

И. Т. РАСС, В. А. БОРОНИХИН, С. М. КРАВЧЕНКО

**ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ Mg, Fe, Ti, Ca и Na  
В РАЗЛИЧНЫХ ЗОНАХ КРИСТАЛЛОВ МОНОКЛИННОГО  
ПИРОКСЕНА И ФЛОГОПИТА ПОРОД КАРБОНАТИТОВЫХ  
КОМПЛЕКСОВ КАК КРИТЕРИЙ ИХ ГЕНЕЗИСА**

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 19 XII 1973)

При формировании гипабиссальных пород в результате фракционной кристаллизации возникает зональность породообразующих минералов, характер которой определяется соответствующими диаграммами плавкости. Фракционная кристаллизация является следствием большей скорости кристаллизации по сравнению со скоростью диффузии в твердой фазе; при этом предполагается, что осуществляется равновесие между поверхностным слоем твердых фаз и расплавом, состав которого непрерывно изменя-

Т а б л и ц а 1

Генезис	Порода	№ обр.	Минерал	Форма выделения	Массив, провинция
Магматический	Анкаратрит	97	Пироксен	Вкрапленник	Гулинский, Маймеча-Котуйская
	Ийолит	1229	Флогопит	»	
	»	193	»	Игольчатый идиоморфный кристалл	Ковдор, Карело-Кольская
	Карбонатит	845—1 *	»	Идиоморфный кристалл	
Метасоматический	Карбонатит		Флогопит	Вкрапленник	Одихинча, Маймеча-Котуйская влк. Кальянго Форт-Портала, Ю. Африка
	Нефелинизир. пироксенит	1288	Пироксен	Корродиров. нефелином кристалл	Ковдор, Карело-Кольская
	Карбонатизир. анкаратрит	81	»	»	Гулинский, Маймеча-Котуйская
	Карбонатизир. нефелин-пироксеновая	113	Флогопит	Порфиробласт	
			Пироксен	Зональный идиоморфный кристалл	Ковдор, Карело-Кольская
		Флогопит	Промежутки между зернами пироксена, нефелина		
Неясный	Карбонатизир. флогопит-оливиновая	25	»	Промежутки между зернами оливина, магнетита, апатита	То же
	Уртит	193а	Пироксен	Корродированный нефелином кристалл	Одихинча, Маймеча-Котуйская
	Меланитовая, нефелин-пироксеновая	318	»	»	То же

\* Образец любезно предоставлен А. А. Красновым.

Компо- нент	Флогопит			Пироксен				
	№ 97 *	краев. зона № 97	№ 81 *	центр № 97	центр № 845-1	центр № 1229	№ 113 *	краев. зона № 113
SiO <sub>2</sub>	35,76	35,29	37,40	51,86	51,87	52,06	47,90	51,94
TiO <sub>2</sub>	2,60	6,76	3,96	1,67	0,88	0,15	1,30	0,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,92	18,12	15,12	1,40	Не опр.	0,81	1,89	Не опр.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,95		2,47				7,62	
FeO	11,21	20,30	7,39	6,85	8,05	12,07	7,54	16,20
MnO	0,21	Не опр.	Сл.	Не определялось			0,50	Не опр.
MgO	15,98	8,34	20,31	15,25	12,82	11,26	8,52	8,49
CaO	1,60	0,21	0,36	22,41	23,38	20,15	21,97	20,55
Na <sub>2</sub> O	0,87	0,27	0,87	0,31	0,58	2,17	2,14	1,54
K <sub>2</sub> O	8,94	7,99	9,64	Не определялось			0,12	Не опр.
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	—		—				—	
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,95		2,53				0,25	
F	0,29		0,54					
O = F <sub>2</sub>	100,28		100,57					
	0,12		0,22					
	100,16	97,28	100,35	99,75	97,58	98,67	99,75	98,89
	(А. И. Гусева)	(В. А. Борони- хин)	(А. И. Гусева)	(В. А. Боронихин)			(Е. И. Ломей- ко)	(В. А. Борони- хин)
K	0,85	0,84	0,90					
Ca	0,13	0,02	0,03	0,89	0,96	0,82	0,94	0,85
Na	0,07	0,04	0,12	0,02	0,04	0,16	0,16	0,12
Mg	1,78	0,97	2,18	0,84	0,73	0,63	0,51	0,49
Fe <sup>2+</sup>	0,70	1,34	0,45	0,21	0,26	0,38	0,25	0,52
Fe <sup>3+</sup>	0,38		0,14				0,23	
Ti		0,40	0,20					
Al		0,43						
Al	1,05	1,24	1,28	0,06		0,04	0,04	
Si	2,68	2,76	2,70	1,93	1,99	1,97	0,09	2
Ti	0,15		0,02				1,91	
Fe <sup>3+</sup>	0,12							
O	10	10	10	6	6	6	6	6
F	0,07		0,13					
(OH)	0,98		1,22					

\* Выполнены традиционным методом полного силикатного анализа, остальные — на рентгеновском микроанализаторе.

