

В. И. КИЦУЛ, В. С. ШКОДЗИНСКИЙ, А. Н. ЗЕДГЕНИЗОВ
О ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ
И РАЗЛОЖЕНИЯ ГРАНАТА В ОСНОВНЫХ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ
ПОРОДАХ

(Представлено академиком В. С. Соболевым 17 XII 1969)

Рассмотрению условий формирования гранатсодержащих основных кристаллических сланцев посвящено большое количество работ (^{1, 2, 3, 4-8}), однако еще многие вопросы петрологии этих пород остаются мало изученными. К ним относятся вопросы об инертности — подвижности химических компонентов при процессах минералообразования и о влиянии внешних факторов на минеральные парагенезисы и состав минералов в данных породах и др. Ниже излагаются результаты попытки решения этих вопросов с помощью метода парагенетического анализа.

Наиболее важную информацию об условиях инертности — подвижности химических компонентов при процессах минералообразования дает изуче-



Рис. 1

Рис. 1. Замещение граната симплектитом, клинопироксена гиперстеном и обратная зональность плагиоклаза в основном кристаллическом сланце. 60 ×, Ник. +



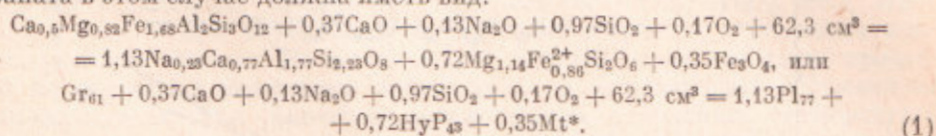
Рис. 2

Рис. 2. Оторочки граната на контакте магнетита и гиперстена с плагиоклазом. Роговая обманка развивается на контакте плагиоклаза и магнетита. 120 ×. Ник. +

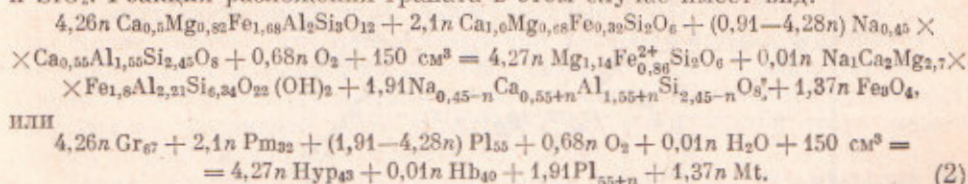
ние реакционных оторочек, поскольку в породах с такими оторочками существует редкая возможность видеть одновременно начальные и конечные минералы реакций. Изучение реакционных кайм, встречающихся в породах Алданского щита и описанных в литературе в других районах, приводит к заключению о существовании в гранатсодержащих основных кристаллических сланцах реакционных соотношений двух типов. В одной разновидности хорошо заметны изменения состава минералов, в другой такие изменения не устанавливаются.

Первая разновидность распространена в сравнительно маломинеральных породах и описана многими исследователями (^{1, 2, 7, 4}). Типичным при-

мером ее являются симплектиты р. Сутам. Здесь в основных кристаллических сланцах, сложенных (обр. № 88—1) гранатом ($N = 1,775 \pm 0,004$), клинопироксеном ($N_g = 1,723$, $N_p = 1,697 \pm 0,003$), гиперстеном ($N_g = 1,749$, $N_p = 1,706 \pm 0,003$), плагиоклазом ($N_g = 1,565 \pm 0,002$) и магнетитом, крупные зерна граната имеют симплектитовые оторочки из плагиоклаза ($N_g = 1,576$), мелких зерен гиперстена и магнетита (рис. 1). С учетом только последних трех минералов реакция распада граната в этой породе, согласно правилу фаз, в общем случае может быть рассчитана только при трех виртуальных инертных компонентах. Минералы же сложены семью главными компонентами: SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O и O_2 . При таком расчете четыре компонента, вероятнее всего O_2 , Na_2O , CaO и SiO_2 , следовало бы считать вполне подвижными. Реакция разложения граната в этом случае должна иметь вид:



На основании аналогичных рассуждений некоторые исследователи приходят к выводу о значительном количестве вполне подвижных компонентов при разложении и образовании граната в основных кристаллических сланцах. В изученном случае с подобным выводом, однако, нельзя согласиться. Допущение о вполне подвижном поведении SiO_2 , CaO и Na_2O справедливо при рассмотрении лишь в масштабе одной оторочки. Но уже при рассмотрении в масштабе шлифа выясняется, что зерна клинопироксена также участвуют в реакции, замещаясь по краям более мелкими зернами гиперстена (рис. 1) и компенсируют дефицит CaO , возникающий при разложении граната. Плагиоклаз, развивающийся в симплектите, судя по показателям преломления, является значительно более основным (№ 77), чем первичный плагиоклаз (№ 55); при этом зерна последнего по краям замещаются битовинитом № 77 (см. рис. 1), восполняя недостаток Na_2O , возникающий при распаде граната. Устанавливается также, что роговая обманка (после граната — наиболее недосыщенный кремнекислотой минерал), как и гиперстен, замещает по краям зерна клинопироксена, компенсируя дефицит SiO_2 , образующийся при разложении граната. Таким образом, детальное изучение взаимоотношений всех минералов и учет изменений их состава приводит к заключению об инертном поведении при образовании изученных оторочек не только MgO , FeO , Al_2O_3 , но и CaO , NaO и SiO_2 . Реакция разложения граната в этом случае имеет вид:



