

Волинський національний університет імені Лесі Українки
Географічний факультет
Кафедра фізичної географії

О.П. ВОВК

**ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ З КУРСУ ГЕОЛОГІЯ З ОСНОВАМИ
ГЕОФІЗИКИ І ГЕОХІМІЇ ГЕОСФЕР**
Методичні вказівки
студентам географічного факультету

2023

УДК 55(076.5) Л 12
В- 61

**Рекомендовано науково-методичною радою Волинського
національного університету імені Лесі Українки,
як наукове видання для студентів вищих навчальних закладів
(протокол № 8 від 26 квітня 2023)**

Рецензент:

Пугач С. О. – доктор географічних наук, професор кафедри економічної та соціальної географії Волинського національного університету імені Лесі Українки.

Вовк О. П.

В – 61 Геологія з основами геофізики і геохімії геосфер: методичні вказівки [студ. географ. ф-ту] /

Олександр Павлович Вовк. – Луцьк : ПП Іванюк В. П., 2023. – 109 с.

Методичні вказівки містять необхідну довідкову інформацію та графічні матеріали для проведення лабораторних робіт з курсу курсу Геологія з основами геохімії і геофізики геосфер, а саме вивчення мінералів, гірських порід, речовинного складу геосфер. Методичні вказівки рекомендовані студентам освітнього рівня бакалавра, галузі знань 01 Освіта спеціальності 014 Середня освіта освітньої програми Географія, економіка.

УДК 55(076.5) Л 12

© Вовк О.П. 2023

© Волинський національний
університет імені Лесі Українки, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. МІНЕРАЛИ	8
ТЕМА 1. Форми знаходження мінералів у природі	8
ТЕМА 2. Кристали, їх властивості, елементи симетрії кристалів, сингонії і категорії, прості форми. закон сталості кутів	15
ТЕМА 3. Самородні елементи.....	20
ТЕМА 4. Сульфіди	22
ТЕМА 5. Окисли і гідроокисли.....	30
ТЕМА 6. Карбонати.....	38
ТЕМА 7. Сульфати.....	42
ТЕМА 8. Фосфати і вольфраматиди.....	45
ТЕМА 9. Силікати	47
ТЕМА 10. Галоїди	59
РОЗДІЛ 2. ПОРОДИ	61
ТЕМА 1. МАГМАТИЧНІ ПОРОДИ	61
ТЕМА 2. ОСАДОВІ ПОРОДИ	72
ТЕМА 3. МЕТАМОРФІЧНІ ПОРОДИ.....	86
РОЗДІЛ 3. ГЕОХІМІЯ І ГЕОФІЗИКА	93
ТЕМА 1. Основний закон геохімії.....	93
ТЕМА 2. Форми знаходження хімічних елементів в природі. Мінеральна форма знаходження	94
ТЕМА 3. Елементи симетрії нескінченних фігур	96
ТЕМА 4. Форми знаходження хімічних елементів в природі. Ізоморфізм	97
ТЕМА 5. Геохімічні особливості земної кори	99
ТЕМА 6. Геохімічні класифікації хімічних елементів	102
ТЕМА 7. Геохімія і геофізика атмосфери	104
ТЕМА 8. Геохімія біосфери	105
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	107

Вступ

Речовинний склад земної кори вивчають такі науки: мінералогія (і кристалографія), петрографія і літологія, геохімія.

Мінерали формують гірські породи, що входять до складу формацій, які утворюють комплекси, а із комплексів складаються основні елементи земної кори. Для того, щоб розуміти динамічні процеси, які формують Землю, необхідно знати властивості гірських порід і мінералів, з яких вони складаються.

З другого боку, мінерали є корисними копалинами, тому без знання мінералогії не можна оцінити ресурсний потенціал регіону.

Таким чином, мінералогія однаково важлива для фіз-географів і для економ-географів.

На даний момент відомо понад 5 000 мінеральних видів, і їх число постійно зростає. Мінералогі повинні знати 250-300 мінералів, географам достатньо – 70-100. Географи, на відміну від мінералогів, не користуються різноманітними методами дослідження мінеральної речовини, їм не потрібно розрізняти мінерали одного виду із різних родовищ, тим більше – різних генерацій одного родовища. Географам не потрібні типоморфні властивості мінералів, фізико-хімічні умови утворення мінералів (температура, тиск, рН та ін.).

Найважливішими для географів є макроскопічна діагностика, в тому числі в польових умовах, та застосування мінералів. Для макроскопічної (зовнішньої) діагностики в розпорядженні дослідника є шкала твердості (в польових умовах її замітники), фарфорова пластинка для визначення кольору риски мінералів, 10 % розчин соляної кислоти, компас. За допомогою цих засобів визначаються фізичні властивості мінералів, деякі з яких є важливими діагностичними ознаками (тема 1).

Важливо навчитися визначати мінеральний вид за допомогою діагностичних ознак, а не запам'ятовувати мінеральні індивіди. Для цього існує екзаменаційна колекція, яку, на відміну від навчальної, студенти бачать тільки під час проведення модульних контрольних робіт та під час іспиту. Зразки з екзаменаційної колекції не мають номерів, не внесені в каталоги, а їх фотографій немає в даних методичних вказівках. Незважаючи на це, екзаменаційні зразки можна діагностувати за допомогою фізичних властивостей мінералів.

Фізичним властивостям мінералів присвячена перша тема даних методичних вказівок. Мінерали не можна вивчити заочно чи дистанційно. Кожен зразок необхідно взяти в руки, повернути під різними кутами, щоб побачити блиск. Відчуття кольору у кожного індивідуальне, тому важливо візуально запам'ятати колір зразків, який дещо відрізняється від їх кольору на фотографіях. При визначенні твердості необхідно переконатися, що на зразку залишилася саме подряпина, а не порошок іншого мінералу. Викладач повинен не тільки показати як правильно визначати фізичні властивості

мінералів, але і проконтролювати, щоб діагностикою займалися всі студенти, а не лише ті, яким це цікаво.

Друга тема присвячена кристалам, їх властивостям, елементам симетрії та простим формам. На геологічному факультеті є окремий курс кристалографії, в якому детально вивчаються не тільки види симетрії і їх номенклатури (за різними авторами), прості форми і їх структурні різновиди, символи простих форм, граней, ребер, але і основи кристалохімії, методи вирощування та дослідження кристалів. Географам потрібна тільки форма кристалів, як діагностична ознака. Виходячи з цих потреб, і розроблена друга тема. Необхідно мати на увазі, що в українських підручниках і практикумах із загальної геології є деякі неточності стосовно кристалографії (ознаки ромбічної сингонії). Ці помилки виправлені в даних методичних вказівках. Симетрію кристалів також не можна вивчати по малюнках, моделі кристалів необхідно тримати в руках та розглядати з різних ракурсів.

Третя і наступні теми даних методичних вказівок присвячені діагностиці мінералів. Метою кожної теми є вивчення мінералів певного класу. Не доцільно наводити текстові дані, які є в більшості підручників чи посібників. Вся необхідна інформація подана у зручній табличній формі. Багатий ілюстративний матеріал допомагає вивчати мінерали, але ні в якому разі не замінює роботу з навчальною колекцією. Деякі автори рекомендують діагностику мінералів за трьома ознаками: твердість, риска, блиск. На нашу думку, методика діагностики мінералів – індивідуальна. Матеріальна база географічного факультету Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки дозволяє вивчити всі необхідні мінерали.

Вивчення гірських порід для розуміння динамічних процесів, які формують Землю, має не менше значення ніж вивчення мінералів. Основні елементи земної кори складаються з комплексів формацій, назви яких визначають найважливіші породи.

Гірські породи, як і мінерали, часто є корисними копалинами, або містять корисні копалини. Тому, для оцінки ресурсного потенціалу регіону, породи важливі так само як і мінерали.

Таким чином, петрографія і літологія для фіз-географів і для економ-географів є такими ж важливими науками, як і мінералогія.

Гірські породи за походженням діляться на магматичні, осадові і метаморфічні. Магматичні породи утворюються внаслідок кристалізації магми (природнього силікатного розплаву). Магма утворюється в верхніх частинах мантії Землі або в земній корі. Розплави застигають в середині земної кори або на її поверхні. Осадові породи утворюються на поверхні за рахунок руйнування порід, які утворилися раніше, або у водному середовищі за рахунок органогенних і хемогенних осадків. Метаморфічні породи утворюються в глибоких зонах земної кори під дією високих температур і тисків але без переплавлення.

Магматичні породи під впливом екзогенних чинників переходять в осадові, а під впливом високих температур і тисків – у метаморфічні. Осадові

породи також піддаються метаморфізму, а коли опускаються на значні глибини – переплавляються і переходять у магматичні. Метаморфічні породи можуть не тільки переходити в осадові чи магматичні, але і повторно піддаватися метаморфізму. Різниця між такими явищами як метагенез (перетворення осадових порід) і метаморфізм, а також між анатексисом (плавлення порід при метаморфізмі) та магматизмом полягає в температурах, які відрізняються для різних мінеральних асоціацій. Важливо запам'ятати, що існує своєрідний колообіг гірських порід.

Магматичні та метаморфічні породи вивчає петрографія або петрологія (ці терміни є синонімами), а осадові – літологія (за деякими авторами седиментологія).

Породи, складені одним мінералом, називаються мономінеральними, а кількома мінералами – полімінеральними.

Як і у випадку з мінералами, найважливішими для географів є макроскопічна діагностика, в тому числі в польових умовах, застосування та опис гірських порід. Для макроскопічної (зовнішньої) діагностики в розпорядженні дослідника є шкала твердості (в польових умовах її замітники), фарфорова пластинка для визначення кольору риски мінералів, які складають гірські породи, 10 % розчин соляної кислоти, компас. За допомогою цих засобів визначаються фізичні властивості мінералів, окремі з яких є важливими діагностичними ознаками. Для діагностики гірських порід важливо не тільки визначити мінерали, але і структури та текстури, про які мова буде далі.

Так само, як і у випадку з мінералами, важливо навчитися визначати породу за допомогою діагностичних ознак, а не запам'ятовувати конкретні зразки. Для цього існує екзаменаційна колекція, яку, на відміну від навчальної, студенти бачать тільки під час проведення модульних контрольних робіт та під час іспиту. Зразки з екзаменаційної колекції не мають номерів, не внесені в каталоги, а їх фотографій немає в даних методичних вказівках. Незважаючи на це, екзаменаційні зразки можна діагностувати за допомогою мінерального складу, структур і текстур гірських порід.

Описуючи гірську породу необхідно вказати її назву, класифікацію, мінеральний склад, структуру і текстуру. Детальніший план опису в залежності від генетичного класу порід, вказаний у відповідних темах.

Методичні вказівки по вивченню мінералів і гірських порід написані на основі проведення лабораторних занять з курсу «Геологія з основами геохімії і геофізики геосфер» на географічному факультеті Волинського національного університету імені Лесі Українки. Наводяться фотографії зразків мінералів із навчальної колекції. При написанні враховувалася думка не лише викладача, але і студентів.

Вивчення хімії та фізики геосфер, або геохімії і геофізики забезпечує професійний розвиток бакалавра та спрямована на формування у студентів компетентностей щодо здатності використовувати геохімічну і геофізичну

інформацію та спеціальні знання в теоретичних та практичних цілях у сфері професійної діяльності, при здійсненні комплексних фізико-географічних досліджень території. Це сприяє формуванню практичних умінь і навичок використання методів геохімічних і геофізичних досліджень, залучати методи суміжних наук для вирішення геохімічних питань, пояснення геохімічних процесів і явищ у взаємозв'язку з природними умовами, враховуючи можливе господарське використання, визначення мінерально-петрографічних, геологічних, геофізичних і геохімічних характеристик природних об'єктів.

Автор висловлює подяку студентці (на 2023 р. випускнику магістратури) географічного факультету Горбач Вікторії за фотографії та допомогу в написанні методичних вказівок.

РОЗДІЛ 1. МІНЕРАЛИ

ТЕМА 1. ФОРМИ ЗНАХОДЖЕННЯ МІНЕРАЛІВ У ПРИРОДІ

Мета. Навчитися застосовувати форми знаходження та фізичні властивості мінералів як діагностичні ознаки.

Мінеральний індивід, природне тверде, однорідне мінеральне тіло (мінерал), фізично відокремлене в просторі від інших тіл природними поверхнями розділу (наприклад, площинами граней кристалів, поверхнями розділу зерен або індивідуалізованих агрегатів – оолітів).

Мінеральний вид – сукупність мінеральних індивідів, що належать до однієї просторової групи симетрії й характеризуються однакою (близькою) хімічним складом або безперервною зміною складу в природних межах (В. Павлишин, 1997).

Мінеральний агрегат – скупчення і зрощення мінеральних індивідів (кристалів і зерен) одного і того ж або різних мінералів, відокремлених один від одного поверхнями розділу.

