35%, мулуватий, чорний, постійно або періодично насичений водою
Гумусний	<i>A; A₁</i>	<i>H</i>	<i>A</i>	Гумусно-акумулятивний горизонт з вмістом органічних речовин до 15%
Орний	<i>A_{орн}</i>	<i>H</i>	<i>A_{орн}</i>	Поверхневий гумусний горизонт, змінений обробітком
Елювіальний	<i>A₂</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	Освітлений, білястий, розташований під гумусним горизонтом (підзолистий, осолоділий та ін.)
Ілювіальний (перехідний)	<i>B (B₁, B₂, B₃)</i>	<i>I</i>	<i>B</i>	Глинисто-ілювіальний (<i>Bt</i>), залізисто-ілювіальний (<i>Bf</i>), гумусо-ілювіальний (<i>Bh</i>), сольовий (<i>Bsa</i>), гіпсовий (<i>Bcs</i>) та ін.
Глейовий	<i>G</i>	<i>Gl</i>	<i>G</i>	Формується в умовах постійного надмірного зволоження, має сизе або оливкове забарвлення, іноді з іржавими плямами
Солонцевий	<i>B₁</i>	<i>Sl</i>	<i>B_{па}</i>	Характерний для солонців, має високий вміст обмінного Na ⁺
Карбонатний	<i>Bк</i>	<i>Ik, Pк</i>	<i>Bca</i>	
Материнська порода	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	
Підстилаюча порода	<i>D</i>	<i>D</i>	<i>D</i>	

Ємність катіонного обміну різних ґрунтів (ЄКО)
(Ремезов, 1957), [C(1/zX), ммоль /100 г ґрунту]

Ґрунт	Горизонт	Глибина, см	ЄКО
1	2	3	4
Дерново-сильнопідзолистий пілувато-суглинковий, ялиново-широколистяний ліс	A ₁	2-8	25
	A ₂	18-25	10
	B ₁	40-48	20
	B ₂	60-70	20
	B ₃	80-90	19
	C	120-130	23
Дерново-підзолистий глинистий орний	A _{орн}	0-10	7
	A ₂	25-35	5
	B ₁	40-50	20
	B ₂	70-80	22
Дерново-підзолистий піщаний орний	A _{орн}	0-10	3,5
	A ₂	18-26	1,4
	B ₁	50-60	1,0
	B ₂	75-85	1,3
Сірий лісовий пілувато-суглинистий орний	A _{орн}	0-10	14
	A ₂	22-27	15
	B ₁	30-35	13
	B ₂	47-52	17
Чорнозем типовий суглинистий, лучний степ	A ₁	4-10	74
	A ₁	10-30	63
	A ₁	40-50	63
	A ₁	56-65	58
	A _{орн}	0-10	28
Чорнозем звичайний суглинистий орний	A	18-28	26
	A	35-45	22
	B	50-60	25
	BC	70-80	24
	A _{орн}	0-10	32
Чорнозем південний суглинистий орний	A	17-22	31
	B	30-40	26
	BC	55-65	28
	A _{орн}	0-10	24
Світло-каштановий суглинистий орний	B ₁	20-30	22
	B ₂	50-60	29
	C	90-100	30
	A _{орн}	0-10	24
Солонець стовпчастий	A ₁	0-10	11
	B ₁	14-20	29
	B ₂	30-40	36
	C	50-60	33
Сірозем типовий суглинистий орний	A _{орн}	0-10	11
	B	10-25	11
	B ₁	25-30	16
	C	40-50	16
Бурий гірсько-лісовий суглинистий	A ₁	0-8	26
	AB ₁	16-24	17
	B ₂	40-48	16
	B ₃	64-72	17
Гірсько-луговий субальпійський	A ₁	0-5	38
	A ₁	10-15	22
	B	30-35	10
	C	>60	6

Таблиця 24

Склад обмінних катіонів у ґрунтах [$C(1/zX)$, ммоль /100 г ґрунту]
(за даними Ремезова та інших авторів) (цит. за Орловим, 1992)

Ґрунт	Горизонт	Глибина	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Na ⁺
Торфово-глеєвий	H _л (A ₀)	0-10	7,0	0,6	140,0	-
	H (A)	10-20	1,0	0,13	129,5	-
	GI (G)	50-60	2,0	0,39	28,9	-
Дерново-підзолистий піщаний	H _{орн.} (.)	0-10	0,9	0,3	2,3	-
	Ih (B ₁)	18-26	0,2	0,1	1,1	-
	Ih (B ₂)	50-60	0,3	0,1	0,6	-
	I (B ₃)	75-85	0,5	0,1	0,7	-
Сірий лісовий опідзолений	H (A ₁)	0-16	12,5	2,5	2,5	-
	HI (A ₂)	18-28	2,5	0,5	2,0	-
	Ih (B ₁)	30-40	7,0	0,8	3,2	-
	I (B ₂)	60-70	10,0	1,7	2,9	-
	P (C)	130-140	13,5	2,5	2,6	-
Темно-сірий лісовий	H (A ₁)	1-10	39,7	6,2	2,1	-
	HI (A ₂)	20-30	26,0	6,1	1,6	-
	Ih (B ₁)	60-70	25,1	4,1	2,9	-
	PH (B ₂)	115-125	33,5	2,1	0,8	-
Чорнозем типовий	H _л (A ₁)	0-10	39,1	6,0	-	-
	H (A)	20-30	34,6	3,4	-	-
	H (A)	60-70	27,2	2,7	-	-
Каштановий суглинисто- супіщаний	H _л	0-10	11,2	4,5	-	1,7
	Ih (B ₁)	20-30	10,5	3,0	-	2,2
	Ih (B ₂)	40-50	3,4	5,6	-	2,4
Залишково- солончакуватий солонець	HE	0-5	13,4	8,9	-	4,7
	SI	8-13	17,6	7,8	-	13,2
	PSI	15-20	18,5	10,4	-	15,6
	P _{SI}	24-29	8,7	9,3	-	18,6

Таблиця 25

Обмін йонів Ca²⁺ і Mg²⁺ на пилувато-суглинковому ґрунті
за даними Х.Керра (цит. за Д.С.Орловим, 1992)

[Mg ²⁺]:[Ca ²⁺] у розчині	Уміст обмінних катіонів, ммоль/кг.		Відношення обмінних катіонів Mg ²⁺ /Ca ²⁺	Константа обміну K _{Mg-Ca}	Константа обміну K _{Ca-Mg}
	Ca ²⁺	Mg ²⁺			
3,3	0,029	0,032	1,10	0,33	2,99
4,7	0,023	0,038	1,65	0,35	2,84
5,8	0,021	0,040	1,90	0,33	3,05
6,8	0,019	0,042	2,21	0,33	3,07
8,2	0,016	0,045	5,81	0,34	2,92
10,1	0,014	0,047	3,36	0,33	3,01

Таблиця 26

Коефіцієнти активності йонів Натрію у водних витяжках засолених ґрунтів

Ґрунт	Глибина, см	Йонна сила	$f_{\pm}(\text{Na}^+)$	
			Обчислено	Виміряно
Лучний солончак	Кірка	0,330	0,70	0,56
	0-40	0,170	0,74	0,66
	65-75	0,166	0,74	0,63
	115-160	0,084	0,79	0,73
	160-120	0,052	0,82	0,84
Сіроземно-лучний солончакуватий	10-20	0,013	0,90	0,72
	30-40	0,022	0,87	0,93
	100-110	0,149	0,75	0,67
	150-160	0,029	0,79	0,80
	180-200	0,031	0,85	0,84

