

Г. П. БАРСАНОВ, М. Е. ЯКОВЛЕВА

## О ТУРМАЛИНЕ ШЕРЛОВОГО СОСТАВА

В предыдущей статье авторами (Барсанов и Яковлева, 1964) был рассмотрен турмалин дравитового состава, к которому отнесены разности с содержанием  $MgO$  от 6 до 15% и с суммой окислов хромофоров, не превышающей 7,5%. В данной работе сделана попытка обобщить имеющийся фактический материал по турмалину шерлового состава, характеризующемуся более высоким содержанием окислов хромофоров, представленным главным образом двух- и трехвалентным железом, и изложить некоторые соображения, касающиеся определения границ понятия «шерл» в классификационном и генетическом отношении.

Из построенного на основании полуторасот химических анализов графика (рис. 1), в котором по оси абсцисс отложены суммы окислов хромофоров ( $Ti^{4+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ), а по оси ординат — содержание  $MgO$ , видно, что в шерле количество магнезии колеблется от 0 до 14% (округленно), а сумма окислов хромофоров от 7 до 24% (при сумме  $Fe_2O_3 + FeO$  от 5,6 до 23%). Цвет шерла макроскопически в основном черный, иногда с зеленоватым, коричневатым или синим оттенком, но встречается также бурый, буро-зеленый, коричневый, зеленовато-коричневый, бутылочно-зеленый, синий, лилово-синий.

Таким образом, к шерлу авторами отнесен турмалин с содержанием окислов хромофоров в сумме от 7 до 24%, среди которых основное значение имеют окисное и закисное железо, при колебании содержания  $MgO$  от 0 до 14%. Цвет шерла преобладает черный.

Из опубликованной литературы авторами собрано более 160 полных и почти полных химических анализов шерла из более чем сотни месторождений, причем около половины — месторождения Советского Союза. Химические анализы шерла с неустановленным генезисом, но с отдельным определением окисного и закисного железа использованы при построении графиков<sup>1</sup> (см. табл. 11).

Месторождения шерла расклассифицированы нами приблизительно на те же семь групп, которые приняты при описании дравита: 1) шерл, связанный с карбонатными породами и скарнами; 2) с гнейсами, сланцами, кварцитами и кварцево-турмалиновыми метаморфическими породами; 3) с гранитами и пегматитами; 4) с грейзенами и вторичными кварцитами; 5) с кварцевыми жилами и мономинеральными турмалиновыми

<sup>1</sup> Часть химических анализов, приведенных у Хинце, Дельтера, Ниггли и Кунитца (Hintze, 1897; Doelter, 1917; Niggli, 1922; Kunitz, 1929), авторами не использована в связи с тем, что неизвестен генезис шерлов и они не вносят ничего нового.

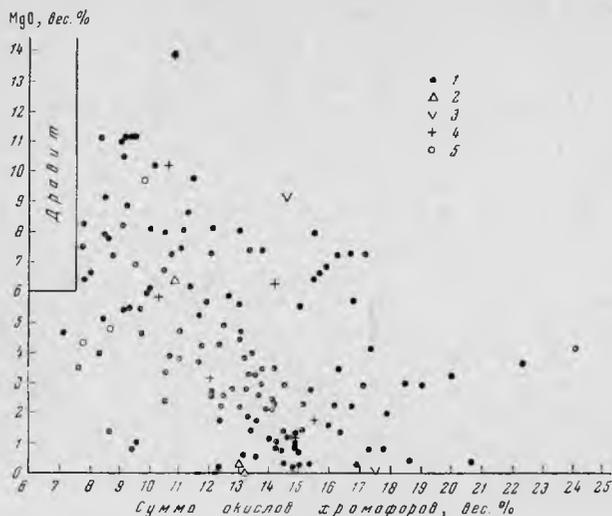


Рис. 1. Окраска шерла и содержание в нем магнезии и хромофоров

1 — черный, иногда с зеленоватым, коричневатым и синим оттенками; 2 — синий; 3 — зеленый; 4 — бурый, коричневый; 5 — серый, бесцветный

жилами; 6) с гидротермальными рудными проявлениями; 7) с метаморфизованными породами основного состава.

Отличие этой классификации заключается в том, что шерл из скарнов объединен с таковым из карбонатных пород, что вызвано отсутствием шерла в реакционных породах, с которыми объединен дравит из скарнов, а также в появлении группы грейзенов и вторичных кварцитов.

Приведенные ниже материалы по шерлу из различных генетических групп основаны на данных, сопровождающихся химическими анализами. Материалы же, в которых указывается нахождение черного турмалина, но отсутствуют химические анализы, авторы не могли использовать в связи с очень широкими колебаниями состава шерла и в связи с тем, что дравит также может быть черного цвета.

### ШЕРЛ ИЗ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД И СКАРНОВ

Шерл в кальците отмечается только в одном случае, в США, в штате Нью-Йорк, Пирпонт (Pierpont), где он образует хорошо ограненные кристаллы и присутствует совместно с кварцем (Hintze, 1897). Условно к этому же типу отнесен турмалин с Цейлона. Происхождение его неизвестно, но, как отмечено при описании дравита, хорошая сохранность турмалина, находимого в россыпях, и его состав позволяют предположить, что содержащей его породой являлся известняк (Барсанов, Яковлева, 1964).

Шерл в магнезиальных скарнах Южной Якутии с месторождения Таежное (Богомолов, 1962) развит в эндоскарнах, околоскарновых породах и во вмещающих гнейсах. К сожалению, приведенные частичные химические анализы шерла не привязаны к конкретным породам.

Химические анализы шерлов данной группы помещены в табл. 1 и 2 (пределы колебаний в содержании некоторых окислов приведены в табл. 15).

Таблица 1

Состав (%) и свойства шерла из карбонатных пород

Компоненты	1	1а	2
SiO <sub>2</sub>	35,61	35,86	35,15
TiO <sub>2</sub>	0,55	0,70	3,81
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,15	11,46	11,29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,29	22,91	25,30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,44	2,56	1,67
FeO	8,19	6,08	5,21
MnO	Следы	—	—
MgO	11,07	11,06	10,16
CaO	3,31	3,04	3,57
Li <sub>2</sub> O	Следы	—	0,15
Na <sub>2</sub> O	1,51	1,19	0,83
K <sub>2</sub> O	0,20	0,20	0,28
H <sub>2</sub> O	3,34	2,99	2,88
F	0,27	0,72	0,12
Сумма	99,93	98,77	100,42
Уд. вес	—	3,12	3,142
Ng	—	1,658	1,6759
Np	—	1,633	1,6414
Ng — Np	—	0,025	0,0345
Сумма хромофоров	9,18	9,34	10,69

1 — черный; США, шт. Нью-Йорк, графство Св. Лавренсия, Пирпонт (Piegerpont); в кальците (Riggs, 1888); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — следы;

1а — то же (Becht, 1926); в оригинале сумма 99,87;

2 — темно-коричневый; Цейлон; в известниках (?) (Becht, 1913); в оригинале суммы нет.

Таблица 2

Состав (%) и свойства шерла из магнезиальных скарнов месторождения Таежного, Южная Якутия (Богомолов, 1962)

Компоненты	4	5	6	7	8	9	10	11	12*
SiO <sub>2</sub>	33,70	34,60	34,12	33,50	33,23	34,60	—	—	30,62
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,68	9,69	9,90	9,70	9,60	9,64	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32,94	26,79	27,51	24,89	27,27	27,30	26,70	26,35	30,25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	8,48	9,47	10,15	15,56	11,41	8,38	9,15	9,15	10,86
MgO	7,90	11,14	10,20	8,03	9,73	11,12	10,55	11,00	13,85
Уд. вес	3,140	3,140	3,158	3,202	3,168	3,122	3,152	3,157	3,160
Ng	1,661	1,668	1,668	1,674	1,676	1,663	—	1,668	1,664
Цвет	ч е р н ы й								

\* В оригинале приведено содержание B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,66%, вероятно, ошибочное.

Шерл карбонатных пород и скарнов характеризуется высоким содержанием  $MgO$ , в основном от 9,7 до 11%, но в единичных случаях опускается до 8% и поднимается до 13,8%. Кроме того, для шерла карбонатных пород характерно высокое содержание  $CaO$ , равное 3—3,6%, низкая сумма  $Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 25,5 - 27\%$ , а также преобладание закисного железа над окисным.

#### ШЕРЛ ИЗ ГНЕЙСОВ, СЛАНЦЕВ, КВАРЦИТОВ И КВАРЦЕВО-ТУРМАЛИНОВЫХ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

Шерл данной группы представлен небольшим количеством химических анализов (табл. 3), из которых половина относится к турмалину Южной Якутии. Пределы колебаний в содержании некоторых окислов (см. табл. 15) свидетельствуют о широком диапазоне состава шерла: от разностей, богатых  $Al_2O_3 + Fe_2O_3$  с небольшим содержанием  $MgO + FeO$ , до разностей, в которых  $MgO + FeO$  играет существенную роль. Наблюдаются также значительные колебания в содержании  $CaO$  и  $Na_2O$ . Что касается железа, то либо окисное железо значительно преобладает над закисным, либо закисное незначительно преобладает над окисным.

В метаморфизованных осадочных породах Южной Якутии турмалин пользуется широким развитием: от незначительных количеств до образования почти мономинеральных турмалиновых пород. По данным Д. П. Сердюченко и А. В. Глебова (Сердюченко, 1956; Глебов, 1958; Сердюченко и Глебов, 1960), турмалин образовался при метаморфизме богатых бором глинисто-песчаных и песчаных осадков с последующей частичной перекристаллизацией, местным перемещением и собирательной кристаллизацией турмалина под влиянием гидротермальных растворов, связанных с интрузиями аляскитовых гранитов. Эта точка зрения вполне может объяснить широкие колебания состава шерла, зависящие как от состава первичных осадочных пород, так и от состава воздействующих гидротермальных растворов.

Турмалинизированные кварцево-слюдистые роговики Бакальского железорудного месторождения (Урал, СССР) образовались при контактовом метаморфизме пестано-глинистых и углисто-глинистых сланцев, вызванном диабазами. Турмалин в виде очень мелких, но различных невоструженным глазом зерен черного цвета в роговиках, залегающих в 10 м от контакта, составляет около пятой части породы. По очень приближенному пересчету химического состава роговика на минералогический получено содержание в турмалине около 10%  $FeO$ , 7%  $MgO$  и 30%  $Al_2O_3$ .  $Ng = 1,658$  и  $Nr = 1,628$ . Появление турмалина в роговиках Н. К. Бургеля (1961) объясняет первичным накоплением бора в осадочных породах и собирательной перекристаллизацией под влиянием базальтовой магмы.

#### ШЕРЛ ИЗ ГРАНИТОВ И ПЕГМАТИТОВ

Описаны турмалинсодержащие граниты из различных точек земного шара. Химический анализ шерла имеется только из гранитов Южного Приморья (табл. 4), где шерл, по данным М. Г. Руб (1956), ассоциируется с флюоритом, мусковитом, касситеритом. Он имеет размеры до 3—4 мм, содержится в породе до 8% и очень редко до 20%. В гранитах наблюдается две генерации шерла: первая кристаллизуется в конце пневмато-магматической стадии, а вторая связана с постмагматическими процессами.