Існують такі форми знаходження мінералів в природі:

- 1) монокристал – одиничний, добре виражений багатогранник, який може мати форму куба, октаедра, піраміди, тетраедра, тобто простої форми, або їх комбінації (кальцит, флюорит, кварц, топаз);
- 2) друзи – кристали, які нарастають на спільну основу (кальцит, кварц);
- 3) дендрити – гіллясті деревоподібні агрегати (переважно, самородні метали: мідь, срібло, рідше, окисли заліза і марганцю);
- 4) конкреції – кулеподібні агрегати, з радіально-променистою будовою, в яких ріст речовини відбувається від центру до периферії (фосфорит, марказит);
- 5) секреції – порожнини в гірській породі заповнені мінералами, в яких ріст речовини відбувається від периферії до центру, секреції, в яких нарастають кристали, називаються жеоди;
- 6) ооліти – невеликі кульки, шаруватої будови (боксит, піролюзит);
- 7) натічні форми: сталактити та сталагміти. Ці форми утворюються при повільному стіканні розчинів, які швидко кристалізуються. Сталактити ростуть згори донизу (звисають зі стелі печери), сталагміти – назустріч їм, нарастаючи на дні печери, і часто зливаються зі сталактитами у колоноподібні утворення, які називають сталактони або сталагмати.



Рис.1. 1.1. Кристал



Рис. 1.1.2. Друза



Рис. 1.1.3. Сталактит



Рис. 1.1.4. Сталагміт



Рис. 1.1.5. Секреція



Рис. 1.1.6. Конкреція



Рис.1.1.7. Жеода



Рис. 1.1.8. Жеода



Рис. 1.1.9. Ооліти

Фізичні властивості та діагностичні ознаки мінералів

Фізичні властивості мінералів відіграють вирішальну роль для макроскопічної діагностики. Розрізняють такі зовнішні (макроскопічні) фізичні властивості мінералів: колір, колір риски, прозорість, блиск, спайність, злам, твердість, взаємодія з кислотами, смак, запах, щільність.

Колір мінералу визначається візуально, важливо враховувати освітлення, а в польових умовах вологість зразка. Існують мінерали-еталони кольору: кіновар – червоний, реальгар – оранжевий, азурит – синій та ін. Однак, один і той же мінерал може мати різні кольори (кварц, польові шпати та ін.). В той же час різні мінерали можуть мати один колір (аметист і фіолетовий флюорит). Слід відмітити, що сприйняття кольору – індивідуальне, тому важливіше запам'ятати відтінки візуально, а не їх назви.

Колір риски. Багато мінералів у стані порошку мають зовсім інший колір, так званий колір риски (або просто – риска). Це важлива діагностична ознака мінералу. Для визначення кольору риски потрібно провести ним по неглазурованій фарфоровій пластинці.

Прозорість. Це здатність мінералів пропускати світло. Розрізняють прозорі (кварц, топаз, берил та ін.), напівпрозорі (халцедон, опал та ін.) і непрозорі (галеніт, хроміт та ін.). Багато мінералів у тонких пластинках просвічуються, наприклад, біотит.

Блиск. Це здатність мінералів відбивати світло. Виділяють металевий (галеніт), алмазний (сфалерит), скляний (кварц), шовковистий (селеніт), жирний (нефелін), перламутровий (ауріпігмент) види блиску. Слід пам'ятати, що деякі мінерали можуть мати різні види блиску (кварц, переважно, має скляний блиск, але деколи – жирний). Для визначення блиску зразок слід розглядати при доброму освітленні і під різними кутами.

Спайність. Це здатність мінералів розколюватись при ударі з утворенням гладких поверхонь, які називають поверхні спайності.

Розрізняють такі види спайності:

а) цілком досконала - мінерал можна розколоти нігтем на окремі пластинки, листочки або лусочки (слюда, графіт та ін.);

б) досконала - при ударі мінерал розколюється рівними, гладенькими площинами на уламки, які нагадують первинні кристали (гіпс, ортоклаз, кальцит та ін.);

в) недосконала - розпізнається важко на уламках мінералу. Значна частина уламків обмежена неправильними поверхнями.

г) спайність відсутня. При ударі мінерал розколюється у випадкових напрямках із неправильними поверхнями злому (кварц, пірит та ін.).

Злам. Для визначення деяких мінералів важливою діагностичною ознакою є злам – випадковий напрямок розколу мінералу. За певним характером поверхні, яка утворюється при розколі мінералу, виділяють такі типи зламу:

а) рівний, східчастий, характерний для мінералів із спайністю;

б) черепашковий (кварц, халцедон та ін.), який нагадує внутрішню поверхню черепашки;

в) скалчастий (рогова обманка, гіпс та ін.) - притаманний мінералам із волокнистою або голчастою будовою;

г) землястий (каолінит та ін.) - характерний для землястих мінералів;

д) зернистий - мають мінерали зернистої будови.

Твердість. Це здатність мінералів чинити опір механічним зусиллям, які роз'єднують його частинки. Для діагностики мінералів використовують відносну твердість. Ступінь відносної твердості мінералів визначається приблизно в порівнянні з твердістю еталонних мінералів за шкалою Ф. Мооса, табл. 1.1.1.

Для визначення твердості мінералів у польових умовах користуються підручними предметами, твердість яких відома: м'який олівець - 1, ніготь - 2,5; мідна монета - 3-4; скло - 5-5,5; лезо бритви - 5-6;

Скло дряпає всі мінерали з твердістю менше 5, а мінерали з твердістю більше 5 самі дряпають скло. Цими підручними засобами можна визначити твердість більшості мінералів, оскільки мінерали з твердістю більше 6 трапляються, порівняно, рідко.

Таблиця 1.1.1. Шкала твердості мінералів

Назва мінералу	Твердість за Моосом	Характеристика твердості
Тальк	1	Легко дряпається нігтем
Гіпс	2	Дряпається нігтем
Кальцит	3	Легко дряпається ножем
Флюорит	4	Важко дряпається ножем
Апатит	5	Ніж не залишає подряпин
Ортоклаз	6	Залишає подряпину на склі, сталі
Кварц	7	Легко дряпає сталь, скло
Топаз	8	Дряпає скло, кварц
Корунд	9	Легко дряпає всі мінерали, крім алмазу
Алмаз	10	Легко дряпає всі мінерали

Волокнисті мінерали слід дряпати перпендикулярно до волокон.

Взаємодія з кислотами. Усі мінерали класу карбонатів (кальцит, малахіт та ін.) реагують із соляною кислотою з виділенням вуглекислого газу, бульбочки якого створюють враження кипіння кислоти. Деякі мінерали цього класу розчиняються в роздрібненому стані (доломіт) або при підігріванні (магнезит). Для визначення мінералів застосовується 10% розчин соляної кислоти, крапля якого за допомогою скляної палички або крапельниці наноситься на поверхню зразка або на порошок.

ТЕМА 2

КРИСТАЛИ, ЇХ ВЛАСТИВОСТІ, ЕЛЕМЕНТИ СИМЕТРІЇ КРИСТАЛІВ, СИНГОНІЇ І КАТЕГОРІЇ, ПРОСТІ ФОРМИ. ЗАКОН СТАЛОСТІ КУТІВ

Мета. Навчитися визначати елементи симетрії в кристалах, розпізнавати сингонії, діагностувати прості форми, застосовувати знання з кристалографії для діагностики мінералів.

Кристал - тверде тіло з упорядкованою внутрішньою будовою, що має вигляд багатогранника з природними плоскими гранями: впорядкованість будови полягає у певній повторюваності у просторі елементів кристала (атомів, молекул, іонів), що зумовлює виникнення кристалічної ґратки.

Кристалічна ґратка - геометрично правильне розміщення атомів (іонів, молекул), властиве речовині, що перебуває в кристалічному стані. Будова кристалічних ґраток залежить як від хімічного складу мінералу, так і від умов, в яких він утворився. В першу чергу від температури і тиску.

Закон сталості кутів.

Закон сталості кутів стверджує, що двогранний кут, утворений гранями a і b в різних кристалах даної речовини, буде один і той же. Відповідно у всіх кристалах даної речовини будуть рівні між собою і двогранні кути, утворені гранями a і c , b і c . Отже, не форма кристалів, не розмір граней, а кут між ними є сталою величиною для кожного кристала.

Для вимірювання кутів між гранями застосовують спеціальний прилад - гоніометр.

Елементи симетрії кристалів. Сингонії і категорії.

Симетрія – це властивість тіла суміщатися із самим собою під час деяких операцій або перетворень симетрії. Кристал може мати центр симетрії, площини симетрії і осі симетрії 2, 3, 4 і 6 – го порядків.

Центр симетрії (С) це уявна точка всередині кристалу по відношенню до якої кожна точка кристалу має рівновіддалену. Центр симетрії є якщо на моделі кристалу кожна грань має паралельну.

Площина (Р) симетрії ділить кристал на дві дзеркально рівні частини.

Вісь симетрії (L_n) це уявна вісь при повороті навколо якої на 360 об'єкт повторює себе n -ну кількість раз, де n – порядок осі.

Взаємодія елементів симетрії

1. Якщо в кристалі є вісь другого порядку і перпендикулярна площина симетрії, то є і центр симетрії.
2. Якщо у кристалі є вісь симетрії, яка лежить в площині симетрії, то кількість таких площин дорівнює порядку осі.
3. Якщо у кристалі є вісь симетрії і перпендикулярна вісь другого порядку, то кількість осей другого порядку дорівнює порядку головної осі.

Видом симетрії називають повну сукупність елементів симетрії кристала. У кристалографії налічують 32 види симетрії, які згруповані у 7 сингоній.

Сингонія - група видів симетрії, що мають один або кілька однакових елементів симетрії та мають однакове розташування кристалографічних осей.

Вища категорія

Кубічна

- найбільш симетричні кристали
- обов'язкова присутність чотирьох осей третього порядку і, окрім того, або три взаємно перпендикулярні осі четвертого порядку, або три осі другого порядку
- приклади - кам'яна сіль (галіт), пірит, галеніт, флюорит тощо.

Середня категорія

Гексагональна

- одна вісь симетрії шостого порядку (L_6)
- приклади - апатит, берил тощо

Тетрагональна

- одна вісь симетрії четвертого порядку (L_4)
- приклади - каситерит (олов'яний камінь), халькопірит (мідний колчедан), циркон тощо

Тригональна

- одна вісь симетрії третього порядку (L_3)
- приклади - кварц, кальцит, гематит, корунд тощо.

Нижча категорія

Ромбічна

- кілька осей другого порядку (L_2) і/або кілька площин симетрії (P), а не тільки три осі другого порядку (L_2), як вказано у більшості підручників із загальної геології. Вид симетрії L_22P відноситься до ромбічної сингонії, незважаючи на відсутність трьох осей другого порядку.
- приклади - топаз, олівін тощо

Моноклінна

- одна вісь симетрії другого порядку (L_2) і/або одна площина симетрії (P)
- приклади - ортоклаз, слюда, гіпс, піроксени тощо

Триклінна

- найнесиметричніші кристали, які не мають елементів симетрії або мають тільки центр симетрії (C)
- приклади - плагіоклази, дістен, мідний купорос тощо.

Таблиця 1.2.1. Категорії та сингонії

Категорія	Сингонії	Характерні елементи симетрії	Кількість одиничних напрямків
Нижча	Триклінна	$L_1; C$	Всі
	Моноклінна	L_2 або P або L_2+P	Багато
	Ромбічна	L_2 або P більше 1	Три
Середня	Тригональна	L_3	Один
	Тетрагональна	$L_4 (L_4)$	Один
	Гексагональна	$L_6 (L_6)$	Один
Вища	Кубічна	$4L_3$	Нема

Прості форми

Простою формою називається сукупність граней, зв'язаних між собою елементами симетрії. Прості форми бувають замкнені (куб, октаедр, тетраедр, ромбододекаедр, дипіраміда та ін.) і не замкнені (моноедр, пінакоїд, діедр, призми, піраміди та ін.) .

Всього існує 47 простих форм (48 за деякими дослідниками), деякі з яких вказані вище. Виведення всіх простих форм виходить за межі програми курсу Геологія з основами геофізики і геохімії геосфер.

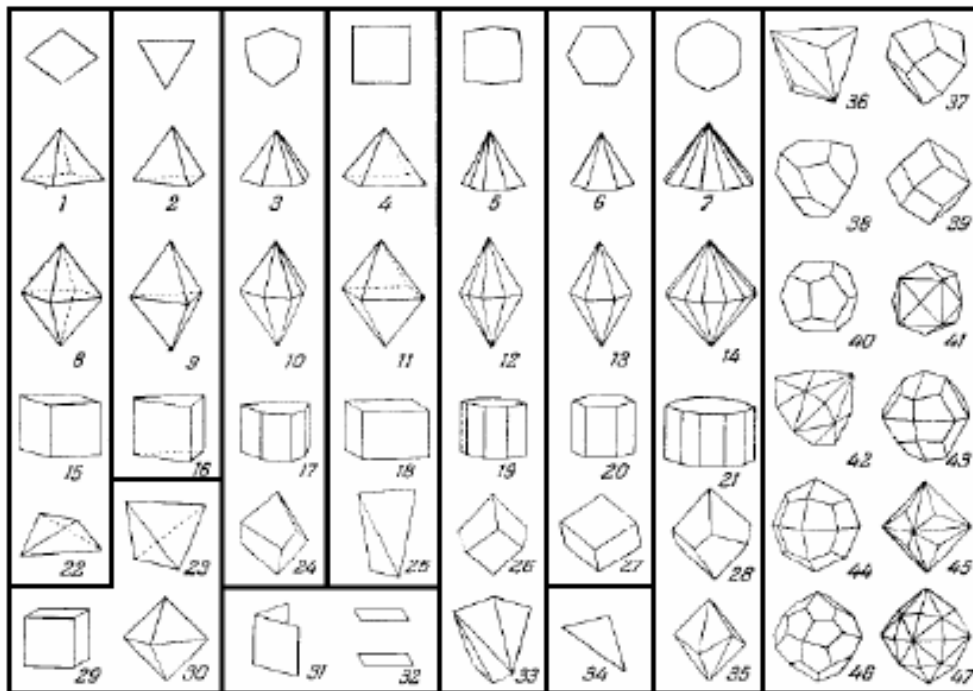


Рис. 1.2.1. Прості форми кристалів [30].

