

Б. А. МАКАРОЧКИН, К. А. ГОНИБЕСОВА

О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ПИРОХЛОРА ИЛЬМЕНСКИХ ГОР

Химический состав пирохлора Ильменских гор исследовался неоднократно. Так, Г. П. Барсанов (1949) приводит результаты 10 анализов пирохлора, выполненных в разное время различными аналитиками.

Химические анализы пирохлора

Таблица 1

Компоненты	Анализ 1		Анализ 2 (кнопь 179, р. Черемшанка)		Анализ 3 (кнопь 179, полевошпатовая зона)		Анализ 4 (кнопь 179, нефелино-полевошпатовая зона)	
	вес. %	атомное количество	вес. %	атомное количество	вес. %	атомное количество	вес. %	атомное количество
Nb ₂ O ₅	56,01	4210	57,67	4320	58,14	4370	55,29	4156
Ta ₂ O ₅			2,20	0098				
TiO ₂	8,32	1040	7,71	0963	8,08	1010	0,93	1241
UO ₂	2,63	0097	0,54	0020			0,85	0031
SnO ₂			Следы		Следы			
ThO ₂	4,28	0162	2,52	0087	2,09	0079	3,61	0136
CeO ₂			2,13	0123			3,21	0186
(La, Pr) ₂ O ₃	5,33	0324	2,09	0126	4,95	0287	2,39	0144
(Y, Er) ₂ O ₃	0,56	0036	0,23	0014			0,78	0050
Fe ₂ O ₃					0,71	0886		
FeO	2,52	0350	0,72	0100			1,10	0152
MnO			0,08	0011	0,17	0023	0,24	0033
MgO	Следы		Следы		Следы		0,11	
CaO	14,05	2508	17,29	3087	17,36	3100	15,08	2691
PbO			0,06	0002	0,14	0006	0,12	0005
Na ₂ O	3,35	1080	4,67	0753	5,06	1632	4,39	1416
K ₂ O	0,87	0184	Нет		Нет		Нет	
H ₂ O ⁺			1,39	1544	1,54	1710	1,22	1354
H ₂ O ⁻			Следы		0,12		0,42	
Fe	2,77	1142	1,75	0921	2,19	1152		
~O~F ₂	100,69		101,05		100,55		98,74	
	— 1,16		— 0,73		— 0,92			
Сумма	99,53		100,32		99,63			

Таблица 1 (окончание)

Компоненты	Анализ 5 (копь 179)		Анализ 6 (копь 121, р. Черемшанка)		Анализ 7 (копь 110, р. Черемшанка)		Анализ 8 (копь 216)		Анализ 9 (копь 216)		Анализ 10 (копь 404, оз. Ишкуль)	
	Вес. %	Атомное количество	Вес. %	Атомное количество	Вес. %	Атомное количество	Вес. %	Атомное количество	Вес. %	Атомное количество	Вес. %	Атомное количество
Nb ₂ O ₅	58,76	4418	52,60	3952	49,71	3736	53,77	4042	56,99	4284	59,77	4492
Ta ₂ O ₅												
TiO ₂	9,98	1247	10,75	1343	13,21	1651	10,95	1368	9,50	1187	8,43	1053
UO ₂							1,57	0055				
U ₃ O ₈	0,90	0031			0,55	0019					0,60	0021
SnO ₂							Следы					
ThO ₂	2,29	0086	5,88	0222	7,81	0295	6,66	0252	2,18	0078	3,99	0151
CeO ₂	2,68	0155	4,01	0233	4,03	0234			3,02	0116	0,81	0047
(Za, Pr) ₂ O ₃			2,25	0136	1,23	0074	5,99	0364	2,93	0196	0,69	0042
(Yt, Er) ₂ O ₃	1,38	0084	0,24	0014	2,40	0156	0,27	0016	0,83	0054	Следы	
Fe ₂ O ₃					0,73	0090	1,07	0132	1,42	0176	0,40	0050
FeO			0,14	0019								
MnO			Нет		0,43	0060	0,38	0053	0,36	0050		
MgO			0,12	0030	Следы		0,34	0085	0,25	0062		
CaO	17,29	3087	13,64	2441	14,23	2541	13,31	2376	16,33	2916	15,97	2851
PbO			Нет		0,09	0004	0,22	0009	0,18	0008	0,13	0053
BaO											0,52	0033
Na ₂ O	5,07	1634	2,24	0722	4,58	1476			3,41	1100		
K ₂ O	Нет		0,18	0038	Нет				0,47	0100		
H ₂ O ⁺	1,27		2,48		1,27		3,31					
H ₂ O ⁻	Следы		0,58		0,25		0,65					
F			4,50	2368								
			99,61									
-O = F ₂			-0,88									
Сумма	99,62		97,73		100,52		98,49		97,87		91,31	

Примечание. U₃O₈ пересчитан на UO₂

Анализ 1 — аналитик К. Д. Хрущов; анализы 2—10 — аналитик К. А. Гонибесова.