Таблиця 27

Характеристика основності компонентів ґрунтового розчину

Рівняння реакцій	$pK_{\text{осн}}$
$\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HS}^- + \text{OH}^-$	1,10
$\text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^-$	1,65
$\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$	3,67
$\text{HSiO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{OH}^-$	4,29
$\text{H}_2\text{BO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{OH}^-$	4,80
$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{OH})_4]^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH})_3] + \text{OH}^-$	5,90
$\text{HS}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{OH}^-$	6,80
$\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$	6,98
$\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$	7,64
$\text{RCOO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{RCOOH} + \text{OH}^-$	—

Таблиця 28

Коефіцієнти активності йонів для прісних вод

Заряд йона	Йонна сила розчину, I					
	0.001	0.002	0.005	0.01	0.02	0.05
1	0.97	0.95	0.95	0.90	0.87	0.81
2	0.87	0.82	0.74	0.66	0.55	0.44
3	0.73	0.64	0.51	0.39	0.28	0.15

Визначення карбонатних мінералів методом фарбування

УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ РЕАКЦІЙ ТА РЕАГЕНТИ	Кальцит	Доломіт	Анкерит	Магнезит	Брейнеріт	Сидерит	Арагоніт
<i>Реагенти:</i> $2\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (10 – 15 % розчин) і $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ (концентрація неважлива). Наносять на шліф $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ на 1 – 2 хв, потім промивають $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ декілька секунд. Пелітоморфні карбонати (зерна менше 0,01-0,005 мм) забарвлюються в зеленуваті тони; доломіт - у чорний колір	чорний	майже не забарбований	майже не забарбований	не забарбований	зеленуватий	не забарбований	чорний
<i>Реагенти:</i> AgNO_3 (10 % розчин), підігрітий до 60 °С, K_2CrO_4 (20 % розчин). На шліф наносять AgNO_3 на 3 – 4 хв, промивають і діють K_2CrO_4 кілька секунд. При дії слабким розчином 1,7 % AgNO_3 протягом 1 с арагоніт забарбовується; інші мінерали – ні.	червоно-бурий	те ж	те ж	майже не забарбований	майже не забарбований		червоно-бурий
<i>Реагенти:</i> $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (11,8 г на 100 см ³ води) + Ag_2SO_4 – твердий аргентум(I) сульфат + кілька крапель NaOH (додають у розчин), осад відфільтровують. Мінерал витримують у розчині 30 – 60 хв. Діють реактивом на порошок впродовж 3-5 хв. і на шліф – 30 – 60 хв.	не забарбований	не забарбований	не забарбований	не забарбований	не забарбований		чорний
<i>Реагенти:</i> $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ (5 % розчин) Мінерал кип'ятять у розчині 2 – 3 хв. Доломіт при величині зерна менше 0,01 мм забарвлюється у блідо-зелений колір	яскраво-зелений		блідо-зелений	блідо-блакитний			яскраво-зелений
<i>Реагенти:</i> Метилфіолет (фіолетове чорнило) + 1 – 5 % розчин хлоридної кислоти. Доломіт при величині зерна менш 0,01 мм забарбовується	фіолетовий			не забарбований			фіолетовий
<i>Реагенти:</i> Паранітробензол азорезорцин 1 – 2 мг + 500 см ³ спирту + 500 см ³ води + KOH до синього забарвлення. На шліф діють реактивом 1/2 – 2 хв. Порошок мінералу кип'ятять 2 – 3 хв; потім промивають. Реакція відбувається при кип'ятінні; без кип'ятіння забарвлюється тільки магнезит у синій колір/	не забарбований	синій		синій	синій		не забарбований
<i>Реагенти:</i> Дифенілкарбазид 1 – 2 г + 15 см ³ спирту + 3 – 5 мг 25% NaOH . Кип'ятять мінерал 2 – 3 хв., потім промивають		не забарбований		бузковий	рожевий	темно сірий	
<i>Реагенти:</i> Еозин 1 – 2 г + 15 см ³ спирту + 3 мг KOH . Кип'ятять мінерал 2 хв, потім промивають.				яскраво-рожевий	блідо-рожевий	сірий	
<i>Реагенти:</i> Алізарин червоний «С» + 0,2 % HCl + $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Наносять на шліф на 1 – 2 хв.	червоний		блакитнуватий	не забарбований	блакитнуватих тонів		червоний

Таблиця 30

Визначення глинистих мінералів методом фарбування

Мінерали	Метиленовий блакитний, 0,01% розчин	Метиленовий блакитний + КСІ, нас. розчин	Бензидин хлорид (нас. розчин)	Хризоїдин, 0,01 % розчин	Метилфіолет підкислений слабкою НСІ
Каолініт	Фіолетовий	Фіолетовий	Без кольору	Жовтий	Грязно-фіолетовий
Накріт	Синьо-фіолетовий	Фіолетово-синій	-"-	Рожево-жовтий	-"-
Дікіт	-"-	-"-	-"-	Жовтий	-"-
Галуазит	Фіолетовий	Синьо-блакитний,	-"-	Жовтий не чистий	-"-
Гідрослюда	Фіолетово-синій	Блакитний	Без кольору або брудно-зелений	Жовто-червоний	Брудно-зелений
Монтморилоніт	Фіолетово-синій	Блакитнувато-зелений	Блакитний	-"-	Трав'янисто-зелений
Нонтроліт	Фіолетово-синій	Зелений	Блакитний	-"-	-"-
Глауконіт	Фіолетово-синій	Синій	Синьо-блакитний	Цегельно-червоний	-
Палигорскіт	Фіолетово-синій	Фіолетовий	Без кольору	-	-
Сепіоліт	Синьо-блакитний	Синьо-блакитний	-"-	-	Без кольору
Хлорит	Синій	Синій	Зелений	Брудно-жовтий	Без кольору
Карбонати пелітоморфні	Бузковий	Бузковий	Без кольору	-	Фіолетовий (кальцит і арагоніт)

Таблиця 31

Ідентифікація глин за кольором зафарбованої органічними барвниками суспензії

Номер кольору за шкалою	Колір	Індекс кольору
I	Фіолетовий	Ф
II	Фіолетово-синій	Ф-С
III	Синій	С
IV	Синьо-блакитний	С-Г
V	Блакитний	Г
VI	Блакитнувато-зелений	Г-З
VII	Зелений	З
VIII	Трав'янисто-зелений	Тр-З
IX	Трав'янистий	Тр
X	Жовто-зелений	Ж-З

Монтморилонітові глини дають з МГ інтенсивний чистий фіолетовий, фіолетово-синій або синій колір, який при додаванні калій хлорид переходить в

яскраво-блакитний, блакитно-зелений або зеленувато-блакитний. Осад гелеподібний.

Гідрослюди глини забарвлюються у Ф-С і С кольори, які мало змінюються від додавання калій хлориду, або в бляклий світло-фіолетовий колір.

Щільний осад каолінової глини забарвлюються в бляклий світло-фіолетовий колір, який не змінюється від додавання калій хлориду. Домішка гідрослюди викликає зміну забарвлення від додавання калій хлориду у Ф-С, С або Г кольори.

Для уточнення діагностики гідрослюди суспензію забарвлюють бензидином. Для цього беруть в пробірку 2 мл суспензії, приготовленої з досліджуваного зразка, і додають таку ж кількість бензидину. Пробірку збовтують і залишають на добу. При цьому гідрослюди слабо забарвлюються в брудно-синій колір, каолінові глини бензидином не фарбуються, монтморилонітові глини забарвлюються в глибокий синій колір.

