

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ГЕОТЕХНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з дисципліни "Петрографія"
для студентів освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 103 Науки про Землю
денної форми навчання

УДК 552.2(072)

М 54

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Петрографія» для студентів освітнього ступеню «бакалавр» спеціальності 103 Науки про Землю денної форми навчання [Електронний ресурс] / уклад. В.І. Альохін, Н.О. Черненко. – Луцьк: ДонНТУ, 2023. – 23 с.

У методичних вказівках представлені рекомендації щодо організації, послідовності виконання та оформлення практичних робіт з курсу «Петрографія», наведені варіанти завдань, теоретичні та довідкові матеріали для їх виконання, враховані сучасні досягнення, теоретичні та практичні напрацювання геологічної науки з напрямку петрографії магматичних та метаморфічних порід.

Укладачі:

Альохін В.І., в.о. зав. кафедри ГТІ ДонНТУ, д. г. н., доц.;

Черненко Н.О., асистент кафедри ГТІ ДонНТУ

Рецензент Мерзлікін А.В., декан гірничого факультету, к.т.н., доц.

Відповідальний за випуск Альохін В.І., в.о. зав. кафедри ГТІ ДонНТУ, д. г. н., доц.

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ,
протокол № 10 від 29.08. 2023 р.

Розглянуто на засіданні кафедри геотехнічної інженерії,
протокол № 7 від 28 серпня 2023 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Практична робота. Загальні відомості про магми та магматичні породи.....	5
Практична робота. Структури і текстури магматичних порід	6
Практична робота. Кислі магматичні породи, їх характеристика	9
Практична робота. Основні магматичні породи	11
Практична робота. Речовий склад метаморфічних порід	14
Практична робота. Номенклатура і систематика метаморфічних порід	16
Практична робота. Поняття про метаморфічні фації, породи фації тиску	18
Практична робота. Породи дислокаційного метаморфізму	20
Список рекомендованої література.....	22
Додаток А.	23

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Петрографія» відноситься до нормативних, в якій розглядаються основні положення петрографії магматичних і метаморфічних порід земної кори, їх мінерального і хімічного складу, структурно-текстурних особливостей і термодинамічних умов формування. За змістом і обсягом методичні вказівки відповідають вимогам робочої програми дисципліни.

Метою методичних вказівок є закріплення студентами теоретичних знань з курсу та набуття ними практичних навичок з визначення форм залягання, речового складу, структурно-текстурних особливостей, груп, сімейств, рядів і фацій порід, умов їх формування.

В методичних вказівках представлені 8 практичних робіт, до яких додаються кілька варіантів завдань з кожної теми практичної роботи. Надані рекомендації щодо організації, послідовності виконання та оформлення кожної практичної роботи, наведена рекомендована література. Для виконання практичних завдань у додатку до методичних вказівок представлені довідкові матеріали.

При складанні методичних вказівок до практичних робіт з курсу «Петрографія» враховані новітні уявлення про умови формування магматичних та метаморфічних порід та сучасні діючі класифікації цих порід.

Практична робота.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МАГМИ ТА МАГМАТИЧНІ ПОРОДИ.

Теоретичний матеріал до виконання практичної роботи

Магматичні процеси поділяють на ефузивні (вулканічні) та інтрузивні. Перша група процесів пов'язана з виливом магматичного розплаву (лави) і викидами попелу, газів та розплавлених уламків на земну поверхню з вулканів та застиганням розплаву в надрах поблизу денної поверхні.

Друга (інтрузивна) група процесів пов'язана з застиганням магматичного розплаву в глибинних горизонтах надр.

Всі ці процеси формують магматичні тіла, які складають магматичні породи. Форми таких тіл різні. Співвідношення їх з породами, які вміщують ці тіла, можуть бути або згідними з нашаруванням (конкордантні), або незгідними, коли вони січуть і проривають нашарування (дискордантні). Серед інтрузивних тіл окрім того виділяють складні інтрузивні тіла, які мають різні назви, наприклад, *розшиаровані інтрузії* та інші.

Назви форм магматичних тіл залежать від магматичного процесу, геометричних особливостей, наявності каналу вкорінення магми, співвідношень з нашаруванням та заляганням навколишніх порід, які вміщують магматичні тіла. Наприклад, *шток* – це інтрузивне дискорданте магматичне тіло, яке в плані має форму, яка близька до ізометричної; *Покрив* – це сплюснене ефузивне конкордантне тіло малої потужності й широкого площинного поширення, яке виникли внаслідок тріщинних, рідше центральних вивержень рідкої лави на денну поверхню.

Мета практичної роботи: засвоїти форми залягання магматичних порід

Зміст завдання:

1. Вивчити та засвоїти форми залягання магматичних порід
2. Згідно варіанту завдання (табл. 1.1) визначити групу форм магматичних порід, описати наведені у варіанті форми, зробити замальовки цих форм.

Вихідні матеріали:

варіанти завдань (табл. 1.1), рекомендована література [1], конспект лекції.

Таблиця 1.1 - Варіанти завдань

№ варіанту	Форми магматичних тіл
1	кільцева дайка, лополіт, шток, некк, конічна інтрузія

2	діатрема, бісмаліт, факоліт, батоліт, покрив
3	гарполіт, хоноліт, апофізи, покрив туфів, центральна інтрузія
4	сили, етмоліти, екструзія, розшарована інтрузія, некк
5	лаколіти, потік, багатофазна інтрузія, тефра, дайка
6	діатрема, хоноліт, шток, центральна інтрузія, потік

Методика і послідовність виконання роботи

1. Вивчити матеріал лекції та рекомендовану літературу за темою практичної роботи.
2. Визначити групу для кожної форми магматичних тіл – інтрузивні тіла, ефузивні тіла, конкордантні тіла, дискордантні тіла, складні форми інтрузивних тіл. Зробити замальовки кожної заданої форми.

