

Г. А. КЕЙЛЬМАН, В. Б. БОЛТЫРОВ

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕТАМОРФИЗМА

(Представлено академиком А. В. Пейве 26 II 1974)

Физико-химическая природа метаморфических реакций, протекающих в определенном диапазоне температуры и давления, независимо от их причинной обусловленности, позволяет, как известно, на основе минерало-петрографических и экспериментальных данных строить различные петрологические классификации. Но метаморфизм, в особенности региональный метаморфизм, в геологическом аспекте представляет собой одну из важнейших сторон необратимо направленного процесса развития земной коры, и выявление его роли в этом сложном процессе, определение взаимосвязи с другими геологическими явлениями, и прежде всего с тектоникой, составляет весьма существенную и важную задачу, далеко выходящую за рамки петрологии.

Феноменологические особенности метаморфизма: геологический тип, фациальный уровень, петрохимическая и металлогеническая направленность сопровождающих его метасоматических и магматических явлений — контролируются рядом факторов, наибольшее значение из которых имеют интенсивность, длительность и форма теплового воздействия, соотношение и вариации гидростатического и ориентированного давления в различных тектонических зонах, а также состав, строение и проницаемость земной коры в данном регионе.

Первая группа факторов обуславливает фациальный уровень, масштабы и степень завершенности метаморфических процессов. Тепловой режим той или иной тектонической активной зоны в целом определяется конечными стадиями трансформации внутриземной энергии, скрытой теплоты физико-химических преобразований, энергии тектонических деформаций и т. д. Современные тепловые потоки, являющиеся основными измеряемыми характеристиками температурного поля, резко дифференцированы по площади (¹). Наибольшей величины они достигают в областях кайнозойского вулканизма на континентах и в рифтовых зонах океанов. Высокие скорости преимущественно конвективных теплопотерь, интенсивная диссипация внутриземного тепла определяют характер и степень метаморфизма пород в этих структурах. Так, в рифтовых зонах современных океанов отмечается, как правило, только незначительное зеленокаменное перерождение основных вулканитов и серпентинизация ультрабазитов, и лишь в нижних частях разреза фиксируются амфиболиты и метагаббро (^{2, 3}). Аналогичная картина наблюдается в эвгеосинклинальных зонах ряда фанерозойских и рифейских подвижных областей, для которых также характерны наиболее низкотемпературные метаморфические преобразования: зеленокаменное перерождение, поствулканический гидротермальный метаморфизм, региональный динамотермальный метаморфизм, не поднимающийся выше фации зеленых сланцев.

В антиклинорных зонах подвижных областей устанавливаются самые низкие величины тепловых потоков, что объясняется замедленной передачей тепловой энергии через теплопроводность пород и значительным поглощением тепла при метаморфических реакциях, имеющих в общем эндотермический характер. В результате и в этих зонах, где ведущая роль при-

надлежит уже кондуктивной теплопередаче, уровень метаморфизма не превышает зеленосланцевой фации.






Проявления высокотемпературного метаморфизма в подвижных поясах относятся, главным образом, к числу так называемых плутонических или плутоно-метаморфических процессов (⁴⁻⁶). В антиклинорных зонах — это гнейсово-мигматитовые комплексы, ядра которых представляют собой блоки гранито-гнейсового фундамента, претерпевшие мобилизацию и в прогретом, пластическом состоянии перемещенные на относительно высокие структурные уровни.

Перемещение пластических блоков имеет диапироидный характер, вследствие чего их связь с глубинными источниками энергии, по-видимому, сохраняется на протяжении длительного времени. В обрамлении гнейсовых ядер развиваются зоны градиентного метаморфизма, во внутренних частях которых нередко наблюдается гранитизация относительно молодых геосинклинальных образований (⁷). В отрицательных структурах подвижных поясов, лишенных древнего гранито-гнейсового слоя, аналогичную во многих отношениях позицию занимают плутонометаморфические комплексы фемического профиля (^{8, 9}). Формирование этих комплексов связано с перемещением отторженцев фундамента коры «океанического» типа. Примером таких комплексов могут служить метаморфические образования, сопровождающие становление габбро-гипербазитовых массивов так называемого Платиновосного пояса Урала. Таким образом, метаморфизм высоких фаций в фанерозойских подвижных областях связан в основном со своеобразной — аккумулятивной формой передачи внутривоздушной энергии. Теплоносителем в этом случае являются прогретые блоки, способные к пластическому перемещению, что сближает эти явления с контактовым метаморфизмом. Высокотемпературные метаморфические (преимущественно — метасоматические) образования возникают также в том случае, когда теплопередача осуществляется инфильтрационными потоками термальных флюидов в зонах глубинных разломов, часто взаимосопряженных с плутоно-метаморфическими комплексами. Такой форме теплового воздействия, вероятно, принадлежит ведущая роль и при образовании зольных метаморфических комплексов в синклинорных зонах подвижных областей с незавершенной складчатостью (¹⁰).