При використанні хризоїдину беруть дві пробірки і в кожену наливають по 1 мл приготованої суспензії. Туди ж додають по 1 мл розчину ХН. В одну з пробірок додають 1 – 2 краплі 5%-ної хлоридної кислоти, щоб прискорити осідання з суспензії.

Суспензії з монтморилонітових глин фарбуються в цегляно-червоний колір, який може бути яскраво-червоним при додаванні надлишку барвника. Додаток краплі розчину сульфатної кислоти викликає коагуляцію, і розчин стає безбарвним. Забарвлення осаду при цьому залишається незмінним. Суспензії каолінових і гідрослюдицих глин фарбуються ХН у світло-жовтий колір. При осіданні осаду з суспензії видно, що частина барвника залишається в розчині.

Таблиця 32

Уміст глини в ґрунті за приростом його об'єму

Збільшення об'єму ґрунту, мл	Уміст глини в ґрунті, %		Збільшення об'єму ґрунту, мл	Уміст глини в ґрунті, %
4,00	90,7		1,75	39,6
3,75	85,1		1,50	34,0
3,50	79,4		1,25	29,3
3,25	73,7		1,00	22,7
3,00	67,0		0,75	17,0
2,75	62,9		0,50	11,3
2,50	56,7		0,25	5,7
2,25	51,0		0,12	2,7
2,00	45,4			

Таблиця 33

Константи дисоціації карбонатної кислоти за I та II ступенем

Температура води, °C	$K_1, 10^{-7}$	pK_1	$K_{II}, 10^{-11}$	pK_{II}
0	2.65	6.579	2.36	10.625
10	3.43	6.464	3.24	10.420
20	4.15	6.381	4.20	10.377
25	4.45	6.352	4.69	10.329
30	4.71	6.327	5.13	10.290
40	5.06	6.296	6.03	10.220
60	5.02	6.299	7.20	10.143
80	4.21	6.376	7.55	10.122

Таблиця 34

Хімічний склад морської води, хлорністю 19 ‰ і $\rho_{20} = 1,0243$

Йони	Уміст		
	%	г/кг	(мг • атом)/л
Na ⁺	30,61	10,56	470,15
K ⁺	1,10	0,38	0,96
Mg ²⁺	3,69	1,27	53,57
Ca ²⁺	1,16	0,40	10,24
Sr ²⁺	0,03	0,08	0,09
Cl ⁻	55,4	18,98	548,30
Br ⁻	0,19	0,065	0,83
SO ₄ ²⁻	7,68	2,65	28,24
HCO ₃ ⁻	0,41	0,14	2,34
H ₃ BO ₃	0,07	0,026	0,43

Таблиця 35

Константи дисоціації карбонатної кислоти

Температура води, °C	$K_1, 10^{-7}$	pK_1	$K_{II}, 10^{-11}$	pK_{II}
0	2,65	6,579	2,36	10,625
10	3,43	6,464	3,24	10,420
20	4,15	6,381	4,20	10,377
25	4,45	7,352	4,69	10,329
30	4,71	6,327	5,13	10,290
40	5,06	6,296	6,03	10,220
60	5,02	6,299	7,20	10,143
80	4,21	6,376	7,55	10,122

*PK – від'ємний десятковий логарифм константи дисоціації.

Гідрохімічні типи вод і розсолів

Група	Сіль	Тип			
		Содовий	Сульфатний	Сульфатно-хлоридний	Хлоридний
Карбонати	Na ₂ CO ₃	+++			
	NaHCO ₃	+++			
	Mg(HCO ₃) ₂	+	+	+	?
	Ca(HCO ₃) ₂	+	+	+	+
Сульфати	Na ₂ SO ₄	++	++	?	
	K ₂ SO ₄	?	++	++	
	MgSO ₄		+++	+++	
	CaSO ₄		+	+	?
Хлориди	NaCl	+	+	+	+
	KCl	+	+	+	+
	MgCl ₂		?	+++	++
	CaCl ₂				+++
pH		6,5–11,5	6–9	6–9	?
Характерні мікроелементи		B, Li	B, Li, Br	B, Br	I, Br
солі: +++ – типовизначальні, ++ – перехідні, + – сквозні					

Таблиця 37

Оцінка якості води за небезпекою засолення та осолонцювання ґрунтів
(за Річардсом, 1953), (цит. за Д.С.Орловим, 1992)

Загальна мінералізація води, г/л	Небезпека засолення ґрунту	Небезпека осолонцювання (рівні SAR), (моль-екв/1) ^{0.5}			
		низька	середня	висока	дуже висока
< 1	низька	8 – 10	15 – 18	22 – 26	> 26
1 – 2	середня	6 – 8	12 – 15	18 – 22	> 22
2 – 3	висока	4 – 6	9 – 12	14 – 18	> 18
> 3	дуже висока	2 – 4	6 – 9	11 – 14	> 14

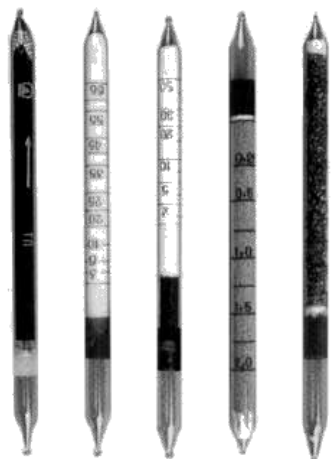
Таблиця 38

Основні параметри роботи газоаналізатора УГ-2

Досліджуван-ний газ	Об'єм повітря, см ³	Межі вимірювань, мг/м ³	Довжина ходу штока до замикання, сек	Загальний час просмоктування повітря, сек
Амоніак	200	2,5 – 30	30 – 60	120
	100	20 – 100	4 – 10	40
Бензин	300	50 – 1000	20 – 60	420
Бензен	400×3	2 – 25	180 – 240	360×3
СО	200	5 – 120	180 – 240	420
H ₂ S	300	5 – 30	140 – 200	300
	100	20 – 200	10 – 30	60
Вуглеводні нафти	300	100 – 1500	200 – 230	420

Будова й принцип роботи газоаналізатора УГ-2.

Газоаналізатор універсальний складається з повітрязабірного пристрою і комплекту індикаторних й фільтруючих трубок.