Виконати опис кожної форми в такій послідовності: група форм та тип магматичного процесу; співвідносини з породами, які вміщують дане магматичне тіло; характерні морфологічні ознаки.

Контрольні питання

1. Що розуміють під складними формами магматичних інтрузій ?
2. Чим характеризуються дискордантні магматичні тіла ?
3. Чим характеризуються конкордантні магматичні тіла?
4. Чим некк відрізняється від лополітау?
5. Яку форму має і як залягає сил?
6. Надайте характеристику діатремі?

Практична робота.

СТРУКТУРИ І ТЕКСТУРИ МАГМАТИЧНИХ ПОРІД

Теоретичний матеріал до виконання практичної роботи

Структура - особливості будови гірської породи, які зумовлені абсолютними й відносними розмірами, формою й співвідношенням мінералів і морфотвірних компонентів між собою, а також з вулканічним склом (в ефузивних породах, якщо воно є)

За ступенем кристалічності розрізняють три головні групи структур:

- **склуваті**, що цілком складені вулканічним склом або містять невелику (як правило, не більше 10 %) кількість мікролітів і кристалітів, які виникають із переохолодженого розплаву;
- **неповнокристалічні** та **неповносклуваті**, що поряд із кристалами мінералів містять також вулканічне скло, наприклад *гіпокристалічна* структура з переважанням кристалічної фази над склом;

- **повнокристалічні**, в яких вулканічного скла немає, За абсолютним розміром зерен їх поділяють на **мікро-** або **тонкокристалічні**, (приблизний розмір зерен 0,01 – 0,2 мм); **яснокристалічні** (> 0,2 мм). Яснокристалічні структури поділяють ще за розміром зерна на (**дрібнокристалічні** – 0,2–1 мм, **середньокристалічні** – 1–5 мм, **крупнокристалічні** – 5–15 мм, **гігантнокристалічні** – > 15 мм), в яких окремі зерна розпізнаються неозброєним оком.

За відносним розміром мінеральних зерен також виокремлюють **рівномірно-** і **нерівномірнотекстури**

За переважним ступенем ідіоморфізму зерен в породі ще розрізняють **панідіоморфнотекстури, алотріоморфнотекстури та гіпідіоморфнотекстури структури.**

Текстура - параметри будови породи, які характеризують взаємне розташування її складових (мінералів, мінеральних агрегатів або інших компонентів) і спосіб заповнення ними простору.

За характером розподілу мінералів у породах текстури поділяють на **однорідні** й **такситові**.

За **однорідної** текстури всі породотвірні мінерали розподілені рівномірно, і будь-які ділянки породи однакові за складом і структурою. Це текстури - **масивні, пористі, або пухирчасті**.

Такситова текстура характеризується зміною складу та/або структур в об'ємі породи. Це такі текстури - **шлірово-такситові, кульова, або сферична**.

Виділяють також групу **орієнтованих, або директивних текстур** - **лінійна (трахітоїдна), смугаста, флюїдальна**.

Мета практичної роботи: вивчити і засвоїти структури і текстури магматичних порід, навчитися визначати за ними умови формування магматичних порід.

Зміст завдання. За надами варіантами зразків магматичних порід (табл. 2.1) визначити:

- 1) структури магматичних порід;
- 2) текстури магматичних порід;
- 3) умови формування магматичних порід.

Вихідні матеріали:

варіанти завдань (табл. 2.1), рекомендована література [1-3], конспект лекції, зразки магматичних порід.

Таблиця 2.1 - Варіанти завдань

№ варіанту	Магматична порода	Група порід
1	дуніт	ультраосновна
	діорит	середня

	кварцевий порфір	кисла
2	пегматит	кисла
	сієніт	середня
	ортофір	середня
3	андезит	середня
	базальт	основна
	граніт	кисла
4	габро	основна
	трахіт	середня
	серпентинизований дуніт з хромітом	ультраосновна
5	діабаз	основна
	дацит	ультраосновна
	трахіт	середня
6	граніт	кисла
	габро	основна
	піроксеніт	ультраосновна

Методика і послідовність виконання роботи

1). Для кожного зразка визначити розмірів зерен мінералів. Визначити також такі особливості - рівномірно зерниста чи нерівномірнoзерниста порода, є скло або основна маса мікрoзерниста, є вторинні зміни і чим представлені (наприклад серпентинизована, або хлоритизована і т.д.). Порівняти зразок з типами структур в літературних джерелах. Дати назву структурі.

2). Для кожного зразка зробити аналіз мінеральних агрегатів породи, їх розташування та просторові співвідношення. Порівняти зразок з типовими текстурами в літературних джерелах Назвати текстуру.

3). За визначеними структурами та текстурами і з використанням матеріалів лекцій і літературних джерел визначити умови формування породи: інтрузивна чи ефузивна порода; кристалізувалася на поверхні, або на глибині; яка швидкість кристалізації; яка порода за глибиною та умовами залягання – плутонічна, вулканічна, субвулканічна, жильна; чи є в породі ознаки вторинних змін, чи таких нема.