Типичным представителем второй разновидности реакционных оторочек, при образовании которых состав минералов существенно не менялся, являются кельфитовые каймы граната, изученные в обр. № 331/1 из бассейна среднего течения р. Учур. Здесь, в основном гнейсе, сложенном гранатом ($N = 1,800$), клинопироксеном ($N_g = 1,745$, $N_p = 1,726$), роговой обманкой ($N_g = 1,720$, $N_p = 1,696$), гиперстеном ($N_g = 1,765$, $N_p = 1,745$), плагиоклазом ($N_g = 1,550$, $N_p = 1,543$), кварцем, магнетитом и ортоклазом, в антиинертитовых вростках присутствуют оторочки граната на контакте плагиоклаза с магнетитом, гиперстеном и клинопироксеном (рис. 2).

* Здесь и далее: Gr — гранат, Нб — роговая обманка, Hур — гиперстен, Mt — магнетит, Pl_{77} — плагиоклаз и его номер, Pm — клинопироксен, Q — кварц, индексы у символов темноцветных минералов обозначают частную железистость $\text{FeO} / (\text{FeO} + \text{MgO})$ (%), n — приращение основности плагиоклаза.

Вокруг роговой обманки таких оторочек не обнаружено; наоборот, сама роговая обманка, как и гранат, нередко развивается на контакте плагиоклаза с магнетитом (рис. 2). Семь минералов, участвующих в реакции, свидетельствуют об инертном поведении шести компонентов: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , FeO и Na_2O . Калий при образовании рассматриваемых оторочек, ви-

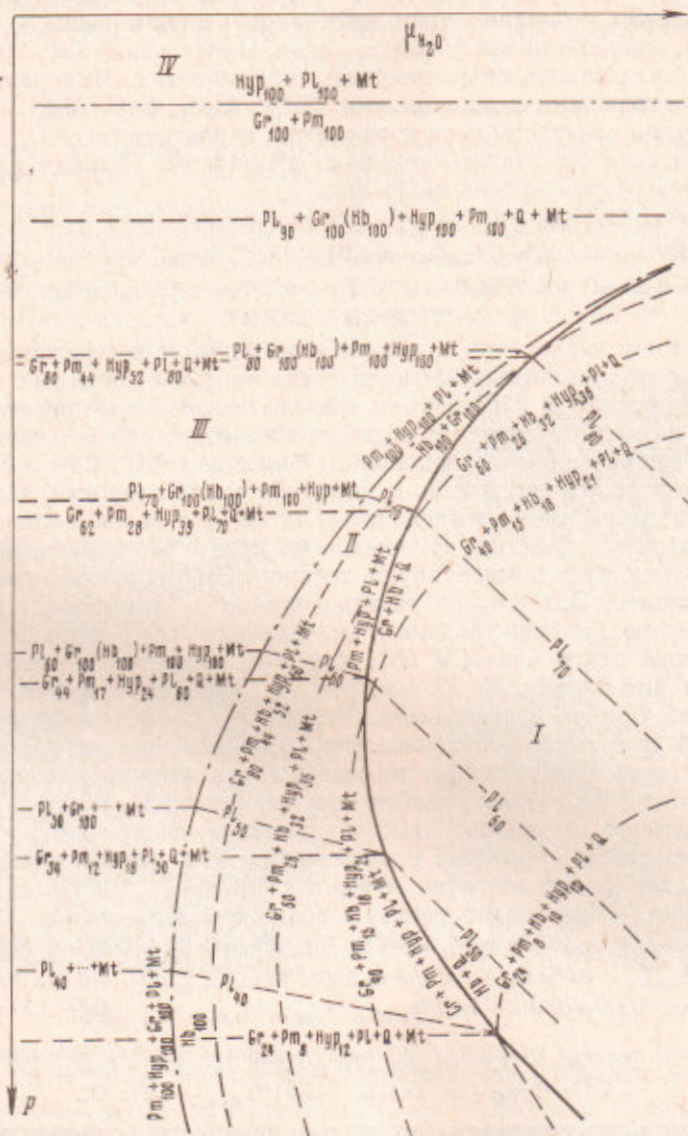
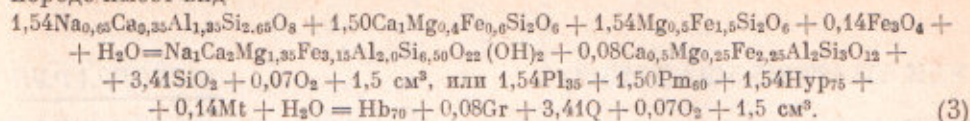


