

УДК 552.1:543.6:552.321.1

ПЕТРОГРАФИЯ

Е. Л. МОСКАЛЕВ

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПОСЛЕМАГМАТИЧЕСКОГО
МЕТАСОМАТИЗМА ГРАНИТОИДОВ НОРМАЛЬНОЙ ЩЕЛОЧНОСТИ
В СВЯЗИ С ИХ РУДОНОСНОСТЬЮ (НА ПРИМЕРЕ ГЕРЦИНСКИХ
ГРАНИТОИДОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА)**

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 2 X 1975)

Для понимания высокотемпературного метасоматизма весьма важно экспериментально подтвержденное (^{1, 2}) положение Д. С. Коржинского (³⁻⁵) об эволюции процесса при прохождении в потоке растворов волны кислотности, зависящей от основности — кремнекислотности пород и щелочнометальности растворов. Критерием кислотности — щелочности метасоматирующих растворов служат реакции замещения минералов.

Наиболее распространенным в гранитоидах является пятиминеральный парагенезис $Kв+Пл+Кпш+Би+Мс^*$, который пополняется хлоритом и магнетитом. Развитию альбита или эпидота обычно сопутствует замещение биотита, а иногда и калишпата, хлорита и мусковита. Это позволяет сделать вывод, что возможной устойчивой ассоциацией измененных гранитоидов с максимальным числом минералов является семиминеральный парагенезис $Kв+Пл+Кпш+Би+Мс+Хл+Мт$, который очевидно, и следует рассматривать в качестве невариантного. Составы (вес. %) сложных минералов последнего определены химическим анализом (табл. 1).

На основании этих данных составлена матрица (табл. 2) для расчета пучковой диаграммы (рис. 1, 2).

Согласно правилу фаз Гиббса — Коржинского, при пяти инертных компонентах (SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , FeO и CaO), произвольных постоянных температуре и давлении, при особых независимых значениях химических потенциалов воды и щелочей моновариантная система, отвечающая линиям равновесия, включает 6 фаз. Расчеты, выполненные методом упрощенного вычисления определителей, предложенным Л. Л. Перчуком (⁶), дали моновариантные реакции, приведенные в табл. 3. По этим реакциям построены диаграммы зависимости парагенезисов измененных гранитоидов от химических потенциалов воды и щелочей, где минеральные фации обозначены одними и теми же римскими цифрами (рис. 1 и 2), ассоциации показаны при помощи парагенетических колец.

Используя принцип кислотно-основного взаимодействия Д. С. Коржинского (^{7, 8}), вариации состава биотита, значение которого в качестве индикатора pH обосновано А. А. Маракушевым (⁹), а также экспериментальные данные Н. Ф. Челищева (¹⁰), устанавливаем, что самая высокая кислотность растворов достигается при формировании парагенезисов фации I. Максимальную щелочность проявляют растворы, способствующие становлению гранитоидов фации III. Остальные фации характеризуются промежуточными значениями pH.

Оценка температуры по двуполевошпатовому и биотит-мусковитовому геотермометрам (¹¹) показала, что наиболее высокие значений, 560—620°, она достигает в биотитовых гранитах фации III, слагающих основной объ-

* Принятые нами сокращения минералов: Кпш — калишпат, Пл — плагиоклаз № 20, Кв — кварц, Би — биотит, Мс — мусковит, Хл — хлорит, Мт — магнетит.

Таблица 1 *

Минерал	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	П.п.п.	F	Сумма
Би	33,53	2,70	19,04	2,15	21,04	7,27	0,36	6,74	0,24	1,58	5,04	0,35	100,02
Мс	47,81	0,98	32,45	1,12	0,57	0,47	0,02	9,60	1,12	0,82	4,28	0,32	99,56
Хл	25,12	0,93	21,97	1,89	32,95	7,54	0,30	0,66	0,12	0,25	8,92	—	100,65
Пл								2,00	7,32	3,81			
Кпш								8,72	4,15	0,95			

* Аналитики — Л. Г. Беломытцева, И. В. Егорова (Центральная химическая лаборатория Северо-Кавказского геологического управления).

