

Т. Н. АГАФОНОВА

**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ОКРАСКА ТУРМАЛИНОВ
БОРЩОВОЧНОГО КРЯЖА**

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 19 X 1946)

Турмалиновые месторождения Борщовочного Кряжа приурочены к натро-литиевым пегматитовым жилам (месторождения Усовское—Савватеевское и Моховое) и топазо-берилловым (месторождение Каменная Стрелка), причем последние сильно альбитизированы, содержат спессартин и лепидолит и обнаруживают переходные черты к натро-литиевому типу.

Химические анализы турмалинов приведены в табл. 1 и были выполнены Н. В. Левенфиш⁽²⁾ (образцы 1—2, 6—13), Л. В. Родкевич^(3,4) и М. М. Стукаловой⁽⁵⁾. Образец № 1 взят с месторождения Моховое, № 2—11—с месторождения Усовское и № 12—13—Каменная Стрелка. Атомные отношения Na, K, Ca приведены в табл. 2. В табл. 3 даны атомные отношения Li, Mn, Fe, Mg, Al, Ti, причем атомное количество Fe принято за единицу.

Приведенный материал позволяет сделать следующие выводы:

1. Химический состав исследованных турмалинов соответствует формуле Ф. Махачки⁽⁶⁾: $X_1Y_9B_3Si_6O_{31}(H, F)_x$, где $X = Na + K + Ca + Mn$ и $Y = Li + Mg + Fe + Ti + Al + Mn$, лишь в черных образцах содержание щелочей пониженное.

2. Отчетливо наблюдается связь окраски с химическим составом в выделенных трех группах кристаллов: розовых, зеленых, черных.

3. С понижением окраски уменьшаются содержания Al и Ca и возрастают содержания Fe, Mg и Ti.

4. Содержание Mn резко различное: наименьшее в розовых, наибольшее в зеленых и среднее между ними в черных (табл. 1, рис. 1).

Среди турмалинов о. Эльбы, Бразилии⁽⁵⁾ и Шюттенхофен⁽³⁾, рис. 1) зеленые образцы также содержат Mn значительно больше, чем розовые и черные.

5. Атомные отношения всех элементов группы Y (формула Махачки), исключая Mn, разные для разноокрашенных образцов, но в пределах одной окраски сравнительно постоянные (табл. 3).

6. Изменения этих отношений соответствуют понижению окраски: цифры зеленых образцов всегда средние между цифрами розовых и черных, исключение составляют Mn и Ti (табл. 3).

7. С понижением окраски понижается атомное отношение Ca к K и, как будто, повышается атомное отношение Na к Ca. Корреляция между окраской и атомным отношением Na к K не установлена (табл. 2).

8. Для исследованных турмалинов Борщовочного Кряжа, независимо от окраски, характерно: 1) незначительное содержание калия—обычно сотые доли процента и лишь в единичном случае, в образце № 4,—0,35% весовых и 2) отсутствие хрома, часто встречающегося в турмалинах других месторождений.