Вторая группа факторов, определяющая тип метаморфизма, обуславливает принадлежность метаморфического комплекса к той или иной фациальной серии. Решающую роль здесь играет давление — литостатическое и стрессовое. При этом литостатическое давление, очевидно, отражает лишь глубинность метаморфизма, а геотектоническую специфику его, в конечном итоге, определяет избыточное давление, связанное с тектоническими напряжениями. Так, в связи с тепловым прогревом и объемным расширением в породах метаморфических комплексов высокого фациального уровня неизбежно возникают термоупругие напряжения, вызывающие перемещение реоформических масс с образованием гнейсовых куполов; по их периферии на определенной стадии развития образуются кианитосодержащие ассоциации фациальных серий средних давлений (^{7, 11}).

Фациальные серии высоких давлений, и прежде всего глаукофановые сланцы, как уже неоднократно отмечалось (^{12, 13}), приурочены главным образом к крупным структурным швам, возникающим на границе участков коры океанического и континентального типов, для которых предполагаются тектонические движения типа надвигов или подвигов. Аналогичному структурному контролю подчиняется и часть эклогитов, а именно эклогиты подвижных поясов, формирующиеся в условиях дислокационного метаморфизма, в отличие от прочих типов эклогитов, образование которых обусловлено литостатическим давлением. При этом эклогиты малых глубин, как относительно высокотемпературные образования, возникают там, где зоны сжатия попадают в сферу влияния термальных аномалий, связанных чаще всего с гнейсовыми куполами.

Связь метаморфизма с типами структур земной коры

Структура земной коры		Метаморфизм		
тип	схема развития	типичный для региональной структуры в целом	появляющийся в зонах деструкции и повышенной проницаемости коры	
Океаническая	Однослойная «безграничная»		Площадное зеленокаменное перерождение и поствулканический гидротермальный метаморфизм	
	Двухслойная с подогнутым гранитным слоем		Поствулканический гидротермальный метаморфизм и ограниченное по площади зеленокаменное перерождение	Региональный динамо-термальный (зеленосланцевый) метаморфизм. Высокотемпературный фемический плутонометаморфизм
Континентальная	Простая, возможно с несколько растянутым гранитным слоем		Широкий, площадной низкотемпературный прогрессивный метаморфизм (зеленосланцевый)	Высокотемпературный сиалический плутонометаморфизм с умеренным гранитообразованием
	Усложненная, со сдвоенным гранитным слоем		Ограниченный по площади низкотемпературный прогрессивный метаморфизм (зеленосланцевый)	Высокотемпературный сиалический плутонометаморфизм с интенсивной мигматизацией и гранитообразованием
Линейно-гранитные зоны			Дислокационный глаукофансланцевый, эколитовый	

Третья группа факторов — строение и состояние, степень деструкции земной коры в данной геотектонической зоне — позволяет наметить как прямую, так и обратную связь метаморфизма с тектоникой. Прямая связь выражается в том, что строение земной коры в структурах океанического и континентального типов, в эвгесинклинальных, антиклинорных и других зонах и сопровождающие их становление тектонические движения (раздвиги, надвиги, подвиги и т. д.) определяют геологический тип метаморфизма (см. табл. 1). Обратная же связь проявляется в том, что сами тектонические движения и даже тип земной коры обнаруживают зависимость от проявлений метаморфизма, в некоторых случаях — им определяются, примером чего может служить образование или наращивание гранитного слоя в молодых подвижных поясах, диапироидные перемещения расширяющихся реоформических масс и т. д.

Свердловский горный институт
им. В. В. Вахрушева

Поступило
15 II 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Г. Поляк, Я. Б. Смирнов, Тр. Геол. инст. АН СССР, в. 248 (1970). ² А. В. Пейве, Геотектоника, № 4 (1969). ³ В. И. Чернышева, Л. В. Дмитриев, Г. Б. Удинцев. В кн.: Исследования по проблеме рифтовых зон Мирового океана, т. I, «Наука», 1972. ⁴ H. Read, The Granite Controversy, London, 1957. ⁵ Б. Я. Хореза, Геотектоника, № 6 (1966). ⁶ Г. А. Кейльман, В кн.: Проблемы метасоматизма, «Наука», 1969. ⁷ Г. А. Кейльман, В кн.: Метаморфические пояса СССР, «Наука», 1971. ⁸ А. А. Ефимов, Л. П. Ефимова, Кытлымский платиноносный массив, М., 1967. ⁹ Л. М. Минкин, В кн.: Обзорная карта и общие проблемы метаморфизма, т. I, Новосибирск, 1972. ¹⁰ Д. А. Великославинский, Сравнительная характеристика регионального метаморфизма умеренных и низких давлений, «Наука», 1972. ¹¹ Г. А. Кейльман, В. Б. Болтыров, В. Н. Огородников, В кн.: Геология и генезис мусковитовых пегматитов, Л., 1973. ¹² A. Miyashiro, J. Petrology, v. 2, № 3, 277 (1961). ¹³ Н. Л. Добрецов, В кн.: Петрология. Докл. совет. геол., XXIV сессия, «Наука», 1972.