

Ю. Н. КОЛЕСНИК, Э. С. ГУЛЕЦКАЯ

СОСТАВЫ КАЛЬЦИЕВЫХ АМФИБОЛОВ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МЕТАСОМАТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ГАББРО-ПЕРИДОТИТОВЫХ МАССИВАХ УРАЛА

(Представлено академиком В. С. Соболевым 30 VI 1969)

В большинстве габбро-перидотитовых массивов Урала широко известен ((^{2, 3, 5}) и др.) комплекс метасоматических, преимущественно апогаббро-вых образований, состоящих из роговообманковых и кальцево-силикатных пород. Среди них можно выделить два типа метасоматической зональности, различающихся между собой по набору минералов. Первый тип (шпинель-

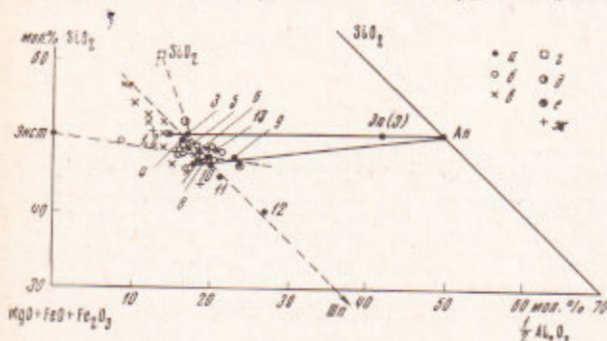


Рис. 1. Составы роговых обманок: а — роговые обманки из амфиболитов Борзовского габбро-перидотитового массива; б — то же для других габбро-перидотитовых массивов Платиновосного пояса и Северного Урала (^{1-3, 5}); в — роговые обманки из метасоматического ореола габбро-перидотитовых массивов (^{7, 9}) (крестики, расположенные ниже линии РОЗ — ЭПЗ — ПЛ₁₀₀ соответствуют роговым обманкам из внутренних частей тех же массивов (^{7, 8})); г — оливковое габбро по Дзели; д — роговая обманка из «рубашки» жадеитового тела (²); е — роговые обманки, замещающие гипербазиты (^{3, 5}); ж — роговые обманки из Качканарского массива (⁶)

содержащий) весьма характерен для Борзовского габбро-перидотитового массива, в котором располагаются известные месторождения корундовых плагиоклазитов (район г. Кыштым, Урал), но почти отсутствует в остальных массивах. К первому типу относится следующая последовательность зон*: 1) Ф + Гр + Эп; 2) РО + Эп + (Шп, Пл); 3) РО + Шп; 4) Шп + Би; 5) Шп + Кор.

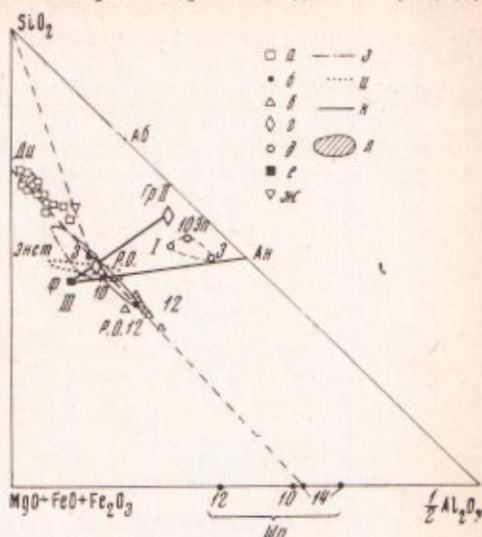
Второй тип метасоматической зональности: 1) Ди + (Пл, Эп); 2) РО + (Пл, Би, Эп); 3) Пл + (Би). Подобный состав зон широко

распространен, как известно, в метасоматитах из габбро-перидотитовых массивов Урала. Встречается он и в Борзовском массиве, однако здесь его роль второстепенна по сравнению с метасоматической зональностью первого типа.