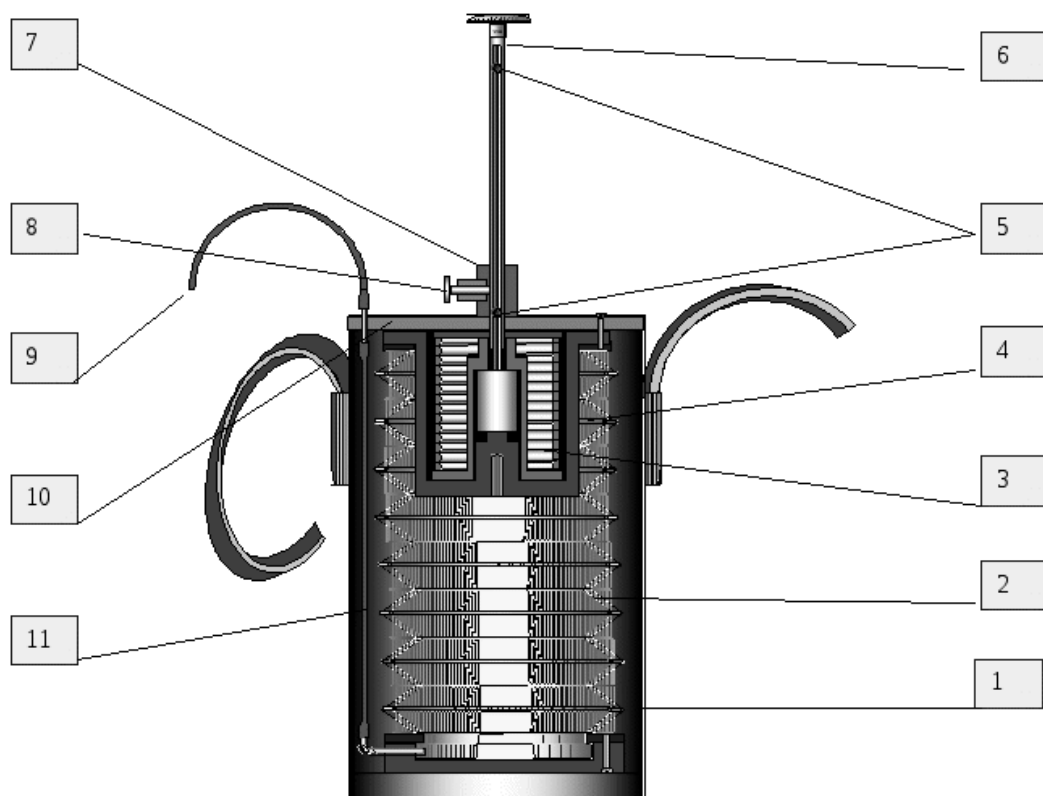
Повітрязабірний пристрій УГ-2 складається з гумового сільфону (2) з двома фланцями, склянки із пружиною (3), що знаходяться всередині корпусу (1).

У внутрішніх гофрі сільфону встановлені розпірні кільця (4) для додання жорсткості сільфону і збереження сталості його об'єму.

На верхній платі (10) є нерухома втулка (7) для направлення штока (6) при стисненні сільфону.

На штуцер, закріплений у верхній платі, з внутрішньої сторони надіта гумова трубка (11), яка через нижній фланець з'єднується з внутрішньою порожниною сільфону. Вільний кінець гумової трубки (9) слугує для приєднання індикаторної трубки при виконанні аналізу.

На циліндричній поверхні штока (6) розташовані чотири поздовжні канавки з двома заглибленнями (5) для фіксації двох положень штока фіксатором (8).



Відстань між заглибленнями на канавках підібрана так, щоб при ході штока від одного заглиблення до іншого, сільфон забирав заданий об'єм досліджуваного повітря.

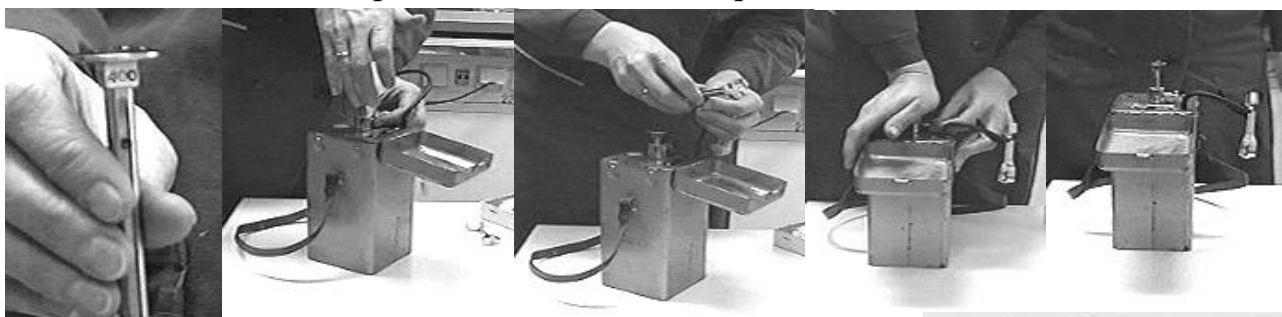
Принцип роботи газоаналізатора УГ-2 заснований на зміні забарвлення шару індикаторного порошку в індикаторній скляній трубці після

просмокування через неї повітрязбірним пристроєм повітря робочої зони виробничих приміщень.

Довжина зафарбованого стовпчика індикаторного порошку в трубці пропорційна концентрації аналізованого газу в повітрі і вимірюється за шкалою, градуйованою в мг/м³.

Підготовка газоаналізатора до роботи

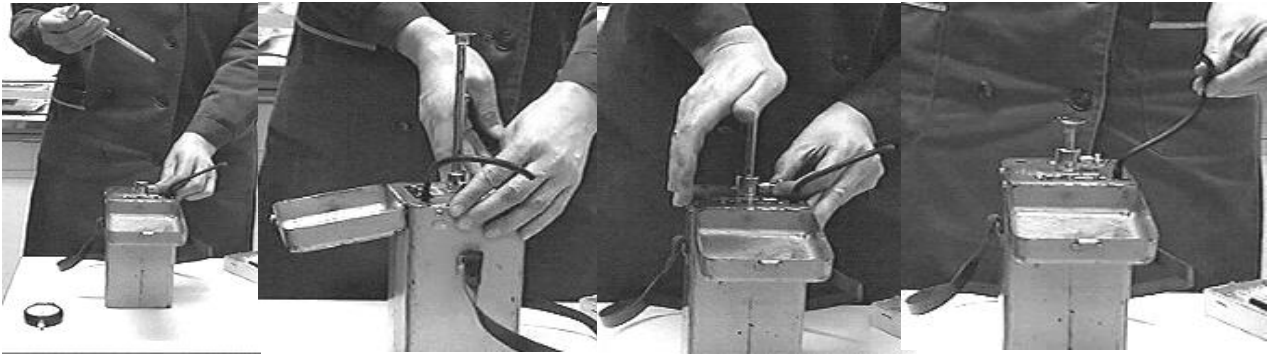
1. Перевірити герметичність повітрязбірного пристрою, для чого вставити шток у втулку, так щоб цифра 400 розташовувалася в сторону фіксатора.
2. Стиснути сильфон до верхнього отвору на об'ємі 400 см³ і зафіксувати в такому положенні фіксатором.
3. Перегнути гумову трубку і затиснути її затискачем.
4. Натиснувши на головку штока, відвести фіксатор і відпустити шток.
5. Повітрязбірний пристрій вважається герметичним, якщо протягом 10 хвилин не спостерігається помітного переміщення штока.



