

А. А. АЛАБИНА, Н. В. АРНАУТОВ, Р. М. СЛОБОДСКОЙ

### ЭЛЕМЕНТЫ-ПРИМЕСИ В КОНТАКТОВЫХ РОГОВИКАХ ГРАНИТОИДНЫХ МАССИВОВ АЛТАЯ

(Представлено академиком Ю. А. Кузнецовым 16 VII 1969)

Выяснение особенностей химизма контактового метаморфизма, в том числе и поведения элементов-примесей, может пролить дополнительный свет на процессы формирования гранитоидных массивов. К сожалению, число работ, в которых рассматриваются вопросы распределения малых элементов в контактовых роговиках, пока чрезвычайно мало (1-4). К тому же в имеющихся описаниях сами гранитоиды охарактеризованы чрезвычайно скупо. В связи с этим в настоящее время не представляется возможным каким-либо образом связывать различия в поведении элементов-примесей в процессе контактового метаморфизма со способом формирования гранитоидных плутонов. Очевидно, что подобные выводы могут быть сделаны лишь после некоторого периода накопления фактов.

В предлагаемой статье приводятся данные о содержании V, Mn, Cr, Co, Zn и Pb в неизмененных породах и в роговиках, вмещающих гранитоидные массивы, расположенные в Центральном, Северо-Западном и Южном Алтае. Все массивы относятся к группе батолитовых и гранитоидных формаций по классификации Ю. В. Кузнецова (2) и весьма близки между собой по особенностям геологии и петрографии. Библиография работ, в которых есть сведения о строении, составе и возможном механизме образования плутонов, приведена в статье одного из авторов настоящего сообщения (3).

Массивы, сложенные гранитоидами повышенной основности и сформировавшиеся, судя по ряду признаков, путем магматического замещения на глубине 5—8 км, залегают в монотонных толщах песчано-алевролитовых пород. Вмещающие породы вблизи гранитоидных тел подверглись изменениям в полосе шириной от нескольких сотен метров до 1—2 км. Результатом контактовых изменений явилось образование роговиков, в состав которых входят кварц, плагиоклаз и биотит, а по мере приближения к массивам появляются кордиерит и иногда андалузит и гранат.

Пробы, в которых определялось содержание элементов-примесей, были отобраны по профилям от контактов гранитоидных массивов по роговикам до неизмененных вмещающих пород. Монотонность состава вмещающих пород позволила располагать профили независимо от строения изучаемых толщ, и они были проведены как по простиранию последних, так и под различными углами к нему. По роговикам, связанным с гранитоидными массивами, расположенными в Центральном Алтае, было отобрано 66 проб (6 профилей), в Северо-Западном Алтае 95 проб (7 профилей) и в Южном Алтае 29 проб (5 профилей). Пробы в каждом профиле отбирались через одинаковые расстояния. В зависимости от ширины контактового ореола и условий обнаженности интервалы между пробами в разных профилях принимались равными от 50 до 150 м.

Количественный спектральный анализ проб проводился на дифракционном спектрографе ДФС-13. Источником возбуждения спектра служила стабилизированная дуга переменного тока с  $I = 15$  а. Ширина щели спектрографа 0,025 мм. Эталоны и образцы фотографировались в тонких игольчатых электродах на пластинках СП-1 чувствительностью 4 ед.



