

## 8. ГЕОЛОГІЧНЕ КАРТУВАННЯ МЕТАМОРФІТІВ

Геологознімальні роботи на площах поширення метаморфічних порід відрізняються найбільшою складністю оскільки доводиться мати справу з древніми і прадавними геологічними утвореннями, які мають складну тектонічну структуру і склад.

У результаті вивчення даного розділу студенти повинні

### **Знати:**

- ❖ перелік завдань, які вирішуються при геокартуванні метаморфічних порід;
- ❖ яка специфіка притаманна підходу до розчленування фанерозойських та докембрійських метаморфічних комплексів;
- ❖ за якими критеріями та як розчленовують метаморфічні породи;
- ❖ які ознаки притаманні тектоніці метаморфітів;
- ❖ у чому полягає специфіка складчастості у товщах метаморфічних порід;
- ❖ за якими ознаками встановлюють приналежність порід до категорії пара- або ортометаморфічних;

### **Уміти:**

- ❖ пояснювати призначення існуючих критеріїв розчленування товщ метаморфічних порід;
- ❖ визначати перелік ознак, які свідчать про тектонічну переробку порід;
- ❖ пояснювати методи встановлення первинної природи метаморфічних порід;
- ❖ виділяти фації метаморфізму порід за індекс-мінералами.

Особливості картування метаморфічних утворень пов'язані з подвійною їх природою. З одного боку вони несуть в собі успадковані риси початкових материнських порід, а з іншою в різній мірі ускладнені новоутвореннями, що затушовують первинну природу гірських порід, їх структуру і текстуру. Крім того, в метаморфітах роль органічних залишків у визначенні віку і стратиграфічних взаємовідносин незначна, в них складне виділення опорних горизонтів, ускладнений аналіз плікативної тектоніки. В цілому ж перелік завдань, що вирішуються під час геологічної зйомки метаморфітів той же, що і для осадочних і стратифікованих вулканогенних утворень. Він включає:

- вивчення і складання зведеного розрізу;
- розчленування розрізу на світи, товщі і дослідження їх на місцевості;
- ув'язка (кореляція) розрізів.

### **8.1. Стратиграфічне розчленування метаморфічних товщ**

Розчленування фанерозойських метаморфітів здійснюється відповідно до геохронологічної шкали і регіональних схем. Розчленування докембрійських утворень залишається проблематичним у зв'язку з обмеженістю застосування біостратиграфічних даних.

Існують різні критерії розчленування метаморфічних порід на комплекси, серії, світи і дрібніші підрозділи.

*Літолого-стратиграфічні критерії.* Їх застосування засноване на припущенні про збіг вторинних площинних текстур метаморфічних порід (сланцюватість, смугатість, гнейсовидність) з поверхнями первинного нашарування. Наявність в метаморфітах горизонтів, пачок мармурів, кварцитів та інших порід, що простягаються на значні відстані, свідчить про можливість підходу до них і до вміщуючих товщ як до первинно-осадочних порід, що зберегли особливості початкового нашарування.

*Структурні критерії* використовуються для розчленування складно складчастих метаморфічних товщ. Виділення структурних комплексів, поверхів, підповерхів виконується згідно з відомими положеннями з урахуванням того, що усі ці структурні одиниці можуть розрізнятися за ступенем метаморфізму. У процесі порівняльного вивчення контактуючих метаморфічних товщ найважливіше значення набуває виявлення складок різних генерацій, їх взаємного просторового положення, що дозволяє підійти до розшифровки і оцінки ступеня взаємновідповідності структур даних товщ.

*Критерії метаморфізму.* Ступінь і характер метаморфізму є важливою ознакою під час картування метаморфічних порід. Ведучим тут являється встановлення метаморфічної зональності в результаті виділення зон і фацій метаморфізму. Визначення співвідношень метаморфічної зональності між стратиграфічними горизонтами і складчастими структурами дозволяє судити про характер і місце метаморфізму в процесі геологічної історії і про відносний вік субстрату і складчастості.

*Критерії магматизма.* Окремі метаморфічні комплекси можуть відрізнятися особливостями проявів магматизма. У низці випадків існує стійкий зв'язок плутонічних комплексів з вміщуючими метаморфітами, що дає можливість розчленування і кореляції метаморфічних товщ. Важливе значення для датування вміщуючих товщ має встановлення абсолютного віку магматичних порід, в тих випадках, коли вміщуючі товщі малопридатні для ізотопних методів.

## **8.2. Вивчення структур метаморфітів**

З'ясування структурних взаємовідносин між метаморфічними комплексами є основним способом встановлення їх стратиграфічної послідовності. Тому вивчення структури стає найважливішим завданням під час геологічної зйомки метаморфічних товщ. Для метаморфітів характерні такі особливості їх тектоніки:

- різноманітність форми і просторового положення складок;
- різка дисгармонія складок;
- поєднання складок декількох порядків;
- розвиток тісно стиснутих, ізоклінальних складок;
- накладення складчастостей різних етапів і різного плану, іноді з повним затушовуванням більш ранньої складчастої структури;
- тектонічна переробка порід, що призводить до створення нових площинних структур;
- тектонічне розлінзування в дрібних і великих масштабах.