Таблица 1

Элементы образцов	№№ образцов														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Цвет образцов	Розовый			Зеленый			Зеленый			Черный			Черный		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
SiO ₂	37,19	37,21	39,14	35,61	34,91	36,00	35,58	36,34	34,50	34,82	34,69	34,69	34,54		
TiO ₂	Следы	Следы	Нет	0,13	0,26	0,24	0,23	0,18	0,25	0,35	0,39	0,28	0,51		
Al ₂ O ₃	41,92	42,81	42,64	38,64	37,67	38,64	37,69	37,83	35,54	34,87	34,51	34,99	33,06		
Fe ₂ O ₃	0,09	0,07	0,07	0,79	6,14	0,20	0,39	1,28	2,39	1,79	1,06	2,00	2,78		
FeO	0,16	0,22	0,13	0,33	1,16	1,91	1,99	1,29	11,96	11,48	12,24	10,85	11,64		
MgO	0,58	0,47	0,26	4,52	3,27	5,13	6,29	4,72	0,30	1,38	0,92	1,28	1,05		
CaO	1,26	1,85	0,74	0,85	0,85	0,78	0,86	0,86	Не найд.	0,30	0,39	0,28	0,25		
Mg ₂ O	0,35	0,61	0,24	0,61	0,40	0,54	0,50	0,57	0,94	0,35	1,26	0,77	1,59		
K ₂ O	0,04	0,09	0,16	0,42	0,20	0,13	0,09	0,03	0,06	0,12	0,09	0,07	0,09		
Na ₂ O	1,39	1,16	3,19	3,30	1,60	1,96	1,29	1,60	0,80	1,15	0,76	1,00	1,10		
Li ₂ O	0,13	0,14	0,23	0,30	0,30	0,12	0,18	0,15	0,09	0,05	0,07	0,15	0,14		
F	0,96	0,80	0,32	0,76	0,41	0,64	0,77	0,80	0,19	0,43	0,41	0,17	0,64		
B ₂ O ₃	11,01	11,25	9,63	10,04	9,63	10,16	10,64	10,31	9,64	9,74	9,89	10,13	9,87		
H ₂ O ⁺	5,33	4,15	2,93	3,53	3,38	3,86	3,83	4,74	3,44	3,74	3,47	3,17	2,99		
H ₂ O ⁻	0,07	0,09	—	—	—	0,03	0,04	0,10	0,07	0,04	0,04	0,02	0,04		
О экв. Fe ₂	-0,41	-0,34	-0,13	+0,30	-0,30	-0,28	-0,29	-0,34	-0,08	-0,18	-0,17	-0,07	-0,28		
Сумма	100,07	100,01	99,70	59,53	100,18	100,06	99,81	99,96	100,10	99,88	100,02	99,96	100,01		
Удельн. вес { I	3,024	3,052	—	—	—	3,111	3,105	3,105	3,212	3,199	3,214	3,172	3,211		
II	3,035	3,061	—	—	—	3,112	3,114	3,096	3,220	3,197	3,210	3,179	3,216		

Таблица 2

Атомное отношение	Розовые						Зеленые						Черные					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13					
Na:K	45	18	33	12	12	21	21	52	45	26	12	12	32					
Na:Ca	2	1,5	7	7	3,2	4,5	4,2	3,5	—	7,4	3,4	6,4	7,2					
Ca:K	22	12	4,3	1,9	3,8	4,7	5	15	—	1,7	3,5	5	2,5					

9. В зеленых турмалинах отсутствуют зеленые красители Си и Сг. На рис. 1 представлена корреляция атомных количеств Mn и Al в разноокрашенных турмалинах. Корреляция оказалась сложной, близ-

Таблица 3

Цвет и №№ образцов	Li	Mn	Fe	Mg	Al	Ti
Розовые						
1	3,0	2,6	1	3,0	274	—
2	3,0	2,3	1	5,0	280	—
3	5,0	1,3	1	2,0	279	—
Зеленые						
4	2,0	6,4	1	1,5	76,0	0,2
5	0,4	0,9	1	0,5	13,5	0,05
6	0,3	2,4	1	0,5	25,2	0,1
7	0,3	2,7	1	0,3	22,4	0,1
8	0,3	2,0	1	0,4	22,3	0,1
Черные						
9	0,03	0,02	1	0,12	3,5	0,02
10	0,02	0,1	1	0,05	3,8	0,02
11	0,03	0,07	1	0,17	3,6	0,02
12	0,06	0,1	1	0,11	3,9	0,02
13	0,05	0,08	1	0,2	3,3	0,03

кой к симметричной кривой, с обособленными полями розовых, зеленых и черных турмалинов. Точки 14, 15, 16 нанесены по данным химических анализов розового, зеленого и черного турмалинов из Шюттенхофен (3) и попали в поля соответственной окраски, не нарушая

Таблица 4*

№	Цвет образцов	Be	Mn	Fe	Sn
120	Средняя проба, коричнево-розовый образец . . .	0,008	0,2	0,1	Следы
121	Синяя зона	0,002	0,06	0,4	Следы
	Розовая зона	0,002	0,06	0,1	»
	Бесцветная зона	0,004	0,3	0,3	»
	Светлозеленая	0,003	0,4	0,2	»
	Желто-зеленая	0,003	0,6	0,4	»
	Бурая	0,001	0,6	0,3	»
122	Розовый (из зелено-розового образца)	0,002	0,4	0,2	0,01
	Зеленый (из розово-зеленого)	0,004	0,6	2,0	0,01
	Черный	0,002	0,6	2,0	0,06
123	Бело-розовый образец				
	Розовая зона	0,008	0,5	0,1	0,01
	Бесцветн. чуть коричневат.	0,004	0,6	0,2	0,01

отмеченного характера корреляции. На рис. 2 изображена корреляция между атомными количествами Mn и суммы Li + Mg + Fe + Ti. Расположение точек соответствует асимметричной кривой, выделяются поля розовых, зеленых и черных турмалинов. На рис. 3 дана корреляция между атомными количествами Mn и щелочей — Na + K + Ca.