Указанные различия в метасоматической зональности и парагенезисах определяют и различия в химических составах роговых обманок (в частности, их глиноземистость). На рис. 1, на котором показана часть системы Mg, Fe — Al — Si, нанесены составы роговых обманок из Борзовского месторождения (а) по данным химических анализов, выполненных одним из авторов. В расположении фигуративных точек отчетливо видны две тенденции. Первая группа (1—6, 8, 10—12) вытягивается вдоль линии, практически параллельной ребру Al—Si. Вторая группа (7, 9, 13) тяготеет

* Здесь и далее приняты обозначения: Ди — диопсид; Ф — фэссайт, Гр — грассуляр (андрадит); Эп — эпидот; Пл — плагиоклаз; РО — роговая обманка; Шп — шпинель; Би — биотит; Кор — корунд; Эпст — энстатит.

Рис. 2. Средние составы, а — моноклинные пироксены из габбро-перидотитовых массивов Платинопосного пояса и б — роговые обманки из Борзовского месторождения; в — некоторые биотиты Борзовского месторождения, химические анализы которых, так же как и других минералов, выполнены одним из авторов (Э. С. Гулецака) (Би 12 — находится в ассоциации со Шп 12 и располагается в непосредственной близости от зоны, сложенной РО 12 + Шп; Би 9 — находится в ассоциации с Пл₁₀₀ и участвует в зональности диффузионного типа); г — андрадиты из кальциево-силикатных пород Борзовского месторождения; д — эпидоты из следующих паргенезисов: 1Эп + Ди + Пл₁₀₀; 10Эп + РО10 + Шп10; 3Эп + РО3 + Пл₁₀₀; е — фассанит из кальциево-силикатных пород Борзовского месторождения (Ф + Гр + Эп); ж — оливиновое габбро по Дэли; з — область составов роговых обманок из метасоматических ореолов габбро-перидотитовых массивов (см. рис. 1); и — то же для роговых обманок основной массы габбро-перидотитовых массивов Урала; к — то же для роговых обманок из Борзовского месторождения; л — область составов монопироксенов из метасоматических ореолов габбро-перидотитовых массивов (7, 9)



к линии, близкой по направлению к ребру Mg, Fe—Al. Выявляются, таким образом, два основных типа изоморфных замещений, которые сопровождают повышение глиноземистости роговой обманки, причем для каждого из них характерно определенное отношение Al^{IV}/Al^{VI} (см. рис. 3). Последнее обстоятельство свидетельствует о некоторой независимости в поведении глинозема из четверной и шестерной координации при изоморфных замещениях в роговой обманке, на что указывалось ранее (4). В первой группе, куда относятся все амфиболы из зональности первого типа, преобладает замещение $NaAl^{IV} \rightarrow Si$. Сюда попадают также амфиболы из более редких паргенезисов с кордиеритом, апатитом (до 60%). Их появление приводит к новым модификациям в зональности первого типа. Паргасит (12) из разреза, содержащего корунд, является наиболее глиноземистым членом в данном ряду. Амфиболы второй группы, где существенная роль отводится замещениям среди компонентов из шестерной координации, участвуют в зональности второго типа.

Подобное же разбиение проанализированных роговых обманок из Борзовского месторождения происходит по их оптическим свойствам (см. рис. 4). Обе кривые ($2V$, N_g), изображенные на рис. 4, находятся в пределах обычного разброса точек на диаграммах состав — свойство.

Нетрудно заметить (см. рис. 1), что изменения в химических составах роговых обманок (б) из других габбро-перидотитовых массивов Урала (Платинопосный пояс, Северный Урал) повторяют упомянутые выше тенденции в расположении фигуративных точек. Повторяются и закономерности в соотношениях глинозема из четверной и шестерной координации (см. рис. 3). Исключение составляет только роговая обманка из «рубашки» жадеитового тела (5) (рис. 3Б), повышение содержания глинозема (VI) в которой связано с аномально высоким давлением (4).

