



# МЕТАМОРФИЗМ

Авторы: А. А. Маракушев

МЕТАМОРФИЗМ (от греч. μεταμορφόωσις – преобразаться, подвергаться превращению), процесс перекристаллизации горных пород, сопровождающийся изменением их минерального и химич. состава. В результате М. исходные породы превращаются в *метаморфические горные породы*. М. в большинстве случаев происходит под воздействием на породы эндогенных высокотемпературных водных флюидов и литостатич. давления вышележащих слоёв Земли. В отличие от *диагенеза*, *катагенеза* и *метагенеза*, протекающих под воздействием темп-ры теплового поля Земли, которая определяется *геотермическим градиентом*, М. отвечает более высокой темп-ре, обусловленной воздействием флюидов, поднимающихся из высокотемпературной глубинной области Земли, гл. обр. из мантийных магматич. очагов. Поэтому геотермич. градиентом определяются только нижние пределы темп-ры М. на каждом уровне глубинности его протекания. М. происходит в интервале температур от 200 °С (по мнению ряда исследователей, 350 °С) до 1000 °С и более; давлений – от 200–300 до 1000–1500 МПа и более. Глубина зоны М. сильно варьирует. Геологич. время не является существенным фактором М. (древние породы могут быть метаморфизованы в той же степени, что и молодые). В процессе М. происходит перекристаллизация (в твёрдом состоянии) минералов исходных пород, рост новых метаморфогенных породообразующих минералов (бластез). М. всегда сопровождается изменением химич. состава исходных пород. С изменением в породах содержания только летучих компонентов ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ) он условно называется изохимическим. Аллохимический М. сопровождается более радикальным изменением химич. состава пород. При крайнем выражении аллохимич. природы М. при постоянстве объёма (независимо от литостатич. давления) используется термин *метасоматоз*. Ориентированные текстуры метаморфич. пород (сланцеватая, гнейсовая и др.) и всевозможные деформации обусловлены направленным (обычно боковым) давлением – стрессом. С неравномерностью стрессовых напряжений связана метаморфич. дифференциация, создающая такситовые текстуры пород (с выделением пятен разл. минер. состава и/или структуры): в зонах сильного стресса увеличивается концентрация слюд (хлорита, мусковита, биотита) за счёт перемещения из них кварца и полевых шпатов в зоны слабого напряжения, которые получили назв. «тени давления». Выделяют разл. виды М. с учётом роли отд. факторов, термодинамич., физико-химич. и геологич. условий протекания метаморфизма.

Региональный М., происходящий в глубинах земной коры и распространяющийся на большие площади, охватывает осадочные, вулканогенно-осадочные и вулканогенные отложения, накопленные в депрессиях земной коры в подвижных поясах. В формационном аспекте региональный М. подразделяется на ранний (доорогенный) и поздний, относящийся к стадии складчатости и орогенного воздымания и сопряжённый с развитием *мигматитов* и внедрением гранитов. В процессе раннего М. происходит привнос в породы натрия и вынос из них кальция. Примером этого является образование спилитов. Более интенсивный привнос натрия приводит к формированию глаукофановых сланцев, сопряжённых в своём распространении с интрузиями гипербазитов. При позднем М. породы обогащаются калием, что приближает их состав к гранитам; поздний М. сопровождается разуплотнением глубинных зон складчатых поясов, приводящим к нарушению изостазиц. равновесия,

воздыманию и эрозии складчатых поясов. В результате на поверхности Земли выступают метаморфич. породы, образованные на глубине. Метаморфич. комплексы большой глубинности формирования распространяются на огромные территории кристаллич. щитов древних платформ или ограничиваются гранитно-гнейсовыми куполами в складчатых поясах. Повторный низкотемпературный и низкобарический М. называют диафторезом; его продуктами являются диафториты. Диафторез характерен для зон крупных разломов и тектонич. смятия, где возникают условия для его проявления (высокая проницаемость пород, наличие растворов).

Выделяют М., сопряжённый с магматич. замещением горных пород. Метаморфич. преобразования замещаемых пород обусловлены воздействием на них фильтрующимися через магмы (трансмагматическими) флюидами. Примером подобного М. является формирование мигматитов, возникающих в результате сложного преобразования гнейсов при замещении их гранитной магмой.

Контактовый М. протекает на малых глубинах в непосредственной близости от интрузий и экзтрузий под воздействием на вмещающие породы отделяющихся от магм флюидов и тепла (возникают роговики). Контактное воздействие при очень высокой темп-ре изверженной магмы приводит к М., сопровождаемому частичным плавлением пород, и образованию бухитов (роговиков, содержащих стекло). Вулканич. формациям свойствен низкотемпературный М. (нередко охватывает большие территории), отражающий поствулканич. активность глубинных магматич. очагов.

К М. исторически относят динамометаморфизм (дислокационный М.), хотя в его процессе не происходит перекристаллизации. Этот тип М. проявлен в пределах зон интенсивных тектонич. деформаций и обусловлен действием направленного давления (стресса); он заключается в дроблении, структурно-текстурных преобразованиях пород с формированием *тектонитов* (милонитов и катаклазитов).

Импактный метаморфизм, порождающий импактиты, происходит при очень высоких давлениях и темп-рах за короткое по сравнению с др. типами М. время; он сопровождается образованием плотных минералов (рингвудита, коэсита, стишовита, алмаза и др.), дроблением, плавлением пород, избирательным испарением их компонентов. Б. ч. учёных импактный М. связывают с соударением космич. тел с Землёй, ряд исследователей – со взрывами флюидов, восходящих из внешнего жидкого ядра Земли, очень высокой энергии.

С разл. видами М. связаны метаморфогенные месторождения полезных ископаемых.

## Литература

Лит.: Маракушев А. А., Бобров А. В. Метаморфическая петрология. М., 2005. См. также лит. при ст. Метаморфические горные породы.