* Спектральный анализ турмалинов, приведенный в табл. 4, был выполнен в ГОИ под руководством проф. А. Н. Филиппова.

Опять выделились поля разноокрашенных образцов. В черных—корреляция почти прямая, в зеленых—обратная, в розовых—неясная. Приведенный материал показывает, что кристаллохимическая роль Mn, вероятно, разная в разноокрашенных образцах. Возможно, что в разноокрашенных образцах валентность Mn разная или различны соотношения разновалентных марганцев. Для решения вопроса необходимо специальное исследование (1).

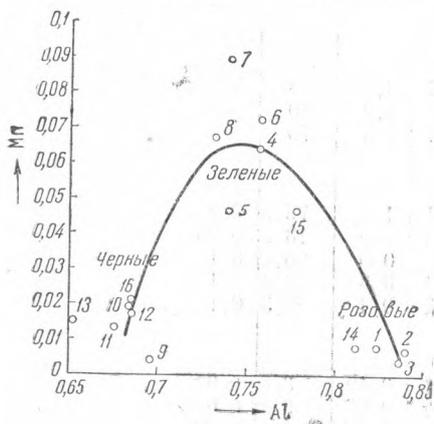


Рис. 1

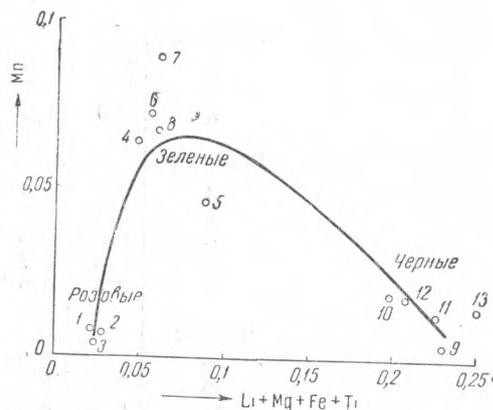


Рис. 2

Имеющиеся в литературе указания на связь синего цвета турмалинов с Sn, розового—с наличием Mn и отсутствием Mg не подтвердились. Так, например, в бесцветной и розовой зонах образца № 123 больше Sn, чем в синей зоне образца № 121. В образцах № 121 и 123 розовые

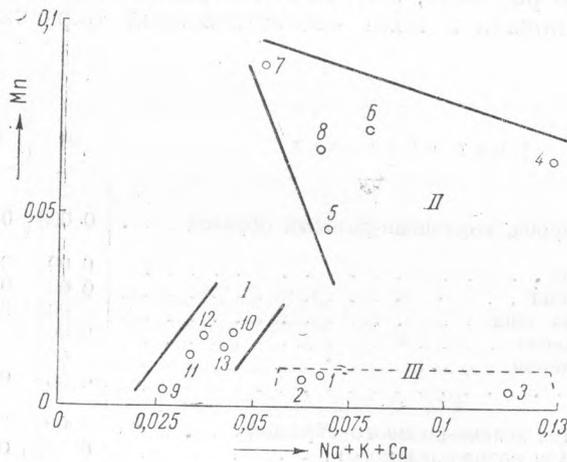


Рис. 3. I—черные, II—зеленые, III—розовые турмалины

зоны содержат Mn меньше, чем бесцветные, и розовый образец № 2 (табл. 1) содержит Mg не менее зеленых. Обесцвечивание розовых турмалинов при нагревании позволяет отнести окраску их к энерго-хроматизму (4).

В заключение пользуюсь случаем выразить благодарность проф. Б. А. Гаврусевичу за консультацию.

Поступило
3 VIII 1946

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 С. В. Грум-Гржимайло, Зап. мин. об-ва, **74**, № 2 (1945). 2 Н. В. Левенфиш, Сборник работ по камням-самоцветам, в. 5, 50, 1938. 3 А. Е. Ферсман, Пегматиты, **1**, 1932. 4 А. Е. Ферсман, Цвета минералов, 1936. 5 С. Hintze, Handb. Mineral., 1897. 6 F. Machatschki, Z. Krist., **70**, 211 (1929).