1 – ромбічна піраміда, 2 – тригональна піраміда, 3 – дитригональна піраміда, 4 – тетрагональна піраміда, 5 – дитетрагональна піраміда, 6 – гексагональна піраміда, 7 – дигексагональна піраміда, 8 – ромбічна дипіраміда, 9 – тригональна дипіраміда, 10 – дитригональна дипіраміда, 11 – тетрагональна дипіраміда, 12 – дитетрагональна дипіраміда, 13 – гексагональна дипіраміда, 14 – дигексагональна дипіраміда, 15 – ромбічна призма, 16 – тригональна призма, 17 – дитригональна призма, 18 – тетрагональна призма, 19 – дитетрагональна призма, 20 – гексагональна призма, 21 – дигексагональна

призма, 22 – ромбічний тетраедр, 23 – тетраедр, 24 – тригональний трапецоедр, 25 – тетрагональний тетраедр, 26 – тетрагональний трапецоедр, 27 – ромбоедр, 28 – гексагональний трапецоедр, 29 – куб, 30 – октаедр, 31 – діедр, 32 – пінакоїд, 33 – тетрагональний скаленоедр, 34 – моноедр, 35 – дитригональний скаленоедр, 36 – тригонтритетраедр, 37 – тетрагон тритетраедр, 38 – пентагон тритетраедр, 39 – ромбододекаедр, 40 – пентагон додекаедр, 41 – тетрагексаедр, 42 – гексатетраедр, 43 – дидодекаедр, 44 – тетрагонтриоктаедр, 45 – тригонтриоктаедр, 46 – пентагонтриоктаедр, 47 – гексоктаедр.

Побудова гномостереографічних проєкцій, структурні різновиди простих форм, символи простих форм (граней, ребер), інверсійні осі, правила установки кристалів та ін. Виходять за межі програми даного курсу.

ТЕМА 3
САМОРОДНІ ЕЛЕМЕНТИ

Таблиця 3.1

Коротка характеристика самородних елементів

№	Назва (формула)	Блиск	Колір	Риска	Спайність; злам	Твердість	Форми знаходження	Діагностичні ознаки	Застосування
1.	Мідь (Cu)	Металевий	Мідно-червоний	Мідно-червона	Відсутня; гачкуватий	2,5-3	Дендрити, суцільні маси, нитковидні, моховидні, дротові агрегати	Колір, твердість, форма знаходження	Електронна промисловість, виробництво труб, дроту
2.	Графіт (C)	Метало-подібний; приховано-кристалічні агрегати матові	Залізо-чорний до сталевосірого	Чорна блискуча	Досконала; нерівний	1-2,5	Дрібнолускуваті агрегати та вкраплення	Жирний на дотик, твердість, риска, пише по папері	Електро-технічна промисловість
3.	Сірка (S)	На гранях алмазний, у зламі жирний	Різні відтінки жовтого	Слабо-жовтувата	Недосконала; нерівний до раковистого	1,5	Землисті агрегати та вкраплення	Жовтий колір, риска, крихкість, запах	Хімічна промисловість, сільське господарство



Рис. 1.3.1. Мідь в базальті



Рис. 1.3.2. Графіт



Рис. 1.3.3. Самородна сірка

ТЕМА 4
СУЛЬФІДИ

Таблиця 4.1

Характеристика сульфідів – сполук із сіркою

№	Назва (формула)	Блиск	Колір	Риска	Спайність; злам	Твердість	Форми знаходження	Діагностичні ознаки	Застосування
1.	Галеніт (PbS)	Металевий	Свинцево-сірий	Сірувато-чорна	Досконала по кубу	2,5-3	Зернисті маси або вкраплені виділення неправильної форми	Колір, спайність по кубу, що виявляється у ступінчастому зламі, важкий	Руда на свинець
2.	Сфалерит (ZnS)	Алмазний	Бурий, коричневий	Ясно-коричнева	Досконала у 6-ти напрямках	3,5-4	Кристалічні агрегати і вкраплення	Алмазний блиск, риска, спайність	Цинкова руда
3.	Пірит (FeS ₂)	Металевий	Світлий латунно-жовтий або солом'яно-жовтий	Чорна	Відсутня; нерівний	6-6,5	Кристалічні агрегати і вкраплення	Колір, блиск, риска, висока твердість	Для виробництва сірчаної кислоти
4.	Халькопірит (CuFeS ₂)	Металевий	Латунно-жовтий із мінливістю	Чорна із зеленим відтінком	Недосконала; нерівний	3-3,5	Кристалічні агрегати і вкраплення	На відміну від піриту не дряпає скло, мінливість	Мідна руда

5.	Молибденіт (MoS_2)	Металевий	Свинцево-сірий, сірий	Сірий, часто з зеленуватим відтінком	Досконала; [0001]	1-1,5	Листуваті та лускуваті агрегати, тонколукуваті вкраплення	М'який, бруднить руки, має шарувату структуру. Жирний на дотик. Світліший та важчий аніж графіт	Промислова руда молибдену
6.	Марказит (FeS_2)	Металевий	Жовтий	Темна, зеленувато-сіра	Відсутня; нерівний	6-6,5	Конкреції, сфероліти, натічні агрегати, суцільна маса	Колір, блиск, риска, висока твердість	Для виробництва сірчаної кислоти
7.	Арсенопірит (FeAsS)	Металевий	Олов'яно-білий, у зламі сталєво-сірий	Чорна	нерівний	5,5-6	Суцільні агрегати, голчасті кристали	Видовжені кристали, крихкий	Для вироблення миш'яку, отримання срібла, золота, кобальту та інших металів,
8.	Кіновар (HgS)	Алмазний	Червоний	Червона	Не помітна; нерівний	2-2,5	Вкраплення, кристалічні агрегати, порошкоподібні примазки та нальоти	Червоний колір, низька твердість, крихкість	Руда на ртуть

9.	Реальгар (As_2S_3)	Смоляний	Оранжевий, інколи червоний	Оранжева	Слабо виражена	1,5-2	Наліт, корки, друзи, що складаються з дрібних кристалів	Реагує з лугами, при взаємодії з соляною кислотою виділяє лимонно- жовті пластівці. Зазвичай зустрічається з ауріпігмен- том	Використовується для отримання сполук миш'яку, одержання емалі і скла молочного кольору, в шкіряній промисловості у виробництві жовтої фарби.
10.	Ауріпігмент (As_2S_3)	Перламут- ровий	Цитриново-, золотисто- жовтий або оранжево- жовтий	Світло- жовта	Досить досконала; злегка раковистий	1,5-2	Радіально- променисті зростки, сфеоліти, нальоти, кірки	Неметалічний блиск, лимонно- жовтий колір, та значна м'якість. Зазвичай зустрічається з реальгаром	Для отримання сполук миш'яку, одержання емалі і скла молочного кольору, у виробництві жовтої фарби. Як ізолятор у рентгенотехніці
11.	Піротин (Fe_{1-x}S)	Металевий	Бронзово- жовтий, із бурою побіжалістю	Сірувато- чорна	Недосконала; нерівний до напіврако- вистого	3,5-5	Кристали, зливні маси, розетки, агрегати	Має магнітні властивості, тм'яніє на повітрі. Добре проводить електричний струм	Руда на залізо, також для виробництва сірчаної кислоти

12.	Антимоніт (Sb_2S_3)	Металевий	Свинцево-сірий, сталєво-сірий, іноді синювата або чорна мінливість	Свинцево-сіра	Досконала; раковистий	2-2,5	Друзи, кристали, сплутані волокнисті та зернисті агрегати	Постійний металевий блиск, голчасті, призматичні агрегати. На гранях спостерігається штриховка	В електричних акумуляторах, для кабелів, медичного обладнання, у напівпровідниках, високоякісній емалі для холодильників
13.	Борніт (Cu_5FeS_4)	Напівметалічний	Від мідно-червоного до бурого	Сірувато-чорна	Недосконала; дрібнораковистий	3,5	Суцільні маси	Райдужний, крихкий, непрозорий, парамагнітний	Руда на мідь



Рис. 1.4.1. Галеніт



Рис. 1.4.2. Сфалерит



Рис. 1.4.3. Пірит



Рис. 1.4.4. Халькопірит



Рис. 1.4.5. Молибденіт



Рис. 1.4.6. Марказит



Рис. 1.4.7. Арсенопірит



Рис. 1.4.8. Кіновар



Рис. 1.4.9. Реальгар



Рис. 1.4.10. Ауріпігмент



Рис. 1.4.11. Піротин



Рис. 1.4.12. Антимоніт



Рис. 1.4.13. Борніт

ТЕМА 5
ОКИСЛИ І ГІДРООКИСЛИ

Таблиця 5.1

Характерні особливості окислів та гідроокислів

№	Назва (формула)	Блиск	Колір	Риска	Спайність; злам	Твердість	Форми знаходження	Діагностичні ознаки	Застосування
1.	Кварц (SiO_2)	Скляний	Білий, безбарвний	Відсутня	Відсутня; нерівний, раковистий	7	Кристалічні агрегати, кристали, зерна	Висока твердість, відсутність спайності, колір	Виробництво скла, ювелірна промисловість, будівництво
2.	Халцедон (SiO_2)	Жирний, матовий, восковий	Світло- сірий, синюватий, червоний та ін.	Відсутня	Відсутня; нерівний, раковистий	7	Жовна, прожилки, натічні форми	Приховано- кристалічні агрегати, висока твердість	Ювелірна справа
3.	Опал ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)	Восковий, скляний, перламутровий або матовий	Білий, жовтий, бурий, червоний, зелений, блакитний, райдужний, безбарвний	Відсутня	Відсутня; нерівний, раковистий	5-6,5	Сталактити, суцільні або землисті скупчення щільних мас	Неметалевий блиск, залишає подряпину на склі, зовні схожий на халцедон	Ювелірна справа

4.	Корунд (Al_2O_3)	Скляний	Синювато-або жовтуватосірий	Відсутня	Відсутня; нерівний, раковистий	9	Кристали, вкраплення, зерна, зернисті агрегати	Неметалевий блиск, висока твердість, веретеноподібні або бочковидні кристали	Ювелірна справа, виготовлення кругів шліфувальних верстатів
Рудні мінерали									
5.	Гематит (Fe_2O_3)	Металевий до напівметалевого	Залізо-чорний до сталевосірого, бурочервоний	Вишнево-червона	Відсутня; нерівний, землястий	5,5-6	Кристалічні агрегати і вкраплення	Вишневий (коричневий) колір риски важкий, немагнітний	Руда на залізо
6.	Магнетит ($\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$)	Напівметалевий	Залізо-чорний	Чорна	Відсутня, нерівний	5,5-6	Кристалічні агрегати, кристали	Магнітність, чорна риска	Руда на залізо
7.	Лімоніт ($\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$) – «Тютюнова руда»	Матовий	Від іржавобурого до темнобурого	Бура іржавобура	Відсутня; нерівний, землястий	1-4	Землисті агрегати, ооліти, плівки	Колір, іржавобура риска	Руда на залізо
8.	Хроміт (FeCrO_4)	Напівметалічний	Чорний, коричнево-чорний	Бура	Відсутня або недосконала, раковистий	5,5-7,5	Тонкозернисті агрегати, суцільні зернисті маси, іноді кристали	Залізо-чорний колір, бура риса	Для виробництва хромових фарб, антикорозійного покриття

9.	Піролюзит (MnO ₂)	Матовий	Чорний, темний сталєво- сірий	Оксамито во-чорна, інколи корич- нева	Відсутня; нерівний, землистий	2-6	Приховано- кристалічні агрегати	Колір, риска, низька твердість	Руда на марганець, сировина для отримання хлору та кисню
----	----------------------------------	---------	--	---	-------------------------------------	-----	---------------------------------------	--------------------------------------	---