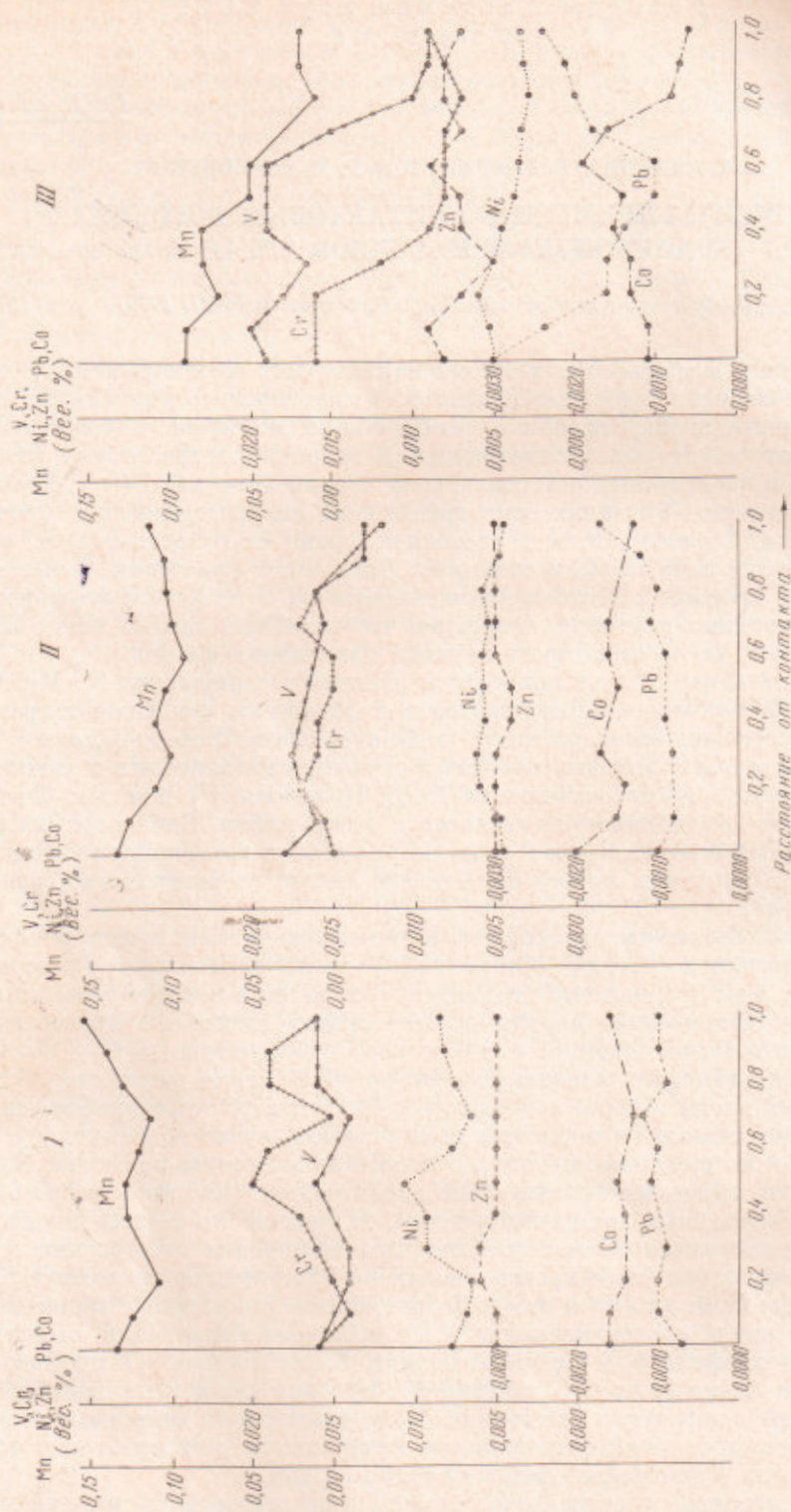


Рис. 4. Распределение элементов-примесей в роговиках грантоидных массивов различных районов Алтая. I — Центральный Алтай, II — Северо-Западный Алтай, III — Южный Алтай. Расстояние от контакта — в долях ширины контактного ореола



ГОСТ. Время экспозиции 2 мин. Линии данного элемента и фон около каждой из них фотометрировались при помощи микрофотометра МФ-2. Анализ проводился по методу 3 эталонов, градуировочные графики строились в координатах  $(\lg \frac{I_n}{I_\phi} - \lg C)$ .

Результаты анализов проиллюстрированы рис. 1 и табл. 1. На графиках, которые являются сводными для каждого района Алтая, изображено изменение средних содержаний элементов-примесей в зависимости от удаления от контакта гранитоидных плутонов. Для удобства составления

Таблица 1

Содержание элементов-примесей в песчано-алевролитовых породах и роговиках в различных районах Алтая\*

Элемент	Показатель	Центральный Алтай		Северо-Западный Алтай		Южный Алтай	
		роговика	неизмен. породы	роговика	неизмен. породы	роговика	неизмен. породы
V	$\bar{x}$	0,015	0,016	0,016	0,014	0,020	0,009
	$\sigma$	0,007	0,004	0,005	0,003	0,008	0,004
	$t_{05}$		0,48		1,61		2,71
	$F_{05}$		3,08		1,74		4,78
Mn	$\bar{x}$	0,12	0,14	0,13	0,10	0,14	0,06
	$\sigma$	0,06	0,11	0,07	0,05	0,05	0,04
	$t_{05}$		0,66		1,63		2,94
	$F_{05}$		3,44		1,67		1,68
Cr	$\bar{x}$	0,014	0,019	0,016	0,013	0,016	0,009
	$\sigma$	0,009	0,006	0,004	0,003	0,003	0,003
	$t_{05}$		1,88		2,70		4,16
	$F_{05}$		1,95		1,48		1,02
Ni	$\bar{x}$	0,0066	0,0082	0,0049	0,0048	0,0054	0,0032
	$\sigma$	0,0037	0,0034	0,0022	0,0010	0,0015	0,0011
	$t_{05}$		1,31		0,19		2,88
	$F_{05}$		1,16		4,56		1,96
Co	$\bar{x}$	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0011	0,0007
	$\sigma$	0,0008	0,0006	0,0008	0,0005	0,0005	0,0003
	$t_{05}$		0,40		0,51		1,70
	$F_{05}$		1,65		2,80		3,04
Zn	$\bar{x}$	0,005	0,005	0,005	0,005	0,009	0,008
	$\sigma$	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	$t_{05}$		0,0		0,0		0,8
	$F_{05}$		2,5		1,44		1,04
Pb	$\bar{x}$	0,0010	0,0010	0,0008	0,0012	0,0024	0,0021
	$\sigma$	0,0009	0,0005	0,0005	0,0008	0,0023	0,0013
	$t_{05}$		0,0		2,0		0,27
	$F_{05}$		2,5		2,45		3,11

