

А. Т. ХИТРУНОВ

## О ТИТАНИСТОСТИ БИОТИТОВ ГРАНИТОИДОВ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 14 V 1973)

Использование титанистости биотитов магматических и метаморфических пород для петрогенетических целей привлекает внимание многих исследователей ((<sup>1-4</sup>) и др.), которые почти единогласно утверждают, что титанистость биотитов возрастает с увеличением температуры минералообразования. Е. Н. Ушаковой (<sup>5</sup>) проведен корреляционный анализ между содержаниями главных элементов биотитов из различных фаций метаморфических пород. Достоверные корреляционные связи, как положительные, так и отрицательные в различных парагенезисах, наиболее часто устанавливаются между титаном и FeO, MgO и железистостью биотитов. На наличие взаимосвязи титанистости и железистости биотитов указывал также С. П. Кориковский (<sup>6</sup>), по данным которого при одной и той же температуре титанистость биотитов возрастает с ростом их железистости. К сожалению, во всех перечисленных работах титанистость биотитов рассматривалась без учета наличия других титаносодержащих минеральных фаз. Э. Я. Марченко и др. (<sup>7</sup>) при анализе распределения титана в сфенсодержащих гранитах приходят к выводу об увеличении содержания титана в биотитах с ростом их железистости.

Присутствие в магматических породах, помимо биотита, других титаносодержащих минералов (амфиболы, пироксены, гранаты) очень усложняет анализ зависимости условий концентрации титана в биотитах от внешних условий. Поэтому для решения этого вопроса в первом приближении рационально воспользоваться наиболее простым случаем, когда биотит ассоциирует с одним из титановых акцессорных минералов — с ильменитом или сфеном.

Совместно ильменит и сфен в магматических породах не образуют высоких концентраций; в то же время, для гранитоидов обычно характерен парагенезис магнетита со сфеном, но не с ильменитом (<sup>8</sup>).

Для анализа зависимости титанистости биотитов от их химизма был произведен корреляционный анализ между содержаниями титана и других основных компонентов 40 биотитов из биотитовых гранитов, для которых был также известен состав акцессорных минералов. Помимо материалов автора по Южному Казахстану и Северо-Востоку СССР, для сравнения привлекались данные работ (<sup>9-11</sup>). Наиболее высокие значения коэффициентов корреляции для титана устанавливаются с FeO, MgO и особенно с железистостью биотитов. При этом знаки коэффициентов корреляции с этими величинами для ильменитовых и сфен-магнетитовых гранитов имеют противоположные значения (табл. 1).

Из экспериментальных данных (<sup>12</sup>) известно, что железистость биотита зависит в основном от температуры и парциального давления кислорода. Увеличение этих параметров, при прочих равных условиях, приводит к образованию более магнезиальных биотитов. Исходя из того, что при постоянной активности кислорода вхождение титана в биотиты предопределяется в основном температурными условиями (<sup>1-4</sup>), следовало бы ожидать увеличения титанистости с уменьшением их железистости. Такие соотношения между титанистостью и железистостью биотитов характерны

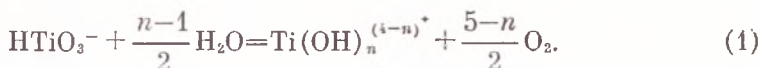
Содержание FeO, MgO и TiO<sub>2</sub> в биотитах из ильменитовых и сфен-магнетитовых гранитоидов

Биотиты из гранитоидов с ильменитом ( $ r_{0,05}  = 0,414$ ; $n = 22$ )					Биотиты из гранитоидов со сфеном и магнетитом ( $ r_{0,05}  = 0,433$ ; $n = 18$ )				
№ обр.	TiO <sub>2</sub>	FeO	MgO	$\frac{\text{FeO}}{\text{FeO}+\text{MgO}}$	№ обр.	TiO <sub>2</sub>	FeO	MgO	$\frac{\text{FeO}}{\text{FeO}+\text{MgO}}$
719	7,60	18,70	8,90	0,540	930	3,78	25,40	5,83	0,709
72	4,70	15,40	12,81	0,403	630	3,66	27,70	5,73	0,730
73	4,50	15,00	9,29	0,475	635	3,50	27,65	5,96	0,722
75	4,40	19,30	5,50	0,664	639	3,40	20,35	8,50	0,573
647	3,90	24,50	7,10	0,659	263	3,14	18,60	8,59	0,518
6	3,76	24,12	7,61	0,639	993	3,06	22,50	9,45	0,572
605	3,48	14,75	7,90	0,511	631	2,80	13,80	12,80	0,377
85	3,43	18,70	7,60	0,583	632	2,82	27,20	8,10	0,653
84	3,28	19,14	6,98	0,607	681	2,81	19,60	10,20	0,519
79	3,18	21,25	9,65	0,552	682	2,80	22,30	9,00	0,582
13	3,15	24,35	7,41	0,649	733	2,72	13,26	13,20	0,361
592	3,04	16,82	8,63	0,522	809	2,70	12,97	13,62	0,349
362	3,04	16,80	8,65	0,521	3	2,00	14,40	12,50	0,392
319	3,01	22,54	7,40	0,631	34	1,92	15,60	12,60	0,410
10	3,01	17,90	5,11	0,662	39	1,90	18,36	10,95	0,486
52	3,00	24,75	4,63	0,749	36	1,72	15,84	12,12	0,423
64	2,91	19,48	8,54	0,561	28	1,73	15,48	11,93	0,421
236	2,72	30,81	0,84	0,951	74	1,25	20,88	7,51	0,609
245	2,55	30,95	0,71	0,962					
129	2,33	24,80	3,97	0,779					
90	1,84	21,45	3,35	0,782					
190	0,60	25,66	6,50	0,689					
Коэф. коррел. с TiO <sub>2</sub>		—0,419	0,539	—0,645	Коэф. коррел. с TiO <sub>2</sub>		0,563	—0,631	0,564