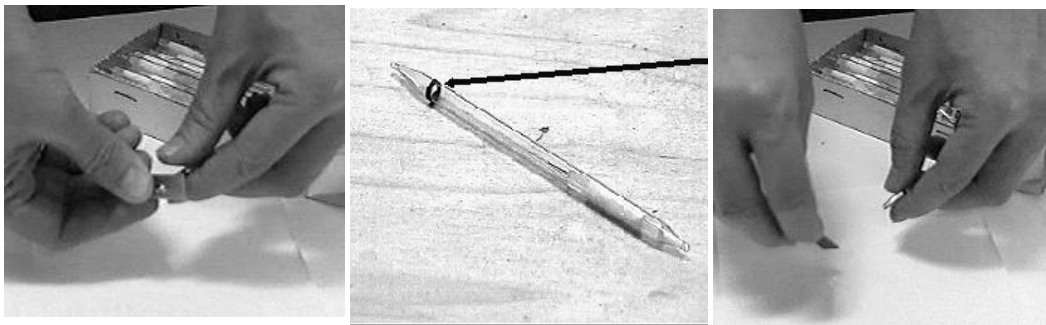
Порядок роботи с газоаналізатором

1. Перед початком роботи індикаторні трубки необхідно витримати 30 хвилин для зрівнювання з температурою навколишнього середовища.
2. Відкрити кришку повітрязбірного пристрою та перевірити відповідність номера штока номеру повітрязбірного пристрою.
3. Відвести фіксатор і вставити шток в направляючу втулку так, щоб наконечник фіксатора ковзав по канавці штока, над якою зазначено об'єм повітря, який має просмокуватись.
4. Натискаючи рукою на головку штока, стискати сильфон доти, поки фіксатор не потрапить у верхнє заглиблення в канавці штока.
5. При цьому кінець гумової трубки залишається вільним, трубку не пережимають.
6. Взяти індикаторну трубку і обламати спеціальним склорізом її кінці. (Склоріз входить в комплект індикаторних трубок).
7. Обламати склорізом кінці у фільтруючої трубки. Не допускати потрапляння скла і індикаторного порошку на руки!



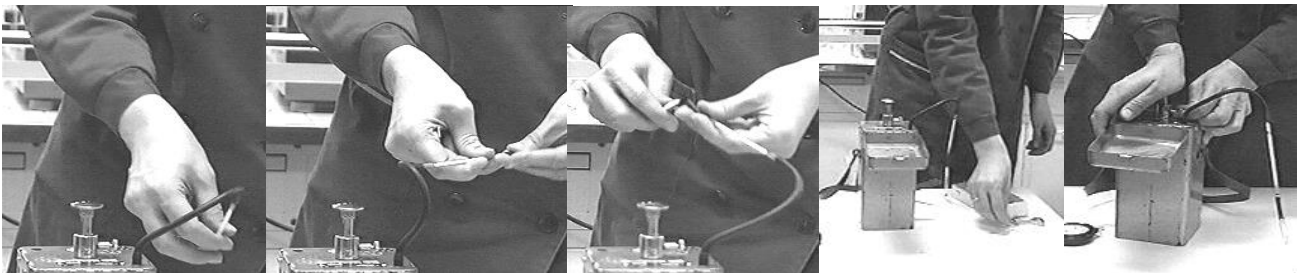


8. Індикаторну трубку приєднати немаркованим кінцем до гумової трубки повітрозабірного пристрою.
9. На маркований кінець індикаторної трубки надіти коротку гумову трубку і приєднати до неї фільтруючу трубку немаркованим кінцем.



Газоаналізатор УГ-2 готовий до роботи. Вимірювання слід починати не пізніше 1 хвилини після розгерметизації трубок. Для цього потрібно:

1. Натиснути однією рукою на головку штока, а іншою рукою відвести фіксатор. Як тільки шток почне рухатися, фіксатор відпускають і включають секундомір.
2. Коли фіксатор увійде в нижнє заглиблення канавки штока, чути клацання, але просмоктування ще триває. Загальний час просмоктування має відповідати зазначеному в таблиці.
3. При просмоктуванні заданого об'єму повітря, час просмоктування має укладатися в межі, зазначені на етикетці вимірювальної шкали для визначається газу.

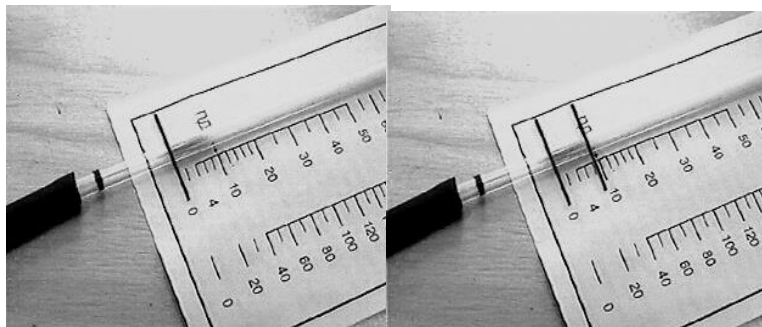


Визначення концентрації газу за індикаторною трубкою

1. Поєднати нижню межу стовпчика зафарбованого порошку індикаторної трубки з нульовою відміткою вимірювальної шкали етикетки.

2. Цифра на шкалі, що збігається з верхньою межею зафарбованого стовпчика, вказує концентрацію газу, що визначається. При розмитості межі поділу забарвлень вихідного і прореагованого порошку, відлік концентрації потрібно провести за шкалою по нижній і верхній рисках межі. За результат вимірювання приймається середнє значення.

3. Після закінчення роботи, фільтруючу трубку від'єднати від індикаторної трубки, закрити її кінці заглушками і укласти на зберігання в ексікатор з кальцій хлоридом.



Таблиця 39

Розчинність газів у воді (Ф. Ф. Лаптев, І. Ю. Соколов)

Газ		Температура, °C					
		0	10	20	30	40	50
Азот N ₂	1	23,5	18,6	15,5	13,4	11,8	10,9
	2	29,4	23,3	19,4	16,8	14,8	13,6
Водень H ₂	1	21,7	19,8	18,2	17,2	16,6	16,3
	2	—	—	—	—	—	—
Кисень O ₂	1	48,9	38,0	31,0	26,1	23,1	20,9
	2	69,9	54,3	44,3	37,3	33,0	29,9
Метан CH ₄	1	55,6	41,8	33,1	27,6	23,7	21,3
	2	39,9	30,0	23,7	19,8	17,0	15,3
Гідрогенсульфід H ₂ S	1	4670	3400	2580	2040	1660	1390
	2	7104	5172	3925	3103	2525	2114
Карбон діоксид CO ₂	1	1710	1190	878	665	530	436
	2	3360	2328	1725	1306	1041	857

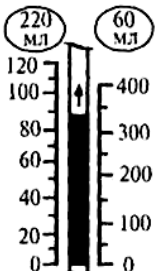
Примітка. У чисельнику наведена розчинність газу в 1 л води (в мл), а знаменнику – розчинність газу в 1 л води (у мг); об'єм газу приведений до 0 °C і нормального тиску (при парціальному тиску газу, що дорівнює нормальному).

Проміле (від лат. *pro mille*, дослівно «за тисячу») — одна тисячна частка, 1/10 відсотка. Позначається (‰). Зазвичай використовується для позначення частки чого-небудь по відношенню до цілого. Кількість нулів у позначенні (3 нуля) відповідає кількості нулів у числі 1 000. Так

▪ 1 ‰ = 1/1000 = 0,001 = 0,1 %	▪ 30 ‰ = 0,03
▪ 10 ‰ = 1 %	▪ 45,1 ‰ = 0,0451
▪ 0 ‰ = 0	▪ 1000 ‰ = 1
▪ 0,07 ‰ = 0,00007	▪ 2000 ‰ = 2

Пропроміле – одна мільйонна частина, яка позначається латинськими літерами – ppm, читається як піпієм; 1 ppm у 1000 разів (на 3 порядки) менше, ніж 1 проміле: 1ppm = 1/1000000 = 0,000001 = 1·10⁻⁶ = 0,001‰ = 0,0001%.

Шкала для визначення концентрації CO₂

Об'єм повітря, яке просмоктується, мл	Тривалість хода штока до моменту клацання	Загальний час просмоктування досліджуваного повітря, хв	Концентрація карбон(IV) оксиду, мг/м ³
220	3'20" – 4'40"	8	
60	Миттєво	5	

Визначення мінералів

Визначення мінералів необхідно починати з твердості. За цією ознакою всі мінерали можна розподілити на **три групи**:

1. Мінерали з твердістю до 2 включно (дряпаються нігтем).
2. Мінерали з твердістю від 2 до 5 включно (нігтем не дряпаються і не дряпають скло).
3. Мінерали з твердістю вище 5 (дряпають скло).