Просматривая эти анализы, можно заметить, что колебания в содержании отдельных окислов, особенно в старых анализах очень большие. Это объясняется сложностью состава пирохлора и трудностью полного количественного отделения заключающихся в нем компонентов. На сложность анализа пирохлора уже ранее обращали внимание исследователи, например Л. С. Бородин и И. Н. Назаренко (1957).

Мы изучили пирохлоры района южного отрога горы Фирсовой (копь 179), Рожкова ключа (копь 216) и района оз. Ишкуль (копь 404). Кристаллы пирохлора из копи 179 были свежи, тогда как кристаллы пирохлора копей 216 и 404 были покрыты корочкой поверхностного выветривания. Собранные кристаллы пирохлора были измельчены в зерна размером до 0,03 мм. Из этого материала под бинокулярной лупой отбирались для химических анализов чистые зерна, заметно просвечивающие в тонких краях.

Анализы пирохлора выполнены в химической лаборатории Ильменского заповедника аналитиком К. А. Гонибесовой (табл. 1, 2).

Результаты этих анализов показывают, что в химическом отношении пирокслоры с южной, средней и северной частью Ильменских гор близки друг к другу. Не наблюдается разницы и между пирокслорами, взятыми из сиенитовой и нефелино-полевошпатовой зон.

Пересчет химических анализов пирокслора (см. табл. 2) показывает, что количество катионов в группе А всегда меньше, чем в группе В.

[Таблица 2

[Результаты пересчета анализов пирокслора]

Катионы	Анализ 1	Анализ 2	Анализ 3	Анализ 6	
Nb ⁵⁺	1,60	1,60	1,40	1,49	
Ta ⁵⁺		0,04			
Ti ⁴⁺	0,40	0,36	0,32	0,50	
Fe ³⁺			0,28		
Mg ²⁺				0,01	
Сумма катионов в группе В	2,00	2,00	2,00	2,00	
Fe ²⁺	0,13	0,04			
Th ⁴⁺	0,06	0,03	0,03	0,08	
ΣCe ³⁺	0,12	0,05	0,09	0,05	
ΣY ³⁺	0,01				
Ce ⁴⁺		0,05		0,08	
U ⁴⁺	0,04				
Ca ²⁺	0,96	1,15	0,99	0,91	
Mn ²⁺					
Pb ²⁺	0,40	0,28	0,52	0,27	
Na ¹⁺					
K ¹⁺	0,07			0,01	
Сумма катионов в группе А	1,79	1,60	1,63	1,40	
H ₂ O	F	0,55	0,34	0,36	0,88
	ОН	0,41	0,89	1,63	0,76
	O ₂	6,04	5,77	5,01	5,36
	7,00	7,00	7,00	7,00	

Как указывали Л. С. Бородин и И. И. Назаренко (1957), «... дефицит катионов в группе А может быть обусловлен также вхождением в кристаллическую решетку катионов большой валентности на место низковалентных катионов. Изоморфные замещения такого типа (например, Ce→Ca) в случае пирокслора могут быть только в группе А, так как при изоморфных замещениях в группе В катионы с валентностью больше чем у нобия невозможны...»

Учитывая это, при пересчете химических анализов пирохлора мы исходили из постоянного числа катионов группы В (табл. 3).

Таблица 3

Атомные отношения по группам

Номер анализа	А	В	Номер анализа	А	В
1	4741	5250	3	5127	6266
2	4323	5381	6	3825	5325

Произведенный расчет одного анализа пирохлора (см. анализ 2 в табл. 1) приводит к формуле пирохлора: $A_{1,60} B_2 [O_{5,77} (OH, F)_{1,23}]_7$.

Из всего приведенного материала вытекают два основных вывода.

1. Пирохлоры южной, средней и северной частей сиенитовой зоны Ильменских гор в химическом отношении близки друг к другу и характеризуются общей формулой: $A_{2-x} B_2 (O, OH, F)_7$.

2. Не устанавливается никакого различия в химическом отношении между пирохлорами сиенитовой и нефелино-полевошпатовой зон.

ЛИТЕРАТУРА

- Барсанов Г. П. Пирохлор. В сб.: «Минералы Ильменского заповедника». Изд-во АН СССР, 1949.
- Бородин Л. С. и Назаренко И. И. Химический состав пирохлора и изоморфные замещения в молекуле $A_2B_2X_7$.— Геохимия, № 4, 1957.