Весьма примечательна область «сочленения» двух основных линий изменения химических составов роговых обманок на рис. 1, где отношение $Al/(Mg+Fe)$ равно таковому в исходном габбро (на рис. 1 и 2 использован средний состав оливинового габбро по Дэли). Наиболее распространенный процесс амфиболизации, следовательно, заключается в выносе крем-

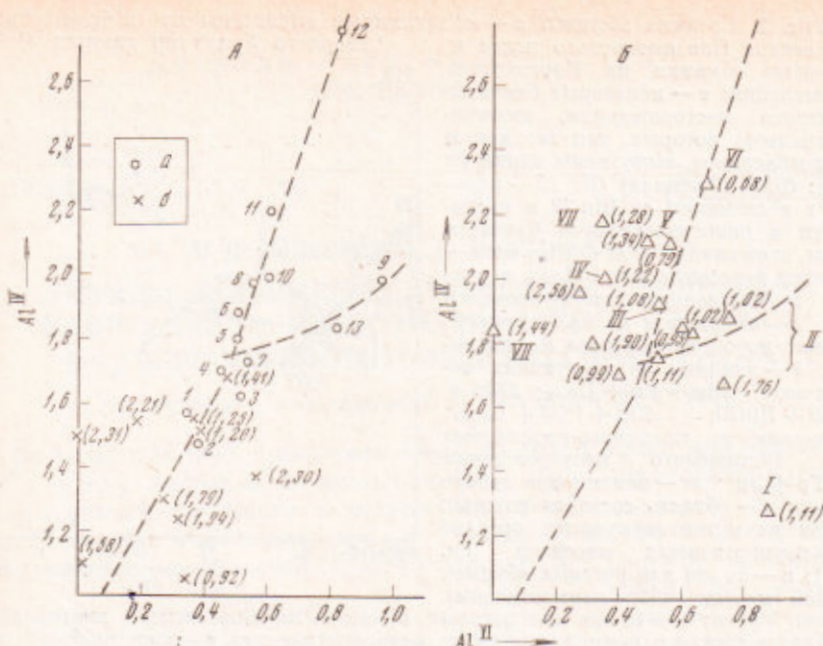


Рис. 3. Соотношение алюминия в четверной и шестерной координации. А — для роговых обманок из Борзовского месторождения (а) и из метасоматических ореолов габбро-перидотитовых интрузий по данным (7-9) (б) (в скобках показана сумма железа в кристаллохимической формуле). Б — для роговых обманок из габбро-перидотитовых массивов Платинозонального пояса и Северного Урала (1-3, 5, 6). Главнейшие ассоциации: I — «рубашка» жадеитового тела (2); II — PO + Пл (1-3, 5); III — рогово-обманковый пироксенит (1); IV — прожилки в дуните (5); V — габбро-пегматиты (2); VI — прожилка в дуните (2); VII — роговообманковые пироксениты, Качканарский массив (6). Пунктирная линия та же, что на рис. 1

незема из исходного габбро. Дальнейшее развитие метасоматической десиликации, сопровождающееся повышением величины $Al/(Mg + Fe)$ в роговых обманках, происходит по двум главным направлениям. Как показывает анализ метасоматической зональности, они различаются между собой степенью подвижности кремнезема, что по-видимому, и определяет степень его участия в изоморфных замещениях среди метасоматических амфиболов.

В метасоматическом процессе первого типа (назовем его условно инфильтрационным) кремнезем наиболее подвижен. Будучи вытесненным из области реакций с исходной породой, он фиксируется с понижением температуры в виде альбито-кварцевых или чисто кварцевых жил, сопровождающих амфиболиты этого типа. Основной причиной метасоматической десиликации является, по-видимому, повышенная основность среды, вообще свойственная окружающим гипербазитам, которая стимулирует растворимость кремнезема как кислотного компонента. В более кислотной обстановке кремнезем осаждается, о чем весьма убедительно свидетельствуют химические составы роговых обманок из метасоматического экзоконтактового ореола габбро-перидотитовых интрузий (7-9), которые продолжают на рис. 1 «инфильтрационную» линию в область с высокими содержаниями кремнезема.

На рис. 2 видно, что «инфильтрационная» линия имеет реальное значение для процесса метасоматической десиликации в габбро-перидотитовых массивах на различных температурных этапах. Повышение глиноземистости моноклинных пироксенов заканчивается составом фассаита из Борзовского месторождения. Вместе с тем, последовательное понижение Si/Al

в роговых обманках заканчивается появлением биотитов (12) из ассоциации со шпинелью в разрезах, содержащих корунд.