У кожній такій групі мінерали розподілені за кольором на світлі та темні, які в свою чергу розподіляються на підгрупи мінералів – зі спайністю і без спайності. Кожна підгрупа вміщує назву декількох мінералів, де приводяться й інші діагностичні ознаки: блиск, особистий колір, колір риски, найпростіші реакції.

Мінерали необхідно визначати таким чином. Перш за все визначають його твердість. Припустимо, що мінерал не дряпається нігтем і не дряпає скло. Отже, він відноситься до другої групи.

Потім визначають колір мінералу. Наприклад, якщо він білого, блакитного, жовтого кольору (або їх комбінацій), мінерал відноситься до групи світлих. Після цього визначають наявність спайності. Для цього необхідно знайти свіжий злом мінералу. Припустимо, що на зломі зустрічаються рівні блискучі паралельні поверхні. Отже, мінерал має дуже досконалу спайність. Відповідно визначнику в цю підгрупу включені декілька мінералів з подібними властивостями: галіт, кальцит, доломіт і ін. Для їх розпізнавання необхідно визначити й інші розпізнавальні ознаки. Припустимо, мінерал кристалічної будови, форма кристалів плитчаста або призматична, має скляний блиск, прозорий, бурхливо реагує з соляною кислотою. За всіма ознаками – це кальцит.

Для кожного мінералу потрібно визначити всі його фізичні властивості і описати за такою схемою: 1) твердість; 2) колір; 3) спайність; 4) колір риски; 5) блиск; 6) злам; 7) особливі властивості; 8) назва мінералу.

Визначник

Мінерали з твердістю до 2 включно (дряпаються нігтем)

А. Світлі зі спайністю

ГПС. Зернисті, дрібнокристалічні маси, агрегати. Окремі кристали

пластинчастої, стовпчастої чи призматичної форми. Спайність дуже досконала. Твердість 2. Блик скляний, перламутровий, шовковистий. Злам дрібнозернистий, скалкуватий. Безкольоровий, рожевий, окремі кристали водяно-прозорі. Риска біла.

ТАЛЬК. Листуваті, лускаті, щільні маси. Спайність дуже досконала. Твердість 1. Колір блідо-зелений, жовтуватий, з шовковистим або скляним блиском. Жирний на дотик.

КАОЛІН. Землисті, крихкі або тонкозернисті агрегати. Спайність дуже досконала. Блик матовий. Колір білий, сірий або жовтуватий. Жирний на дотик, забруднює руки.

МОНТОРИЛОНІТ. Тонкодисперсні суцільні глиноподібні агрегати. Спайність досконала. Колір білий з сіруватим або жовтуватим відтінком. Злам раковинистий, блиск матовий.

МУСКОВІТ. Листяно-зернисті та лускоподібні агрегати, з сильним перламутровим блиском (до дзеркального), твердість 2-2,5. Спайність дуже досконала в одному напрямку (розчіплюється на тонкі пружні листочки). Безкольоровий або жовтуватий, інколи зеленуватого кольору.

СИЛЬВІН. Прозорий, білий колір, риска біла. Твердість 1,5-2. Спайність досконала. Суцільні зернисті, щільні, листуваті агрегати, кристали. Характерний гіркувато-солоний смак.

Б. Світлі без спайності

СІРКА. Жовтий колір, світло-жовта риска. Раковинистий злам, спайність недосконала, крихка. Кристали мають вигляд усічених тетраєдрів. Блик жирний. Твердість 1,5.

В. Темні зі спайністю

БЮТИТ. Будова, блиск і спайність аналогічна мусковіту. Колір чорний або темнозелено-чорний, в товстих пластинах непрозорий. Твердість 2-2,5.

ГРАФІТ. Тонколускуваті, землисті агрегати. Спайність цілком досконала. Темно-сірого або залізо-чорного кольору з металевим або матовим блиском. Жирний на дотик, пише на папері.

ХЛОРИТ. Листувато-лускуваті агрегати. Спайність дуже досконала, слюдоподібний. Зеленого кольору з відтінками. Жирний на дотик.

Г. Темні без спайності

ЛИМОНІТ. Суцільні, пористі, ніздрюваті землисті маси. Часто утворюють жеоди. Щільні різновиди – кристалічні, землисті – аморфні. Твердість мінлива 1-5,5. Колір бурий, охряно-жовтий. Риска жовто-бура до червоної, блиск матовий, злам раковинистий.

Мінерали з твердістю від 2 до 5 включно.

А. Світлі зі спайністю

ГАЛІТ. Кристалічно-зернисті агрегати, окремі кристали, друзи. Зовнішність кристалів переважно кубічна. Твердість 3. Спайність досконала,

злам зернистий, а в окремих кристалах – раковинистий. Колір прозорий, білий, зафарбований домішками. Солоний на смак. В руках стає вологим.

КАЛЬЦИТ. Зернисті агрегати, кристалічні маси, друзи, окремі кристали пластинчастої форми. Спайність досконала в трьох напрямках. Блиск скляний. Безкольоровий, білий, жовтий, рожевий, блакитний, бурий. Бурхливо реагує з соляною кислотою.

ДОЛОМІТ. Кристалічно-зернисті маси. Твердість 3,5-4. Спайність досконала. Блиск скляний. Колір білий, сірий, сіро-білий. Реагує з соляною кислотою в порошку.

МАГНЕЗИТ. Крупнозернисті агрегати. Твердість 3,5-4,5. Спайність досконала, раковинистий злам. Колір білий з жовтим або сірим відтінком, блиск скляний, шовковистий. Реагує із соляною кислотою.

БАРИТ. Зернисті щільні агрегати. Кристали пластичної форми. Блиск скляний, спайність досконала. Твердість 2,5-3,5. Колір білий. Риска біла.

ФЛЮОРИТ. Зернисті агрегати, зростки кристалів частіше кубічної форми. Спайність досконала, блиск скляний. Твердість 4. Пофарбований в різні кольори (часто навіть в невеликому зразку): фіолетовий, зелений, жовтий, блакитний, рожевий. Злам плоскораквинистий.

Б. Світлі без спайності

ХАЛЬКОПРИТ. Суцільні зернисті маси, окремі зерна, часто трикутної форми. Твердість 3-4. Спайність недосконала, злам раковинистий, нерівний. Колір латунно-жовтий, золотисто-жовтий. Риска чорна або зелено-чорна.

АПАТИТ. Без кольору, білий, жовтуватий, буває зелений. Риска біла. На грянях має скляний блиск, на зламі – жирний. Спайність недосконала, злам нерівний або раковинистий. Кристали у вигляді шестигранних призм. Твердість 5.

ФОСФОРИТ. Спайність відсутня. Має матовий блиск, блідо-жовтий колір, риска сіра. Має форму конкрецій, кристалів не утворює. Твердість 5.

ЯНТАР (БУРШТИН). Жовтого, бурого кольору, риска біла. Твердість 2-2,5. Спайність відсутня. Аморфні, безструктурні маси з раковинистим зломом, округлі шматки, краплини. Електризується при терті, горить з приємним запахом гвоздики.