В Алданском горнопромышленном районе развиты граниты, содержащие до 5—10% черного турмалина, размер зерен которого достигает  $5 \times 1$  см.  $Ng = 1,674$  и  $Nr = 1,646$ . Иногда турмалин — единственный

Таблица 3

Состав (%) и свойства шерла из гнейсов сланцев, кварцитов и кварцево-турмалиновых метаморфических пород

Компоненты	3	4	5	6	7	8	9
SiO <sub>2</sub>	35,84	34,20	34,32	35,69	36,25	40,09	35,68
TiO <sub>2</sub>	0,80	0,76	1,00	0,86	—	—	0,80
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,51	9,54	9,88	9,84	10,27	7,14	9,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,87	26,32	32,47	30,79	32,21	36,41	34,18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,63	10,32	3,75	3,65	—	8,16	5,15
FeO	1,26	3,48	4,76	5,46	12,82	1,56	7,07
MnO	0,002	0,03	Следы	Следы	1,50	0,79 (Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Следы
MgO	7,49	9,11	6,90	8,12	2,32	2,40	2,23
CaO	1,16	4,58	2,50	1,54	0,40	0,28	0,38
Li <sub>2</sub> O	0,003	—	Следы	—	—	—	0,11
Na <sub>2</sub> O	3,25	0,08	1,11	2,53	1,43	1,25	2,18
K <sub>2</sub> O	0,29	0,12	0,14	0,27	0,46	—	0,57
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,11	1,20	2,54	} 3,20	2,34	—	1,48
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,12	0,08	0,06				0,28
F	Нет	0,04	0,50	—	0,64	1,93	Следы
Сумма	98,335	99,86	99,93	101,95	100,64	100,01	100,01
Уд. вес	2,94	—	—	3,084	3,183	—	3,100
Ng	1,654	1,669	1,662	—	—	—	1,662
Np	1,628	1,641	1,636	—	—	—	1,633
Ng — Np	0,026	0,028	0,026	—	—	—	0,029
Сумма хромофоров	7,77	14,59	9,51	9,97	14,32	10,51	13,02

3 — черный (почти); СССР, Южная Якутия, р. Амедичи; в кварцитах (Сердюченко и Глебов, 1960); Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,02%; V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,06%; PbO нет; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,003%; S нет; CO<sub>2</sub> 1,10%; в оригинале сумма 99,54%, в действительности же 99,52%;

4 — буро-зеленый (?); СССР, Южная Якутия, месторождение Тасжное; в турмалиновой породе (Сердюченко и Глебов, 1960); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,06%; S 0,10%;

5 — зелено-черный; СССР, Южная Якутия, руч. Медвежий, Турмалиновая

горка; в кварцево-турмалиновой породе (Сердюченко и Глебов, 1960); Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> нет; TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> нет; BaO нет;

6 — черный; Венгрия, Охлапшон (Ohlapson); в слюдяном сланце (?) (Janpash и Calb, 1889; Hintze, 1897);

7 — черный; Австрия, Штирия, Крумбах; в гнейсах (Hintze, 1897; Doelter, 1917);

8 — черный; Сардиния, о. Капрера; в сланцах и гнейсах (Lovisato, 1895);

9 — черный; США, штат Калифорния, Сан-Диего, Кастер (Custer); в сланцах (Ward, 1931); Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> нет.

темноцветный минерал гранитов (Судовиков и др., 1962). Аляскиты железорудного месторождения Тасжное в Южной Якутии местами обогащены турмалином, имеющим светопреломление Ng = 1,676 и Np = 1,646. Макарушев (1958) относит образование турмалина к аутометаморфической стадии формирования гранита.

В окрестностях Миклуловице Гора в Чехословакии черный турмалин (шерл) является одним из главных компонентов мелкозернистых аплитов,

Таблица 4

## Состав (%) и свойства шерла из графитов и пегматитов

Компоненты	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
SiO <sub>2</sub>	34,88	34,17	34,44	34,46	36,86	35,86	35,14	36,08	35,02	35,21	35,82	37,87	35,47	35,18	35,48	34,06	33,29	34,82
TiO <sub>2</sub>	0,49	0,20	0,88	0,58	0,42	0,47	0,53	0,58	0,01	0,58	0,41	0,37	0,18	0,17	0,52	0,99	0,22	0,89
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,30	6,61	10,95	10,35	9,45	9,15	9,64	9,27	9,74	10,16	9,93	9,74	9,47	9,42	9,51	8,83	8,98	9,63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33,24	30,21	34,51	32,60	26,52	32,19	31,52	32,51	34,15	35,43	35,13	33,94	34,39	33,55	29,45	23,66	27,28	29,54
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } FeO }	2,65 11,79	8,95 11,50	0,69 8,05	1,74 10,98	2,82 11,70	7,80 1,75	3,01 9,70	6,63 2,52	4,73 9,69	5,14 4,93	0,42 10,71	— 10,02	— 10,78	— 9,98	6,37 7,18	10,95 12,07	23,15	— 14,38
MnO	0,14	0,03	0,09	0,03	0,08	0,06	0,13	0,13	0,15	0,03	0,15	0,13	0,10	0,07	0,07	0,09	0,19	0,13
MgO	1,49	0,42	4,68	3,23	5,60	6,21	3,97	6,06	1,38	3,88	2,46	3,35	3,85	5,81	6,30	4,09	1,43	2,90
CaO	0,50	1,42	1,63	0,72	1,16	0,45	0,48	0,56	0,24	0,50	0,75	0,59	0,42	0,84	1,45	1,15	1,12	1,40
Li <sub>2</sub> O	—	0,21	Следы	0,11	0,08	0,12	0,12	0,07	0,06	0,05	0,04	0,07	—	—	—	—	—	0,35
Na <sub>2</sub> O	2,07	2,77	0,85	1,54	2,90	1,58	1,53	2,28	0,91	0,95	2,40	2,51	1,68	1,90	0,96	0,94	1,85	1,93
K <sub>2</sub> O	0,17	0,12	0,25	0,23	0,16	0,45	0,40	0,26	0,15	0,13	0,37	0,29	0,33	0,53	0,11	0,19	0,12	0,88
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,51	3,64	2,82	3,21	2,54	3,64	3,66	3,24	3,44	3,09	1,78	0,88	2,67	2,62	3,36	3,19	1,56	2,89
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,10	Нет	0,14	0,04	Нет	0,11	0,03	0,03	0,02	0,02	0,23	0,06	0,12	0,04	—	—	0,25	0,06
F	0,35	—	0,06	0,38	0,21	0,03	0,02	0,04	0,21	0,12	0,01	—	0,25	0,16	0,14	0,28	0,53	0,26
Сумма	100,68	100,25	100,04	100,20	100,50	99,87	99,88	100,26	99,90	100,22	100,61	99,82	99,71	100,27	100,90	100,49	99,97	100,06
Уд. вес	—	3,198	3,111	3,171	3,125	3,145	3,159	—	3,12	3,085	—	—	3,153	—	—	—	3,211	3,194
Ng	1,653— 1,665	1,670	1,666	1,670	—	—	1,657	—	1,660	1,660— 1,662	—	—	1,658— 1,662	1,658— 1,662	1,658— 1,662	1,670— 1,674	1,686— 1,690	1,658— 1,662
Np	1,629— 1,638	1,654	1,631	1,640	—	—	1,635	—	1,632	1,636— 1,638	—	—	1,630— 1,633	1,630— 1,633	1,630— 1,634	1,642— 1,646	1,654— 1,658	1,630— 1,638
Ng — Np	0,024— 0,027	0,016	0,035	0,030	—	—	0,022	—	0,028	0,024	—	—	0,028	0,028	0,028	0,028	0,032	0,028
Сумма хромифоров	15,07	20,68	9,71	13,33	15,02	10,08	13,37	9,86	14,58	10,68	11,69	10,52	11,06	10,22	14,14	24,10	23,56	15,40

Таблица 4 (продолжение)

Компоненты	28	28а	29	30	31	32	33	34	35	35а	36	37	37а	38	39
SiO <sub>2</sub>	34,97	36,34	35,73	34,35	35,87	33,78	34,88	37,30	35,41	36,19	34,44	36,96	35,81	34,38	36,22
TiO <sub>2</sub>	0,28	0,30	0,58	0,24	—	0,41	0,27	—	—	—	—	0,45	0,95	—	0,60
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,06	13,90	15,57	9,39	9,85	10,70	8,94	10,05	10,14	8,17	7,89	10,52	10,40	8,05	10,45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,05	22,30	23,80	33,39	35,68	33,80	34,58	33,00	33,75	33,75	34,94	33,03	31,94	34,30	34,25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } FeO }	12,77	18,51	16,03	—	2,32	0,20	—	—	—	—	7,93	10,74	11,87	15,36	8,93
		—	—	11,97	8,06	15,11	14,40	10,30	13,42	14,97	6,14	1,15	1,15	0,53	3,88
MnO	0,12	0,18	0,18	0,19	1,27	0,25	0,24	2,68	—	0,54	1,34	0,17	0,14	0,30	0,06
MgO	3,38	2,96	2,34	5,19	—	0,74	1,32	1,06	1,57	1,76	0,41	2,60	2,52	2,24	3,23
CaO	0,42	0,58	0,58	0,56	0,55	0,21	0,20	—	0,17	—	0,40	1,10	2,60	1,22	0,21
Li <sub>2</sub> O	—	—	—	—	0,56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,01
Na <sub>2</sub> O	1,75	2,25	2,39	1,86	2,61	1,92	2,70	2,37	2,08	2,02	3,32	1,33	1,33	3,82	0,06
K <sub>2</sub> O	0,28	—	—	0,19	—	0,11	0,05	0,33	0,34	0,47	0,48	0,78	0,51	—	0,25
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2,53	1,70	2,03	2,65	3,18	2,22	2,87	2,91	3,41	2,15	—	—	—	0,28	—
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,07	0,02	0,09	0,05	—	0,19	—	—	—	—	0,09	—	—	—	0,24
F	0,17	0,66	0,21	0,50	0,40	0,98	0,51	0,80	0,28	0,76	—	0,58	0,32	—	0,08
П.п.п.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,62	—	—	—	2,24
Сумма	99,85	99,70	99,53	100,53	100,35	100,62	100,96	100,80	100,57	100,78	100,00	99,46	99,54	100,48	100,71
Уд. вес.	3,035	3,143	3,159	3,18	3,165	3,218	3,21	—	3,138	3,2	—	—	—	—	—
Ng	1,670—1,674	1,668	1,670	1,662—1,666	1,662	1,668	—	—	—	1,6624	—	1,666—1,674	—	1,668	1,647
Np	1,630—1,633	1,636	1,639	1,633—1,638	1,636	1,633	—	—	—	1,6325	—	1,634—1,638	—	1,635	1,629
Ng — Np	0,030	0,032	0,031	0,028	0,026	0,035	—	—	—	0,0299	0,028	0,032—0,036	—	0,033	0,018
Сумма хромофоров	13,17	18,99	16,79	12,40	11,65	15,97	14,91	12,98	13,42	15,51	15,41	12,51	14,11	16,19	13,47

Таблица 4 (продолжение)

Компоненты	40	41	41а	41б	41в	41г	41д	41е	41ж	42	43	44	45
SiO <sub>2</sub>	35,47	35,68	34,68	35,00	34,50	34,82	34,69	34,92	34,54	36,46	36,20	35,54	35,96
TiO <sub>2</sub>	0,43	0,58	0,13	0,20	0,25	0,35	0,39	0,23	0,51	0,16	0,40	Следы	0,58
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,18	10,68	9,90	10,50	9,64	9,74	9,89	10,13	9,87	10,30	8,61	10,23	8,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,98	30,57	30,62	32,14	35,54	34,87	34,51	34,99	33,06	33,54	32,26	31,49	33,48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,67	2,82	4,89	2,40	2,39	1,79	1,06	2,00	2,78	0,71	7,94	8,08	7,01
FeO	3,15	12,76	12,15	14,04	11,96	11,48	12,24	10,85	11,64	13,16	1,72	1,46	6,63
MnO	0,17	0,25	0,95	0,04	0,30	1,38	0,92	1,28	1,05	—	0,03	Следы	0,21
MgO	4,38	1,40	0,25	1,11	0,94	0,35	1,26	0,77	1,59	0,75	7,08	8,10	0,33
CaO	0,25	0,35	0,63	Следы	Нет	0,30	0,39	0,28	0,25	0,65	1,76	1,96	0,48
Li <sub>2</sub> O	—	0,18	0,77	0,41	0,09	0,05	0,07	0,15	0,14	0,35	Нет	0,21	—
Na <sub>2</sub> O	2,34	2,29	0,35	1,00	0,80	1,15	0,76	1,00	1,10	1,40	2,68	2,12	1,46
K <sub>2</sub> O	0,17	0,01	0,30	0,61	0,06	0,12	0,09	0,07	0,09	0,31	0,36	0,05	0,06
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3,22	2,40	2,25	3,00	3,44	3,74	3,47	3,17	2,99	1,44	0,60	0,62	2,84
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,10	—	Нет	0,14	0,07	0,04	0,04	0,02	0,04	—	0,08	0,62	0,20
F	0,11	0,26	0,45	0,20	0,19	0,43	0,41	0,17	0,64	0,04	Нет	Нет	0,74
Сумма	100,62	100,23	98,32	100,79	100,17	100,61	100,19	100,03	100,29	99,27	99,72	100,48	98,46
Уд. вес	—	3,175	3,189	3,214	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ng	—	1,669	1,665	1,662	—	—	—	—	—	1,663	—	—	1,655
Np	—	1,641	1,632	1,630	—	—	—	—	—	1,631	—	—	1,633
Ng — Np	—	0,028	0,033	0,032	—	—	—	—	—	0,032	—	—	0,022
Сумма хромофоров	12,42	16,41	18,12	16,68	14,90	15,00	14,61	14,36	15,98	14,03	10,11	9,54	14,43