Таблица 2

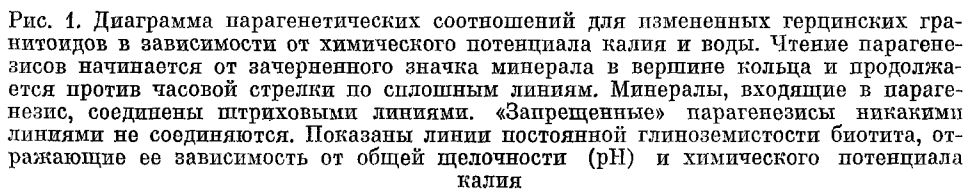
№№ п.п.	Фаза	Инертные компоненты					Вполне подвижные компоненты		
		Si	Al	Mg	Fe	Ca	0,5K ₂ O	0,5H ₂ O	0,5Na ₂ O
1	Кпш	2,9	1,1	0	0	0,1	0	0,6	0,3
2	Пл	2,8	1,2	0	0	0,2	0	0,1	0,7
3	Кв	1,0	0	0	0	0	0	0	0
4	Би	2,7	1,8	1,0	1,5	0,1	1,7	0,7	0
5	Мс	3,2	2,6	0,1	0,1	0	2,0	0,8	0,2
6	Хл	1,3	1,4	0,6	1,6	0	4,0	0	0
7	Мт	0	0	0	3,0	0	0	0	0

Таблица 3

№№ п.п.	Символ	Реакции, рассчитанные по данным матрицы	α _{Na₂O}	β _{H₂O}
1	(Кпш)	0,351Пл+1,488Хл+0,322Кв+0,396 (K ₂ O) = 0,701Би+ +0,420Мс+0,577Мт+0,081 (Na ₂ O) +1,98 (H ₂ O)	11°30'	78°42'
2	(Пл)	0,351Кпш+0,759Хл+0,149 (K ₂ O) = 0,351Би+ +0,248Мс+0,296Мт+0,145Кв+0,042 (Na ₂ O) + +0,944 (H ₂)	15°40'	81°02'
3	(Би)	0,701Кпш+0,03Хл+0,09 (H ₂ O) = 0,351Пл+0,150Мс+ +0,014Мт+0,612Кв+0,0977 (K ₂ O) +0,0023 (Na ₂ O)	-13°51'	42°39'
4	(Мс)	0,284Пл+0,300Хл+0,435Кв+0,1435 (K ₂ O) = =0,420Кпш+0,150Би+0,115Мт+0,0154 (Na ₂ O) + +0,4762 (H ₂ O)	6°08'	73°10'
5	(Хл)	0,759Пл+0,300Мс+1,311Кв+0,224 (K ₂ O) + +0,0020 (Na ₂ O) = 1,488Кпш+0,03Би+0,005Мт+ +0,2753 (H ₂ O)	-0°30'	50°50'
6	(Мт)	0,296Пл+0,115Мс+0,509Кв+0,095 (K ₂ O) + +0,003 (Na ₂ O) = 0,755Кпш+0,014Би+0,005Хл+ +0,0935 (H ₂ O)	-0°10'	43°30'
7	(Кв)	0,612Би+0,435Мс+0,509Мт+0,0716 (Na ₂ O) + +1,6821 (H ₂ O) = 0,332Кпш+0,145Пл+1,311Хл+ +0,3004 (K ₂ O)	13°23'	79°55'

ем массивов ранне- и позднегерцинских гранитоидов. Несколько ниже, 570—600°, она оказалась в двуслюдяных гранитах фации II, а в плагиогранитах фации I 520°. Самая низкая температура, 495—515°, определена в лейкократовых хлоритсодержащих разностях, отнесенных к фации V (см. рис. 2).

С учетом установленной ограниченной переменности состава минералов эти данные показывают, что регионально распространенные минеральные фации герцинских гранитоидов сформировались при доминирующем инфильтрационном метасоматозе в условиях температурного градиента 620—495° при прохождении волны кислотных компонентов в магматически замещенном субстрате. Среди раннегерцинских преобладают