В. Темні зі спайністю

МАЛАХІТ. Натічні форми, землясті маси, волокнисті агрегати. Твердість 3,5-4. Спайність недосконала. Злам раковинистий. Колір зелений, блиск скляний, матовий. Риска світло-зелена. Бурхливо реагує з соляною кислотою.

ГАЛЕНІТ. Зернисті агрегати, кристали, друзи. Твердість 2-3. Спайність досконала. Злам дрібноступінчатий, нерівний. Блиск металічний, матовий. Колір чорний, сіро-чорний. Риска сіро-чорна.

КІНОВАР. Щільні зернисті маси, краплини неправильної форми. Спайність досконала. Злам раковинистий, інколи занозливий. Колір кармінно-червоний, коричнево-червоний. Блиск дзеркальний, матовий. Риска яскраво-червона. Важкий мінерал.

СИДЕРИТ. Кристалічно-зернисті агрегати, ооліти, кулькові конкреції. Твердість 4-4,5. Спайність досконала. Блиск скляний. Колір жовто-бурий, темно-бурий, сірий. Риска світло-коричнева, з соляною кислотою не реагує, утворює зеленувато-жовту пляму – хлористе залізо.

Г. Темні без спайності

ГЛАУКОНІТ. Нерівний злам. Колір темно-зелений, риска зелена. Має скляний або жирний блиск. Кристали у вигляді дрібних зерен. Твердість 2-3.

ПІРОЛЮЗИТ. Чорного або сталєво-сірого кольору, риска чорна. Твердість 2-6. Спайність відсутня. Порошковаті, землісті, натічні маси, конкреції. Бруднить руки.

ЛИМОНІТ. Суцільні, пористі, ніздрюваті землісті маси. Часто утворюють жєоди. Щільні різновиди – кристалічні, землісті – аморфні. Твердість мінлива 1-5,5. Колір бурий, охряно-жовтий. Риска жовто-бура до червоної, блиск матовий, злам раковинистий.

Мінерали з твердістю більше 5 (дряпають скло)

А. Світлі зі спайністю

ОРТОКЛАЗ. Суцільні кристалічні маси. Форма кристалів призматична, товстопластинчата, при розколюванні утворює прямокутні форми. Твердість 6-6,5. Спайність досконала в двох напрямках. Блиск скляний, перламутровий. Колір блакитно-сірий, світло-рожевий, бурий, м'яко-червоний, зелений. Риска біла.

ПЛАГІОКЛАЗ. Дрібнозернисті кристалічні маси, часто пластинчатої форми або пластинчато-призматичні кристали. Твердість 6-6,5. Спайність досконала, блиск скляний. Колір білий, кремовий, сірий.

Б. Світлі без спайності

КВАРЦ. Суцільні щільні маси, інколи зернисті, окремі кристали, друзи. Розміри кристалів дуже різноманітні. Мають вигляд шестигранних призм, тригональної діпіраміди. Спайність відсутня, злам раковинистий, нерівний. Блиск скляний, дзеркальний, матовий. Без кольору, забарвлення обумовлено наявністю домішок – від молочно-білого до чорного кольору.

ХАЛЦЕДОН. Потайнокристалічний різновид кварцу. Суцільні маси, натічні утворення. Спайність відсутня. Твердість 7. Злам раковинистий, нерівний. Просвічується по краях. Колір білий, блакитний, жовтуватий, коричневий. Блиск восковий, матовий.

ОПАЛ. Аморфний різновид кремнезему, натічні маси, конкреції. Твердість 5,5-6,5. Спайність відсутня, злам раковинистий. Блиск восковий, матовий. олір білий, жовтий, бурий, блакитний.

ПІРИТ. Зернисті агрегати, конкреції з радіально-променистою будовою, окремі кристали в формі куба. Твердість 6-6,5. Спайність відсутня. Колір світло-жовтий, латунно-жовтий. Блиск металічний, злам нерівний, раковинистий. Риска буро-чорна.

В. Темні зі спайністю

ЛАБРАДОР. Дрібні та крупні пластинчаті кристали. Кристалічні маси. Твердість 6. Спайність досконала. Колір темний. На площинах спайності при обертанні виявляється гра кольорів в синювато-зелених тонах. Блиск скляний, перламутровий.

РОГОВА ОБМАНКА. Довгопризматичні, інколи стовпчасті кристали. Голкова призматична будова. Твердість 5,5-6. Спайність досконала. Колір темно-зелений, чорний, бурий. Блиск скляний, на площинах спайності – шовковистий. Риска бура.

АВГІТ. Короткостовпчасті, пластинчаті кристали. Суцільні зернисті маси. Твердість 5-5,6. Спайність досконала. Злам раковинистий. Блиск скляний, напівметалічний. Колір чорний, бурий, темно-зелений.

Г. Темні без спайності

МАГНЕТИТ. Зернисті дрібнокристалічні маси, кристали, друзи. Твердість 5,5-6,0. Спайність відсутня, злам нерівний. Колір залізочорний, риска чорна. Блиск металічний, матовий. Особлива властивість – магнітний.

ГЕМАТИТ. Землисті, лускуваті, зернисті агрегати. Кристали та їх зростки. Злам нерівний. Твердість 5-6. Колір сталевочорний до чорного, в потайнокристалічних різновидах – матово-червоний. Риска вишнево-червона. Спайність відсутня.

ЛИМОНІТ. Суцільні, пористі, ніздрюваті землисті маси. Часто утворюють жеоди. Щільні різновиди – кристалічні, землисті – аморфні. Твердість мінлива 1-5,5. Колір бурий, охряно-жовтий. Риска жовто-бура до червоної, блиск матовий, злам раковинистий.

ОЛІВІН. Суцільні зернисті маси, кристали. Твердість 6,5-7. Колір оливково-зелений, темно-зелений, чорний. Спайність відсутня або недосконала. Блиск скляний. Риски немає.

НЕФЕЛІН. Суцільні крупнозернисті маси. Призматичні та короткостовпчасті кристали. Твердість 5-6, крихкий. Колір темно-сірий, жовтуватий, червонуватий. Блиск жирний. Злам плоскораквинистий.

ХРОМІТ. Чорного кольору, риска бура. Твердість 5-6. Спайність відсутня. Суцільні зернисті агрегати, заокруглені, неправильні зерна, немагнітний.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
1 Хімічні, фізико-хімічні та геохімічні закономірності поширення хімічних елементів в природі	5
1.1 Хімічні елементи як складові речовинної будови Землі	5
1.2 Мінерали. Хімічний склад мінералів	
1.2.1 Виявлення хімічних елементів у складі деяких мінералів за допомогою якісних хімічних реакцій	12
1.1. Реакція карбонатних мінералів на кисле середовище	14
1.2. Визначення йонів Ca^{2+} у складі мінералів	15
1.3. Визначення йонів Mg^{2+} у складі мінералів	15
1.4. Виявлення йонів Феруму(II) і Феруму(III) у складі ферумовмісних мінералів	16
1.5. Виявлення катіона Cu^{2+} у складі мінералів Купруму	20
1.6. Виявлення катіона Pb^{2+} у складі мінералів Плюмбуму	22
1.7. Виявлення гіпсу	23
1.8. Виявлення галоїдних мінералів	24
1.9. Виявлення сульфідних мінералів	26
1.10. Виявлення Фосфору у складі фосфоровмісних мінералів	27
1.11. Виявлення катіонів у мінералах за забарвленням полум'я	28
1.12. Виявлення хімічних елементів мінералів у перлах	31
1.2.2. Визначення йоду в кухонній солі, йодованій калій йодатом KIO_3	34
1.2.3. Імітація природних процесів утворення мінералів	39
1.3. Мінерали. Фізичні властивості мінералів. Діагностичні ознаки мінералів	45
1.3.1. Визначення відносної твердості мінералу	45
1.3.2. Вивчення оптичних властивостей мінералів	46
2.1. Визначення кольору риски мінералу	47
1.3.3. Вивчення явища анізотропії	48
3.1. Вивчення явища анізотропії теплопровідності	48
3.2. Дослідження явища анізотропії міцності	49
1.3.4. Вивчення магнітності спайності, крихкості і пластичності мінералів	49
4.1. Визначення магнітності мінералів	50
4.2. Визначення спайності, крихкості і пластичності мінералів	50
1.3.5. Вивчення густини мінералів	52
1.4. Породи. Хімічний склад та фізико-хімічні властивості	55
1.4.1. Силіцити. Фарбування агатів за допомогою хімічних реакцій в порях каменю	55
1.4.2. Силіцити. Дифузія в природних гелях. Кільця Лізеганга	60
2.1. Методика № 1	63

