

УДК 552.16+551.25

ПЕТРОГРАФИЯ

К. Б. КЕПЕЖИНСКАС, И. П. ПАЛЕЙ, Д. ДОРЖНАМЖАА,
Л. А. ЗВЕРЕВА

**СООТНОШЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР И ДАВЛЕНИЙ
ПРИ МЕТАМОРФИЗМЕ ДОКЕМБРИЙСКИХ ПОРОД СЕВЕРНОГО
СКЛОНА ХРЕБТА ХАН-ХУХЕЙ (МНР)**

(Представлено академиком В. С. Соболевым 12 V 1971)

В последние годы в метаморфической петрологии очень большое внимание уделяется разработке критериев для детализации оценок *РТ*-условий метаморфизма. При этом следует отметить, что достаточно дробные подразделения сейчас существуют только в отношении температуры. По давлению пока возможно лишь сравнительно грубое расчленение, и то только в относительно немногих благоприятных случаях. В связи с этим появляется необходимость в выработке новых критериев для оценок величин давления. Задача может быть решена с использованием одновременно различных путей. Один из них заключается в подробном изучении природных объектов с целью выявления характера изменений давления в пространстве, соотношений его с распределением температур и т. д.

Данная статья и освещает указанный подход на примере изучения метаморфического комплекса хр. Хан-Хухей в Монголии.

Первые сведения о геологическом строении хр. Хан-Хухей получены в двадцатых годах текущего столетия при маршрутных исследованиях М. Ф. Нейбург и З. П. Лебедевой. В 1953 г. В. А. Амонтов и В. К. Дмитриева⁽⁵⁾, основываясь на различиях в вещественном составе и сопоставлениях с определенными толщами в пределах СССР, провели геологическое картирование восточной части хребта в масштабе 1:1 000 000, выделив в составе докембрия две разновозрастные свиты: более древнюю — сланцево-гнейсовую (*Pt a*) и более молодую — кварцито-карбонатно-сланцевую (*Pt б*). Вслед за ними в 1966 г. группа исследователей составила геологическую карту всей Монголии в масштабе 1:1 500 000 под редакцией Н. А. Маринова⁽¹⁾.

Докембрийские образования северного склона хр. Хан-Хухей на этой карте подразделены на три толщи: *Pt₁* (*Pt a* по В. А. Амантову), *Pt₂* (*Pt б* по В. А. Амантову) и *Pt₃*.

В результате работ Советско-Монгольской геологической экспедиции (И. П. Палей, Д. Доржнамжаа) в 1970 г. предложена новая схема стратиграфии для нижней и средней части разреза докембрия северного склона хр. Хан-Хухей. Названными исследованиями выделены три толщи (снизу вверх): А — кварцито-сланцево-гнейсовая (отвечает верхам *Pt₂* по схеме Н. А. Маринова и др.), В — кварцито-сланцево-карбонатная (остальная часть толщи *Pt₂*) и С — гнейсово-сланцевая (охватывает *Pt₁* по схеме Н. А. Маринова и др.).

Зеленосланцевая толща (*Pt₃*) по-прежнему рассматривается как самая верхняя, хотя она не имеет нормальных стратиграфических контактов с толщами А, В и С.

Не останавливаясь подробно на описаниях геологических разрезов и особенностях тектонической структуры этого района, мы рассматриваем лишь те макроскопические черты геологического строения, выявленные

нами в результате работ 1970 г., которые могут послужить дополнительной информацией при установлении термодинамических условий образования метаморфического комплекса. Для удобства описания мы воспользовались схемой стратиграфии, предложенной И. П. Палеем и Д. Доржнамжаа.

Толща С в междуречье верховьев рек Барун-Туру-гол и Хонгилцагин-гол представлена главным образом гнейсами и гранито-гнейсами. Для нее характерны: 1) однородность по литологическому составу — толща представлена главным образом сравнительно однообразными гранито-гнейсами с единичными маломощными прослоями амфиболовых пород; 2) обилие тел мигматитов, автохтонных гранитов и пегматитов, преимущественно согласных с полосчатостью, имеющих мощность от сантиметров до нескольких сот метров и возникших вследствие прогрессивного метаморфизма первично-песчано-глинистых осадков; 3) ярко выраженная полосчатость, обусловленная чередованием лейкократовых и меланократовых участков, которые впоследствии смяты в разнообразные складки, сохраняя при этом свое взаимное параллельное чередование.