для ильменитсодержащих гранитоидов. Не менее четкая корреляция между железистостью и титанистостью биотитов, но с обратным знаком, наблюдается для гранитоидов с магнетитом и сфеном.

При сравнении рассматриваемых групп гранитоидов в первую очередь обращает на себя внимание концентрация избыточного по отношению к биотиту железа в различной степени окисления — в виде магнетита и ильменита, что свидетельствует о различных окислительно-восстановительных условиях, которые могут быть заменены влиянием химического потенциала кислород-аниона (<sup>13</sup>).

Исходя из химических свойств титана, возможно предположить нахождение его в магматическом расплаве в виде ионов типа  $\text{Ti}(\text{OH})_n^{(4-n)+}$ ,  $\text{TiO}^{2+}$ ,  $\text{HTiO}_3^-$ , равновесие между которыми схематически может быть выражено как



Сравнительно высокая химическая активность кислорода при формировании гранитоидов с магнетитом, видимо, сдвигает реакцию (1) в сторону образования анионного комплекса. Титан в биотитах из гранитоидов обычно имеет шестерную координацию и, следовательно, играет роль катиона по отношению к алюмо-кремниевому радикалу. В связи с этим образование анионного комплекса титана должно препятствовать вхождению его в структуру биотитов, и титанистость биотитов в этом случае будет определяться, с одной стороны, температурными условиями, а с другой — концентрацией титана в магматическом расплаве в виде катионов. Сравнение содержаний титана в биотитах и гранитоидах с магнетитом

и сфеном показывает наличие отрицательных корреляционных связей между этими величинами, т. е. концентрация титана в биотитах для данного типа пород зависит не от валовой концентрации титана, а от окислительно-восстановительной обстановки среды минералообразования, оказывающей существенное влияние на форму нахождения титана в магматическом расплаве.

Сравнительно низкая активность кислорода при формировании гранитоидов с ильменитом предопределяет сдвиг реакции (1) в сторону образования катионных комплексов титана, вхождение которых в структуру биотитов будет предопределяться в основном температурными условиями. Сравнение содержаний титана в биотитах и гранитоидах с ильменитом показывает наличие положительной корреляционной связи между этими величинами. Это свидетельствует о том, что основная масса титана в расплаве находится в виде катионных комплексов и вхождение их в структуру биотита определяется главным образом температурными условиями минералообразования.

Институт геологии Якутского филиала  
Сибирского отделения Академии наук СССР  
Якутск

Поступило  
11 V 1973

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Д. А. Великославинский, В кн.: Региональный метаморфизм докембрийских формаций СССР, «Наука», 1965. <sup>2</sup> А. А. Маракушев, В кн.: Физико-химические проблемы формирования горных пород и руд, т. 1, Изд. АН СССР, 1961. <sup>3</sup> Р. И. Сироштан, В. И. Орса, Н. П. Щербак, Геол. журн., т. 25, в. 3 (1965). <sup>4</sup> J. Vergoogen, Am. J. Sci., v. 260, № 3 (1962). <sup>5</sup> Е. Н. Ушакова, Биотиты метаморфических пород, М., 1971. <sup>6</sup> С. П. Кориковский, ДАН, т. 160, № 1 (1965). <sup>7</sup> Э. Я. Марченко, О. Г. Чашка, Доп. АН УССР, Б. № 1 (1969). <sup>8</sup> В. В. Ляхович, Акцессорные минералы, «Наука», 1968. <sup>9</sup> И. С. Рожков, Г. А. Гринберг и др., Позднемезозойский магматизм и золотое оруденение Верхне-Инди́гирского района, «Наука», 1971. <sup>10</sup> Л. П. Свириденко, Петрология Салминского массива гранитов раппакиви в Карелии, Петрозаводск, 1968. <sup>11</sup> Геология и петрология гранито-гнейсовой области Юго-Западной Карелии, «Наука», 1969. <sup>12</sup> D. R. Wones, H. P. Eugster, Am. Mineral., v. 50, № 9 (1965). <sup>13</sup> Д. С. Коржинский, В кн.: Проблемы геохимии, «Наука», 1965.