Рис. 1.5.1. Димчастий кварц



Рис. 1.5.2. Моріон



Рис. 1.5.3. Аметист



Рис. 1.5.4. Прозорий кварц



Рис. 1.5.5. Молочно-білий кварц



Рис. 1.5.6. Агат



Рис. 1.5.7. Халцедон



Рис. 1.5.8. Опал



Рис. 1.5.9. Опал



Рис. 1.5.10. Кварцит



Рис. 1.5.11. Корунд



Рис. 1.5.12. Корунд



Рис. 1.5.13. Корунд



Рис. 1.5.14. Гематит



Рис. 1.5.15. Магнетит



Рис. 1.5.16. Джаспіліт



Рис. 1.5.17. Лімоніт



Рис. 1.5.18. Хроміт



Рис. 1.5.19. Хроміт



Рис. 1.5.20. Піролюзит

ТЕМА 6
КАРБОНАТИ

Таблиця 6.1

Характеристика карбонатів

№	Назва (формула)	Блиск	Колір	Риска	Спайність; злам	Твердість	Форми знаходження	Діагностичні ознаки	Застосування
1.	Кальцит (Ca[CO ₃])	Скляний	Безбарвний, молочно-білий	Біла, сіра	Досконала; крихкий	3	Кристалічні агрегати, кристали	Скипає з HCl, спайність по ромбоєдру, твердість	Хімічна, будівельна галузі, металургія, оптика
2.	Арагоніт (CaCO ₃)	Скляний	Білий, жовтуватобілий	Біла	Недосконала; раковистий, крихкий	3,5-4	Сталактит або сталагміт	Колір, спайність, злам, блиск	Не використо- вується
3.	Доломіт (CaMg[CO ₃] ₂)	Скляний	Чорний або білий	Біла	Досконала; напівраковистий	3,5-4	Кристали, агрегати	Взаємодіє з кислотою лише у вигляді порошка	У будівництві та для вироблення скла
4.	Магнезит Mg[CO ₃]	Скляний	Світлий	Біла	Досконала; східчастий до раковистого, крихкий	3,5	Кристали, зерна	Блиск, середня твердість, скипає із підігрітою кислотою	Для виготовлення вогнетривів, магнезійного цементу, одержання солей магнезії

5.	Сидерит (FeCO_3) – залізистий шпат	Скляний	Жовтий, жовтувато-сірий, буро-сірий, буро-жовтий, чорний	Безбарвна або бура	Досконала; нерівний, до раковистого	4	Друзи, кристали, зернисті агрегати	При реакції із соляною кислотою ржавіє	Руда на залізо
6.	Азурит ($\text{Cu}_3[\text{OH}]_2[\text{CO}_3]_2$)	Шовковистий, матовий, скляний	Синій	Блакитна	Досконала; раковистий	3,5-4	Радіально-променисті агрегати, конкреції, щільні маси, друзи, щітки	Синій колір і скипання при дії розбавленої соляної кислоти	Для виготовлення синьої фарби, руда для одержання міді
7.	Малахіт ($\text{Cu}_2[\text{CO}_3][\text{OH}]_2$)	Матовий	Зелений	Блідо-зелена	Досконала; скорлупуватий, скалкуватий	3,5-4	Дендрити, кристали, тонковолокнисті агрегати	Зелений колір і скипання при дії розбавленої соляної кислоти	Цінне декоративне каміння, сировина для виготовлення фарб мідного купоросу; руда для добування міді



Рис. 1.6.1. Кальцит



Рис. 1.6.2. Кальцит



Рис. 1.6.3. Арагоніт



Рис.1.6.4. Доломіт



Рис. 1.6.5. Магнезит



Рис. 1.6.6. Сидерит



Рис. 1.6.7. Малахіт і азурит

ТЕМА 7
СУЛЬФАТИ

Таблиця 7.1

Характерні особливості сульфатів

№	Назва (формула)	Блиск	Колір	Риска	Спайність; злам	Твер- дість	Форми знаходження	Діагностичні ознаки	Застосування
1.	Гіпс (CaSO ₄ *2H ₂ O)	Скляний	Білий, безбарвний	Біла	Досконала; раковистий, іноді волокнистий	2	Кристалічні агрегати, кристали	Дряпається нігтем, спайність в одному напрямку достатньо досконала	Будівельна галузь, цементна промисловість, медицина
2.	Ангідрит (CaSO ₄)	Перламутровий, скляний	Білий, голубуватий	Біла	Досконала у трьох напрямках; нерівний до скалкуватого	3-4	Зернисті маси, рідше кристали	Не реагує із соляною кислотою, твердий	Сировина для одержання сірчаної кислоти, як добриво в с/г.
3.	Целестин (SrSO ₄)	Перламутровий, скляний	Білий, червоний або світло- блакитний	Біла	Досконала; нерівний, крихкий	3-3,5	Жеоди, кристали, друзи	Зазвичай зустрічається із сіркою	Хімічна та фармацевтична промисловість
4.	Барит (BaSO ₄)	Перламутровий	Білий	Біла	Досконала; нерівний, крихкий	3-3,5	Зернисті, радіально- променисті, тонко- волокнисті агрегати, щільні суцільні маси	Важкий	Для виробництва білої фарби, барієвих препаратів, паперу, гуми



Рис. 1.7.1. Гіпс



Рис. 1.7.2. Селеніт



Рис. 1.7.3. Ангідрит



Рис. 1.7.4. Целестин



Рис. 1.7.5. Целестин із сіркою



Рис. 1.7.6. Барит



Рис. 1.7.7. Барит із витягнутими кристалами кальциту

ТЕМА 8
ФОСФАТИ І ВОЛЬФРАМАТИ

Таблиця 8.1

Характерні особливості фосфатів та вольфраматів

№	Назва (формула)	Блиск	Колір	Риска	Спайність; злам	Твер- дість	Форми знаходження	Діагностичні ознаки	Застосування
1.	Апатит (Ca ₅ (F, Cl, OH, CO ₃) [PO ₄] ₃)	На гранях скляний, на зламі – жирний	Безбарвний, зелений, жовтуватий, білий, синювато- зелений	Біла	Недосконала; нерівний	5	Кристалічні агрегати, кристали	Суцільні зернисті цукро- подібні маси	Сільське господарство
2.	Вольфраміт (Mg, Fe) [WO ₄]	Напівметалевий, скляний, жирний	Буро- чорний	Темно- бура	Досконала; нерівний, крихкий	4-4,5	Кристали, зернисті суцільні агрегати, вкраплення	Блиск і колір	Руда на вольфрам



Рис. 1.8.1. Апатит цукристий



Рис.1.8.2. Апатит цукристий



Рис. 1.8.3. Апатит звичайний



Рис. 1.8.4. Вольфраміт

ТЕМА 9
СИЛІКАТИ

Таблиця 9.1

Характерні особливості силікатів

№	Назва (формула)	Блиск	Колір	Риска	Спайність; злам	Твер- дість	Форми знаходження	Діагностичні ознаки	Застосування
1.	Епідот (Ca ₂ (Fe ³⁺ , Al)Al ₂ O(OH))*[SiO ₄][Si ₂ O ₇])	Скляний	Зелений	Біла, сіра, фісташ- ково- зелена	Досконала; раковистий	6,5	Друзи, жердинисті зростки, моховидні кірочки, рідше тонкозернисті або зливні агрегати (епідозити)	Колір, блиск, спайність, твердість. У кислотах не розчиняється	Ювелірна промисловість
2.	Гранат (R ²⁺ ₃ R ³⁺ ₂ [SiO ₄] ₃)	Скляний	Буро- червоний	Відсут- ня	Відсутня; нерівний, зернистий	7-7,5	Кристалічні агрегати, кристали	Червоний і буро-червоний колір, висока твердість	Абразивні матеріали, ювелірна промисловість
3.	Нефелін ((Na,K)AlSi O ₄)	Жирний	Білий, сірий, коричневий, бурувато- сірий, червонувато- білий	Біла	Відсутня; раковистий	5-6	Суцільні щільні зернисті маси, вкраплення	Блиск, висока твердість, колір	Сировина для отримання цементу, соди, алюмінію

4.	Берил ($\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$)	Скляний	Різні відтінки зеленого, рідше – блакитний	Відсутня	Відсутня; нерівний, часто раковистий	8	Кристали, друзи, суцільні зернисті маси	Неметалічний блиск, висока твердість	Руда на берилій, ювелірна справа
5.	Топаз ($\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$)	Скляний, на площинах спаяності перламутровий	Блакитний, винно-рожевий, сірий, безбарвний	Відсутня	Досконала в одному із напрямків; раковистий	8	Кристали, друзи, суцільні зернисті та щільні маси	Досконала спаяність, твердість, поздовжня штриховка на гранях призм	Як шліфувальний порошок, ювелірна справа
6.	Тальк ($\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$)	Жирний	Білий, сірий	Біла	Непомітна; нерівний	1	Приховано-кристалічні агрегати	Колір, твердість, жирний на дотик	Вогнетривкі та мастильні матеріали
7.	Турмалін ($\text{Na}(\text{Li}, \text{Al})_3\text{Al}_6[(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}]$)	Скляний	Чорний, бурий, рожевий, зелений та ін.	Біла	Відсутня; нерівний, дрібнораковистий, крихкий	7-7,5	Стовпчасті кристали, голчасті і променисті агрегати, зернисті скупчення	Неметалевий блиск, твердість, поздовжня штриховка, сферичний трикутник в перерізі	У радіотехніці, ювелірній справі
8.	Дістен - кіаніт ($\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$)	Скляний	Блакитний	Біла	Досконала; скалкуватий	повздовж - 4,5, поперек - 7	Подовжені, пластинчасті, зігнуті кристали, зерна, агрегати	Різна твердість в одному мінералі	Для виготовлення вогнетривів, ювелірна справа

9.	Олівін ($(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$)	Скляний або жирний	Зелений, з оливковим відтінком	Біла	Слабка; раковистий	7	Зернисті агрегати, рідкісні короткостовпчасті призматичні кристали	Колір, твердість	Для виготовлення вогнетривів, окремі різновиди – як дорогоцінне каміння
Калієво-польові шпати									
10.	Ортоклаз ($\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$)	Скляний	Від білого до світло-червоного	Біла	Досконала; нерівний або східчастий	6	Кристалічні агрегати, кристали	Колір, твердість, досконала спайність у двох напрямках	Керамічна сировина
11.	Амазоніт ($(\text{K}, \text{Na})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$)	Скляний, перламутровий	Блакитно-зелений	Біла	Досконала; нерівний	6-6,5	Друзи, кристали, вкраплення неправильної форми	Блиск, колір, твердість, досконала спайність у двох напрямках	Як виробне каміння
Плагіоклази									
12.	Альбіт $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	Скляний	Білий різних відтінків	Біла	Досконала; нерівний	6-6,5	Променисті агрегати у формі зерен, кристали	Блиск, колір, твердість, спайність, штриховка	У сільському господарстві
13.	Анортит ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)	Скляний	Безбарвний або білий, сірий, іноді жовтуватий, червонуватий	Біла	Досконала, нерівний, раковистий	6-6,5	Кристали, суцільні або зернисті агрегати	Блиск, колір, спайність, штриховка	Керамічна промисловість

14.	Лабрадор (Ca, Na)(Al, Si)AlSi ₂ O ₈)	Скляний	Темно-сірий з іризацією	Біла	Досконала; нерівний, раковистий	6	Кристалічні агрегати, кристали	Колір, іризація, твердість, спайність у двох напрямках, штриховка	Облицювальний камінь
Піроксени									
15.	Авгіт (Ca(Mg, Fe, Al)(Si, Al) ₂ O ₆)	Скляний	Від чорного до зеленого	Сіра	Під кутом 87°	5-6	Вкраплення, кристали	Неметалевий блиск, колір, призматична форма кристалів, спайність	Як керамічну сировину, літєву руду та в ювелірній справі
16.	Діобсид								
17.	Егірин (NaFe ³⁺ [Si ₂ O ₆])								
Анфіболи									
18.	Рогова обманка	Скляний	Темно-зелений, чорний	Зеленувато-сіра	Середня під кутом 124°; голчастий	5,5-6	Кристалічні агрегати, кристали	Колір, риска, призматична форма кристалів, спайність	Не використовується
19.	Актиноліт (Ca ₂ (MgFe) ₅ [Si ₄ O ₁₁] ₂ [OH] ₂)	Скляний, шовковистий	Зелений	Біла	Рівний	5,5-6	Променисті, азбестоподібні волокнисті агрегати	Промениста будова	Ювелірна промисловість
Слюди та гідрослюди									

20.	Мусковіт (біла слюда)	Перламутровий	Безбарвний	Біла	Цілком досконала	2,5	Лускуваті агрегати і включення	Колір, спайність, листувата форма кристалів	Ізоляційний матеріал
21.	Гідрослюда	Перламутровий	Темний	Відсутн я	Цілком досконала	2,5-3	Лускуваті агрегати і включення	Колір, спайність, листувата форма кристалів	Для очищення та пом'якшення води
22.	Біотит (чорна слюда)	Перламутровий	Чорний	Біла, сіра	Цілком досконала	2,5	Лускуваті агрегати	Колір, спайність, листувата форма кристалів	Термостійкий ізоляційний матеріал



Рис. 1.9.1. Епідот



Рис. 1.9.2. Епідот



Рис. 1.9.3. Гранати з епідотом



Рис. 1.9.4. Нефелін



Рис. 1.9.5. Нефелін



Рис. 1.9.6. Берил



Рис. 1.9.7. Тальк



Рис. 1.9.8. Турмалін (Шерл)