ется и выравнивается со скоростью, большей чем скорость кристаллизации.

Корреляция между оптическими свойствами моноклинных пироксенов и флогопитов и их составом не однозначна, в отличие от плаггиоклазов и оливинов; поэтому только применение микросзонда позволяет количественно охарактеризовать их зональность.

Характер изменения индикаторных отношений главных компонентов в минералах магматических пород в общем описывается диаграммами плавкости: так, магнезиальность породообразующих минералов от центра кристалла к периферии должна понижаться в соответствии с большей тугоплавкостью магнезиальных минералов. Характер изменения индикаторных отношений главных компонентов в минералах метасоматических пород практически не изучен. Можно лишь предполагать, что он не должен определяться соотношениями плавкости минералов.

№ обр., минерал	Mg	Mg	Ti	2Na	Зона кристалла	Mg	Mg	Ti	2Na	№ обр., минерал
	Mg+Fe	Mg+ +Fe+ +Ti		Mg+Fe+Ti		2Na+ +Ca	Mg+Fe	Mg+ +Fe+ +Ti	Mg+ +Fe+ +Ti	
97, Пн	0,80	0,77	0,042	0,05	Центр. Промеж. Краев.	0,81	0,79	0,0153		81, Пн
	0,76	0,70	0,070	0,05		0,82	0,81	0,0148		
	0,68	0,61	0,096	0,05 0,26 *						
97, Фл	0,50	0,43	0,130		Центр. Краев.	0,84	0,79	0,058		81, Фл
	0,42	0,36	0,148			0,86	0,83	0,037		
845-1, Пн	0,60	0,58	0,028	0,31	Центр. Краев.	0,83	0,83	0,002	0,03	143, Пн
	0,57	0,54	0,049	0,31		0,38	0,38	0,009	0,21	
845-1, Фл	0,85	0,80	0,059		Центр. Промеж. Краев.	0,65	0,63	0,028		143, Фл
	0,82	0,77	0,062			0,72	0,70	0,023		
1229, Пн	0,62	0,62	0,005	0,30	Центр.	0,75	0,73	0,023	0,135	1288, Пн
	0,49	0,49	0,005	0,30	Промеж.	0,60	0,59	0,013	0,181	
			0,015					0,025		
	0,44	0,44	0,006 *	0,40 *	Краев.	0,53	0,52	0,033	0,394	
				Центр. Краев.	0,97 0,98					25, Фл
193, Пн	0,86	0,85	0,011	0,039	Центр.	0,81	0,79	0,025	0,056	193а, Пн
	0,80	0,79	0,013	0,040	Промеж.	0,84	0,83	0,028	0,090	
			0,022					0,055		
	0,71	0,70	0,006 *	0,076 *	Краев.	0,82	0,81	0,013	0,080	
				Центр. Промеж.	0,44 0,55 0,65 0,57			0,27 0,13		348, Пн
				Краев.	0,30			0,32		

\* В пределах зоны выделяется узкая подзона.

Таким образом, различия в изменении состава минералов по зонам, т. е. закономерные различия в микрораспределении компонентов, могут быть использованы в качестве генетических критериев (1). Информация о характере микрораспределения компонентов в породообразующих минералах метасоматитов открывает новые возможности в исследовании параметров и динамики метасоматических процессов.

Нами предпринята попытка уловить закономерности изменения отношений  $Mg/(Mg+Fe)$ ,  $Ti/(Mg+Fe+Ti)$ ,  $2Na/(2Na+Ca)$  при процессах магматической кристаллизации и при метасоматических процессах пидолитизации и карбонатизации, а также получить дополнительные генетические критерии для пород неясного генезиса. Кроме того, было проанализировано распределение  $Mg/(Mg+Fe)$ ,  $Ti/(Mg+Fe+Ti)$  между сосуществующими пироксенами и флогопитами в магматических и метасоматических породах, что дает возможность оценить температуры образования по пироксен-флогопитовому геотермометру Л. Л. Перчука (2). Анализы проводились на рентгеновском микроанализаторе MS-46 «Самеса».