Контрольні питання

1. Яка структура є характерною для ефузивної магматичної породи ?
2. Наведіть приклад структури інтрузивної магматичної породи.
3. Яка текстура характерна для базальтів, які були вивержені під водою в океанах?
4. Яка текстура є характерною для базальтів, як вивержені на денній поверхні Землі ?
5. Що таке панідіоморфнозерниста структура?
6. Що таке флюїдальна текстура?

Практична робота.

КИСЛІ МАГМАТИЧНІ ПОРОДИ, ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА.

Теоретичний матеріал до виконання практичної роботи

Кислі породи поділяються на 3 ряди: ряд нормальної лужності, ряд сублужних порід, ряд лужних порід. За умовами залягання всі породи також поділяються на: плутонічні, жильні та вулканічні породи.

До *плутонічних кислих порід нормальної лужності* відносять родини гранодіоритів (64–68 % SiO_2), гранітів (68–73% SiO_2) та лейкогранітів ($> 73\%$ SiO_2). Породи перелічених родин дещо різняться за вмістом кварцу (15–25% – гранодіорити, 25–40 % – граніти, 25–45 % – лейкограніти) та мафічних мінералів.

Жильні кислі породи нормальної лужності гранітних масивів представлені такими різновидами: гранітні пегматити, мікрограніти, гранодіорити, граніт-порфіри, апліти. Ці породи близькі до відповідних глибинних порід за мінеральним і хімічним складом, але відрізняються від них головним чином структурою – порфіровою або афіровою.

Вулканічні кислі породи нормальної лужності. Як і в глибинних аналогах вміст лугів у кислих вулканічних породах нормального ряду не перевищує 8%. До цієї групи належать родини дацитів (64 – 68% SiO_2), ріодацитів (68–73% SiO_2), ріолітів (72–78% SiO_2). Породи із вмістом SiO_2 у 62– 64 % відносять до порід проміжного складу – андезитодацитів.

Кислі породи сублужного ряду. До плутонічних порід цього ряду належать граніти і гранітоїди, які об'єднуються в три родини – граносієнітів (64–69% SiO_2), сублужних гранітів (69–73% SiO_2) і сублужних лейкогранітів ($\text{SiO}_2 > 73\%$). Ці породи відрізняються від відповідних родин нормального ряду підвищеним вмістом лугів $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ - більшим за 8 %, а також підвищеним вмістом калішпату (більшим за плагіоклаз), та кислим складом плагіоклазу.

Жильні породи гранітоїдів сублужного ряду представлені дрібно- і тонкозернистими різновидами глибинних порід, або гігантозернистими пегматитами.

Вулканічні породи сублужного ряду за мінеральним складом близькі до порід нормального ряду, відрізняючись від них головним чином підвищеною лужністю. Виділяються три родини вулканітів – трахідацитів, трахіріодацитів і трахіріолітів. Більшість сублужних вулканічних порід характеризується порфіровою будовою, тому найчастіше називаються трахіріоліт-порфірами та трахідацит-порфірами.

До *кислих плутонічних порід лужного ряду* відносять родини лужних граносієнітів (64–70% SiO_2), лужних гранітів (68–73% SiO_2) і лужних лейкогранітів ($\text{SiO}_2 > 73\%$), головною відміною яких від відповідних порід сублужного та нормального ряду є поряд з підвищеним вмістом лугів присутність в їхньому складі лужних темнокольорових мінералів.

Вулканічні кислі породи лужного ряду - дуже рідкісні. Вони мають у своєму складі лужні темнокольорові мінерали. Залежно від вмісту кремнекислоти серед них прийнято виділяти родини лужних трахідацитів (64–68% SiO₂), пантелеритів (68–73% SiO₂) і комендитів (73–75 % SiO₂).

Мета практичної роботи: вивчити і засвоїти мінеральний склад, структури і текстури кислих магматичних порід, умови їх формування.

Зміст завдання. Видані 2 зразка кислих магматичних порід, згідно з варіантом завдання (табл. 3.1) визначити:

- 1) мінеральний склад кожної кислої магматичної породи, її структуру та текстуру;
- 2) групу породи за умовами залягання, її ряд та родину;
- 3) умови утворення породи, описати ці умови.

Вихідні матеріали:

варіанти завдань (табл. 3.1), рекомендована література [1-3], конспект лекції, зразки кислих магматичних порід.

Таблиця 3.1 - Варіанти завдань

№ варіанту	Магматична порода
1	апліт
	пантелерит
2	пегматит
	граносієніт
3	кварцевий порфір
	андезитодацит
4	трахідацит
	гранодіорит
5	трахіріоліт
	лейкограніт
6	мікрограніт
	дацит

Методика і послідовність виконання роботи

1). В кожній породі визначити головні породоутворючі мінерали за їх фізичними властивостям та морфологічними та кристлографічними формами. Оцінити кількість мінералів у відсотках, особливо кварцу, встановити співвідношення мінералів кварцу, плагіоклазу та калішпату в породі. За рекомендованою літературою та матеріалами лекцій встановити структуру та текстуру породи.

2). За визначеним мінеральним складом породи та характерними структурами та текстурами встановити групу породи (плутонічна, жильна, вулканічна), її ряд та родину.

3). За результатами виконання першого і другого пунктів завдання зробити висновки та описати умови формування кожної породи.

Контрольні питання

1. До якого ряду віднести граніт ?
2. До якого ряду віднести граносієніт ?
3. Чим відрізняється дацит та ріоліт?
4. Які структури характерні для вулканічних кислих порід ?
5. В яких умовах формується андезитодацит?
6. Чим відрізняється граніт від пегматита?

Практична робота.