Таблица 4 (продолжение)

Компоненты	46	47	48	49	50	51	51а	52	53	54а	54б	54в	54г	54д	54е
SiO <sub>2</sub>	35,64	35,56	35,26	37,24	35,10	36,28	34,87	34,23	34,80	34,78	33,53	34,41	34,70	33,94	34,28
TiO <sub>2</sub>	0,26	0,66	0,38	—	—	—	1,01	0,38	0,38	0,07	0,54	0,89	0,59	0,92	0,49
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,80	8,20	10,10	11,02	7,09	8,76	8,74	8,35	8,97	10,42	10,36	9,28	10,92	10,44	9,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,42	33,46	31,72	31,63	35,10	31,59	33,23	37,72	31,89	26,39	26,10	24,00	26,15	23,09	26,56
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,22	0,35	—	—	—	6,79	4,45	—	—	—	—	—	—	—	—
FeO	11,20	12,13	10,96	11,64	13,36	7,25	8,57	12,00	10,95	13,62	15,10	15,28	12,66	16,20	14,95
MnO	0,12	1,40	0,31	—	1,48	1,41	—	—	—	0,04	0,03	0,03	0,05	0,03	0,04
MgO	2,10	2,37	5,31	3,65	0,98	2,60	1,00	2,30	6,27	7,45	6,66	7,28	7,44	7,29	6,55
CaO	0,84	—	1,29	0,62	—	0,92	—	0,23	0,76	0,97	2,56	3,37	1,70	2,42	1,65
Li <sub>2</sub> O	0,08	0,39	0,40	—	—	—	0,19	—	—	—	—	—	—	—	—
Na <sub>2</sub> O	1,89	3,31	3,03	1,93	1,92	1,28	3,51	2,72	3,35	3,35	2,52	2,51	2,83	3,18	3,63
K <sub>2</sub> O	0,46	0,43	0,18	0,82	0,88	0,41	0,57	—	—	—	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2,02	2,21	2,37	1,45	4,01	2,51	3,64	1,89	2,56	—	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	—	—	Нет	—	—	—	—	—	—	0,56	0,27	0,30	0,16	0,11	0,28
П.и.п.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,01	1,92	2,06	2,40	2,31	2,14
F	0,22	0,19	0,20	—	—	0,59	0,56	—	—	0,04	0,17	0,13	0,14	0,09	0,13
SnO <sub>2</sub>	—	—	—	—	0,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
С у м м а	100,27	100,66	101,21	100,0	100,00	100,39	100,34	99,82	99,93	100,70	99,76	99,54	99,74	100,02	100,35
Уд. вес	3,152	—	3,1509	3,152	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ng	1,663	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Np	1,637	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ng — Np	0,026	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сумма хромофоров	13,80	14,54	11,65	11,64	14,84	15,45	14,03	12,38	11,33	13,73	15,67	16,20	13,30	17,15	15,48

Таблица 4 (продолжение)

Компоненты	54н	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
SiO <sub>2</sub>	33,84	34,82	34,98	34,01	34,12	33,50	35,96	35,39	33,33	38,20	36,71	35,43	35,46	36,56	34,61
TiO <sub>2</sub>	0,77	—	—	—	—	0,25	0,32	0,24	0,31	—	—	0,56	0,58	—	0,41
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,54	9,92	9,92	9,78	9,50	8,31	11,20	8,42	11,01	9,03	9,21	9,72	8,90	7,54	10,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,33	34,14	32,67	34,02	32,97	31,80	32,86	34,81	31,86	30,02	34,00	37,29	36,39	32,38	33,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> }	—	—	2,15	1,14	—	—	—	—	9,79	—	—	—	1,43	6,83	6,18
FeO }	15,90	14,12	11,38	13,76	15,12	13,80	12,38	11,83	3,44	9,93	10,52	5,65	9,59	6,04	10,09
MnO	—	0,24	—	—	—	3,75	0,07	—	Следы	0,58	1,87	0,89	0,47	0,76	0,23
MgO	7,31	0,86	3,23	1,26	2,38	2,00	2,82	2,77	2,65	6,77	1,72	4,60	2,61	1,75	0,20
CaO	2,80	—	—	0,22	—	0,45	Нет	0,56	1,80	0,74	—	1,10	0,45	1,22	0,57
Li <sub>2</sub> O	—	0,17	—	—	—	—	—	—	0,40	—	0,32	—	—	—	—
Na <sub>2</sub> O	2,81	2,42	2,72	2,38	2,32	2,65	3,95	1,89	2,07	2,19	2,30	2,27	1,73	2,44	1,67
K <sub>2</sub> O	—	0,35	—	0,20	0,16	0,15	0,35	0,89	0,70	0,25	0,75	0,64	0,22	0,75	0,28
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,10	3,37	3,42	3,68	3,81	3,30	0,20	2,80	2,21	2,29	2,54	1,50	1,28	—	1,21
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	—	—	—	—	—	—	Нет	—	0,61	—	—	—	0,19	—	0,11
П.п.п.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,73	—
F	—	—	—	—	—	—	0,05	0,23	0,32	0,15	0,47	0,12	0,20	—	0,95
Сумма	100,40	100,41	100,47	100,45	100,38	99,96	100,16	99,83	100,50	100,15	100,41	99,77	99,50	100,00	100,22
Уд. вес.	—	3,182	3,172	3,212	3,198	—	—	3,19	2,985	3,059	2,942	3,08	—	3,158	3,227
Ng	—	1,670	1,667	1,671	—	1,66	—	—	1,668	—	—	—	—	—	—
Np	—	1,641	1,638	1,639	1,638	1,64	—	—	1,623	—	—	—	—	—	—
Ng — Np	—	0,029	0,029	0,032	—	0,02	—	—	0,045	—	—	—	—	—	—
Сумма хромофоров	16,67	14,36	13,53	14,90	15,12	17,80	12,77	12,07	13,60	10,51	12,39	7,10	12,07	13,63	16,91

Таблица 4 (продолжение)

Компоненты	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	80а
SiO <sub>2</sub>	35,48	37,22	35,64	35,76	35,40	35,538	34,63	34,95	36,85	36,82	35,57	35,52	36,22
TiO <sub>2</sub>	0,50	—	1,40	0,25	—	—	—	0,57	1,72	0,69	0,18	—	—
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,80	8,98	9,93	10,00	10,45	10,768	9,63	9,92	10,85	10,60	10,10	9,98	10,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,45	30,00	29,41	34,76	34,69	35,550	32,70	31,11	23,98	31,52	24,72	34,36	33,35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,50	—	2,90	—	—	0,180	0,31	0,50	11,58	8,30	1,17	—	—
FeO	11,81	11,16	6,56	12,99	9,04	7,120	13,69	11,87	4,32	2,47	9,40	12,41	11,95
MnO	0,25	—	—	0,33	0,41	0,307	0,12	0,09	5,39	0,72	—	0,78	1,25
MgO	4,78	7,94	8,00	0,58	0,89	3,538	2,13	4,45	—	—	8,29	—	0,63
CaO	1,00	0,65	1,65	Нет	1,08	1,108	0,33	0,81	1,96	2,43	3,42	0,47	—
Li <sub>2</sub> O	—	—	—	0,11	0,72	—	0,08	Следы	—	—	Следы	0,60	0,84
Na <sub>2</sub> O	2,26	1,13	3,03	3,06	3,15	0,429	2,11	2,22	0,36	0,78	2,10	2,38	1,75
K <sub>2</sub> O	0,25	0,53	0,16	0,06	0,60	1,072	0,24	0,24	0,18	1,53	0,40	0,16	0,40
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3,52	2,39	2,94	1,93	2,64	2,955	3,49	3,62	—	3,81	—	3,81	2,21
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	—	—	—	0,01	0,09	—	—	—	—	—	—	—	—
H.п.п.	—	—	—	—	—	—	—	—	3,51	—	4,23	—	0,82
F	—	—	—	0,37	0,29	1,705	0,06	Нет	—	—	—	—	—
Сумма	101,00	100,00	101,32	100,21	99,45	100,270	99,52	100,35	100,70	99,67	99,58	100,47	100,07
Уд. вес	—	3,145	3,134	3,178	—	3,24 (?)	3,20	3,22	—	—	2,991	3,187	3,203
Ng	—	—	—	1,6607	—	—	1,662	1,669	—	—	—	—	—
Np	—	—	—	1,6324	—	—	1,633	1,638	—	—	—	—	—
Ng — Np	—	—	—	0,0283	—	—	0,029	0,031	—	—	—	—	—
Сумма хромофоров	43,06	41,16	40,56	43,57	9,45	7,607	14,12	13,03	23,01	12,18	10,75	13,19	13,20

Таблица 4 (окончание)

Компоненты	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91 №
SiO <sub>2</sub>	34,99	35,03	36,18	34,70	34,38	35,56	35,21	38,26	35,48	33,68	34,70
TiO <sub>2</sub>	—	—	0,72	0,27	0,80	0,55	0,23	0,14	1,22	0,44	0,82
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,63	9,02	8,85	7,56	8,28	10,40	10,43	11,32	9,49	10,21	9,92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33,96	34,44	32,95	37,75	24,53	33,38	36,07	36,40	25,83	30,64	26,86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Нет	1,13	5,09	5,04	6,88	Нет	—	1,94	6,68	4,83	4,48
FeO	14,23	12,10	5,10	8,02	14,73	8,49	11,11	6,22	7,99	10,65	11,39
MnO	0,06	0,08	0,04	Следы	Следы	0,04	0,98	0,28	Следы	0,41	Следы
MgO	1,01	1,81	4,72	2,82	3,68	5,44	0,19	1,41	6,90	3,52	5,68
CaO	0,15	0,24	4,02	0,38	2,36	0,53	0,25	0,18	2,03	0,42	1,12
Li <sub>2</sub> O	Следы	0,07	Следы	Следы	Нет	Следы	Следы	0,13	—	—	—
Na <sub>2</sub> O	2,01	2,03	0,80	0,84	1,45	2,16	1,92	1,46	1,92	2,23	1,55
K <sub>2</sub> O	0,34	0,25	0,19	0,31	0,17	0,24	—	0,65	0,29	0,28	0,22
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3,62	3,69	1,78	2,30	3,38	3,63	3,51	1,42	2,58	1,92	2,76
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	—	—	0,18	0,06	0,16	—	—	0,62	—	—	—
F	Нет	Нет	Следы	Нет	Нет	Нет	—	Следы	0,33	0,67	0,64
С у м м а	100,00	99,89	100,62	100,05	100,80	100,42	99,90	100,43	100,74	99,90	100,14
Уд. вес	3,21	—	3,075	3,104	3,091	3,13	3,22	3,097	3,195	3,185	3,17
Ng	1,666	—	1,662	1,672	1,682	—	1,669	3,649	—	—	—
Np	1,637	—	1,636	1,644	1,662	—	1,638	1,630	—	—	—
Ng — Np	0,029	—	0,026	0,028	0,020	—	0,031	0,019	—	—	—
Сумма хромофоров	14,29	13,31	10,95	13,33	22,41	9,08	12,32	8,68	15,89	16,33	16,69