Для второго направления метасоматической десиликации (с некоторыми оговорками его можно назвать диффузионным) характерна сравнительно низкая подвижность кремнезема. Процесс понижения Si/Al в роговых обманках из диффузионной зональности вполне может быть описан в пределах системы $Mg, Fe - Si - Al$ реакцией: Энст + $PO_{Al>n} \rightleftharpoons PO_{Al=n}$. Перемещение молекулы энстатита, которая фиксируется в виде энстатитовой

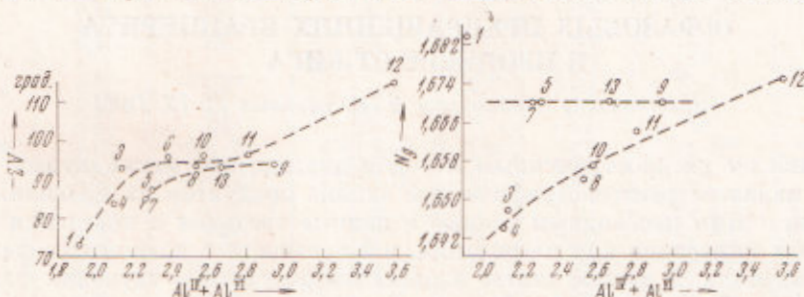


Рис. 4. Зависимость N_g и $2V$ от суммарного алюминия в роговых обманках из амфиболитов Борзовского габбро-перидотитового массива

экзоконтактной оторочки (она окружает, например, метасоматиты диффузионного типа на Борзовском месторождении), смещает реакцию влево.

Фигуративные точки роговых обманок из большинства габбро-перидотитовых массивов Урала тяготеют на рис. 1 к линии диффузионного типа, что вполне соответствует наиболее распространенной метасоматической зональности, о которой говорилось выше. Появление роговых обманок в экзоконтактных областях, где они развиваются по гипербазитам, требует наименьшей дифференцированности в подвижности компонентов, хотя и в данном случае некоторая десиликация имеет место, насколько можно судить по химическим составам подобных роговых обманок (^{3,5}) (рис. 1), которые обогащены глиноземом по сравнению с прочими роговыми обманками из амфиболитов.

Отличительной чертой метасоматической десиликации в Борзовском габбро-перидотитовом массиве является ее повышенная интенсивность (определяющая роль здесь отводится инфльтрационной десиликации). В высокотемпературную стадию она продвинулась до образования кальциево-силикатных пород, парагенезисы которых очерчены контурами на рис. 2, т. е. достигла тех составов, которые в большинстве габбро-перидотитовых массивов Урала достигались лишь в более позднюю (среднетемпературную) стадию. Инфльтрационная десиликация продолжалась и в среднетемпературную стадию, дав необычно высокоглиноземистые паргаситы и биотиты в парагенезисе со шпинелью.

Промежуточное положение по степени интенсивности метасоматического процесса, судя по общему объему проявления метасоматитов и по составу роговых обманок (рис. 1), занимает Качканарский массив (⁶).

Поступило
12 VI 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. Ф. Борисенко, Редкие и малые элементы в гипербазитах Урала, «Наука», 1966. ² О. А. Воробьева, Н. В. Самойлова, Е. В. Свешникова, Тр. Инст. геол. рудн. месторожд., петрогр., минерал. и геохим., в. 65 (1962). ³ А. А. Ефимов, Л. П. Ефимова, Матер. по геол. и полезн. ископ. Урала, в. 13 (1967). ⁴ Е. А. Kostyuk, V. S. Sobolev, Lithos, 2, № 1 (1969). ⁵ В. Ф. Морковкина, Габбро-перидотитовая формация Полярного Урала, «Наука», 1967. ⁶ В. Г. Фомин, П. И. Самойлов и др., Пироксениты Качканара, Свердловск, 1967. ⁷ G. A. Challis, J. Petrol., 6, № 3 (1965). ⁸ D. H. Green, J. Petrol., 5, № 1 (1964). ⁹ D. H. Green, J. Geol., 72, № 5 (1964).