ОСНОВНІ МАГМАТИЧНІ ПОРОДИ.

Теоретичний матеріал до виконання практичної роботи

Плутонічні магматичні породи основного складу. Породи сімейства габроїдів - це рівномірнотернисті породи, що складаються з основного плагіоклазу і кольорових мінералів (моноклінний та ромбічний піроксен або рогова обманка). Іноді плагіоклаз асоціює з олівіном або магнетитом.

До сімейства відносять різновиди габро (нормальне, роговообманкове та інш.), норити, анортозити. Анортозити відрізняються від габро значно меншим вмістом темнокольорових мінералів, в них може бути кварц та калієвий польовий шпат. Нормальне габро складається, головним чином, з плагіоклазу близького до лабродору та моноклінного піроксену, часто діалагу. Якщо замість моноклінного піроксену головною складовою є ромбічний (гіперстен, бронзит), то порода носить назву нориту. Між габро та норитом спостерігаються безперервні переходи, які позначають терміном габро-норит. Якщо кольорові мінерали майже зовсім витісняються титаномангнетитом – порода має назву рудне габро.

У роговообманковому габро кольоровим мінералом є зазвичай бура, або зеленувато-бура рогова обманка. Кварцеве габро, біотитове габро, ортоклазове габро мають відповідну домішку мінералів, які присутні у назві.

Жильні, гіпобісальні та субвулканічні породи основного складу. У породах габробазальтової групи, що залягають у формі жил (дайок, інтрузивних покладів та інших малих інтрузій), виділяють діабазити, чи долерити (долерити – синонім свіжих діабазитів), мікрозернисті габро, габро-порфірити, лампрофірові породи, ісити.

Гіпабісальні діабазы петрографічно не відрізняються від повнокристалічних ефузивних порід основної магми, однак ці діабазы залягають у формі жил. Іноді в таких формах ми зустрічаємо і діабаз-порфірити. Породи основного складу у вигляді тонких жил, які супроводжують плутонічні породи, це - дрібнозернисті габро (мікрогабро та габро-порфірити).

Діабазы - повнокристалічні, зазвичай середньо- або дрібнозернисті породи, що складаються з плагіоклазу та авгіту і володіють офітовою структурою. Назва діабаз застосовується переважно до змінених порід. Цілком свіжі кайнотипні породи того ж складу називають долеритами. Плагіоклаз у діабазях та долеритах найчастіше лабрадор, іноді андезин, або більш основний. У багатьох діабазях поширеним є енстатит-авгіт. У деяких діабазях разом із авгітом присутній ромбічний піроксен (бронзит). Зустрічаються також кварцові діабазы (конга-діабазы), Часто разом з кварцом присутній калінатровий польовий шпат.

Діабазы характеризуються вторинними змінами. Плагіоклаз піддається розкладанню з утворенням альбіту, карбонатів та мінералів групи епідот-цоїзиту, іноді також преніту, каоліну. Авгіт перетворюється на хлорит, ураліт, карбонати, із оксиди заліза. Структура зернистих діабазів офітова. Рідше, крім офітової, зустрічається пойкілофітова і долеритова структура. У діабазях також може бути мікроофітова та мікродолеритова структура, іноді спілітова.

Дрібнозернисте і мікрозернисте габро - сірі, темно-сірі і чорні тонкозернисті або щільні, зазвичай афірові породи, що істотно складаються з основного плагіоклазу та діалогу. Жильні габро-порфірити мають порфірову структуру.

Лампрофірові породи - гаревати містять фенокристали діопсиду в основній масі, яка складається з олівіну, піроксену, лабрадору і магнетиту.

Ісіти представляють собою меланократову різновид жильних роговообманково-плагіоклазових порід.

Ефузивні породи основного складу – базальти, долерити, мелафіри, ефузивні діабазы. Ці породи є ефузійними аналогами габро.

Серед базальтів розрізняють – олівінові та безолівінові, піжонітові, роговообманкові, гіперстенові, залізні. Долерити та базальти розрізняються лише за структурою під мікроскопом. Проміжні зернистості різновиди мають назву анамезитів. Змінені долерити називають діабазями.

Крім базальтів нормального ряду широко поширені у природі лужні базальтоїдні породи. Змінені безолівінові різновиди називають порфіритами, а якщо в їх складі був олівін, зазвичай розкладений, то - мелафірами. В поняття трапп включають групу порід - базальти, долерити, мелафіри, порфірити та діабазы. Ефузивні діабазы представляють стадію розкладання долеритів

Форми залягання ефузивних порід основного складу потоки і покриви, жили і куполи. Діабазы, крім цих форм, можуть складати інтрузивні поклади.

Мета практичної роботи: вивчити і засвоїти мінеральний склад, характерні структури та зміни основних магматичних порід, умови їх формування.

.Зміст завдання. Згідно з варіантом завдання (табл. 4.1), визначити:

1) мінеральний склад кожної основної магматичної породи, її характерні структури та зміни мінерального стану;

2) встановити групу породи за умовами залягання, її сімейство;

3) описати умови утворення породи та форми тіл.

Вихідні матеріали:

варіанти завдань (табл. 4.1), рекомендована література [1- 3], конспект лекції, зразки основних магматичних порід.

Таблиця 4.1 - Варіанти завдань

<i>№ варіанту</i>	<i>Магматична порода</i>
1	Нормальне габро
	Порфірит
2	Норит
	Діабаз
3	Анортозит
	Базальт
4	Роговообманкове габро
	Ісит
5	Кварцеве габро
	Мелафір
6	Габропорфірит
	Анамезит

Методика і послідовність виконання роботи

1). В кожній породі визначити головні породоутворючі мінерали за їх фізичними властивостям та морфологічними та кристлографічними формами. Оцінити кількість мінералів у відсотках, встановити характерні зміни мінералів. За рекомендованою літературою та матеріалами лекцій встановити структуру породи.