Рис. 1.9.9. Серпентин з азбестом



Рис. 1.9.10. Серпентиніт



Рис. 1.9.11. Дістен



Рис. 1.9.12. Калієвий польовий шпат



Рис. 1.9.13. Калієвий польовий шпат



Рис. 1.9.14. Калієвий польовий шпат



Рис. 1.9.15. Калієвий польовий шпат



Рис. 1.9.16. Амазоніт



Рис. 1.9.17. Альбіт



Рис. 1.9.18. Анортит



Рис. 1.9.19. Плагіоклаз



Рис. 1.9.20. Лабрадор



Рис. 1.9.21. Лабрадор



Рис. 1.9.22. Авгіт



Рис. 1.9.23. Діопсид



Рис. 1.9.24. Егірін



Рис.1.9.25. Рогова обманка

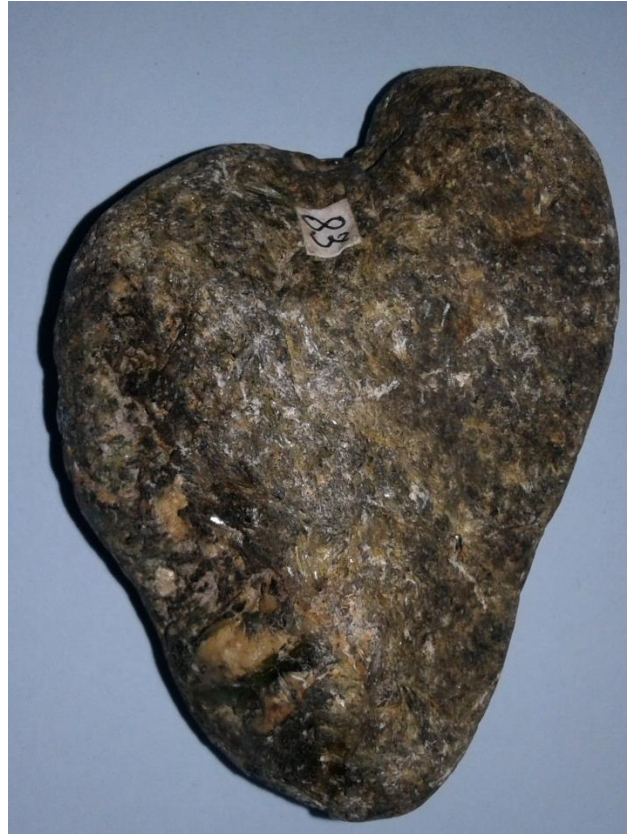


Рис.1.9.26 Актиноліт



Рис.1.9.27. Мусковіт



Рис. 1.9.28. Гідрослюда
(вермикуліт)

ТЕМА 10
ГАЛОЇДИ

Таблиця 10.1

Характерні особливості галоїдів

№	Назва (формула)	Блиск	Колір	Риска	Спайність; злам	Твер- дість	Форми знаходження	Діагностичні ознаки	Застосування
1.	Галіт (NaCl)	Скляний	Білий, безбарвний, сірий, блакитний, рожевий	Біла	Досконала у трьох напрямах	2,5	Кристалічні агрегати	Солоний смак, низька твердість, спайність по кубу	Харчова та хімічна промисловість
2.	Сильвін (KCl)	Скляний	Білий, сірий, безбарвний, рожевий, рідше голубий	Біла	Досконала у трьох напрямах	1,5-2	Кристалічні агрегати	Гірко-солоний смак, низька твердість, спайність по кубу	Харчова та хімічна промисловість
3.	Флюорит (KF ₂)	Скляний	Фіолетовий, жовтий, зелений, рожевий, рідше прозорий, безбарвний	Біла	Досконала у чотирьох напрямах	4	Кристалічні агрегати і вкраплення	Різнобарвлені кристали, октаедрична спайність, крихкий	Металургія, хімічна промисловість



Рис. 1.10.1. Галіт



Рис. 1.10.2. Сильвін



Рис. 1.10.3. Флюорит

РОЗДІЛ. 2. ПОРОДИ

ТЕМА 1. МАГМАТИЧНІ ПОРОДИ

Основними класами магматичних порід є *інтрузивні* та *ефузивні* (жилінні породи менш поширені). Інтрузивні породи утворюються на значних глибинах і, відповідно, застигають повільно. Кожен мінерал має свою температуру кристалізації (плавлення), тому мінерали кристалізуються не одночасно, а в певному порядку. Таким чином, в інтрузивних породах чітко розрізняються границі між окремими мінералами. Найпоширенішою інтрузивною породою є граніт.

Ефузивні породи утворюються на поверхні земної кори. Вони застигають швидко. Таким чином, ефузивні породи є суцільною масою, в якій, в більшості випадків, неможливо розрізнити окремі мінерали.

За хімічним складом, а саме вмістом SiO_2 магматичні породи поділяють на ультраосновні, основні, середні, та кислі. Класифікацію магматичних порід доцільно подати у вигляді таблиці. Більшість таблиць, які опубліковані в підручниках та навчальних посібниках – надто складні і громіздкі. Ми наводимо таблицю, складену в 1990 році кандидатом геолого-мінералогічних наук, доцентом кафедри фізичної географії природничо-географічного факультету Луцького державного педагогічного інституту імені Лесі Українки Вовком П. К., яка раніше не публікувалася.

Структури і текстури магматичних порід

З термінами – структура і текстура гірських порід – має місце певна плутанина. Загалом, у вітчизняній літературі прийнято вважати, що структура відноситься до характеристик зерен, які формують породу, а текстура до взаємодії зерен. Таким чином, головними структурами магматичних порід за наявністю зерен є: повнокристалічнозерниста (рис. 1.18), в якій чітко видно всі зерна, скловата (рис. 2.1.10), нагадує скло, а зерна не розрізняються, неповнокристалічнозерниста (середня між вказаними вище), афанітова – дрібні зерна, які не розрізняються неозброєним оком; за співвідношенням розмірів зерен: рівномірнотзерниста і нерівномірнотзерниста

Головними текстурами магматичних порід є однорідна або масивна, пориста, мигдалекам'яна (пори заповнені вторинними мінералами), флюїдальна (видно сліди течії лави), плямиста, смугаста.

Магматичні породи діагностуються за мінеральним складом. Не всі породи можна визначити макроскопічно. Часто для діагностики потрібні спеціальний мікроскоп з набором окулярів та, як мінімум, 5 шліфів. Однак це виходить за межі даного курсу.

Характерні особливості магматичних порід

Олівініти і дуніти складені олівіном. Олівініти містять акцесорний мінерал магнетит, а дуніти – хроміт. Оскільки акцесорні мінерали є постійною, але незначною (до 5%) частиною породи, макроскопічно олівініти і

дуніти не відрізняються. Від перидотитів олівініти і дуніти відрізняються оливковим відтінком, який слід запам'ятати візуально.

Передотити складені олівіном і піроксенном. Типи перидотитів детально вивчаються в курсі петрографії, але географам такі тонкощі не потрібні. Перидотити дуже подібні на піроксеніти (породи, складені піроксенном). Внаслідок більшою щільності, піроксеніти дещо важчі, для точної діагностики необхідне обладнання, вказане вище.

Горнблендит – порода складена роговою обманкою, тому її діагностика не викликає труднощів.

Габро складені, переважно піроксенном та плагіоклазом, тому в цій породі макроскопічно чітко розрізняються темний і світлий мінерал.

Діорити, складені плагіоклазом та роговою обманкою, часто бувають схожі на габро. Тому, необхідно пам'ятати відмінності між піроксенами та амфіболами.

Діагностичними ознаками сієніту є наявність калієвого польового шпату, а нефелінового сієніту – нефеліну і калієвого польового шпату.

В гранітах чітко видно, як мінімум, три різні мінерали. Гранодіорити візуально не відрізняються від гранітів. Для діагностики різновидів гранітоїдів необхідні шліфи та вказане вище обладнання. При макроскопічній діагностиці всі гранітоїди називають гранітами.

Діагностика ефузивних порід – складніша. Часто їх необхідно запам'ятати візуально. Базальти і андезити макроскопічно не відрізняються. Для ліпаритів (ріолітів) характерні світлі кольори. Інші ефузивні породи поширені менше.

План опису магматичної породи

1. Назва породи
2. Класифікація (власне вказати, що порода магматична). Далі – інтрузивна чи ефузивна, ультраосновна, основна, середня, чи кисла.
3. Мінеральний склад.
4. Структура і текстура.
5. Можливе застосування.

Таблиця 2.1.1. Магматичні породи

		Ультра основні <45%	Основні 45-52%	Середні 52-65%			Кислі >65% SiO ₂	
		Без польових шпатів	З польовими шпатами					
			Плагіоклази		Калієві-польові шпати і плагіоклази			
		Без кварцу				З кварцом		
Інфузивні, (яснозернисті)		Перидотит (олівін, піроксен) піроксеніти олівініти дуніти	Габро (плагіоклази, піроксен) анортозит, лабродорит	Діорит (плагіоклаз, рогова обманка)	Нефеліновий сіеніт (КПШ, плагіоклаз, нефелін)	Сіеніт (КПШ, рогова обманка)	Гранодіорит (плагіоклаз, КПШ, кварц, рогова обманка)	Граніт (КПШ, плагіоклаз, кварц, біотит, рогова обманка)
Ефузивні	Кайно-типні		Базальт	Андезит	Фоноліт	Трахіт	Дацит	Ліпарит (ріоліт)
	Палео-типні		Базальтовий порфірит	Андезитовий порфірит	Фонолітовий порфір	Трахітовий порфір	Дацитовий порфіт	Кварцовий порфір

Ультраосновні породи

*Рис. 2.1.1. Олівініт**Рис. 2.1.2. Піроксеніт**Рис. 2.1.3. Передотит**Рис. 2.1.4. Горблендит*



Рис. 2.1.5. Кімберліт



Рис. 2.1.6. Кімберліт

Основні породи

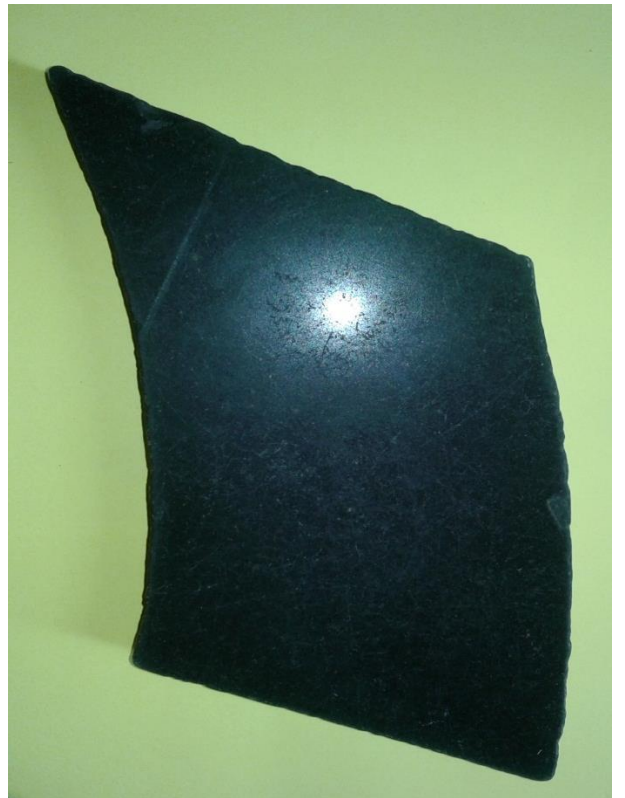
*Рис. 2.1.7. Габро**Рис. 2.1.8. Плита габро**Рис. 2.1.9. Базальт**Рис. 2.1.10. Плита базальту*

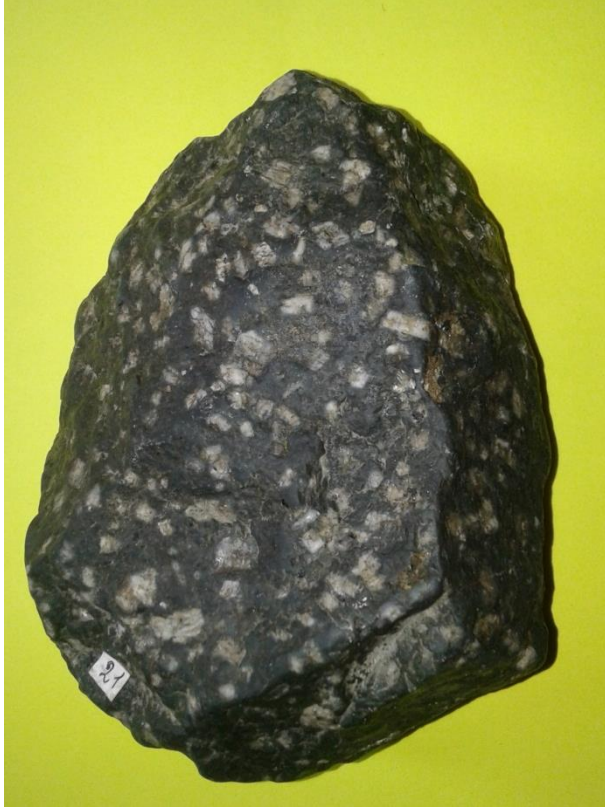


Рис. 2.1.11. Пористый базальт



Рис. 2.1.12. Пористый базальт

Середні породи

*Рис. 2.1.13. Діорит**Рис. 2.1.14. Андезит**Рис. 2.1.15. Сієніт**Рис. 2.1.16. Нефеліновий сієніт*