Для толщи С в районе Турун-сомона характерны следующие черты: 1) более неоднородное (пятнистое) строение в отношении состава и геологических особенностей (морфологии); 2) преобладание по ширине выхода гнейсов и сланцев, однако начинает возрастать количество кремнистого и карбонатного материала; 3) еще значительная роль гранито-гнейсов, мигматитов и пр., несомненно связанных с частичным плавлением в процессе прогрессивного метаморфизма; масштабы проявления их, однако, гораздо меньше, чем в толще С, описанной выше.

Толща В складывается чередованием в различных сочетаниях мраморов, кварцитов, амфиболитов и различных по минеральному составу сланцев. Роль последних в разрезе толщи В по сравнению с толщей А и особенно с гнейсовой толщей С относительно мала. Количество гнейсов и мигматитов ничтожно.

Толща А представлена сочетанием сланцев, углистых сланцев и кварцитов и метаморфизованных конгломератов. Метапелиты в разрезе толщи А играют значительную роль, хотя гораздо меньшую, чем в толще С. Роль гнейсов и мигматитов, как и в толще В, ничтожна.

Нашими исследованиями установлено, что неоднородность метаморфизма по температуре в породах северного склона хр. Хан-Хухей фиксируется совершенно четко. Для иллюстрации этого в табл. 1 приведены наиболее распространенные и характерные минеральные ассоциации метапелитов. По взаимоисключающим минеральным парагенезисам отчетливо выделяются три зоны:

I. Устойчивы кварц + мусковитовые парагенезисы, часто с биотитом, гранатом и силлиманитом. Отвечает температурному интервалу силлиманит + мусковитовой зоны эпидот-амфиболитовой фации. В стратиграфическом отношении охватывает толщи А и В.

II. Распространены как кварц + мусковитовые, так и силлиманит + калишпатовые парагенезисы. В температурном отношении отвечают переходным условиям между эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фациями. В стратиграфическом плане распространены среди пород толщи С в районе Турун-сомона.

III. Устойчив калишпат + силлиманитовый парагенезис, часто с биотитом, гранатом и кордиеритом. Отвечает условиям амфиболитовой фации. В стратиграфическом плане охватывает толщу С в междуречье верховьев рек Барун-Туру-гол и Хонгилцагин-гол.

Границы зон грубо параллельны и приблизительно совпадают со стратиграфическими. Общая средняя ширина зонального комплекса приблизительно 60 км. Последовательность зон отражает главным образом изменения температур метаморфизма (повышение температуры от зоны I к зоне III).

Таблица 1

Наиболее распространенные и характерные минеральные ассоциации метapelитов зонального метаморфического комплекса хр. Хан-Хухей (МНР)

Толща	Район	Ассоциация	Зона	Фация	Тип метаморфизма
С	Верховья р. Барун-Туру-гол	КПШ + Би + Гр + Корд + + Силл + Анд КПШ + Би + Гр + Корд + Анд КПШ + Би + Корд + Анд КПШ + Би + Корд + Силл КПШ + Би + Гр + Корд Би + Гр + Корд + Силл Би + Гр + Корд + Анд Би + Гр + Корд	III	Силл-Бигнейсов (амфиболитовая)	Анд + Силл
С	Район Турун-сомона	Му + КПШ + Би + Гр + Силл КПШ + Би + Гр + Силл КПШ + Би + Гр КПШ + Силл Му + Би + Гр + Силл Му + Би + Силл Би + Силл + Ст	II	Переходная зона	
В	г. Булгайн-Хайрхан-обо	Му + Би + Гр + Силл КПШ + Би + Му Би + Гр + Силл	I	Дистеновых сланцев	Дист + Силл
А	То же	Му + Би + Гр + Силл + Дист Му + Би + Гр + Силл Му + Би + Гр + Дист Му + Би + Гр + Дист + Ст Му + КПШ + Би Углистые сланцы с фукситом ± Силл ± Турм			

Примечание. Во всех парагенезисах присутствуют кварц и плагиоклаз.