1448

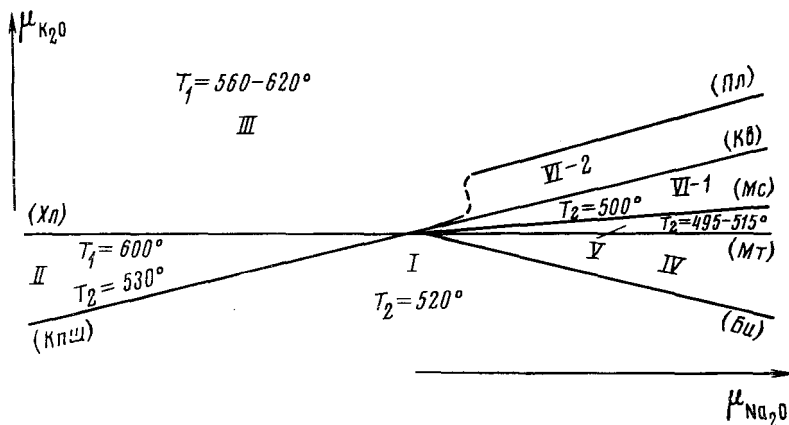


Рис. 2. Диаграмма парагенетических соотношений для измененных гранитоидов нормальной щелочности в зависимости от химических потенциалов калия и натрия. Обозначения, моновариантные реакции и парагенезисы см. на рис. 1. Натровость сосуществующих калишпатов и плагиоклазов соответственно. Поле II: 1) 25,3 и 76, $T_1=600^\circ$; поле III: 1) 18,3 и 65,3, $T_1=560^\circ$; 2) 19,3 и 62, $T_1=620^\circ$. Натровость сосуществующих биотита и мусковита соответственно. Поле I: 3,0 и 11,1, $T_2=520^\circ$; поле II: 5,1 и 14,4, $T_2=520^\circ$; поле V: 1) 7,8 и 14,4, $T_2=495^\circ$; 2) 4,4 и 12,5, $T_2=515^\circ$; поле VI: 1) 3,85 и 11,0, $T_2=500^\circ$

и сопряженному осаждению с позднегерцинскими гранитоидами связаны различные типы эндогенного оруденения.

Метасоматизм кислотной стадии выражен в образовании кварцево-полевошпатовых и кварцево-серицитовых метасоматитов, участков грейзенизации. В эту стадию (¹²) значительной концентрации достигают подвижные галоидно-водородные кислоты и галогениды щелочных металлов, благодаря чему в растворах накапливаются элементы, дающие устойчивые комплексные соединения, содержащие тантал, ниобий, олово, свинец, цинк и др. При разрушении комплексных соединений эти элементы способны концентрироваться в низкощелочных новообразованиях типа грейзенов, мусковитных пегматитов, кварцевых жил и пр., определяя металлогеническую специализацию гранитоидов.

Таким образом, составленные диаграммы, являясь основой для расчленения метасоматически измененных гранитоидов нормальной щелочности, дают возможность по наблюдаемой смене парагенетических ассоциаций качественно охарактеризовать режим кислотности — щелочности высокотемпературного метасоматизма и позволяют оценить масштабы благоприятствующих рудоотложению процессов.

За помощь и поддержку автор благодарит проф. Л. Л. Перчука.

Северо-Осетинская комплексная
геологоразведочная экспедиция
г. Орджоникидзе

Поступило
25 IX 1975

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. А. Жариков, Т. Н. Дюжикова, Э. М. Максакова, ДАН, т. 141, № 1 (1961).
- ² В. А. Жариков, Т. Н. Дюжикова, Э. М. Максакова, Изв. АН СССР, сер. геол., № 1 (1962).
- ³ Д. С. Коржинский, Докл. сов. геол. на Международн. геол. контр., Проблема «Гранито-гнейсы», Киев, 1960.
- ⁴ Д. С. Коржинский, В сб.: Проблемы кристаллохимии минералов и эндогенного минералообразования, 1967.
- ⁵ Д. С. Коржинский, В сб.: Проблемы метасоматизма, 1970.
- ⁶ Л. Л. Перчук, Физико-химическая петрология гранитоидных и щелочных интрузий Центрального Туркестано-Алая, «Наука», 1964.
- ⁷ Д. С. Коржинский, Изв. АН СССР, сер. геол., № 12 (1957).
- ⁸ Д. С. Коржинский, В сб.: Магматизм и связь с ним полезных ископаемых, 1960.
- ⁹ А. А. Маракушев, И. А. Тарарин, Изв. АН СССР, сер. геол., № 3 (1965).
- ¹⁰ Н. Ф. Челышев, ДАН, т. 175, № 5 (1967).
- ¹¹ Л. Л. Перчук, Термодинамический режим глубинного петрогенезиса, «Наука», 1973.
- ¹² И. Н. Говоров, В сб.: Физико-химические условия магматизма и метасоматоза, «Наука», 1964.