Кислі породи

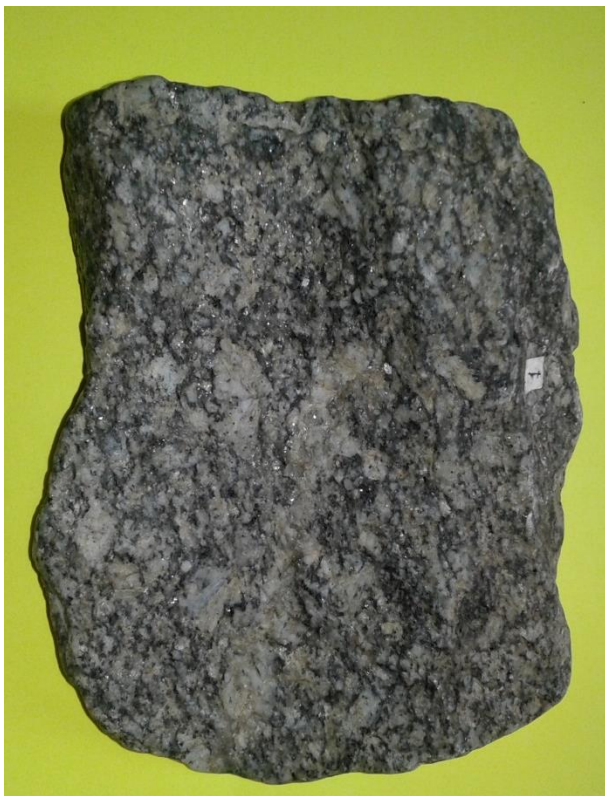
*Рис. 2.1.17. Граніт**Рис. 2.1.18. Граніт**Рис. 2.1.19. Граніт**Рис. 2.1.20. Ліпарит*



Рис. 2.1.21. Ліпарит



Рис. 2.1.22. Пемза



Рис. 2.1.23. Обсидіан



Рис. 2.1.24. Перліт

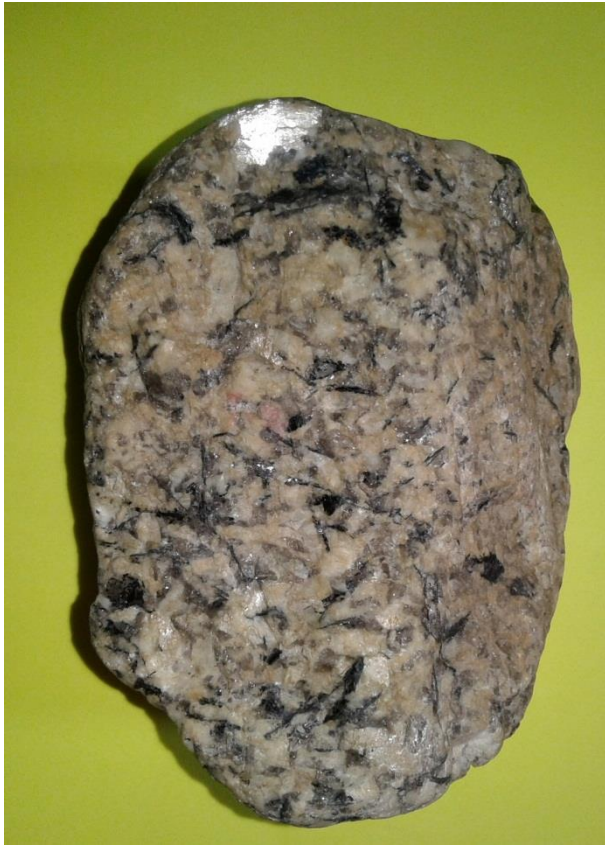


Рис. 2.1.25. Графічний пегматит



Рис. 2.1.26. Граніт-апліт



Рис. 2.1.27. Кварцовий порфір



Рис. 2.1.28. Трахіт

ТЕМА 2. ОСАДОВІ ПОРОДИ

Осадкові гірські породи поділяються на уламкові (грубо- і дрібноуламкові та глинисті), органогенні і хемогенні.

Уламкові утворилися в результаті руйнування порід, які сформувалися раніше, під дією екзогенних чинників. Органогенні та хемогенні утворюються у водоймах. Утворення осадків, перетворення осадків у осадову породу та післядіагенетичні зміни осадкових порід розглядаються в лекційному курсі.

Грубоуламкові породи діагностуються за трьома ознаками: розмір уламків, окатаність уламків, зцементованість уламків (табл. 2.2.1).

Відмінність між пісковиками, алевролітами та аргілітами полягає в розмірі зерен. В пісковиках ми бачимо зерна неозброєним оком, в алевролітах – не бачимо, але поверхня алевроліта шершава на дотик, аргіліти часто коляться на паралельні пластинки, а на дотик – гладенькі.

Важливою діагностичною ознакою глин є те, що куски глини липнуть до язика або до вологого пальця. Основними видами глин є: каолінітова (біла), монтрморилонітова (переважно сіра) і гідролюдиста. Класифікація глин досить складна, а їх дослідження вимагає спеціального лабораторного обладнання і не входить в програму курсу «Геологія з основами геофізики і геохімії геосфер». Географи повинні вміти макроскопічно діагностувати глину.

Макроскопічно відрізнити органогенні породи від хемогенних дозволяє наявність скелетної фауни (черепашок).

Для діагностики органогенних та хемогенних осадкових порід важливо знати їх мінеральний склад. Вапняки складені кальцитом, доломіти – доломітом, гіпсити – гіпсом, слід пам'ятати, що гіпс і ангідрит легко переходять один в одного внаслідок реакцій гідратації та дегідратації в процесі хімічного вивітрювання. З лімоніту складається бурий залізняк, а з гематиту – червоний. Фосфорити складені апатитом, а діагностуються, переважно, за формою знаходження – конкреціями. Пластові фосфорити діагностуються важче. Мергель складається із вапняка і глини, тому після взаємодії із розчином соляної кислоти на ньому залишається сіра пляма.

Структури і текстури осадкових порід

Головні структури осадкових порід – грубо-, крупно-, середньо- і дрібнозерниста. Вони характерні для пісковиків, в інших породах структуру можна визначити не завжди.

Головними текстурами є однорідна, смугаста і плямиста.

План опису осадової породи

1. Назва породи
2. Класифікація (власне, вказати, що порода осадова). Далі уламкова, органогенна, чи хемогенна.
3. Мінеральний склад.

4. Структура (якщо діагностується) і текстура
5. Можливе застосування.

Таблиця 2.2.1. Класифікація уламкових і глинистих порід [26]

Група порід	Розмір уламків, мм	Уламкові та глинисті породи			
		незцементовані		зцементовані	
		кутасті уламки	обкатані уламки	кутасті уламки	обкатані уламки
Грубо-уламкові (псефіти)	Понад 100	Брила	Валун	Брилова брекчія	Валунний конгломерат
	100—10	Щебінь	Галька	Брекчія	Конгломерат
	10—1	Жорства	Гравій	Жорствеліт (жорствяна брекчія)	Гравеліт (гравійний конгломерат)
Піщані (псаміти)	1—0,1	—	Пісок	—	Пісковик
Пилуваті (алеврити)	0,1—0,01	—	Алеврит (лес)	—	Алевроліт
Пеліти	Менше як 0,01	—	Глина	—	Аргіліт

Грубоуламкові породи

*Рис. 2.2.1. Конгломерати**Рис. 2.2.2. Брекчії**Рис. 2.2.3. Галька**Рис. 2.2.4. Щєбінь*



Рис. 2.2.5. Жорств'яник



Рис. 2.2.6. Галечник



Рис. 2.2.7. Гравій



Рис. 2.2.8. Жорства

Дрібноуламкові породи

*Рис. 2.2.9. Керн пісковика**Рис. 2.2.10. Алевроліт**Рис. 2.2.11. Аргіліт**Рис. 2.2.12. Пісок*

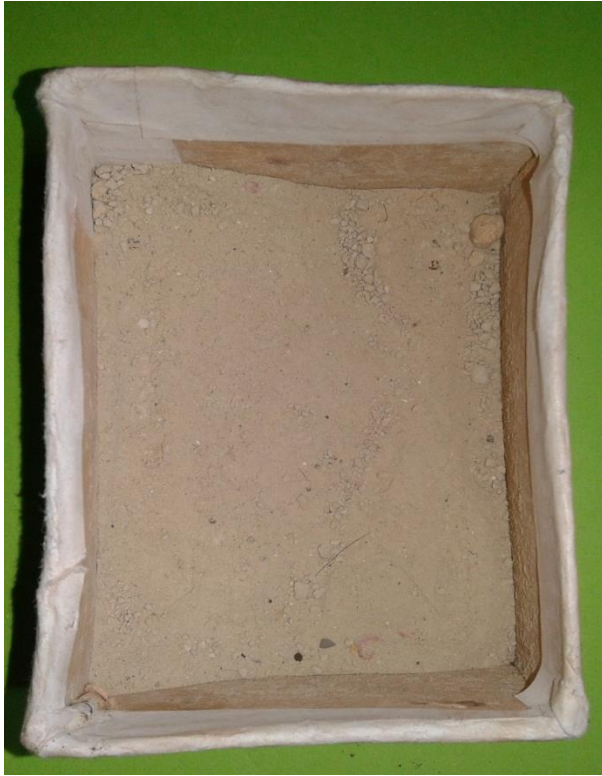


Рис. 2.2.13. Лес



Рис. 2.2.14. Глина



Рис. 2.2.15. Глина (гончарна)



*Рис. 2.2.16. Глина
(монтрморилонітова)*

Органогенні та хемогенні породи



Рис. 2.2.17. Нумолітовий вапняк (в центрі Нумоліт)



Рис. 2.2.18. Органогенний вапняк



Рис. 2.2.19. Хемогенний вапняк



Рис. 2.2.20. Моховатка (вапняк)



Рис. 2.2.21. Чорний вапняк



Рис. 2.2.22. Червоний залізняк



Рис. 2.2.23. Тютюнова руда

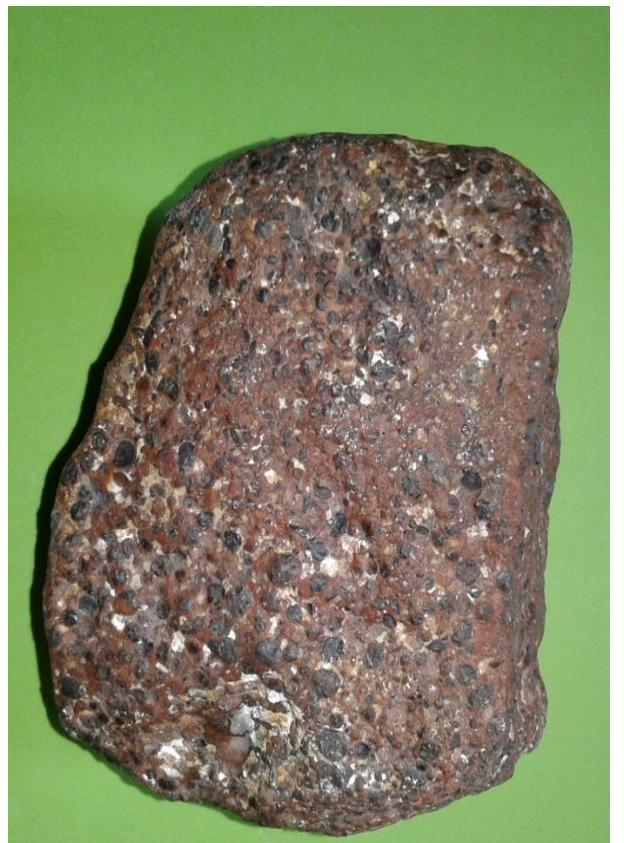


Рис. 2.2.24. Оолітовий боксит



Рис. 2.2.25. Туф



Рис. 2.2.26. Туф



Рис. 2.2.27. Аркозовий пісковик



Рис. 2.2.28. Ліпарит (вивітрелий)