Мы использовали методику исследования, заключающуюся в выделении элементарной ячейки кристаллизации, в каждой из которых рассматривается кристаллизация от центра (начала) кристаллизации до полной кристаллизации (заполнения интерстиций). Частным случаем является исследование по разрезу от центра минерала к периферии.

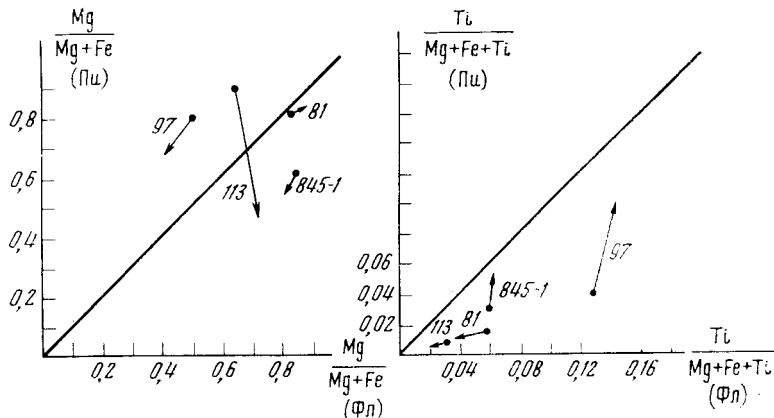


Рис. 1

Нами были исследованы изменения концентраций Mg, Fe, Ti, Ca, Na по разрезам от центра до края кристаллов пироксенов и флогопитов из магматических и метасоматических пород (табл. 1), а также пироксенов из пород неясного генезиса — уртитов и меланитовых нефелин-пироксеновых пород. Ранее В. А. Кононова<sup>(3)</sup> предположила метасоматическое происхождение уртитов, а мы — метасоматическое же происхождение нефелин-пироксеновых пород с меланитом<sup>(4)</sup>. Химические составы некоторых пироксенов и флогопитов представлены в табл. 2, а результаты исследований — в табл. 3. Как видно, параллельное изменение  $Mg/(Mg+Fe)$  и  $Ti/(Mg+Fe+Ti)$  от центра кристаллов к периферии в магматических породах резко отличается от такового в метасоматических породах:  $Mg/(Mg+Fe)$  в магматических породах резко понижается, а  $Ti/(Mg+Fe+Ti)$  незначительно повышается в соответствии с экспериментальными диаграммами плавления<sup>(5, 6)</sup>, а в метасоматических породах изменение этих отношений противоположно или незакономерно. Индикаторное отношение  $2Na/(2Na+Ca)$  в различных зонах кристаллов моноклинного пироксена магматических пород практически постоянно и может незначительно повышаться в узкой краевой зоне, в то время как в кристаллах метасоматических пород эта величина резко меняется. Таким образом, исследование закономерностей микрораспределения компонентов представили дополнительное подтверждение метасоматического генезиса уртитов и меланитовых нефелин-пироксеновых пород.

Распределение  $Mg/(Mg+Fe+Ti)$  и  $Ti/(Mg+Fe+Ti)$  между сосуществующими пироксенами и флогопитами показано на рис. 1, из которого видны четкие различия направленности изменения индикаторных отношений от центра к периферии кристаллов при магматических и метасоматических процессах. Так же, по биотит-пироксенному термометру Л. Л. Перчука<sup>(2)</sup>, определяются температуры образования анкаратритов (от  $>1000$  до  $850^\circ$ ), карбонатитов Форт-Портала (от  $580$  до  $500^\circ$ ), метасоматических пород — флогопитизированного анкаратрита (от  $650$  до  $670^\circ$ ), карбонатизированной нефелин-пироксеновой породы (от  $830$  до  $480^\circ$ ).

Институт геологии рудных месторождений,  
петрографии, минералогии и геохимии  
Академии наук СССР

Поступило  
28 XI 1973

Институт минералогии, геохимии и  
кристаллохимии редких элементов  
Москва

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> W. L. McIntire, *Geochim. et cosmochim. acta*, v. 27, № 12 (1963). <sup>2</sup> Л. Л. Перчука, Изв. АН СССР, сер. геол., № 12 (1968). <sup>3</sup> В. А. Кононова, Сборн. Геохимия петрология и минералогия щелочных пород, М., 1971. <sup>4</sup> И. Т. Пасс, ДАН, т. 198, № 5, 1175 (1971). <sup>5</sup> N. L. Bowen, J. F. Shairer, *Am. J. Sci.*, v. 229, 151 (1935). <sup>6</sup> T. Sh. Seward, *Chem. Geol.*, v. 7, 73 (1971).