Характерной особенностью комплекса хр. Хан-Хухей является то, что кроме отчетливо выраженной «термальной» зональности, здесь также достоверно фиксируется изменение величины давления при метаморфизме. При этом «зональность по давлению» здесь пространственно повторяет контуры «термальной» зональности. Однако своеобразием и отличием этого комплекса от других ⁽³⁾ * является то, что здесь наблюдается общая тенденция уменьшения давления от пород менее высокотемпературных (зона I) к породам более высокотемпературным (зонам III).

Установлено, что в метapelитах зоны I встречаются дистенсодержащие парагенезисы, а зоны III — андалузитсодержащие (табл. 1), причем и те, и другие в ряде случаев с одновременным силлиманитом. В переходной зоне ни дистен, ни андалузит не отмечены. Однако при помощи новых критериев, впервые разработанных нами для среднетемпературных метapelитов, и в этом случае есть возможность диагностировать тип метаморфизма по давлению, по содержанию СаО в гранате и номеру сосуществующего плагиоклаза в силлиманит- или ставролитсодержащих парагенезисах ⁽⁴⁾. Содержание СаО в анализированных гранатах в силлиманитсодержащих ассоциациях переходной зоны не превышает 1,30 вес. %. Номер сосуществующего плагиоклаза не опускается ниже 23. Это позволяет с большой надежностью отнести ассоциации переходной зоны к андалузит-силлиманитовому типу метаморфизма.

* В ⁽³⁾ вкралась опечатка: в табл. 1 для значений P следует читать $1/e^{18,7}$ и $1/e^{47,8}$.

Таким образом, метаморфические образования зоны I северного склона хр. Хан-Хухей относятся к дистен-силлиманитовому, а зон II + III — к андалузит-силлиманитовому типам метаморфизма.

Возможное объяснение существования такого градиента давления вытекает из того, что андалузитсодержащие парагенезисы пространственно совпадают с началом интенсивного проявления анатексиса и областями его наиболее сильного проявления (толща С). Вопрос о характере взаимодействия анатектических выплавов с поровым флюидом в условиях высокотемпературного метаморфизма подробно обсуждался В. С. Соболевым с сотрудниками (²). Увеличение массы расплава в ходе анатексиса должно приводить к переходу значительных количеств воды из порового флюида метаморфических пород в анатектический расплав. Этот эффект имеет реальное значение даже в случае переплавления относительно небольшой доли пород (10—15%). Следствием этого должно быть быстрое снижение парциального давления воды в метаморфических породах с момента начала анатексиса. В случае флюидов, изначально очень богатых водой, это приводит к сильному падению общего давления флюида. Следовательно, в момент интенсивного анатексиса $P_{\text{общ}}$, по сути дела, целиком обусловлено и ограничено литостатической нагрузкой. Возможно, поэтому в силлиманит-мусковитовой зоне (толщи А и В), где плавление практически отсутствует, имеет место дистен-силлиманитовый тип метаморфизма, а начиная с переходной зоны (толща С) — с начала интенсивного проявления анатексиса — андалузит-силлиманитовый тип.

Следует подчеркнуть, что в конечном итоге накопление большого количества таких примеров, выяснение и детализация соответствующих геологических закономерностей позволяет подойти к достоверным оценкам роли тех или иных механизмов, контролирующих давление, к оценкам модельных представлений.

Совместная Советско-Монгольская
научно-исследовательская
геологическая экспедиция
Академии наук СССР

Поступило
4 V 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Геологическая карта МНР, 1966. Масштаб 1:1 500 000, ред. Н. А. Маринова.
² Н. Л. Добрецов и др., Фации метаморфизма, 1, М., 1970. ³ К. Б. Кепежин-
скас, ДАН, 196, № 1 (1971). ⁴ К. Б. Кепежинскас, ДАН, 203, № 1 (1972).
⁵ Н. А. Маринов, Изв. АН СССР, сер. геол., № 6 (1956).