2). За визначеним мінеральним складом породи та характерними структурами встановити групу породи (плутонічна, жильна, субвулканічна чи ефузивна), її сімейство та різновидом якої основної породи вона є.

3). За результатами виконання першого і другого пунктів завдання зробити висновки та описати умови формування та залягання кожної породи.

Контрольні питання

1. В чому різниця між нормальним габро та норитом?
2. Яку породу відносять до лампрофірової?
3. В яких умовах формується діабаз?
4. Якку форму залягання має мікрогабро?
5. Які основні мінерали складають породу мелафір?
6. Яку структуру має порода діабаз?

Практична робота.

РЕЧОВИЙ СКЛАД МЕТАМОРФІЧНИХ ПОРІД

Теоретичний матеріал до виконання практичної роботи

Метаморфізм – це істотне перетворення мінерального (речовинного) складу й структури гірських порід первинноосадового, магматичного або метаморфічного походження, яке відбувається без розплавлення у твердому стані внаслідок ендегенних процесів. Метаморфічні перетворення гірських порід здійснюються під впливом зміни температури, тиску та концентрації хімічно активних речовин, перш за все флюїдів.

Хімічний склад метаморфічних порід більш різноманітніший за склад первинних магматичних, осадових та метаморфічних порід за рахунок впливу на первинний склад характеру процесів метаморфізму.

Мінеральний склад метаморфічних порід визначається не тільки складом первинних порід і термодинамічними умовами їхньої перекристалізації, але й складом розчинів і летких компонентів, що беруть участь у процесі метаморфізму.

Мінерали метаморфічних порід можна поділити на декілька груп. В першу групу входять мінерали які є як у магматичних, так і метаморфічних породах: олівіни, піроксени, амфіболи, польові шпати та кварц.

Другу групу складають мінерали осадових і метаморфічних порід – карбонати.

Третю групу складають мінерали власне метаморфогенного походження. Серед них утворюються при контактному та регіональному метаморфізмі глини і глинистих порід такі - ставроліт, кордієрит, дистен, силіманіт, андалузит, діаспор, хлорити та хлоритоїди, турмалін. При метаморфізмі порід первинно-осадового і магматичного ультраосновного та основного генезису утворюються мінерали - тальк, серпентин, брусит, флогопіт, антофіліт, кумінгтоніт, жедрит, омфацит, гранат, епідот, воластоніт, везувіан та ін.

Мета практичної роботи: вивчити і засвоїти характерні мінерали метаморфічних порід різних умов формування – регіонального, контактового, дислокаційного, метасоматичного, ударного метаморфізму.

Зміст завдання. Згідно з варіантом завдання (табл. 5.1), визначити:

- 1) основні мінерали, які складають метаморфічну поруду даного генезису;
- 2) умови утворення поруди, описати ці умови.

Вихідні матеріали:

варіанти завдань (табл. 5.1), рекомендована література [1 - 3], конспект лекції, зразки метаморфічних порід.

Таблиця 5.1 - Варіанти завдань

№ варіанту	Порода	Вид метаморфізму
1	Амфіболіти	Регіональний,
2	Роговики	Контактний
3	Еклогіти	Регіональний
4	Березити	Метасоматичний
5	Мілоніти	Дислокаційний
6	Зювіт	Ударний

Методика і послідовність виконання роботи

- 1). За рекомендованою літературою та матеріалами лекцій в кожній поруді визначити 3-5 головних мінералів, які є характерними індикаторами умов формування метаморфічної поруди.
- 2). Визначити умови утворення поруди – за рахунок якої первинної поруди, при якому тиску, якій температурі та дії яких флюідів, в яких умовах залягання, які парагенезиси мінералів формуються.

Контрольні питання

1. Що таке березит?
2. В яких умовах формується еклогіт?
3. Який мінерал формується в умовах високого тиску?
4. Що таке метасоматичний процес?
5. Яка метаморфічна поруда формується за рахунок перекристалізації осадової поруди?
6. Що таке гнейс?

Практична робота.

НОМЕНКЛАТУРА І СИСТЕМАТИКА МЕТАМОРФІЧНИХ ПОРІД.

Теоретичний матеріал до виконання практичної роботи

Систематика метаморфічних порід досить складна і обумовлена гетерогенністю їхнього походження, впливом первинного складу порід і різними термодинамічними і фізико-хімічними факторами їх утворення.

Серед метаморфічних порід слід розрізняти власне метаморфічні й метаморфізовані породи. Перші - це ті, в яких у процесі перекристалізації повністю знищені ознаки первинного мінерального складу та будови вихідних порід.

Другі – це частково перетворені в процесі метаморфізму гірські породи, які здебільше зберегли ознаки своєї первинної природи. Тому класифікація метаморфізованих порід проводиться відповідно до класифікації тих вихідних порід, за рахунок яких вони виникли. Їхня номенклатура будується на базі термінів вихідних порід з додаванням слів мета або апо до видової назви (метабазалт, метагабро, або апограніт і т.д.).

Для інтенсивно метаморфізованих порід, в яких ще визначається первинна магматична чи осадова природа, використовуються відповідно терміни з орто-, або пара -. Наприклад ортогнейс або параамфіболіт.