Для районів розвитку метаморфітів типовою є різноманітність складчастих форм. Порівняно рідко тут присутні концентричні складки з постійною потужністю шарів. Вони утворені зазвичай пачкою жорсткіших порід серед податливіших. Рідко набувають великої потужності й подібні складки, у яких форма вигину однакова для усіх шарів. Зате всі складки, якщо їх простежити досить глибоко по розрізу виявляються дисгармонійними. Дисгармонія проявляється як в дрібних формах, видимих в одному відслоненні, так і в широких масштабах, відбиваючись на геологічній карті.

Широко поширені в метаморфічних товщах ізоклінальні складки. Зазвичай вони тісно стиснуті та їх важко встановити за відмінністю елементів залягання крил. Такі складки нерідко просто не помічають. Повне виявлення реального значення ізоклінальної складчастості в структурі району можливо шляхом ретельного дослідження і картування геологічних границь.

Утворення тісно стиснутих складок супроводжується сильним розчавлюванням шарів, що призводить до значного зменшення їх потужності. Звичайним результатом розчавлювання під час утворення ізоклінальної складчастості є їх розлінзування, що проявляється в самих різних масштабах (від міліметрів до сотень метрів).

Тектонічна переробка порід, що деформуються, призводить до утворення нових, раніше не існуючих текстур. До їх числа відносяться кліваж, сланцюватість, вторинна смугатість і лінійні текстури. Сланцюватість і кліваж мають однакове положення в геологічній структурі. Вони завжди пов'язані із складчастістю і розташовуються приблизно паралельно осьовим поверхням складок. Такі ж закономірності розташування властиві і метаморфічній смугатості, яка найчастіше розвивається уздовж поверхні сланцюватості. У більшості відслонень спостерігається паралельне розташування сланцюватості і шаруватості, тільки у рамках складок вони мають взаємне січне положення.

У метаморфічних породах фіксуються два роди лінійності. Перший – це лінії перетину площинних текстур, наприклад, кліважу з шаруватістю або ранньої сланцюватості з пізнішим кліважем. Лінійність перетинів виражається в тому, що на поверхнях окремоті, обумовленої однією площинною структурою видно сліди перетину їх іншою площинною структурою.

Лінійність другого роду виражена паралельним орієнтуванням витягнутих мінеральних зерен або їх агрегатів. Мінеральна лінійність орієнтована найчастіше паралельно шарніру тих складок, в процесі формування яких вона виникла.

Для метаморфічних товщ характерний одночасний розвиток складок декількох порядків. Великі і дрібні складки схожі не лише за формою, але і за положенням в просторі. Осьові поверхні і великих, і дрібних складок, що ускладнюють їх, розташовуються більш менш паралельно. Також взаємно паралельні і шарніри одночасних великих і дрібних складок.

У метаморфічних комплексах нерідкі випадки накладення однієї на іншу складчастостей різного плану і різного віку (фази складчастості). При цьому осьові поверхні одних складок згинаються, утворюючи нові складки. Накладення складчастостей найлегше виявляються за вигинанням сланцюватості, що виникла при утворенні більш ранньої складчастості. Осьові поверхні накладених

складок займають січне положення по відношенню до осьових поверхонь ранніх складок. Накладення складчастостей може бути встановлене за площинними текстурами, несиметричним по відношенню до осьових поверхонь складок.

### 8.3. Виявлення первинної природи метаморфічних порід

При реконструкції первинної природи метаморфічних порід в якості ознак використовуються:

- геологічні умови залягання і парагенетичні асоціації;
- первинні текстури і структури;
- хімічний склад;
- акцесорні мінерали.

У більшості випадків тільки сума усіх геологічних даних може дати докази генезису метаморфічних порід.

*Умови залягання порід.* У багатьох випадках вже в процесі польових досліджень помітна первинно-теригенна, вулканогенна або інтрузивна природа метаморфічних утворень. Виразна стратифікація і наявність складчастих структур вказує на первинно осадочну природу метаморфічних порід.

*Асоціації порід,* що відбивають первинні парагенезиси, можуть бути використані при з'ясуванні первинної природи метаморфізованих утворень, товщі метаморфітів мають певні закономірності внутрішньої будови. У них спостерігаються послідовна зміна окремих груп порід в розрізі, елементи циклів, характерні асоціації типів порід.

Для парапород характерні асоціації мармурів з силіманітовими гнейсами. У окремих прошарках глиноземистих сланців зустрічаються прояви графіту. Особливе значення має парагенезис кварцитів з високоглиноземистими сланцями. Для параамфіболітів, що утворилися за рахунок мергелистих порід, характерне їх знаходження з мармурами, кальцифірами. Окрім парагенезису порід можна використовувати парагенезис мінералів, особливо реліктових, які зустрічаються в основних породах; наприклад, асоціація авгіту і основного плагіоклазу типова для ортоамфіболітів.