- 10 — черный; СССР, Дальний Восток, Южное Приморье; в гранитах (Руб, 1956);
- 11 — черный; СССР, Северная Карелия, Плотная Ламбина, литиевые пегматиты в амфиболсодержащей толще (Никитин и Саухатас, 1957);  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  нет;
- 12 — черный; СССР, Северная Карелия, Лапшагинская варака; микроклин-плагиоклазовые пегматиты в гнейсах (Лабунцов, 1939);
- 13 — черный; СССР, Северная Карелия, Кривое озеро; плагиомикроклиновые пегматиты в амфибол-гранатовых гнейсах (Лебедев, 1959); NiO нет,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  нет;
- 14 — черный; СССР, Северная Карелия, Черная Салма; плагиомикроклиновые пегматиты в амфиболитах (Шуркин и др., 1962);
- 15 — черный; СССР, Северная Карелия, Шар-озеро; микроклин-плагиоклазовые пегматиты в гнейсах (Лебедев, 1959); 0,02% Cl; 0,01% TR;  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  нет; NiO нет;
- 16 — черный; СССР, Северная Карелия, Лиля-варака; пегматиты в гранат-квантитовых гнейсах (Косой, 1939; Лебедев, 1959);  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  нет;
- 17 — черный; СССР, Северная Карелия; пегматиты (Лебедев, 1959);
- 18 — черный; СССР, Украина, Западная Волянь, г. Корец; шерл-мусковитовые (?) пегматиты в гнейсо-мигматитах (Боженко и Лиса, 1949);
- 19 — черный; СССР, Украина, Западная Волянь, р. Случь; шерл-мусковитовые (?) пегматиты в гнейсо-мигматитах (Боженко и Лиса, 1949);
- 20 — СССР, Украина, Городницкий район, с. Перевезня; шерл-мусковитовые пегматиты в гнейсах (Абрамович, 1936);  $\text{SnO}_2$  0,08%;
- 21 — смоляно-черный; СССР, Украина, Волянь, с. Шурково; шерл-мусковитовые пегматиты в гранитах (Абрамович, 1936);  $\text{P}_2\text{O}_5$  следы;
- 22 — смоляно-черный; СССР, Украина, с. Майдан-Волянское; шерл-мусковитовые (?) пегматиты в гнейсах (Юрк, Рябоконь, Шнюков, 1960);
- 23 — темно-бурый; СССР, Украина, с. Скелюватка и с. Ерки; пегматиты в гранитах (Юрк, Рябоконь, Шнюков, 1960);
- 24 — темно-бурый; СССР, Украина, с. Ерки; пегматиты в гранитах (Юрк, Рябоконь, Шнюков, 1960);  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,01%;
- 25 — черный; СССР, Украина, М. Тальный; пегматиты в гранитах (Юрк, Рябоконь, Шнюков, 1960);  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,01%;
- 26 — СССР, Украина, Среднее Приднепровье, р. Сухой Омельник; пегматиты в биотит-плагиоклазовых гнейсах (Юрк, Рябоконь, Шнюков, 1960);
- 27 — черный; СССР, Украина, Западное Приазовье, с. Дереевка; аплит-пегматиты в мигматитах (Юрк, Шнюков, 1957);
- 28 — СССР, Украина, Западное Приазовье, хут. Сороки; шерл-мусковитовые пегматиты в биотит-амфибол-плагиоклазовых гнейсах (Юрк, Рябоконь, Шнюков, 1960);
- 28a — черный; СССР, Украина, Западное Приазовье, хут. Сороки; пегматиты в биотит-амфибол-плагиоклазовых гнейсах (Джунь и Юрьев, 1961);  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,40%; Cl 0,26%; Ba 0,01%;
- 29 — черный; СССР, Украина, Западное Приазовье, хут. Андреевка; пегматиты в роговообманковых гнейсах (Джунь и Юрьев, 1961);  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,09%; C 0,34%;
- 30 — СССР, Украина, Западное Приазовье, Елисеевка; шерл-мусковитовые пегматиты в биотит-амфибол-плагиоклазовых гнейсах (Юрк, Рябоконь, Шнюков, 1960);
- 31 — черный; СССР, Урал; пегматиты (Kunitz, 1929);
- 32 — черный (светлое желтовато-зеленое ядро; темная зеленовато-буря оболочка); СССР, Урал, д. Южакова; шерл-мусковитовые пегматиты (Сливко, 1955);
- 33 — черный; СССР, Урал, Мурзинка; пегматиты (Ферсман, 1925; Doelter, 1917);
- 34 — СССР, Урал, Сарапулка; пегматиты в змеевиках (Ферсман, 1925; Doelter, 1917);
- 35 — черный; СССР, Урал, Алабашка; пегматиты в гранитах (Ферсман, 1925; Doelter, 1917);
- 35a — коричнево-бурый; СССР, Урал, Алабашка; пегматиты в гранитах (Ферсман, 1925; Doelter, 1917; Niggli, 1926);
- 36 — черный; СССР, Урал, оз. Мнасосо; топазо-берилловый пегматит в гранито-гнейсах (Раскатова, 1949);  $\text{V}_2\text{O}_5$  получена по разности, причем в оригинале ошибочно дано 4,89%;
- 37 — черный; СССР, Западный Узбекистан, г. Кара-Тюбе, Угурташ; пегматиты в гранитах (Хамрабаев, 1958);  $\text{V}_2\text{O}_5$  нет, BeO нет;

- 37а — черный; СССР, Западный Узбекистан, г. Кара-Тюбе; пегматиты в гранитах (Хамрабаев, 1958);
- 38 — черный; СССР, Казахстан, Калбинский хребет; пегматиты в гранитах (Шавло, 1959);
- 39 — черный; СССР, Казахстан, гора Тайбугатас; полевошпатовые пегматиты в орговикованных песчаниках (Ерджанов, 1963);  $0,02\% \text{ZrO}_2$ ;  $0,002\% \text{BeO}$ ;
- 40 — черный; СССР, Восточная Сибирь, Слюдянка; пегматиты в широксен-амфиболовых гнейсах (Калинин, 1939; Сулоев, 1939);
- 41 — черный; СССР, Восточная Сибирь, Борщовочный кряж; пегматит? (Коржинский, 1958);
- 41а, б — черные (синие в тонких пластинках); СССР, Восточная Сибирь, Борщовочный кряж;
- 41а — в оригинале сумма  $99,32\%$ ;
- 41а — фторо-бериллиевые пегматиты;
- 41б — натро-литиевые пегматиты (Сливко, 1955);
- 41в, г, д — черные; СССР, Восточная Сибирь, Борщовочный кряж, Усовское; натро-литиевые пегматиты в контакте биотитовых гнейсов и жилы спессартина (Агафонова, 1946; 1949);
- 41в<sup>г</sup> — в оригинале сумма  $100,18\%$ ;
- 41г — в оригинале сумма  $100,01\%$ ;
- 41е, ж — черные; СССР, Восточная Сибирь, Борщовочный кряж, Каменная стрелка; топазо-берилловые пегматиты в гранитах (Агафонова, 1947, 1949, 1950);
- 42 — черный; СССР, Восточная Сибирь, Малая Кулиппа; натро-литиевый тип, альбитовый подтип; пегматиты в углистых кварцево-биотитовых сланцах (устное сообщение В. А. Корнетовой);
- 43 — СССР, Южная Якутия, р. Удун-гру; пегматит в амфиболитах (Сердоченко, 1956);  $\text{NiO}$   $0,01\%$ ;  $\text{Cr}_2\text{O}_3$   $0,011\%$ ;
- 44 — СССР, Южная Якутия, Окурданские гольцы; пегматит (Сердоченко и Глебов, 1960);  $\text{Cl}$   $0,14\%$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$   $0,01\%$ ,  $\text{CO}_2$   $0,13\%$ ; в оригинале сумма  $100,28\%$ ;
- 45 — черный; СССР, Дальний Восток, хребет Малый Хинган; пегматиты в гранитах (Лебедев, 1937, 1939);  $\text{PbS}$   $1,25\%$ ; другие элементы  $0,35\%$ ;
- 46 — черный; Польша, Жегоцина; пегматитовые валуны во флише (Skoczyl-Ciszewska i Tynies, 1955);
- 47 — Польша, Зап. Предкарпатье; пегматитовые валуны во флише (Tynies, 1954);
- 48 — черный; Польша, Татры, Чуба-Горучкова (Czuba-Goruczkoва); олигоклаз-ортоклазовые пегматиты в гранитах (Pawlice, 1915);  $\text{P}_2\text{O}_5$  нет;
- 49 — черный; Польша, Силезия, Пи-лава-Гурна (бывш. Langenbielau); пегматиты в гнейсах (Hintze, 1897);
- 50 — сине-черный; Чехословакия, Сушице; натро-литиевые пегматиты в магнезиальных мраморах (Schärfner, 1889);
- 51 — Чехословакия, Богемия, Короу-геу (бывш. Kuhrau); пегматиты (?) в гранитах (Hintze, 1897);
- 51а — Чехословакия, Западная Моравия, Цирилов (Cyrilov); турмалиновые пегматиты в кристаллических сланцах (Sekanin, 1928);
- 52 — черный; Болгария, Маркова Трапеза; слюдяные пегматиты в кристаллических сланцах (Бресковска и Ескенази, 1961);
- 53 — черный; Болгария, Планский плутон «Долини Окол»; пегматиты в интрузивных породах (Бресковска и Ескенази, 1961);
- 54а, б, в, г, д, е, ж — черные; Болгария, г. Витоша; контактовые (?) аплиты-пегматиты в монзонитах (Бресковска и Ескенази, 1961); в оригинале сумма у анализов:
- 54а —  $100,65\%$ ;
- 54д —  $100,03\%$ ;
- 54е —  $100,30\%$ ;
- 55 — коричневатый-черный; ГДР, Эйбенштотк; литиевые пегматиты (Kunitz, 1929);
- 56 — черный; ФРГ, Бавария, Хельберг у Лам (Hörlberge, Lam); пегматиты (?) (Kunitz, 1929); Г. А. Осолоди-киной установлено  $0,46\% \text{TiO}_2$ ;  $0,49\% \text{MnO}$ ;  $\text{CaO}$  — нет;  $2,20\% \text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $11,10 \text{FeO}$  (обр. № 13724);
- 57 — зеленоватый-коричневый; ФРГ, Бавария, Эрпехштейн (Erppegstein); натро-литиевые пегматиты (Kunitz, 1929);
- 58 — черный; ГДР, Верхняя Саксония, Хурсдорф; пегматиты (Kunitz, 1929);
- 59 — черный; Франция, Бретань, Роскоф; пегматиты (Sandrea, 1949);  $\text{P}_2\text{O}_5$   $0,09\%$ ;
- 60 — черный; Швейцария, Тессин, Бриссаго; натро-борные пегматиты (Jakob, 1937);
- 61 — черный; Швейцария, пик Кочеп в нижнем Энгадине (U. Engadin, Piz Cotschen); пегматиты (Grubemann, 1907);
- 62 — черный; Италия, Валь-Мартелло (Val Martello); пегматиты (Tomba, 1958);  $\text{Cr}_2\text{O}_3$   $0,06\%$ ;