2.2.	Методика № 2	63
2.3.	Методика № 3	64
2.4.	Методика № 4	
1.4.3.	Карбонатні породи. Діагностика складу карбонатних порід за допомогою хімічних реакцій	65
3.1.	Визначення арагоніту серед інших карбонатів	68
3.2.	Визначення кальциту в кальцит – доломітових породах	68
1.4.4.	Глинисті породи. Фізико-хімічні властивості глинистих порід	71
4.1.	Визначення середнього радіуса капілярів	74
4.2.	Вивчення проникності глинистих порід для гідрофільних і гідрофобних середовищ	74
4.3.	Діагностика глинистих мінералів у глинах за допомогою органічних барвників	76
1.4.5.	Глини. Хімічний склад глинистих порід	83
5.1.	Оцінка вмісту оксидів Феруму	91
5.2.	Оцінка присутності органічних речовин	92
5.3.	Дослідження алюмосилікатного складу глинистих мінералів	93
1.5.	Дослідження явища ізоморфізму	95
1.6.	Руди. Хімічний склад руд	101
1.6.1.	Електрографічне визначення металічних елементів у складі руд	101
1.6.2.	Вилуговування металів з руд	105
2.	Педосфера. Біокосні системи Землі	114
2.1.	Фізичні та фізико-хімічні властивості ґрунтів	114
2.1.1.	Вивчення явища набухання ґрунтів і глинистих порід	114
2.1.2.	Водні властивості ґрунтів та ґрунтоутворювальних порід	118
1.2.1.	Вивчення водопроникності ґрунту	121
1.2.2.	Вивчення вологості та гігроскопічності ґрунту	121
2.1.3.	Вивчення пористості та середнього радіусу капілярів ґрунту	123
1.3.1.	Вивчення пористості ґрунту (загального об'єму пор)	123
1.3.2.	Визначення середнього радіусу капілярів ґрунту	124
2.2.	Механічний склад ґрунту	127
2.3.	Хімічний склад ґрунтів	130
2.3.1.	Визначення кальцій карбонату (CaCO_3) у ґрунті	130
3.1.1.	Газометричний метод визначення CaCO_3 у ґрунті	135
3.1.2.	Об'ємний метод визначення CaCO_3 у ґрунті	137
2.3.2.	Визначення вмісту гіпсу (CaSO_4) у ґрунті	139
2.3.3.	Органічні речовини ґрунту	142
3.3.1.	Дослідження розчинності гумусових речовин у мінеральних кислотах	144
3.3.2.	Дослідження розчинності гумусових речовин у лугах	145
3.3.3.	Дослідження розчинності гумусових речовин у воді	146

2.3.4.	Кислотність ґрунтів	147
3.4.1.	Визначення актуальної і потенційної обмінної кислотності ґрунтів	148
3.4.2.	Дослідження гідролітичної кислотності ґрунтів	151
2.3.5.	Визначення суми поглинених «основ» і ступені насичення ґрунтів «основами»	153
2.3.6.	Дослідження фізико-хімічних властивостей ґрунтів	156
3.6.1.	Визначення здатності ґрунту до поглинання фосфат-іонів	159
3.6.2.	Дослідження видів поглинальної здатності ґрунтів	160
2.3.7.	Виділення, пептизація і коагуляція ґрунтових колоїдів	163
3.7.1.	Одержання і коагуляція колоїдів ґрунту	163
3.7.2.	Дослідження пептизації ґрунтових колоїдів	165
2.3.8.	Виявлення важких металів у ґрунтах	167
2.3.9.	Каустобіоліти: торф, вугілля, нафта	174
3.9.1.	Визначення загального виходу гумінових кислот з вугілля та торфу	179
3.9.2.	Визначення виходу вільних гумінових кислот з вугілля та торфу	181
3.	Гідросфера	183
3.1.	Хлорність, солоність та загальна мінералізація води	183
3.1.1.	Якісне визначення Cl^- у морській воді	184
3.1.2.	Визначення хлорності води	185
3.2.	Визначення активного, залишкового хлору у воді і хлоропоглинання	187
3.2.1.	Якісна оцінка хлорованості води господарсько-питного призначення	190
3.2.2.	Кількісне визначення активного хлору у хлорній воді	191
3.2.3.	Визначення хлоропоглинання води	192
3.3.	Вміст сульфатів-іонів у природних водах	194
3.3.1.	Експрес - аналіз на вміст сульфатів у воді	194
3.3.2.	Кількісне визначення сульфат-іонів у природних та стічних водах	195
3.4.	Ферум та його сполуки у природних водах	198
3.4.1.	Якісна оцінка вмісту загального Феруму	202
3.4.2.	Кількісне визначення загального Феруму у формі $Fe(III)$	203
4.	Атмосфера	207
4.1	Уміст вуглекислого газу у повітрі	207
4.1.1.	Експрес-метод визначення вуглекислого газу (CO_2) у повітрі за Демчуком	209
4.1.2.	Експрес-метод визначення вуглекислого газу (CO_2) у повітрі – метод Лунге-Цеккендорфа за модифікацією Д. В. Прохорова	211

4.1.3.	Експрес-метод визначення вуглекислого газу (CO ₂) у повітрі – модифікація методу Лунге-Цеккендорфа	212
4.2.	Визначення концентрації амоніаку в повітрі експрес-методом	213
4.3.	Визначення карбон(II) оксиду у атмосфері	215
4.4.	Моделювання ролі атмосферних газів у виникненні кислотних дощів	219
4.5.	Визначення CO₂, NH₃, H₂S і CO газоаналізатором УГ-2	222
5.	Питання для самопідготовки	225
6.	Орієнтовні контрольні тестові завдання	237
7.	Література	257
	Довідникові матеріали	261
	Зміст	307

Навчальне видання

В. А. Богатиренко, І. Б. Чорний, В. А. Нестеровський

ХІМІЯ Землі

Лабораторний практикум

Робота видана
за варті університету.
ПРОДАЖУ НЕ ПІДЛЯГАЄ!



Підписано до друку 05.06.2015 р. Формат 60x84/16.

Папір офсетний. Гарнітура Times.

Умов. друк. арк. 18,13. Облік. видав. арк. 12,78

Зам. № 402

Віддруковано з оригіналів.

Видавництво Національного педагогічного університету
імені М.П. Драгоманова. 01601, м. Київ-30, вул. Пирогова, 9
Свідоцтво про реєстрацію № 1101 від 29.10.2002.
(044) 239-30-26.