*Первинні структури і текстури,* що збереглися при метаморфізмі, є надійним критерієм для встановлення первинної природи метаморфічних порід. Для орторяду – габрова, офітова структура, в ефузивах – порфірова, мигдалекам'яна. Первинно осадочні текстури і структури виявляються серед глибоко метаморфізованих парапород; до них відносяться ритмічна шаруватість, коса шаруватість, зсувні структури, знаки брижів, тріщини усихання.

*Хімічний склад.* У багатьох випадках процеси метаморфізму не призводять до зміни хімічних особливостей порід. Виняток становлять метасоматичні їх перетворення і ультраметаморфізм. Це положення є підставою для існуючих петрохімічних методів розподілу пара- і ортопорід за співвідношенням між петрогенними або малими елементами, вмістом того або іншого елемента, оксиду або групи оксидів. Кожен з методів відбиває зазвичай одну особливість генетичних

типів порід. Вибір методу або групи методів повинен визначатися характером метаморфізму і геологічними особливостями порід.

Для реконструкції первинного складу метаморфічних порід і відновлення умов їх утворення існує методика обробки геохімічних даних.

*Акцесорні мінерали.* Деякі первинно-уламкові акцесорні мінерали зберігаються в глибоко метаморфізованих породах і можуть вказувати на їх походження. До таких мінералів відносяться циркон, монацит, ксенотим і рутил.

Зовнішні ознаки, що вказують на первинно уламкове походження, – це, передусім, обкатаність, тобто поєднання округлої форми зерен з шорсткою поверхнею, яка несе штрихи, подряпини, сколювання.

Розміри зерен уламкових акцесоріїв у первинно осадочній породі визначаються її літологічним типом і залежать від сортування осаду. У ортопородах така закономірність відсутня.

При встановленні генезису глибоко метаморфізованих порід (гранітогнейси, грануліти, чарнокіти), важливе значення має знаходження обкатаних "ядер" в акцесорному цирконі, що говорить на користь осадочного походження порід, що вміщують їх.

#### 8.4. Виділення метаморфічних фацій

Під час картування метаморфітів виділення метаморфічних фацій є неодмінною умовою. Одним з основних польових методів виділення зон метаморфізму є використання індекс-мінералів. Індекс-мінерали є речовинним вираженням фаціальної приналежності метаморфічних порід. У спрощеному виді характеристика фацій за індекс-мінералами показана в табл. 8.1. У польових умовах зазвичай вдається легко спостерігати найголовніші мінерали, типові для певних фацій. При цьому картування метаморфічних зон на основі проведення ізоград метаморфізму виконується за першим проявом індекс-мінералів. В окремих випадках ізограда може проводитися по зникненню характерного індекс-мінерала. Наприклад, ізограда зникнення мусковіту і хлориту в породах пелітового складу, ізограда зникнення пумпелліта в породах основного складу.

Таблиця 8.1.

Виділення зон (фацій) метаморфізму за індекс-мінералами

Метаморфічні (мінеральні) фації	Вихідні породи	
	Глиноземиста група порід	Магnezійна група порід (основні і ультраосновні)
Преніт-пумпеллітова	Хлорит, серицит, біотит	Хлорит, тальк, пумпелліт
Зелених сланців	Гранат, біотит, андалузит, дістен	Актиноліт, рогова обманка, гранат
Амфіболітова	Ставроліт, дістен, кордієрит, ортоклаз	Рогова обманка, плагіоклаз, тремоліт, олівін, шпінель
Гранулітова	Ортоклаз, гранат, піроксен, кордієрит	Піроксен, плагіоклаз, гранат, шпінель

Низка чинників може призводити до ускладнення звичайної послідовності появи індекс-мінералів. Зазвичай відхилення невеликі, але у деяких випадках вони стають істотними. Крім того, під час картування метаморфітів повинен враховуватися вплив накладених процесів. Постметаморфічні процеси метасоматозу можуть супроводжуватися руйнуванням або заміщенням цілого ряду мінералів, у тому числі й типоморфних індекс-мінералів (ставроліту, дістена, андалузиту, силіманіту, граната, біотиту та ін.), що повинно враховуватися при дослідженні ізоград в зонах мусковітизації, біотитизації, фельдшпатизації та ін. Точніша фаціальна приналежність регіонально метаморфізованих порід і характер метаморфічної зональності (прогресивний або регресивний і роль в її формуванні метасоматичних процесів) можуть бути виявлені тільки при ретельному петрографічному дослідженні порід.

### **Питання для самоконтролю**

1. Які питання і в якій послідовності вирішуються при картуванні метаморфічних порід?
2. Які критерії використовуються при розчленуванні метаморфічних товщ?
3. Що таке лінійність перетину і мінеральна лінійність?
4. За якими порідними асоціаціями може бути встановлена первинно осадочна природа метаморфітів?
5. Яким чином за акцесорними мінералами виявляють приналежність метаморфітів до пара- чи ортопорід?
6. Що таке індекс-мінерали для виділення фацій метаморфічних порід?