- 63 — черный; Италия, Эльба; натро-  
литиевые пегматиты в гранитах  
(Hintze, 1897);
- 64 — зеленовато- или коричневатого-чер-  
ный; Италия, Эльба, Сан-Пьетро  
в Кампо (San Pietro in Campo);  
натро-литиевые пегматиты в гра-  
нитах (Doelter, 1917);
- 65 — черный; Сардиния, Асиана (Asi-  
naga); пегматиты (Serra, 1908);  
 $P_2O_5$  следы;
- 66 — черный; Финляндия, Раямяки;  
литиево-фосфатные пегматиты в гней-  
сах, сланцах (Mäkinen, 1913);
- 67 — черный; Финляндия, Таммела;  
пегматиты в гранитах (?) (Ауэр-  
бах, 1868);
- 68 — черный; Финляндия, о. Кимито,  
Маткярр (Matkärär); пегматиты  
(Lokka, 1943);
- 69 — черный; Норвегия, Крагерё; пла-  
гиоклазовый пегматит; состав  
турмалина получен расчетным пу-  
тем из апализа породы; генетиче-  
ски связывается с альбититами-  
дериватами рабброидной магмы  
(Brögger, 1935); в оригинале сум-  
ма 100,00%;
- 70 — черный; Норвегия, Снарум,  
Рамфос (Snarum, Ramfos); пегма-  
тит (Doelter, 1917);
- 71 — черный; Норвегия, Снарум (Sna-  
rum); пегматит (Dana, 1911; Doel-  
ter, 1917);
- 72 — черный; Швеция, Варутреск  
(Varuträsk); натро-литиевые пег-  
матиты в амфиболитизированной зе-  
леокаменной породе (Quensel,  
1955);  $Rb_2O$  нет;  $Cs_2O$  нет;
- 73 — сине-черный; Швеция, о. Утё;  
литиевые пегматиты (Sjögren,  
1916);  $P_2O_5$  0,13%;
- 74 — черный; Шотландия, графство  
Росс, Струй-Инн (Rosshire, Struay  
Inn); пегматиты (?) (Heddle, 1900);
- 75 — черный; Бразилия, шт. Минас-  
Жерайс; пегматиты (?) (Riggs,  
1888; Schaller, 1913);  $P_2O_5$  нет;
- 76 — черный; США, шт. Коннектикут,  
Хаддам (Haddam); пегматиты (?)  
в гранито-гнейсах (?) (Riggs, 1888;  
Wülfing, 1900);  $P_2O_5$  следы;
- 77 — черный; США, шт. Пенсильвания,  
Честер, Ньюлин (Newlin), пегма-  
титы (Gordon, 1922);
- 78 — черный; США; шт. Пенсильвания,  
Делавэр, Авондейл (Avondale);  
пегматиты (?) в гранито-гнейсах  
(Gordon, 1922);
- 79 — США, шт. Пенсильвания, Норт-  
гемптон, Девилс-Овен (Northamp-  
ton, Devil's Oven); пегматиты (Gor-  
don, 1922);
- 80 — синий; США, шт. Массачусетс,  
Гошен; литиевые пегматиты (Ку-  
nitz, 1929);
- 80a — сине-черный; США, шт. Мас-  
сачусетс, Гошен; литиевые пегма-  
титы (Hintze, 1897);
- 81 — черный; США, шт. Мэн, Оберн  
(Auburn); пегматиты (Riggs, 1888;  
Schaller, 1913);  $P_2O_5$  следы;
- 82 — черный; США, шт. Мэн, Парис  
(Paris); пегматиты в гранито-гней-  
сах (Riggs, 1888);  $P_2O_5$  следы;
- 83 — черный; США, шт. Нью-Йорк,  
графство Св. Лавренсия; пегматиты  
(Ward, 1931);  $Cr_2O_3$  следы;
- 84 — черный; США, шт. Нью-Йорк, р.  
Св. Лавренсия, Таузанд — Айлендс  
(Thousand Islands); пегматиты  
(Ward, 1931);  $Cr_2O_3$  следы;
- 85 — черный; США, шт. Нью-Йорк,  
Эссекс, Морайа (Moriah); пегматиты  
(Ward, 1931);  $Cr_2O_3$  нет;
- 86 — черный; США, шт. Северная Ка-  
ролина, Стони-Пойнт (Stony Point);  
литиевые пегматиты (Riggs, 1888);
- 87 — черный; США, шт. Калифорния,  
Сан-Диего, Рамона (Ramona), пег-  
матиты (Schaller, 1913);
- 88 — черный; США, шт. Калифорния,  
Сан-Диего, Этта-Майн (Etta Mine);  
пегматиты (Ward, 1931);  $Cr_2O_3$   
0,10%;
- 89 — черный; Мадагаскар, Таматаве  
(Tamatawe); пегматиты (?) (Jan-  
nasch, Calb, 1889);
- 90 — черный; Мадагаскар, Амбату-  
маинти (Ambatomainity), калие-  
вые пегматиты в гранитах (Las-  
croix, 1922);
- 91 — черный; Мадагаскар, Тунгафену  
(Tongafeno); калиевые пегматиты  
в слюдяных сланцах (Lacroix,  
1922).

составляя около 3,5%. Шерл образует мелкие иголки;  $N_g = 1,662$ ,  
 $N_r = 1,637$  (Nemes, 1951).

В Англии около Луксуллиана (Корнуэлл) развиты породы, названные  
«луксуллианитами», в состав которых наряду с микропертитом и кварцем  
входит бархатисто-черный турмалин, представленный двумя генерациями  
(Wells, 1946): первичной и образовавшейся в пневматолитическую стадию.  
Светопреломление турмалина из луксуллианита  $N_g = 1,660$  и  $1,665$ ,  
 $N_r = 1,633$  и  $1,640$  (Ward, 1931).

Шерл встречается почти во всех типах гранитных пегматитов чистой линии. Особенно широким развитием он пользуется в боро-фтористом типе, образуя самостоятельный, по классификации А. Е. Ферсмана (1960), подтип шерловых пегматитов, а при переходе к мусковитовому подтипу — промежуточные шерлово-мусковитовые пегматиты. А. Е. Ферсман отмечает, что при остывании пегматитового расплава шерл начинает выделяться на границе магматической и эпимагматической фаз, образуя черные солнца. Затем, в конце пегматитовой и начале пегматоидной фаз, выделяется главная масса шерла в виде огромных черных не очень длинных кристаллов. Шерл при своей кристаллизации захватывает из пегматита все железо, оставшееся после выделения биотита, магнетита и «черных минералов». Количество шерла в пегматите определяется не оставшимся в магме количеством бора, а наличием FeO, которое входит в состав шерла в количестве 5—12%. В начале гидротермальной фазы кристаллизации пегматитов появляются новообразования игольчатого шерла.

Во фторо-бериллиевом типе пегматитов черно-синий шерл выделяется в пустотах в конце пегматоидной фазы.

Шерл встречается также в контактных пегматитах линии скрещения в следующих ассоциациях: 1) с диоксидом, роговой обманкой и титанитом; 2) с плагиоклазом; 3) с кордиеритом и биотитом; 4) с андалузитом и дюмартеритом (Ферсман, 1960).

В плагиоклазовых пегматитах, связанных с альбититами, являющимися дериватами габброидной магмы (Brøgger, 1935), встречен шерл в районе Крагерё (Норвегия). Он составляет около 4% и ассоциируется с олигоклазом или андезином, небольшим количеством микроклина или микроклин-пертита, биотитом (лепидомелан) и апатитом. Состав шерла получен путем расчета общего анализа породы (см. табл. 4, анализ № 69).

Химические анализы шерла из пегматитов приведены в табл. 4. Количество их составляет две трети собранных авторами анализов<sup>1</sup>.

Как видно из табл. 5, состав шерла колеблется в широких пределах: от разностей, богатых  $Al_2O_3 + Fe_2O_3$  и содержащих сравнительно небольшой процент  $MgO + FeO$  (№ 38 и 42), до разностей, богатых  $MgO + FeO$  и относительно бедных  $Al_2O_3 + Fe_2O_3$  (№ 79 и 85). Кроме того, встречается шерл с высоким содержанием закисного железа, который может быть отнесен к почти чисто железистой разности (№ 32 и 41), и шерл, богатый магнием, но с низким содержанием закиси железа (№ 43 и 44), а также шерл с равно высоким содержанием обоих окислов (№ 79 и 89). Присутствует шерл, бедный щелочами, и шерл, богатый известью. Что касается железа, то из всех анализов с раздельным определением двух- и трехвалентного железа более половины характеризуется преобладанием двухвалентного железа, одна пятая — преобладанием трехвалентного и около одной шестой — равным содержанием железа обеих валентностей.

При попытке увязать состав шерла с типами пегматитов по А. Е. Ферсману (1960) авторы натолкнулись на ряд трудностей. Во-первых, в литературе далеко не всегда указывается тип пегматита, из которого анализирован шерл. Во-вторых, по приводимым описаниям не всегда с достоверностью можно отнести пегматит к тому или иному типу как в силу недостатка данных, так и в силу сложности такого расчленения. В связи с

<sup>1</sup> В табл. 4 не приведены шесть химических анализов шерла из пегматитов Саки-хама (Sakihama), префектура Ивате, Япония (Shimoda, 1956). В анализах отсутствуют данные о содержании  $H_2O$  и F. Содержание остальных окислов не вносит ничего нового. Железо приведено только в окисной форме — 16,25—19,10%  $Fe_2O_3$ ;  $MgO$  колеблется от 2,48% в шерле самой ранней стадии кристаллизации до 0,33% — самой поздней.  $MnO$  от 0,10% в шерле самой ранней стадии до 0,36% — самой поздней.  $CaO$  от 0,08 до 0,43%;  $Na_2O$  от 1,26 до 1,60%. Pb не найден.

Таблица 5

Пределы содержания окислов в составе шерла пегматитов (%)

Окислы	Крайние содержания	Преобладающие содержания	Окислы	Крайние содержания	Преобладающие содержания
TiO <sub>2</sub>	Следы—1,7	0,15—0,6	Li <sub>2</sub> O	0 — 0,8	Следы— 0,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,3—37,7	30 —35	Na <sub>2</sub> O	0,06— 4	0,75— 3,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0 —15,4	0 —8	K <sub>2</sub> O	0 — 1,5	0,05— 0,4
FeO	0,5—15,1	6 —13	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,2 — 4	2 — 4
MnO	Следы—5,4	0,03—0,4	F	0 — 1,7	0 — 0,7
MgO	0 —8,3	0,2 —4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,9 —49,7	31,3 —40,6
CaO	0 —4	0,2 —1,5	FeO+MgO	2,8 —18,4	6,1 —18,4

этим, нами принята следующая довольно схематическая разбивка пегматитов по группам. В первую группу объединены пегматиты 1, 2 и 3 типов по А. Е. Ферсману, т. е. обычные, с редкими элементами и боро-фтористые типы. Иными словами, объединены пегматиты, у которых большим развитием пользуются минералы первичной кристаллизации. Во вторую группу вошли пегматиты фторо-бериллиевые (4 тип по Ферсману). В третью — пегматиты с широко развитыми процессами альбитизации и лепидолитизации (5 и 6 типы: натро-литиевый и литио-фосфатный). В четвертую группу вошли контактовые пегматиты с явно выраженным взаимодействием с вмещающими породами.

При сопоставлении содержания отдельных окислов в составе шерла в выделенных четырех группах пегматитов наибольший интерес представило поведение магнезии и отчасти известии.

Из табл. 6 видно, что шерл пегматитов 2 и 3 групп характеризуется низким содержанием MgO. Высокий процент MgO, а также CaO, отмечается в шерле контактовых пегматитов, и, наконец, широкие колебания в содержании магнезии характерны для шерла 1 группы.

Таблица 6

Содержание MgO и CaO в шерле выделенных групп пегматитов (%)

Группы пегматитов	Количество анализов	MgO	Количество анализов	CaO
1	31	0,3—6,3	32	0,2—1,6
2	10	0,2—2,1	10	0,2—1,7
3	21 *	Нет—1,8 (2,6;3,9;5,4)**	16	Нет—0,7 (1,1; 1,4)
4	11	4,4—8,1	11	1—3,4(0,2)

\* В это число включен черный турмалин из лепидолитовых пегматитов Браун Дерби, штат Колорадо, США, содержащий (%): 1,1 Na; 0,59 Ca; 0,07 K; 6,6 Fe; 0,20 Li; 0,29 Mn; 1,0 Mg; 0,24 Ti; Ng = 1,653; Nr = 1,626; Ng - Nr = 0,027 (Staatz a. oth., 1955).

\*\* В скобках приведены единичные данные.

Такая особенность состава шерла отмеченных групп объясняется, по-видимому, как физико-химическим состоянием пегматитового расплава — раствора, так и условиями формирования пегматитовых тел. Пегматитовый расплав 1 группы является достаточно реакционноспособным, чтобы ассимилировать магнезию из вмещающих пород или из пород, встреченных на пути следования расплава. Следовательно, отсутствие магнезии

или низкое содержание ее в составе шерла пегматитов данной группы указывает на относительную чистоту кристаллизовавшегося расплава. Примером взаимодействия расплава с вмещающими породами могут служить пегматиты Северной Карелии, относящиеся к микроклиноплагноклазовым и плаггиомикроклиновым типам и залегающие в амфиболитах, амфиболитовых гнейсах и других породах, обогащенных магниезией. Шерл этих пегматитов содержит от 3,2 до 6,2% MgO (Шуркин и др., 1962).

В тех же случаях, когда пегматитовый расплав обладал высокой реакционной способностью и протекали интенсивные взаимодействия его с магнезиально-известковистыми породами, образовались контактные пегматиты (четвертая группа), шерл которых содержит высокий процент MgO и CaO. Сюда отнесены пегматиты Болгарии, г. Витоши, залегающие в мондиитах, шерл в них содержит 6,6—7,5% MgO и 1—3,4% CaO и ассоциируется с кварцем, амфиболом, плагноклазом, биотитом, титанитом, ортитом, шеелитом, апатитом, халькопиритом, магнетитом, кальцитом и цеолитами (Бресковска и Ескенази, 1961).