Центр. Алтай      Сев.-Зап. Алтай      Южн. Алтай

\*  $t_{05}$  табличное

$F_{05}$  табличное

$n$  (рогов. и неизмен. породы)

2,04

2,01

2,23

2,41

2,15

5,05

16 и 16

21 и 21

6 и 6

единых графиков по нескольким профилям, различающимся между собой длиной и количеством проб, расстояние от контакта откладывалось по оси абсцисс не в абсолютных величинах, а в долях ширины контактового ореола.

В таблице сведены результаты расчетов, выполненных методами математической статистики для оценки достоверности различий в содержаниях элементов-примесей между неизмененными породами и роговиками внутренних частей контактовых ореолов. Для роговиков приведены данные, полученные при обработке проб, расположенных во внутренней  $\frac{1}{5}$  части ширины контактового ореола. Соответственно, за неизмененные



породы несколько условно приняты породы, охарактеризованные пробами, располагающимися во внешней  $\frac{1}{5}$  части длины профилей.

При рассмотрении рис. 1 и табл. 1 выявляются следующие особенности распределения элементов-примесей. В роговиках, окружающих гранитоидные плутоны Центрального Алтая, судя по графику, отсутствует какая-либо зависимость между содержанием аксессуарных элементов и расстоянием до контакта массивов. Различия между средними содержаниями всех проанализированных элементов в неизмененных и измененных породах, оцененные статистическими методами, оказались незначимыми. Это может быть использовано как основание для вывода об изохимическом (в отношении перечисленных элементов) характере контактового метаморфизма, которому подвергаются песчано-алевролитовые гольцы в процессе становления гранитоидных тел в Центральном Алтае. Правда, при ороговиковании вмещающих пород в них происходит некоторое перераспределение V, Mn, Zn и Pb, как об этом свидетельствуют высокие значения  $F$ -критерия.

При рассмотрении графика, иллюстрирующего средние содержания элементов-примесей в роговиках Северо-Западного Алтая, может быть обнаружена определенная тенденция к увеличению средних содержаний Mn, V, Cr и Co и к определенному уменьшению среднего содержания Pb в роговиках внутренних частей контактового ореола по сравнению с неизмененными вмещающими породами. Статистическая оценка этих различий, однако, показывает, что значимы они только для Cr. Тем не менее единая с Cr направленность изменений средних содержаний для тех элементов, которые родственны ему по своему геохимическому поведению (Mn, V, Co), и обратный характер изменений у Pb — элемента, чье поведение по отношению к упомянутым элементам является антагонистичным, позволяют предполагать, что эти изменения в совокупности могут быть не случайными.

Наиболее резко подобные изменения выражены в роговиках Южного Алтая, где средние содержания Mn, V, Cr и Ni существенно увеличиваются в контактово-измененных породах внутренней зоны по сравнению с исходными породами, причем для всех этих элементов различия оказываются статистически достоверными. Эти соотношения позволяют утверждать, что в Южном Алтае роговиковые преобразования песчано-алевролитовых пород на контактах гранитоидного плутона сопровождались накоплением в роговиках мафических аксессуарных компонентов. Наиболее естественным представляется предположение, что причиной такого обогащения является вынос во вмещающие породы соответствующих элементов из формирующегося магматического тела.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что, судя по поведению элементов-примесей, характер контактовых изменений одноименных песчано-сланцевых пород около аналогичных по способу образования гранитоидных плутонов может быть существенно различным. Около одних массивов контактовые преобразования не сопровождаются изменением средних содержаний аксессуарных элементов, тогда как роговики, возникающие на контактах других плутонов, существенно обогащаются некоторыми мафическими аксессуарными элементами.

Институт геологии и геофизики  
Сибирского отделения Академии наук СССР  
Новосибирск

Поступило  
28 VI 1969

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Р. Д. Гаврилин, Л. А. Певцова, Н. С. Классова, Геохимия, № 3 (1969).  
<sup>2</sup> Э. Л. Хорстман, Геохимия редких элементов, 1959. <sup>3</sup> Д. М. Шоу, Геохимия редких элементов, 1959. <sup>4</sup> J. S. Stevenson, Economic Geology, № 5 (1947).  
<sup>5</sup> R. C. Sinha, K. S. Dave, Trans. Mining, Geol. and Metallurg. Inst. India, № 1 (1964). <sup>6</sup> N. G. Ghoese, Geol. Rundschau, № 3 (1966). <sup>7</sup> Ю. А. Кузнецов, Главные типы магматических формаций, 1964. <sup>8</sup> Р. М. Слободской, ДАН, 173, № 1 (1967).