Рис. 2.2.29. Крейда

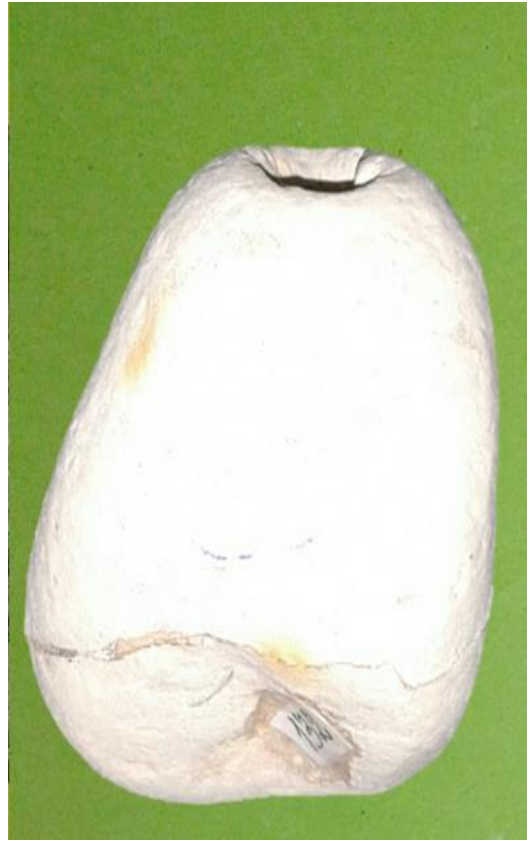


Рис. 2.2.30. Трепел

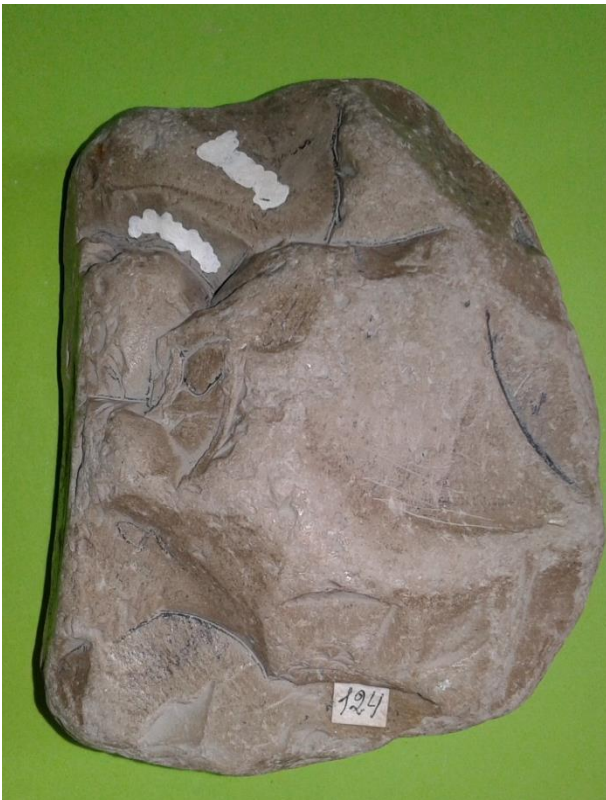


Рис. 2.2.31. Опока



Рис. 2.2. 32. Органогенный вапняк



Рис. 2.2.33. Органогенный вапняк



Рис. 2.2.34. Органогенный вапняк



Рис. 2.2.35. Кораловый вапняк



Рис. 2.2.36. Мергель



Рис. 2.2.37. Конкреція фосфориту



Рис. 2.2.38. Боксит



Рис. 2.2.39. Боксит



Рис. 2.2.40. Гіпс і ангідрит



Рис. 2.2.41. Гіпс і ангідрит



Рис. 2.2.42. Гіпс і ангідрит



Рис. 2.2.43. Фосфорит пластовий

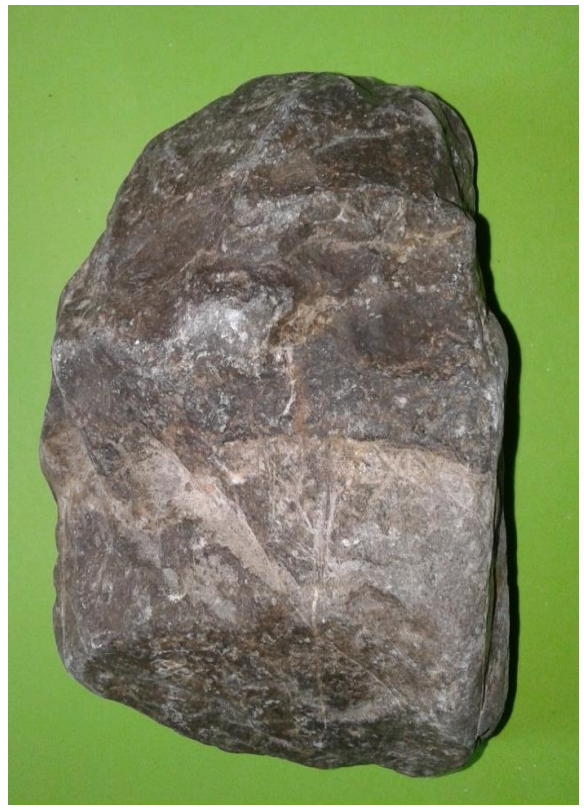


Рис. 2.2.44. Вапняк бітумінозний



Рис. 2.2.45. Сланцювата глина



Рис. 2.2.46. Буре вугілля



Рис. 2.2.47. Кам'яне вугілля



Рис. 2.2.48. Антрацит

ТЕМА 3. МЕТАМОРФІЧНІ ПОРОДИ

Метаморфічні породи утворилися при перетворенні магматичних та осадових порід під дією ендегенних чинників. Типи і чинники метаморфізму детально розглянуті в лекційному курсі.

Для макроскопічної діагностики метаморфічних порід важливо визначити первинну породу, а також, в окремих випадках, текстуру породи.

Кварцити утворилися з пісковиків, мармури – з вапняків, гнейси – з гранітів. Відповідно, в кварцитах спостерігаються зерна кварцу, які проросли одне в одне, внаслідок чого кварцит набагато міцніший від пісковика. Мармури, складені кальцитом, і, як і вихідні породи (вапняки) реагують із розчином кислоти.

Гнейси і сланці діагностуються за допомогою однойменних текстур – гнейсової (рис. 2.3.18) і сланцюватої (рис. 2.3.12). Для сланцюватої текстури характерні тонкі паралельно орієнтовані пластинки, а для гнейсової – паралельні смуги, часто чергування темних і світлих, ширших ніж пластинки у сланцюватій текстурі.

Тобто, основними текстурами метаморфічних порід є успадковані однорідна, смугаста, плямиста та, власне, метаморфічні – гнейсова і сланцювата. Структури метаморфічних порід – успадковані.

Мінеральний склад гнейсів аналогічний складу вихідних порід, тобто гранітів. Крім того, для гнейсів характерна наявність гранатів.

Сланці розрізняються за наявними мінералами: хлоритовий, мусковітовий, актинолітовий, дістеновий та інші.

Залізисті кварцити (рис. 2.3.5) або джаспіліти (джеспіліти) мають вигляд перешарування чорних (магнетит) та червоно-коричневих (гематит) смуг.

Яшма (рис. 2.3.6 і 7) – кремениста порода, яку деякі дослідники відносять до осадових. Яшма з красивим узором застосовується в ювелірній промисловості. Роговики зовнішньо дуже подібні на яшму, тому макроскопічно не діагностуються.

Мігматити (рис. 2.3.9 і 10) утворюються внаслідок проникнення магми в породи, які утворилися раніше. Зовнішньо мігматити складаються із грубих смуг темних та світлих мінералів.

План опису метаморфічної породи

1. Назва породи
2. Класифікація (вказати, що порода метаморфічна)
3. Мінеральний склад
4. Структура (по можливості) і текстура
5. Вид метаморфізму (по можливості)
6. Вихідна порода (по можливості)
7. Можливе застосування



Рис. 2.3.1. Кварцит



Рис. 2.3.2. Кварцит



Рис. 2.3.3. Мрамур



Рис. 2.3.4. Мрамур



Рис. 2.3.5. Джаспіліт



Рис. 2.3.6. Яшма



Рис. 2.3.7. Технічна яшма



Рис. 2.3.8. Роговик



Рис. 2.3.9. Мігматит



Рис. 2.3.10. Мігматит



Рис. 2.3.11. Сланець



Рис. 2.3.12. Слюдистий сланець



Рис. 2.3.13. Хлоритовий сланець

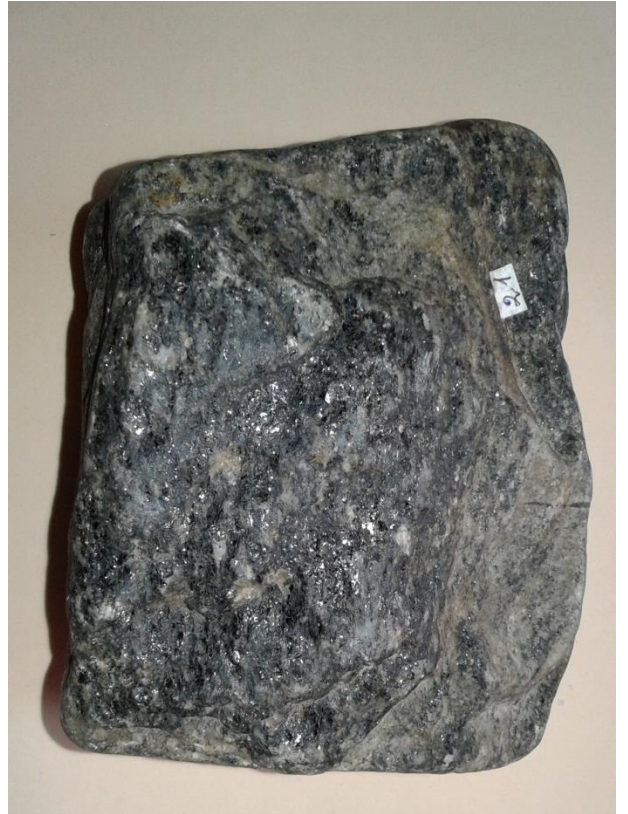


Рис. 2.3.14. Хлоритовий сланець



Рис. 2.3.15. Тальковий сланець



Рис. 2.3.16. Актинолітовий сланець



Рис. 2.3.17. Дістеновий сланець



Рис. 2.3.18. Гнейс



Рис. 2.3.19. Гнейс



Рис. 2.3.20. Амфіболіт



Рис. 2.3.21. Гнейс графітовий



Рис. 2.3.22. Сланець біотитовий

РОЗДІЛ 3. ГЕОХІМІЯ І ГЕОФІЗИКА

ТЕМА 1. Основний закон геохімії

Мета: Навчитися застосовувати основний закон геохімії

Хід роботи

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

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

Завдання 2. Розписати електронну формулу заданого хімічного елемента.

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

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

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

Магнітне квантове число m_l визначає орієнтацію орбіталей в просторі і змінюється від $-l$ до $+l$ (таб. 3.1.1).

Таблиця 3.1.1. Значення орбітального та магнітного квантових чисел

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

Спінове квантове число m_s можна уявити як рух електрона навколо своєї осі.

m_s має значення $+1/2$ або $-1/2$

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

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

Атомні орбіталі заповнюються згідно правил В. М. Клечковського.

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

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

Послідовність заповнення електронних орбіталей
 $1s\ 2s\ 2p\ 3s\ 3p\ 4s\ 3d\ 4p\ 5s\ 4d\ 5p\ 6s\ 4f\ 5d\ 6p\ 7s\ 5f\ 6d$.

ТЕМА 2. Форми знаходження хімічних елементів в природі. Мінеральна форма знаходження

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

Хід роботи

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

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

Таблиця 3.2.1. Мінерали, які містять даний хімічний елемент

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

Таблиця 3.2.1. (продовження)

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

Таблиця 3.2.1. (продовження)

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

ТЕМА 3. Елементи симетрії нескінченних фігур

Мета: Вивчити кристалічні структури.

Обладнання: моделі багатогранників, моделі структур мінералів

Хід роботи

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

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



Рис. 3.3.1. Трансляція

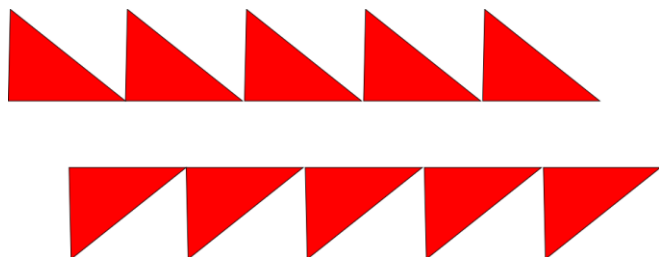


Рис. 3.3.2. Площина ковзного відбиття

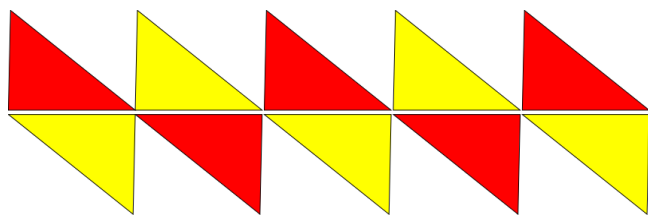


Рис. 3.3.3. Гвинтова вісь симетрії. Світлі трикутники знаходяться далі від глядача ніж темні.

ТЕМА 4. Форми знаходження хімічних елементів в природі.