Усі власне метаморфічні й метаморфізовані породи поділяють на такі, що виникли внаслідок *ізохімічного* (тобто без істотної зміни хімічного складу) або *алохімічного* (тобто зі зміною хімічного складу) метаморфізму.

Перші поділяються на *кварц-польовошпатові метаморфічні породи*, що об'єднують кременисті та кислі алюмосилікатні породи; *пелітові метаморфічні породи* - об'єднують світлі породи з підвищеним вмістом глинозему, які виникли при метаморфізмі піщанистих і глинистих порід або близьких за складом середніх і кислих вулканітів та інші.

Серед першої ізохімічної групи виділяють також породи регіонального метаморфізму, які розділяють за тиском і температурою, наприклад, для низького тиску та низьких температур – зелені сланці. Також в цій групі виділяють контактово-термальні та дислокаційні метаморфічні породи.

В другій алохімічній групі виокремлюються ультраметаморфічні, метасоматичні та імпрегнаційні породи.

Мета практичної роботи: вивчити і засвоїти номенклатуру та класифікацію метаморфічних порід для правильного віднесення вивчаємої породи до відповідної групи.

Зміст завдання. За надами варіантами з 2 зразків метаморфічної породи (табл. 6.1) визначити групи та підгрупи метаморфічних порід, до яких належить кожний з зразків метаморфічної породи:

Вихідні матеріали:

варіанти завдань (табл. 6.1), рекомендована література [1, 3], конспект лекції, зразки метаморфічних порід.

Таблиця 6.1 - Варіанти завдань

№ варіанту	Метаморфічна порода
1	Зелений сланець
	Мігматит
2	Гнейс
	Грейзен
3	Метабазит
	Альбітит
4	Контактний мармур
	Пропіліт
5	Псевдотахіліт
	Скарн
6	Грануліт
	Вторинний кварцит

Методика і послідовність виконання роботи

Перед виконанням завдання треба уважно вивчити матеріал з відповідної теми лекцій та рекомендовану літературу. Відповіді на кожний зразок породи необхідно надати з таких питань:

- метаморфічна чи метаморфізована порода;
- пара чи орта група;
- ізохімічна чи алохімічна група;
- до якої підгрупи в ізохімічній групі належить;
- до якої підгрупи в алохімічній групі належить;

Контрольні питання

1. Чим характеризується ізохімічна група метаморфічних порід?
2. Чим відрізняються пара і орта метаморфічні породи?
3. Чим відрізняються метаморфічні і метаморфізовані породи?
4. При якому тиску формується зелений сланець?
5. До якої підгрупи за тиском віднести грануліт?
6. Наведіть приклад пелітової метаморфічної породи?

Практична робота.

ПОНЯТТЯ ПРО МЕТАМОРФІЧНІ ФАЦІЇ, ПОРОДИ ФАЦІЇ ТИСКУ.

Теоретичний матеріал до виконання практичної роботи

Під мінеральними метаморфічними фаціями слід розуміти області термодинамічної стійкості мінералів та їхніх парагенезисів, визначені відносно основних факторів метаморфізму – загального тиску, температури та парціального тиску флюїдів, що беруть участь у метаморфічних реакціях.

На сьогодні за чинною міжнародною класифікацією в залежності від величин тиску та температури виділяють кілька метаморфічних фацій. В області низького тиску (2–2,5 кбар) виділяються: *санідинітова* (800°C і вище), *піроксен-роговікова* (650–800°C), *амфібол-роговікова* (500–650°C) та *епідот-амфібол-роговікова* (350–500 °C) фації.

В області помірного тиску (2–12 кбар та вище) виділяють: *амфіболітову* (550–700 °C), *зеленосланцеву* (350–550 °C), *преніт-пумпеліітову* (250–350 °C) та *цеолітову* (250 °C і нижче) фації

В області підвищеного тиску (7 кбар і вище) залежно від температури виділяється низькотемпературна *блакитносланцева* (500 °C і нижче) та *еклогітова* (550–900 °C) фація.

За уявою Н. Л. Добрецова та В. С. Соболева залежно від тиску для умов земної кори можна виділити три ряди фацій, які характеризуються певними категоріями мінералів та їх асоціацій:

A – фації низького тиску за умовами відповідають контактному метаморфізму;

B – фації середнього тиску відповідають "звичайному" регіональному метаморфізму;

C – фації високого тиску можуть проявлятися у межах земної кори;

Кожен ряд фацій за тиском містить чотири температурні фації, до яких у першому ряду низького тиску додається п'ята фація (*A₀*) дуже високих температур, а в другому – п'ята фація (*B₅*), область формування гідротермально-метасоматичних порід.

Кожна фацій визначається 4 категоріями мінералів та їхніх асоціацій: 1) **критичними**, що існують тільки у фізико-хімічних умовах даної фації; 2) **типоморфними або характерними**, поширеними в породах даної фації, але за деяких умов можуть зустрічатися в породах сусідніх фацій; 3) **звичайними**, стійкими в широкому діапазоні РТ-умов; 4) **забороненими мінералами** та їхніми асоціаціями, виникнення яких неможливо в умовах даної фації.

В якості прикладу можна представити такі категорії мінералів для фації *A₃ – мусковіт-роговікової*, яка формується в зовнішніх зонах контактних ореолів в температурному інтервалі 350 – 600°C: **критичні** мінерали та їхні асоціації – хлорит + біотит + мусковіт +

андалузит, хлорит + магнетит + кварц, хлорит + тремоліт + тальк; **характерні** – мусковіт, біотит, хлорит, андалузит, кордієрит, тальк, доломіт, кальцит, тремоліт, кальцит + кварц; **заборонені** – силіманіт, альмандин.