Вторая и третья группы пегматитов обладают относительно меньшей способностью взаимодействия с окружающими породами и извлечения из них магнезии. Поэтому шерл, входящий в их состав, содержит мало MgO или лишен ее. Примером является шерл с содержанием 0,98% MgO из пегматитов натро-литиевого типа (Сущице в Чехословакии), залегающих в магнезиальных мраморах (Scharizer, 1889; Ферсман, 1960), а также шерл с содержанием 1,06% MgO из натро-литиевых пегматитов Сарапулки (Урал), залегающих в змеевиках (Ферсман, 1925). Исключение составляет шерл из Раямяки и Харкасаари (Финляндия), содержащий 2,61 и 3,89% MgO, входящий в состав литио-фосфатных пегматитов, залегающих в слюдяных и амфиболитовых гнейсах, слюдяных сланцах, феллитах и диоритах (Mäkinen, 1913; Ферсман, 1960), а также шерл из литиевых пегматитов Стопи Поинт (Stony Point), США, содержащий 5,44% MgO (Riggs, 1888). Более подробными данными об этих месторождениях мы не располагаем.

Что касается других окислов, т. е. Fe, Na, Li, K, то их содержание в шерле колеблется в одних и тех же пределах во всех группах пегматитов.

Попытка увязать содержание магнезии в шерле с составом вмещающих пегматиты пород никаких закономерностей не выявила. Встречается обогащенный MgO шерл в пегматитах, залегающих в гранитах. Например, в селах Скелюватка и Ерки на Украине (Юрк и др., 1960) шерл с содержанием 5,81 и 6,30% MgO присутствует в пегматитах, залегающих в гранитах.

Вероятно, пегматитовый расплав обогатился магниезией еще до внедрения в граниты.

#### ШЕРЛ ИЗ ГРЕЙЗЕНОВ И ВТОРИЧНЫХ КВАРЦИТОВ

Полные химические анализы шерла приведены в табл. 7. Кроме того, в литературе имеются частичные анализы. Так, шерл из турмалинизированных пород, развитых в залебандх оловорудных жил Днепровского месторождения (Северо-Восток СССР), содержит (%): 3,53 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 5,22 FeO; 7,20 MgO; 0,86 CaO; Ng = 1,654; Np = 1,629; Ng — Np = 0,025; цвет — черный; ассоциируется с кварцем, полевым шпатом, мусковитом, топазом и апатитом (Тренина и др., 1957). К пегматитово-грейзеновому типу относится М. А. Богомоллов (1962) черный турмалин (синий в шлифе) с месторождения Таежное, Южная Якутия, развивающийся по серендибиту и более раннему турмалину; он содержит (%): 31,65 SiO<sub>2</sub>; 0,78 TiO<sub>2</sub>; 26,55 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 8,68 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO; 8,27 MgO; Ng = 1,665; уд. вес 3,076. В турмалине из

Состав (%) и свойства шерла из грейзенов и вторичных кварцитов

Компоненты	92	92а	92б	93	94	95	96	97	98	99
SiO <sub>2</sub>	35,54	37,83	38,35	34,38	32,64	31,89	34,83	40,56	38,70	35,57
TiO <sub>2</sub>	0,55	0,65	1,17	0,42	0,53	0,57	Нет	0,57	0,59	0,40
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,28	9,35	8,23	9,72	8,21	9,42	9,20	11,20	9,10	9,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29,74	29,11	25,29	34,23	32,63	31,72	31,80	27,44	22,07	33,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,78	7,73	10,31	6,73	3,02	4,20	3,13	0,05	6,93	1,23
FeO	1,93	1,48	1,26	7,04	7,29	7,84	14,13	12,95	12,41	12,57
MnO	Следы	Следы	Следы	Следы	0,13	—	0,22	0,14	0,13	0,60
MgO	8,62	8,94	8,23	3,42	7,46	5,92	Нет	3,05	3,34	0,21
CaO	2,08	1,52	1,27	1,83	1,64	1,65	0,09	0,84	2,44	0,65
Li <sub>2</sub> O	—	—	—	—	—	—	—	—	0,05	0,15
Na <sub>2</sub> O	1,89	1,87	1,78	0,47	2,65	1,82	3,53	2,08	0,84	3,64
K <sub>2</sub> O	0,20	0,17	0,11	0,21	0,18	0,09	0,67	0,24	0,32	0,33
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,34	—	—	1,46	3,88	4,44	1,93	1,09	3,17	1,92
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,69	0,08	0,20	0,27	0,27	—	0,12	0,12	—	—
F	—	—	—	—	—	—	0,78	—	—	0,23
Сумма	100,64	98,73	96,20	100,15	100,53	99,56	100,43	100,33	100,09	100,21
Уд. вес	3,110	—	—	—	2,82	—	3,28	—	—	—
Ng	1,666	—	—	1,674	1,652	—	1,658	1,665	1,682—1,664	—
Np	1,636	—	—	1,632	1,631	—	1,634	1,638	1,654—1,638	—
Ng — Np	0,030	—	—	0,042	0,021	—	0,024	0,027	0,028—0,026	—
Сумма хро- мофоров	11,26	9,86	12,74	14,16	10,97	12,61	17,48	13,71	20,06	14,80

- 92 — черный; СССР, Азербайджан, г. Айри-даг; в грейзенах за счет плагиогранитов (Кашкай и Алиев, 1959; Везир-Заде, 1954);
- 92а, б — СССР, Азербайджан, г. Айри-даг (Косагов бугор) в грейзенах за счет плагиогранитов (Керимов, 1963); в оригинале для обоих анализов не приведено содержание  $B_2O_3$ , которое получено нами как дополнение до суммы, указанной автором;
- 93 — черный; СССР, Казахстан, Одак, в грейзенах за счет сиенит-порфиоров (Абдулин, 1961);
- 94 — черный; СССР, Казахстан, Уштаган; во вторичных кварцитах за счет плагиогранит-порфиоров, кварцевых порфиоров и их туфов (Абдулин, 1961);
- 95 — черный; СССР, Казахстан, Нурынск; во вторичных кварцитах за счет эффузивных пород (Абдулин, 1961);
- 96 — бутылочно-зеленый; СССР, Восточное Забайкалье; в грейзенах за счет гранитов (Доломанова, 1963);
- 97 — черный; СССР, Дальний Восток, Приханкайский район; в грейзенах за счет гранитов (Руб, 1960); в оригинале сумма 100,34%;
- 98 — черный; в метасоматических породах за счет гранодиоритов (Меликсетян, 1959);
- 99 — черный; Польша, Мертвый камень; в грейзенах за счет гранитов, слюдяных и амфиболитовых сланцев (Heflik, 1960).

вторичных кварцитов, развившихся по вулканогенным породам и плагиогранитам на горе Айридаг, Кедабек (Азербайджанская ССР), присутствует (%): 34,56  $SiO_2$ ; 8,87 Fe; 40  $R_2O_3$ ; 9,57  $B_2O_3$ ; 8,36 MgO (Мартиросян, 1962).

Пределы содержания отдельных окислов в шерле данной группы, приведенные в табл. 15, очень значительные. Но в целом характерно высокое значение  $MgO + FeO$ , колеблющееся в сравнительно узких пределах 9,5—16%, и отсутствие разностей, богатых  $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ . Значительно колеблются содержания  $CaO$  и  $Na_2O$ . Железо присутствует в одних разностях в виде преобладающей окиси, в других — преобладающей закиси, а также в равных соотношениях обеих форм.

Формирование грейзенов и вторичных кварцитов связано с воздействием горячих глубинных растворов, богатых В и F, на затвердевшие горные породы. При этом состав пород, подвергающихся грейзенизации, и пород, находящихся с ними в контакте, оказывает влияние на состав вновь образующихся минералов. Убедительным примером такого влияния является Приханкайский район на Дальнем Востоке (Руб, 1960), где кварц-турмалиновые грейзены возникли в одном случае за счет гранитов, расположенных в контакте с глинистыми сланцами, а в другом — за счет даек порфировидных гранитов, залегающих в известняках. В последнем случае развивается голубой дравит с повышенным содержанием  $MgO$  и  $CaO$  ( $MgO = 6,8\%$ ,  $CaO = 6\%$ ), а в первом — черный шерл, богатый FeO и сравнительно бедный  $MgO$  и  $CaO$  (см. табл. 7, анализ 97).

В этом аспекте вызывают интерес месторождения Азербайджана и Казахстана, где турмалин, присутствующий в грейзенах и вторичных кварцитах, развившихся за счет пород кислого состава, значительно обогащен магнием. Объяснения этого явления в литературе по этим месторождениям авторами не встречено.

Шерл в грейзенах и вторичных кварцитах присутствует в виде зерен, призм, игл. Размер наиболее крупных выделений достигает 6 см. Он образует округлые скопления, турмалиновые солнца, сферолиты и микро-сферолиты. Отмечается также (Мартиросян, 1962) образование коломорфного турмалина, описанного во вторичных кварцитах горы Айридаг (Азербайджанская ССР); коломорфный турмалин развит в виде почковидных агрегатов с концентрически и кристаллически зональным строением, в центре которых развит скрыто-кристаллический турмалин.

## ШЕРЛ ИЗ КВАРЦЕВЫХ И ТУРМАЛИНОВЫХ ЖИЛ

Химические анализы шерла приведены в табл. 8. Из общего числа анализов пятнадцать приходится на шерл кварцево-турмалиновых жил и два — на шерл почти мономинеральных турмалиновых жил.

Частичный химический анализ тонкоигльчатого шерла (0,01 — 0,03 мм) стального-серого цвета, выполняющего жилу 4,5 см ширины и похожего на спутанный войлок асбеста, имеется из Келмскотта (Kelmscott), Юго-Западный Округ, Западная Австралия. Он содержит (%): 36,14 SiO<sub>2</sub>; 29,98 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 10,5 FeO; следы MnO; 6,78 MgO; 1,16 CaO; 0,52 TiO<sub>2</sub>; уд. вес 3,10; Ng = 1,658, Np = 1,632; Ng — Np = 0,026 (Simpson, 1951)

Из табл. 15 видно, что состав шерла очень непостоянный. Он колеблется от разностей с небольшим содержанием MgO + FeO, но богатых Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, до разностей, обогащенных MgO + FeO. Значительные колебания отмечаются в содержании CaO и Na<sub>2</sub>O. Железо в подавляющем числе анализов представлено в виде преобладающей закиси, в меньшем — в виде преобладающей окиси и в одном анализе обе формы железа присутствуют в равных количествах.

Намечается некоторая зависимость содержания магнезии в шерле от состава вмещающих пород. Самое низкое значение MgO (1,45; 1,46; 2,4%) характерно для шерла из турмалиновых и кварцево-турмалиновых жил, секущих граниты. В шерле из кварцевых жил, секущих гранодиориты, содержание MgO поднимается до 3,02%, а в секущих монзониты — до 4,1%. Шерл турмалиновых обособлений из биотит-амфиболовых сланцев и кварцево-турмалиновых жилок (с карбонатом), секущих пегматиты, залегающие в амфибол-гранатовых гнейсах, содержит соответственно 4,92 и 6,4% MgO. Кварцево-турмалиновые жилы из грейзенизированных плагиогранитов и гранодиоритов содержат шерл, обладающий высокими значениями MgO — 7,21; 8,08; 8,28%. Самое большое количество MgO, равное 9,14%, отмеченное у шерла кварцево-турмалиновой жилки с кальцитом, секущей амфиболитизированные породы, объясняется В. И. Лебедевым (1950) взаимодействием гидротермального раствора с вмещающими основными породами.

В свою очередь, не исключена возможность обогащения раствора магнезией до его проникновения во вмещающие породы. Так, вероятно, можно объяснить относительное обогащение магнезией (3,85% MgO) шерла из кварцевой жилы, секущей порфиры Восточного Забайкалья (Доломанова, 1963). Последние характеризуются содержанием MgO около 0,5% (Кузнецов, Лучицкий, 1936). В то же время шерл из развитых в пределах месторождения грейзенов (за счет гранитов) совсем не имеет в своем составе магнезии.

Для шерла, образующего тонкие прожилки и примазки по трещинам отдельности в гранитах Гянджинской интрузии, Азербайджанская ССР, также характерно содержание около 4% MgO и 1,5% CaO (получено расчетным путем из химанализа кварц-турмалинового агрегата), что объясняется широким развитием в интрузии процессов ассимиляции вмещающих карбонатных пород (Либерзон и Аксельрод, 1962).