Ізоморфізм

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

Хід роботи

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

Таблиця 3.4.1. Іонні радіуси (по Н.В. Белову и В.М. Бокий, 1954) [2]

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

Таблиця 3.4.1. (продовження)

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

Таблиця 3.4.1. (продовження)

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

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

Закон Грімма-Гольдшмідта

Ізоморфне заміщення проявляється тоді, коли радіуси відповідних структурних одиниць відрізняються один від одного не більше ніж на 15%
 $(R_1 - R_2) / R_1 < 15\%$

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

ТЕМА 5. Геохімічні особливості земної кори

Мета: Вивчити хімічний склад земної кори.

Хід роботи

Завдання 1. Внести дані по кларках хімічних елементів в Геохімічну таблицю. Розбити елементи по декадах В. І. Вернадського. Розмалювати Геохімічну таблицю згідно декад: елементи з кларком понад 10% - червоним кольором; 1-10% – оранжевим; 0,1-1% – жовтим; 0,01-0,1 – зеленим; 0,001-

0,01% – блакитним; 0,0001-0,001% – синім; 0,00001-0,0001% – фіолетовим. Елементи Tc, At в природних умовах — відсутні, тому вони не замальовуються. З цієї ж причини всі хімічні елементи з номером 104 і більше вносити у таблицю не потрібно. В Таб. 5 наводяться кларки елементів тільки перших 5-ти декад. Інші достатньо замалювати відповідним кольором.

Таблиця 3.5.1. Вміст хімічних елементів в земній корі по декадах [2]

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

Таблиця 3.5.2. Вміст хімічних елементів в геосферах (зведена за різними авторами)

Номер елемент а	Символ елемента	У літосфері	У гідросфері	В атмосфері	У біосфері
1	H	0,95	...	0	10,5
3	Li	0	$1,5 \cdot 10^{-5}$	...	$1 \cdot 10^{-5}$
5	B	0	$4,6 \cdot 10^{-4}$	...	$1 \cdot 10^{-3}$
6	C	0,02	$2,8 \cdot 10^{-3}$	0,02	18
7	N	0	$5 \cdot 10^{-5}$	75,51	0,3
8	O	47	...	23,18	70
9	F	0,07	$1,3 \cdot 10^{-4}$	...	$5 \cdot 10^{-4}$
11	Na	2,5	1,04	...	0,02
12	Mg	1,87	0,13	...	0,04
13	Al	8,05	$1 \cdot 10^{-6}$	...	$5 \cdot 10^{-3}$
14	Si	29	$3 \cdot 10^{-4}$	...	0,2
15	P	0,09	$7 \cdot 10^{-6}$	...	0,07
16	S	0,05	0,09	...	0,05
17	Cl	0,02	1,94	...	0,02
19	K	2,5	0,04	...	0,3
20	Ca	2,96	0,04	...	0,5
21	Sc	0	$4 \cdot 10^{-9}$	...	сліди
22	Ti	0,45	$1 \cdot 10^{-7}$	...	$8 \cdot 10^{-4}$
23	V	0,01	$3 \cdot 10^{-7}$	...	10^{-4}
24	Cr	0,01	$2 \cdot 10^{-9}$	...	10^{-4}
25	Mn	0,1	$2 \cdot 10^{-7}$	...	$1 \cdot 10^{-3}$
26	Fe	4,65	$1 \cdot 10^{-6}$	...	0,01
27	Co	0	$5 \cdot 10^{-8}$	...	$2 \cdot 10^{-5}$
28	Ni	0,01	$2 \cdot 10^{-7}$	...	$5 \cdot 10^{-5}$
29	Cu	0	$3 \cdot 10^{-7}$	...	$2 \cdot 10^{-4}$
30	Zn	0,01	$1 \cdot 10^{-6}$	...	$5 \cdot 10^{-4}$
31	Ga	0	$3 \cdot 10^{-9}$	...	сліди
37	Rb	0,02	$2 \cdot 10^{-5}$	...	$5 \cdot 10^{-4}$
38	Sr	0,03	$8 \cdot 10^{-4}$	...	$2 \cdot 10^{-3}$
39	Y	0	$3 \cdot 10^{-8}$	...	сліди

Таблиця 3.5.2. (продовження)

40	Zr	0,02	$5 \cdot 10^{-9}$	...	сліди
41	Nb	0	$1 \cdot 10^{-9}$	...	...
56	Ba	0,07	$2 \cdot 10^{-6}$	...	$3 \cdot 10^{-3}$
57	La	0	$2,9 \cdot 10^{-10}$	...	сліди
58	Ce	0,01	$1,3 \cdot 10^{-10}$	...	сліди
60	Nd	0	$2,3 \cdot 10^{-11}$	...	сліди
82	Pb	0	$3 \cdot 10^{-9}$	...	...
90	Th	0	$1 \cdot 10^{-9}$	...	сліди

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

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

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

ТЕМА 6. Геохімічні класифікації хімічних елементів

Мета: Вивчити геохімічні класифікації елементів

Хід роботи

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

Таблиця 3.6.1. Класифікація Гольдшмідта [2]

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

Таблиця 3.6.2. Класифікація Вернадського

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

Таблиця 3.6.3. Класифікація Полинова

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

Класифікація Перельмана

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

В основі цієї класифікації лежить розподіл на:

повітряні мігранти

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

водні мігранти

У газоподібному стані не мігрують або мігрують слабо.

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

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

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

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

3. Слабо рухливі. $K_x = n$ (0.1 -1)

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

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

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

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

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

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

ТЕМА 7. Геохімія і геофізика атмосфери

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

Хід роботи

Завдання. Розв'язати задачі

Задача 1. Маса атмосфери оцінюється величиною $5 \cdot 10^{15}$ т ($0,005 \cdot 10^{24}$ г). Визначте кількість кисню в атмосфері в кг припускаючи, що атмосфера складається тільки з таких «Квазіпостійних» компонентів, як азот, кисень і аргон, а їх об'ємна концентрація відповідає значенням, характерним для приземного шару атмосфери (азот - 78,1%, кисень - 20.95% , аргон - 0.93%).

Задача 2. Визначте середній час перебування парів води в атмосфері, якщо за оцінками фахівців в атмосфері перебуває $12\,900$ км³ води, а на поверхню суші і океану випадає у вигляді атмосферних опадів в середньому $577 \cdot 10^{12}$ м³ води на рік.

Задача 3. Визначте середньоквадратичну швидкість руху молекул азоту в приземному шарі повітря [2].

ТЕМА 8. Геохімія біосфери

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

Хід роботи

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

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

Таблиця 3.8.1. Вміст ряду хімічних елементів в наземній діброві, кг/га (за даними М. Rapp, 1969) [2]

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

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Білоніжка П. М. Геохімія біосфери. Львів : ЛНУ імені Івана Франка. 2018. 182 с.
2. Вовк О. П. Лабораторні роботи з геохімії та геофізики. Методичні вказівки студентам географічного факультету. ПП Іванюк В. П., 2017. 19 с.
3. Вовк О. П. Особливості викладання геохімічних дисциплін на географічних факультетах. Природа Західного Полісся і прилеглих територій, № 14, Т. 1. Географія. Луцьк, ПП Іванюк В. П., 2017. С. 162–165.
4. Вовк О. П., Наумко І.М., Павлишин В.І. Генетичне значення зміни співвідношення між гранними формами кристалів топазу з камерних пегматитів Коростенського плутону (Український щит). *Мінерал. журн.* 2022. Том 44. Вип. 3. С. 40-47. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.44.03.040>
5. Гамкало З. Г. Хімія геосфер : лабораторний практикум для студентів природничих факультетів. Львів : ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2001. 195 с.
6. Гожик А. П., Байсарович І.М., Зінченко О.В., Шнюков С.Є. Геохімія зони гіпергенезу. К.: електронне видання, 2018. 110 с. http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/Geochemistry_of_hypergenesis.pdf
7. Гуцуляк В. І. Ландшафтно-геохімічна екологія: [навч. посібник]. Чернівці, 1995. 317 с.
8. Дорохов В. І. та ін. Біогеохімія: [навч. посібник]. Житомир: Полісся, 2004. 151 с.
9. Захаров І.І., Захарова О.І. Фізика геосфер. Северодонецк: Изд-во СТИ, 2007. 68 с.
10. Ковальчук І. О. Лабораторний практикум із загальної геології Львів: Ред. видав. відділ Львів. держ. ун-ту. 1997. 144 с.
11. Лазаренко Є.К. Курс мінералогії . К.: Вища школа, 1970. 600 с.
12. Малишева Л.Л. Геохімія ландшафтів. К.: Либідь, 2000. 466 с.
13. Марчук Г. П., Білша Т. А. Геохімія довкілля : [навч. посібник]. Херсон : Олді-плюс. 2013. 242 с.
14. Матковський Орест, Наумко Ігор, Павлунь Микола, Сливко Євгенія. Термобарогеохімія в Україні. Львів: Простір-М, 2021. 282 с.
15. Матковський О. І., Павлишин В. І., Сливко Є. М. Основи мінералогії України (підручник). Львів , ЛНУ ім. Івана Франка. 2009. 856 с.
16. Назарук Г. І. Геохімія: [навч. посібник] Рівне : НУВГП. 2011. 156 с.

- 17.Павлишин Володимир, Матковський Орест, Довгий Станіслав. Історія мінералогії в Україні. Від глибокої давнини до 90-х років ХХ ст. К. 2019. 424 с.
- 18.Павлишин Володимир, Матковський Орест, Довгий Станіслав. Історія мінералогії в Україні від 90-х років ХХ ст. донині. К. 2022. 612 с.
- 19.Павлов Г.Г. Петрографія. Підручник К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2014. 527 с.
- 20.Павлов Г.Г., Гожик А.П. Основи літології. Посібник для студентів, що навчаються за напрямом «Геологія». <http://www.geol.univ.kiev.ua/ua/lib/2009>.
- 21.Паранько І.С., Сіворонов А. О., Євтехов В. Д. Загальна геологія. Навчальний посібник. Кривий Ріг : Мінерал. 2003. 464 с.
- 22.Паранько І., Сіворонов А., Мамедов О. Геологія з основами геоморфології: [навч. посібник]. Кривий Ріг: Мінерал. 2008. 365 с.
- 23.Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. Учебник. М., 1999. 610 с.
- 24.Рудишин С. Д. Основи біогеохімії. К. : ВЦ «Академія». 2013. 248 с.
- 25.Свинко Й. М., Сивий М. Я. Геологія. К.: Либідь, 2003. 480 с.
26. Сивий М.Я., Свинко Й.М. Геологія. Практикум. Навч. посібник. К.: Либідь, 2006. 248 с.
- 27.Сивий М. Я. Геологія : Підручник. Тернопіль, ФОП Осадца Ю.В., 2019. 337 с.
- 28.Сливко Є. М. Загальна геохімія : [текст лекцій для студентів-екологів]. Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2006. 162 с.
- 29.Тверезовська Н. Т., Євпак І. В., Павлюк Г. В. та ін. Геохімія довкілля : [навч. посібник]. Ніжин ; Боярка : Видавець Лисенко М. М., 2015. 403 с.
- 30.Фодчук І М., Ткач О.О. Основи кристалографії. Навч. посібник. Чернівці: в-во ЧНУ, 2007, 108 с.
- 31.Фурман В.В., Віхоть Ю.М., Павлюк О.М. ОСНОВИ ГЕОФІЗИКИ (фізика Землі): [навч. посібник] Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2016. 104 с.
32. Хмеленський В.О., Хмеленська О. В. Літологія: Літогенез. Осадові породи: навч. посібник. Львів: ПНУ імені Івана Франка, 2015. 536 с.
- 33.Шнюков С.Є., Гожик А.П. Основи геохімії. Київ, 2011. 245 с. <http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/geochemistry.pdf>
- 34.Analysis and Case Histories. Edited by B. DE Vivo, H.E. Belkin, A.M. Lima. Elsevier, 2008. 429 p.
- 35.Heavy Metals in the Environment. Edited by B. Sarkar. New York: Marcel Dekker, 2002. 725 p.

36. Langemur D. Aqueous Environmental Geochemistry. New Jersey: Prentice Hall, 1997. 602 p.
37. Manahan S.E. Fundamentals of Environmental Chemistry. Boca Raton: CRC Press LLC, 2001. 993 p.
38. Newton D.E. Chemistry of the environment. Facts on file, 2007. 228 p.
39. Nordberg G. F., Fowler B. A., Nordberg A., Friberg L. Handbook on the Toxicology of Metals : Third Edition. AP, 2005. 969 p.
40. Nordberg G. F., Fowler B. A., Nordberg A., Friberg L. Handbook on the Toxicology of Metals : Third Edition. AP, 2005. 969 p.
41. Sparks D.L. Environmental Soil Chemistry. Academic Press, 2003. 352 p.
42. Vallero D.A. Environmental Contaminants. Assessment and control. Elsevier, 2004. 801 p.
43. Vovk O., Naumko I., Zankovych H., Kuzemko Ya. Comparison of morphology of quartz crystals – “Marmarosh diamonds” – from Paleogene Flysch sequences of Krosno (Silesian) Zone, Dukla Zone in Ukrainian Carpathians, and Intra-Carpathian sequences of Western Carpathians. *Mineralia Slovaca* 2022. 54, 2 (2022), 163 – 174. <https://doi.org/10.56623/ms.2022.54.2.3> 54, 2 (2022), 163 – 174