Мета практичної роботи: вивчити і засвоїти поняття метаморфічних фацій, навчитися визначати фації і умови утворення метаморфічних порід за категоріями мінералів та їх асоціацій.

Зміст завдання. За надами варіантами (табл. 7.1) визначити та описати:

- 1) визначити ряд та та фацію за класифікацією Н. Л. Добрецова та В. С. Соболева;
- 2) описати умови формування та залягання метаморфічної поороди.

Вихідні матеріали:

варіанти завдань (табл. 7.1), рекомендована література [1- 3], конспект лекції, додаток А.

Таблиця 7.1 - Варіанти завдань

№ варіанту	Порода	Мінерали
1	Силіманітові роговики	<i>Критичні</i> - санідин, силіманіт, муліт, тридиміт, кристобаліт <i>Характерні</i> - силіманіт + кордієрит+ плагіоклаз
2	Філіти	<i>Характерні</i> -кварц, серицит і хлорит
3	Мусковітові сланці	<i>Критичні</i> - актиноліт + хлорит + епідот + альбіт, <i>Характерні</i> - мусковіт, кварц, хлорит
4	Двопіроксеновий гнейс	<i>Критичні</i> - гіперстен + гранат + кварц + польовий шпат <i>Заборонені</i> - ставроліт, мусковіт, епідот, андалузит, дистен
5	Амфіболіт	<i>Критичні</i> - основний плагіоклаз + дистен <i>Характерні</i> - - біотит, амфіболи, силіманіт, андалузит, різноманітні плагіоклази
6	Дистеновий гнейс	<i>Критичні</i> - дистен + калішпат <i>Характерні</i> - - силіманіт + гранат + кордієрит

Методика і послідовність виконання роботи

1) Для визначення фації за чинною міжнародною класифікацією, необхідно використовувати асоціації мінералів, які наведені в певних рядах та фаціях Н. Л. Добрецова та В. С. Соболева. Асоціації мінералів (критичні, характерні та заборонені) відображають конкретні діапазони тиску і температур формування мінералів та дають можливість визначити

ряд фацій та конкретну фацію. В якості допомоги слід використовувати також діаграму розповсюдження полів метаморфічних фацій, яка наведена в додатку А.

2). За матеріалами лекцій та літературних джерел виконати опис умов формування метаморфічної породи в такій послідовності: назва породи, її мінеральний склад, вид метаморфізму, можливий тип первинного складу породи (кварц-польовошпатовий, пелітовий та інші) тиск та температура формування, ряд фацій, фація, умови залягання (контактова зона інтрузива, глибинні умови регіонального метаморфізму, зони розломів та інше).

При описі треба взяти до уваги, що деякі породи можуть формуватися в різних фаціях, наприклад кварцити. Для точного визначення фації треба використовувати категорію критичних мінералів.

Контрольні питання

1. Що дозволяють визначити асоціації мінералів в метаморфічній породі?
2. В чому різниця понять «метаморфічна порода» та «метаморфізована порода» ?
3. Чим характеризуються санідинітова метаморфічна фація?
4. До якої фації віднести мусковіт-хлоритові сланці ?
5. Що означає назва породи «метабазит»?
6. Яку назву має фація S_1 ?

Практична робота.

ПОРОДИ ДИСЛОКАЦІЙНОГО МЕТАМОРФІЗМУ.

Теоретичний матеріал до виконання практичної роботи

Метаморфічні породи, які сформувалися в результаті динамічного (дислокаційного) метаморфізму об'єднано до класу тектоно-метаморфічних порід або тектонітів. Головними механізмами їхнього утворення та формами прояву є наступні: дроблення, перетирання, крихко-пластична або пластична деформація мінеральної речовини, тектонічне розшарування, метаморфічна диференціація складових компонентів і різноманітні дислокації з перекристалізацією або без неї.

У приповерхневих товщах більшість порід поводить себе як крихка речовина. Тому в зонах малої глибинності спостерігається тектонічна брекчія й тріщинуватість, які обумовлені розломами, насувами та іншими тектонічними порушеннями. У цих умовах утворюються метаморфічні породи з катакlastичними структурами – тектонічні брекчії, тектонічні конгломерати, катаклазити, какірити, глінка тертя.

У глибинних умовах або за підвищених температур на менших глибинах значну роль відіграє пластична деформація порід. Диференціальна течія порід уздовж тектонічних

порушень приводить до утворення будиначних структур, тектонічних сланців, а також мілонітів.

У ділянках метаморфізму середніх і високих температур поряд з катакlastичними структурами, притаманними низькотемпературним ділянкам дислокаційних зон, характерною рисою є поява подовжено-лінзоподібних реліктів не повністю катакlastованих і мілонізованих порід, а також лінійно-смугастих текстур порід, обумовлених закономірною орієнтацією мінералів, що виникли при пластичній деформації, перекристалізації та метаморфічній диференціації.

Перекристалізація порід є невід'ємною частиною дислокаційного метаморфізму особливо в глибинних зонах. Пр цьому в напрямку стресового тиску одні мінерали (мусковіт, біотит, хлорит) накопичуються, а інші розчиняються (кварц, польові шпати) з виносом і перевідкладанням речовини в ділянки з низькою стресовою напругою (у "тінях стиснення").

За своїми генетичними особливостями та переважанням типу деформації всі тектоніти можна поділити на тектонокласти, тектобластити та тектонопласти.