Шерл в описываемой группе присутствует в виде хорошо образованных кристаллов размером до 14 × 0,7 см, в виде агрегата игльчатых образований, напоминающего фибролит или асбест, в виде криптокристаллической хальцедоноподобной массы и в виде плотной массы, напоминающей полосчатую лаву. Тончайшие иглы шерла имеют размер до 0,003 мм.

## Состав (%) и свойства шерла

Компоненты	100	101	102	103	103а	104	105	106
SiO <sub>2</sub>	34,71	36,63	36,93	33,31	33,97	35,54	34,00	36,12
TiO <sub>2</sub>	1,15	0,78	0,70	0,42	0,63	0,24	2,07	1,76
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,95	10,79	10,30	7,38	8,45	10,71	10,67	9,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32,12	28,54	30,97	34,29	28,77	29,42	31,07	27,88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,81	3,64	2,80	3,42	3,86	14,04	13,33	15,19
FeO	0,36	3,96	4,19	7,22	7,57	—	1,41	1,41
MnO	0,10	Следы	0,06	Следы	Следы	0,03	0,30	0,20
MgO	4,92	9,14	8,28	7,21	8,08	2,40	3,02	2,97
CaO	0,74	1,42	1,60	2,30	2,07	1,62	Нет	Нет
Li <sub>2</sub> O	—	0,18	—	—	—	—	—	—
Na <sub>2</sub> O	2,41	0,94	2,97	2,02	2,15	1,91	1,43	0,50
K <sub>2</sub> O	0,38	0,15	0,50	Нет	Нет	0,11	1,12	1,38
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2,85	3,83	0,79	2,41	3,93	1,86	} 0,88	0,73
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,65	0,04	—	0,25	0,33	0,38		
F	—	0,07	—	—	—	2,48	0,06	—
Сумма	100,15	100,11	100,09	99,93	99,81	100,74	99,36	97,94
Уд. вес	3,143	3,065	3,086	2,38*	3,03	—	—	—
Ng	—	1,653	1,672	—	1,667	1,670	1,655	—
Np	—	1,627	1,635	—	1,635	1,636	1,633	—
Ng — Np	—	0,020	0,037	—	0,032	0,034	0,022	—
Сумма хро- мофоров	12,42	8,45	7,75	10,76	12,06	14,31	17,11	18,56

\* Низкое значение удельного веса, по-видимому, опечатка.

100 — черный; СССР, Северная Карелия, Кривое озеро (Лебедев, 1959), кварцево-турмалиновая жилка, секущая пегматиты; вмещающие породы амфибол-гранатовые гнейсы;

101 — черный; СССР, Северная Карелия, о. Кереть (Вистелиус, 1939; Лебедев, 1950, 1959); кварцево-турмалиновая жилка в амфиболитизированных породах; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,07%; NiO следы;

102 — черный; СССР, Азербайджан, Айри-Даг (Рашкай, Алиев, 1959); кварцево-турмалиновая жилка в грейзенизированных плагногранитах;

103, 103а — черные; СССР, Казахстан, месторождение Шуак (Абдулин, 1961); кварцево-турмалиновая жи-

ла в турмалинизированных гранодиоритах;

104 — СССР, Казахстан, хр. Серым-сакты, Калба (Данилович, Сливко, 1960); турмалиновая жилка в гранитах; в оригинале сумма 100,70%;

105 — черный с зеленым оттенком; СССР, Узбекистан, г. Кара-Тюбе, Сарыкуль (Хамрабаев, 1958); турмалиново-кварцевая жилка, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> нет; BeO — 0,06%;

106 — черный; СССР, Узбекистан, Зирабулак, Ингичка (Хамрабаев, 1958); турмалиново-кварцевая жилка; V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> нет; BeO — 0,10%;

107 — черный; СССР, Узбекистан, Сев. Нура-Тау, Темир-Кабук (Хамрабаев, 1958); турмалиново-кварцевая жилка;

Таблица 8

из кварцевых и турмалиновых жил

107	108	109	110	111	112	113	114	114а
37,08	35,70	35,70	35,61	36,10	33,41	35,94	35,10	35,19
2,16	0,73	0,46	1,02	1,12	1,08	Нет	0,33	0,23
9,42	8,91	9,40	9,05	12,65	9,68	9,08	9,38	9,25
29,66	30,03	26,99	30,27	31,21	32,46	31,22	34,07	34,15
5,15	0,80	4,88	—	—	3,25	—	0,56	5,66
1,67	11,63	11,77	10,85	10,60	6,39	9,23	14,37	9,91
0,28	0,02	0,20	0,15	0,05	Следы	Нет	0,10	0,13
8,91	3,85	4,10	6,23	4,27	6,40	5,53	1,45	1,46
0,60	1,62	1,48	1,83	1,48	0,23	1,66	0,46	0,33
—	—	0,06	Следы	0,31	Нет	Следы	—	—
1,38	2,77	1,26	2,40	1,37	2,71	3,96	2,15	2,09
0,71	0,57	0,13	0,09	0,16	0,69	Нет	Следы	—
1,60	2,67	3,80	2,87	0,43	3,33	3,55	1,95	1,90
0,73	0,08	—	0,21	—	—	—	0,30	0,26
—	0,21	—	0,27	0,25	Нет	Нет	—	—
99,35	99,59	100,23	100,85	100,00	99,63	100,17	100,22	100,56
—	2,98	—	3,15	3,04	—	3,02—3,11	—	—
—	1,655	1,677	—	1,662	1,645	—	1,668	1,670
—	1,627	1,648	—	1,629	1,638	—	1,638	1,641
—	0,028	0,029	—	0,033	0,007	—	0,030	0,029
9,26	13,18	17,31	12,02	11,77	10,78	9,23	15,36	15,93

108 — черный; СССР, Восточное Забайкалье (Доломанова, 1963); кварцево-турмалиновая жила в порфирах;  
 109 — черный (Меликсетян, 1959); турмалиново-кварцевая жила в эндоконтакте монзонитов с порфиритами; в оригинале сумма 100,63%;  
 110 — Польша, Татры, Копа-Кондрачка (Гора Kondracka) (Pawlica, 1915); кварцево-турмалиновая жила в гнейсах;  
 111 — черный; Италия, Валлизеллеские Альпы, группа Чима д'Аста (Simboli, 1959); состав турмалина получен из анализа породы после вычета избытка SiO<sub>2</sub>; в оригинале FeO 16,60%, что, вероятно, является ошибочным, так как при таком значении сумма должна быть равной 106%; кварцево-турмали-

новая жила в сланцах, также турмалин в цементе сланцевой брекчии;  
 112 — синий; США, шт. Калифорния, Барстоу (Barstow) (Kramer, Allen, 1954), PbO 0,09%; SnO 0,10%; V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 0,06%; турмалиновая линза в тошкзернистой известково-силикатной породе, залегающей в биотитово-роговообманково-полевошпатовых сланцах;  
 113 — черный; Индия, штат Майсур, Колар-Голдфилд (Judd, 1897); кварцево-турмалиновая жила;  
 114 — темно-синий (центральная часть зонального турмалина);  
 114а — зеленовато-коричневый (внешняя зона того же турмалина); Япония, префектура Яманаси, Куро-бира (Harada, 1939); в кварцевой жиле, залегающей в гранитах: в оригинале сумма у 114—100,23% и у 114а — 100,62%.

## ШЕРЛ ИЗ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Шерл данной группы представлен небольшим количеством полных химических анализов, хотя при описании рудных месторождений пневмато-гидротермального типа нередко отмечается присутствие турмалина черного цвета. Как и в предыдущей группе, состав описываемого шерла колеблется приблизительно в тех же широких пределах, что видно из табл. 15.

Из приведенных в табл. 9 девяти химических анализов шерла четыре принадлежат оловоносным месторождениям. Последние из Восточной Сибири исследованы Д. О. Онтоевым (1956), проследившим состав шерла в кварц-турмалиновых оловоносных жилах, залегающих в различных горных породах. Как показывают химические анализы (116, 117, 118), шерл с наиболее низким содержанием MgO и CaO присутствует в жилах, залегающих в гранитах; в шерле из жил, расположенных в глинистых и песчано-глинистых сланцах, количество MgO и CaO повышается; наибольшее содержание этих окислов обнаружено в шерле из жил, залегающих в углистых сланцах и каменных углях. К сожалению, отсутствие химических анализов глинистых, песчано-глинистых и углистых сланцев оставляет открытым вопрос о взаимодействии рудообразующих растворов с вмещающими породами.

В оловорудном месторождении Приамурья, расположенном в интрузивных породах, черный призматический турмалин содержит 3,21% MgO и 7,63% FeO;  $N_g = 1,667 - 1,674$ ;  $N_p = 1,636 - 1,643$ ;  $N_g - N_p = 0,031 - 0,035$  (Кокорин, 1961).

Черный и темно-буро-зеленый турмалин из оловорудного месторождения сульфидно-турмалинового типа с Северо-Востока СССР содержит (%): 1) с Днепровского месторождения 2,98 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 14,76 FeO; 0,86 MgO; 0,26 CaO; 2) с месторождения Иментас 4,24 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3,58 FeO; 6,44 MgO; 1,15 CaO. Светопреломление шерла в обоих случаях:  $N_g = 1,650 - 1,668$ ;  $N_p = 1,628 - 1,635$ ;  $N_g - N_p = 0,022 - 0,033$  (Тренина и др., 1957).

Шерл с месторождения олова Маунт-Касситерит, Западная Австралия, приуроченного к хлорит-биотитовым сланцам, характеризуется очень низким содержанием MgO и CaO (см. табл. 9, анализ 122) (Simpson, 1954).

Кварц-вольфрамитовые месторождения представлены только одним полным анализом шерла. Это месторождение Калбинского хребта, Казахстан, залегающее в гранитах. Шерл богат окисным железом (см. табл. 9, анализ 115) при незначительном содержании закисного и несколько обогащен MgO и CaO (Шавло, 1959).

Черный, темно-бурый и буровато-зеленый турмалин из вольфрамитового месторождения Аляскинского, Северо-Восток СССР, содержит (%): 2,84 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 11,22 FeO; 1,11 MgO; 0,14 CaO;  $N_g = 1,646 - 1,662$ ,  $N_p = 1,622 - 1,630$ ;  $N_g - N_p = 0,025 - 0,032$  (Тренина и др., 1957).

Кварцево-золотые месторождения также представлены только одним анализом (№ 123) шерла, который получен путем расчета анализа кварцево-турмалинового агрегата. Состав шерла характеризуется высоким содержанием магнезии (Simpson, 1951).

Из полиметаллических месторождений имеется два полных анализа (анализы 119 и 120), однако месторождение штата Монтана, США, нами условно отнесено к этому типу (Ward, 1931; Обручев, 1935; Шнейдерхен, 1958). Шерл из штата Монтана богат магнезией и содержит почти равные количества окисного и закисного железа, а с месторождения Надьбёржень, Венгрия, обогащен окисным железом в сравнении с закисным и, так как генетически месторождение связано с амфиболовыми дацитами и порфиритами, то присутствие в нем магнезии вполне объяснимо (Koch, 1957).