Рис. 3. Диаграмма давление — химический потенциал воды для основных кристаллических сланцев. Прерывистые линии, обозначенные индексом плагиоклаза, — это линии постоянного состава плагиоклаза в парагенезисах: поле I — $\text{Cr} + \text{Pm} + \text{Hb} + \text{Hup} + \text{Pl} + \text{Q}$, II — $\text{Cr} + \text{Pm} + \text{Hb} + \text{Hup} + \text{Pl} + \text{Mt}$

димо, играл роль обособленного инертного компонента, поскольку он входит в состав единственной фазы — ортоклаза. При детальном изучении рассматриваемой породы не обнаружено изменений состава плагиоклаза и железистости темноцветных минералов на контакте с гранатом, что вполне закономерно, поскольку большое количество минералов в породе обуславливает компенсацию возникающего в ходе реакции избытка или дефицита

каких-либо инертных компонентов простым изменением количественных соотношений между минералами. Реакция образования граната в этой породе имеет вид



Соотношение исходных и конечных продуктов в этой реакции, как и в предыдущей, полностью соответствует взаимоотношению минералов в шлифах, что указывает на правильность положенного в основу расчетов соотношения инертности — подвижности химических компонентов.

Таким образом, изучение оторочек свидетельствует об инертности поведения главных химических компонентов — SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , MgO , CaO и Na_2O — при образовании и разложении граната в основных кристаллических сланцах. Из этого следует важный вывод, что такие процессы не связаны с явлениями метасоматоза, а должны быть обусловлены изменением главных факторов метаморфизма — давления, температуры, химического потенциала воды, а также, возможно, химического потенциала кислорода. Д. С. Коржинский⁽²⁾ и А. А. Маракушев⁽⁷⁾ показали, что химический потенциал воды при метаморфизме находится в определенной зависимости от температуры, поэтому в первом приближении можно учитывать один фактор — химический потенциал воды, влияние которого, в отличие от температуры, легко учесть путем расчета. Влияние химического потенциала кислорода, судя по небольшим коэффициентам при кислороде в реакциях (2) и (3), невелико, и им можно пренебречь. Следовательно, устойчивость граната в основных породах должны определять два главных фактора — давление и химический потенциал воды (температура). Влияние этих факторов на устойчивость минеральных парагенезисов и состава минералов в основных кристаллических сланцах гранулитовой фации иллюстрируется на диаграмме давление на твердую фазу — химический потенциал воды ($P - \mu_{\text{H}_2\text{O}}$), построенной по методу Д. С. Коржинского и А. А. Маракушева (рис. 3).

Как можно видеть на диаграмме, основность плагиоклаза в парагенезисах $\text{Gr} + \text{Pm} + \text{Hb} + \text{Hур} + \text{Pl} + \text{Mt}$ и $\text{Gr} + \text{Pm} + \text{Hур} + \text{Pl} + \text{Q} + \text{Mt}$ сильно зависит от давления, уменьшаясь с его ростом. В самом глубинном на Алданском щите комплексе бассейна р. Сутам⁽⁷⁾ в этих парагенезисах действительно присутствуют наиболее кислые плагиоклазы (№№ 49—53), тогда как в менее глубинном комплексе центральной части щита плагиоклазы этих же парагенезисов более основные (№№ 60—85). Из диаграммы также следует, что при уменьшении давления гранат становится неустойчив как в ассоциации с роговой обманкой, так и с клинопироксеном (поле IV на рис. 3). Отсутствие граната в основных гиперстенсодержащих породах на Алданском щите характерно для его западной части, являющейся по другим данным наименее глубинной.

Таким образом, приведенная диаграмма может быть использована для сравнительной оценки глубинности метаморфических комплексов гранулитовой фации.

Институт геологии Якутского филиала
Сибирского отделения Академии наук СССР
Якутск

Поступило
1 XII 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. С. Коржинский, Тр. Инст. геол. наук, 61, (1945). ² Д. С. Коржинский, Физико-химические основы анализа парагенезисов минералов, М., 1957.
³ С. П. Кориковский, Метаморфизм, гранитизация и постмагматические процессы в докембрии удокано-становой зоны, М., 1967. ⁴ Е. А. Кулиш, ДАН, 181, № 1 (1968). ⁵ Б. Г. Лутц, Петрология гранулитовой фации Анабарского массива, М., 1964. ⁶ Б. Г. Лутц, Геология руды месторожд., 7, № 5 (1965). ⁷ А. А. Маракушев, Проблемы минеральных фаций метаморфических и метасоматических горных пород, М., 1965. ⁸ А. А. Маракушев, Ю. К. Полин, Геология и геофизика, № 1 (1962). ⁹ В. И. Шулдинер, Изв. АН СССР, сер. геол., № 12 (1966).