Мета практичної роботи: вивчити і засвоїти метаморфічні породи дислокаційного метаморфізму, їх характерні особливості складу та будови, умов формування.

Зміст завдання. За наданими варіантами з 2 зразків метаморфічних порід (табл. 8.1) визначити групу метаморфічних порід, їх речовий склад, структурно-текстурні особливості та умови утворення;

Вихідні матеріали:

варіанти завдань (табл. 8.1), рекомендована література [1 - 3], конспект лекції.

Таблиця 8.1 - Варіанти завдань

№ варіанту	Метаморфічна порода
1	Катаклазити
	Філоніти
2	Очкові гнейси
	Конгломерати тертя
3	Глинка тертя
	Мілоніти
4	Какірити
	Псевдотахіліти
5	Брекчія тертя
	Мігматити
6	Флазерні гнейси
	Вторинні кварцити

Методика і послідовність виконання роботи

Послідовність виконання завдання наступна. Спочатку з використанням матеріалів лекцій та літературних джерел треба визначити групу (фацію) дислокаційного метаморфізму даної породи - крихкі, крихко-пластичні чи пластичні деформації. Далі визначається фізичний стан породи (розмір уламків, орієнтування у просторі і до напрямку стресу), зміни речового складу (якщо вони є), наявність перекристалізації та ознак розплавлення породи. Встановлюється структура та текстура.

За результатами вивчення зразків породи складається висновок щодо умов формування породи – глибина, вплив температури, роль тиску у формування породи, поведінка окремих груп мінералів в цих умовах.

Результати виконання завдання оформляють у вигляді опису встановлених характеристик породи та висновків щодо її умов формування.

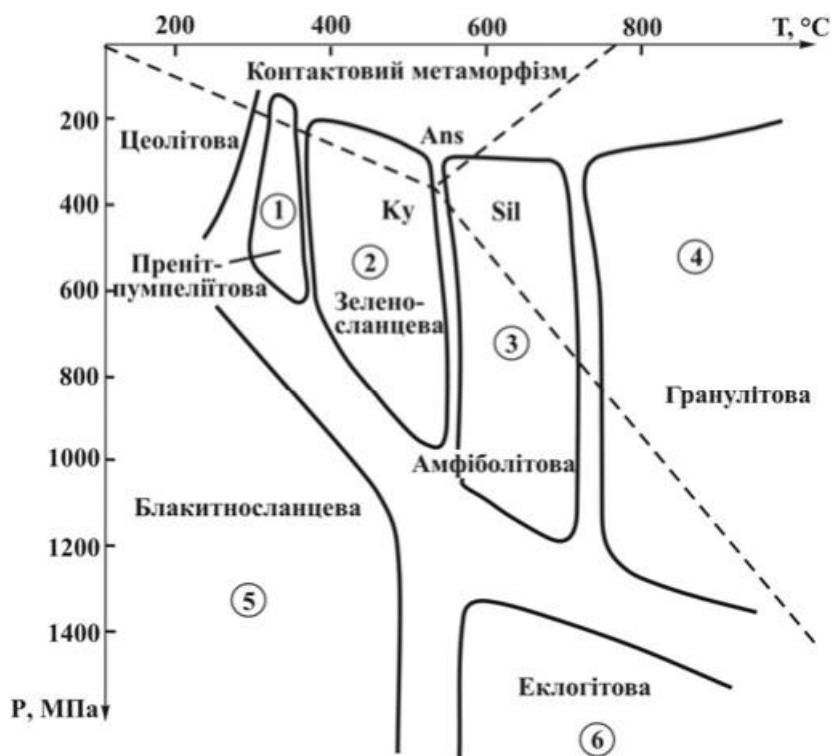
Контрольні питання

1. В яких умовах формуються катаклазити ?
2. Що таке псевдотакхіліт ?
3. Чим відрізняється конгломерат тертя від мілоніту?
4. Яка метаморфічна порода формується в умовах пластичних деформацій ?
5. В яких умовах формується мігматит?
6. Що таке філоніти?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Павлов, Г.Г. Петрографія : підручник / Г.Г. Павлов. - Київ : Київський університет, 2014. - 527 с.
2. Систематика магматичних порід : посіб. з курсу «Петрографія» / Г.Г. Павлов, Ю.Л. Гасанов, О.В. Митрохин, О.О. Павлова. – Київ : Київський університет, 2010. – 65 с.
3. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Петрографія» для студентів освітнього ступеню «бакалавр» денної та заочної форм навчання за спеціальністю 103 Науки про Землю [Електронний ресурс] / уклад. В.І. Альохін, В.В. Ішков, Є.С. Козій. – Покровськ: ДонНТУ, 2021. – 45 с.

Діаграма розповсюдження полів метаморфічних фацій у координатах температура–тиск
(К. М. Bucher і Frey, 1994; В. W. D. Yardley, 1991)



Стійкі мінерали та їхні асоціації, характерні для метаморфічних фацій:
 1 – ломонтит, преніт + пумпеліт, преніт + актиноліт, пумпеліт + актиноліт, пірофіліт; 2 – актиноліт + хлорит + епідот + альбіт, хлоритоїд;
 3 – рогова обманка + плагіоклаз, ставроліт; 4 – ортопіроксен + + клінопіроксен + плагіоклаз, сапфірин, озуміліт, корнерупін, заборонені ставроліт і мусковіт; 5 – глаукофан, лавсоніт, жадеїт, арагоніт, заборонений біотит; 6 – омфацит + гранат, заборонений плагіоклаз