Состав (%) и свойства шерла из рудных месторождений

Компоненты	115	116	117	118	119	120	121	122	123
SiO <sub>2</sub>	35,88	35,25	34,99	35,02	36,22	35,22	36,34	36,06	37,2
TiO <sub>2</sub>	—	0,24	0,67	0,06	—	0,71	—	Нет	—
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,94	9,52	9,86	9,03	11,24	8,64	10,87	10,48	9,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33,24	34,66	35,45	31,68	34,24	31,25	32,22	35,97	28,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,00	—	0,98	—	5,89	5,49	—	1,99	9,7
FeO	0,36	8,42	10,33	16,39	1,97	5,59	8,31	10,68	—
MnO	0,16	—	0,03	0,73	0,01	0,46	—	0,35	—
MgO	3,02	4,73	3,41	0,85	4,21	7,36	3,92	0,27	9,6
CaO	0,94	0,97	0,76	0,40	0,66	2,02	0,79	0,37	1,5
Li <sub>2</sub> O	—	—	—	—	—	Следы	—	0,26	—
Na <sub>2</sub> O	3,89	2,03	0,79	2,66	0,62	2,34	3,14	1,76	2,7
K <sub>2</sub> O	—	0,70	0,55	0,90	1,17	0,32	0,22	Следы	0,2
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,34	3,48	2,38	2,90	2,41	1,28	—	1,98	—
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	—	—	0,07	—	—	0,40	—	Нет	—
F	—	—	—	0,09	1,40	Нет	Следы	0,87	—
П.п.п.	—	—	—	—	—	—	3,89	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	—	—	0,26	—	—	—	—
Сумма	99,77	100,00	99,67	100,71	100,00	100,48	99,70	101,04	99,6
Уд. вес	—	—	—	—	—	3,00	—	3,15	—
Ng	—	1,648	1,654	1,662	—	1,662	—	—	—
Np	—	1,632	1,629	1,642	—	1,636	—	—	—
Ng — Np	—	0,016	0,025	0,020	—	0,026	—	—	—
Сумма хромо- форов	14,52	8,66	12,01	17,48	7,87	11,95	8,31	13,02	9,7

- 115 — черный; СССР, Казахстан, Калбинский хребет, месторождение Бедняк; турмалин в кварцевой жиле с вольфрамитом, залегающей в гранитах (Шавло, 1959);
- 116 — бесцветный; СССР, Восточная Сибирь; кварцево-турмалиновые оловоносные жилы в углистых сланцах и каменных углях (Онтоев, 1956);
- 117 — бурый; СССР, Восточная Сибирь; кварцево-турмалиновые оловоносные жилы в глинистых и песчано-глинистых сланцах (Онтоев, 1956);
- 118 — черный; СССР, Восточная Сибирь; кварцево-турмалиновые оловоносные жилы в гранитах (Онтоев, 1956);
- 119 — сероватый; Венгрия, Надьбёржень; в субвулканическом полиметаллическом мезотермальном месторождении, залегающем в дацитах и андезитах (Koch, 1957);  $V_2O_5$  определена по разности;
- 120 — черный; США, штат Монтана, Уикс (Wiches или Wickes ?); в руде, по-видимому, из гидротермального месторождения серебро-свинцово-цинковой формации, залегающего в монцонитах (?) (Обручев, 1935; Шнейдерхен, 1958; 1931);  $Cr_2O_3$  следы;
- 121 — черный; Чили, Тамая (Tamaуа); в гидротермальном месторождении сульфидной меди (Groddeck, 1887);
- 122 — лилово-синий; Западная Австралия, Северо-Западный округ, Уоджина (Wodjino), Маунт-Касситерит; в месторождении олова, залегающем в хлорит-биотитовых сланцах (Simpson, 1951);
- 123 — светлый и темно-серый; Западная Австралия, округ Мерчисона, Леннонвил (Lennonville); состав получен путем расчета анализа кварцево-турмалинового агрегата из золотоносной кварцевой рудной жилы (Simpson, 1951); в оригинале сумма 99,7%.

Из гидротермального месторождения меди имеется анализ (№ 121) шерла с Тамая (Tamaуа), Чили (Groddeck, 1887; Hintze, 1897). Более подробными данными авторы не располагают.

Таким образом, химические анализы шерла данной группы представлены из месторождений олова, вольфрама, золота, полиметаллов, меди.

Турмалин выделяется в основном в виде игл и длинных тонких призм размером преимущественно от 1—2 до 0,1—0,2 мм в длину и от 0,1—0,3 до 0,01—0,002 мм в поперечнике. Реже встречаются более крупные кристаллы до 1—2 см в длину при 1—2 мм в поперечнике. В одном случае отмечаются до 3 см кристаллы с развитыми головками (Тренина и др., 1957). Иглы и волокна турмалина образуют спутанные агрегаты, сфероидальные и радиально-лучистые сростки, войлокоподобные массы и криптокристаллические выделения. Широко развиты включения турмалина в рудных и нерудных минералах.

Попытка увязать состав шерла с составом пород, вмещающих месторождения, натолкнулась на недостаточность фактического материала.

#### ШЕРЛ ИЗ МЕТАМОРФИЗОВАННЫХ ПОРОД ОСНОВНОГО СОСТАВА

В данной группе имеется только пять химических анализов шерла, причем один из них получен путем расчета из анализа породы. Для шерла, как это видно из табл. 10 и 15, характерно относительно небольшое колебание состава. Он является магниезальным, однако содержание  $MgO$  в нем ниже, чем в шерле из карбонатных пород и скарнов. Кроме того, для него характерно низкое содержание  $Al_2O_3 + Fe_2O_3$  и высокое  $MgO + FeO$ . В то же время количество первых выше, чем в шерле из карбонатных пород и скарнов, а вторых — в основном ниже, и только в одном анализе достигает величины, свойственной шерлу из карбонатных пород и скарнов. Что касается железа, то преобладает закисная форма над окисной; в одном случае они присутствуют в приблизительно равных количествах. Преобладание закисного железа отмечалось также для шерла из карбонатных пород и скарнов.

Таблица 10

Состав (%) и свойства шерла из метаморфизованных пород основного состава

Компоненты	124	125	126	127	128
SiO <sub>2</sub>	37,00	33,72	35,46	35,23	35,20
TiO <sub>2</sub>	0,62	2,52	0,23	0,38	0,51
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,65	8,73	10,35	10,00	8,82
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29,85	29,19	30,87	34,31	28,49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,59	4,99	2,07	—	0,79
FeO	6,64	5,14	9,41	7,82	11,55
MnO	0,24	0,40	0,09	0,12	0,07
MgO	8,15	7,97	5,69	5,13	5,63
CaO	0,80	1,70	0,60	0,13	2,75
Li <sub>2</sub> O	0,28	Следы	—	—	0,08
Na <sub>2</sub> O	2,04	1,04	2,08	2,19	2,12
K <sub>2</sub> O	0,02	0,22	Нет	0,75	0,13
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2,50	} 2,40	3,04	} 3,50	3,52
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	—		0,20		0,07
F	0,33	0,50	—	0,44	0,08
Сумма	100,71	98,52	100,09	100,00	99,81
Уд. вес	3,102	3,119 (?)	3,149	—	3,14
Ng	1,657	1,652	1,661	—	—
Np	1,632	1,628	1,626	—	—
Ng—Np	0,025	0,024	0,035	—	—
Сумма хромо- форов	9,09	13,05	11,80	8,32	12,92

124 — черный; СССР, Центральный Урал, дер. Шабры; вероятно, в хлоритовых сланцах (Коржинский, 1958; Татаринев, 1934);

125 — черный; СССР, Центральный Урал, Сысерть; в серпентините (Dyрагс, Сigg, 1914);

126 — черный; СССР, Южный Урал, Капань; в габбро (Карпова, в данном сборнике, стр. 101);

127 — черный; Норвегия, Крагерё, Линвикколлен (Lindvikkollen); в крагерёите (Brogger, 1935); состав получен расчетным путем из химического анализа породы;

128 — черный; Англия, Корнуэлл, Сент-Айве, Каррик-Ду (Carrick Dhu); в контактово-измененном долерите (Deer a. oth., 1962).

Появление турмалина в серпентинитах Сысерти, Центральный Урал, Дюпарк и Сигг (Dyрагс, Сigg, 1914), а также Лодочников (1936) связывают с постмагматической фазой самих серпентинитов. Турмалин в серпентинитах образует радиально-лучистые агрегаты и короткопризматические кристаллы размером до  $10 \times 1,5$  см, окутанные хлоритом. Появление же турмалина в меланократовых жилах, превращенных в эпидот-хлоритовые и другие породы<sup>1</sup>, секущих тальковый камень в Шабрах, Центральный Урал, Б. П. Уральский (Татаринев, 1934) объясняет влиянием

<sup>1</sup> К этим породам предположительно отнесен нами химический анализ (№ 124) шерла, приведенный у А. Ф. Коржинского (1958).

пневматолитовой фазы гранитной интрузии. Турмалин в богатой хлоритом породе образует длиннопризматические кристаллы размером до  $4 \times 0,5$  см и лучистые агрегаты.

Появление турмалина в лейкократовых сосюритизированных габбро Копани, Южный Урал, О. В. Карпова (1965) объясняет влиянием постмагматических растворов гранитной интрузии. Турмалин в габбро присутствует в виде радиально-лучистого агрегата до 6 см в диаметре и кристаллов размером до  $1 \times 0,4$  см.

Присутствие турмалина в дайках крагерёита<sup>1</sup> в Норвегии Бреггер (Brøgger, 1935) связывает с влиянием пневматолитов габбровой магмы, дифференциатами которой являются крагерёиты. Турмалин образует неправильные округлые зерна, собранные в агрегаты до 3 мм в диаметре.

### ВЫВОДЫ

Основываясь на изложенном выше фактическом материале, заимствованном из опубликованной литературы, можно сделать некоторые общие выводы о составе и свойствах турмалина, относительно нами к шерлу, а также некоторые заключения о его «типоморфности» для разных минералообразующих процессов. Однако следует заметить, что для шерла в отличие от дравита, типоморфные особенности в четко выраженной форме не могли быть установлены. Это объясняется недостаточностью фактического материала по этому вопросу и, вероятно, особенностями состава самого минерала, а также очень широким распространением его в природе в самых различных минералообразующих процессах.

Цвет шерла, как видно на рис. 1, преимущественно черный, реже бурый, синий и зеленый. Красящими элементами в шерле являются главным образом железо, отчасти титан и марганец. Черная (для макрокристаллов или крупных кристаллических зерен) окраска появляется при 7% суммы окислов хромофоров<sup>2</sup>. При меньшем их содержании турмалин имеет обычно зеленый цвет различных оттенков. Максимальное содержание суммы окислов хромофоров достигает 24%<sup>3</sup>.

Приводимое в литературе определение цвета турмалина является субъективным. Точные критерии его оценки обычно отсутствуют. Поэтому в тех случаях, когда цвет шерла характеризуется как черный, авторы считают, что определение соответствует окраске минерала, воспринимаемой невооруженным глазом. В случаях же, когда турмалин при высоком содержании хромофоров описан как синий, зеленый или коричневый, вероятно, цвет определен в тонких сколах или даже под микроскопом, тем более что на рис. 1 эти турмалины попадают в окружение турмалинов черного цвета. Кроме того, если черное окрашивание появляется при 7% суммы хромофоров, то с увеличением хромофоров черный цвет должен сохраниться.

Особо необходимо остановиться на «бесцветных» и «серых» окрасках, приводимых для турмалина и несовместимых с понятием «шерл». Эти турмалины содержат 7,87; 8,66 и 9,7% суммы окислов хромофоров (химанализы 116, 119 и 123) и образуют тончайшие иголки, измеряемые десятиными и сотыми долями миллиметра в длину. По всей вероятности, указанные цвета отражают окраску порошка этих турмалинов, тонкие иглы которых

<sup>1</sup> Крагерёит состоит (%) из 74,54 альбита, 8,56 микроклина, 16 турмалина, 1,08 рутила, 0,06 пирита и 0,14 апатита.

<sup>2</sup> Эта граница не является резкой, и в интервале 7—8% суммы окислов хромофоров отмечаются и черные и зеленые окраски, причем в данной статье учтены только турмалины черного цвета.

<sup>3</sup> Причины, вызывающие окраску шерла, подробно исследованы М. М. Сливко (1955).

Таблица 11  
Состав (%) и свойства шерла неизвестного генезиса

Компоненты	129	130	131	132	133	134	135
SiO <sub>2</sub>	36,43	36,57	34,01	34,73	35,34	36,02	34,72
TiO <sub>2</sub>	0,04	1,02	0,61	0,30	0,40	0,58	0,22
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,84	10,39	10,89	9,64	10,45	10,33	9,96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29,62	33,00	28,80	31,69	30,49	31,45	33,76
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,31	0,39	4,37	3,18	Нет	0,38	0,80
FeO	9,79	6,38	13,57	10,14	8,22	7,17	8,67
MnO	—	0,15	0,12	0,16	Следы	0,21	—
MgO	3,56	6,66	0,42	3,47	7,76	7,81	5,58
CaO	2,30	0,58	0,58	0,36	2,32	0,80	0,14
Li <sub>2</sub> O	—	0,20	0,10	—	Следы	0,10	—
Na <sub>2</sub> O	0,40	2,45	2,03	2,85	1,76	1,48	2,34
K <sub>2</sub> O	—	0,03	0,20	0,15	0,15	0,08	0,23
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,55	2,46	2,92	3,44	3,60	3,82	3,62
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,49	—	—	—	—	0,10	—
F	—	0,35	0,71	0,47	Нет	0,22	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	0,05	—
Сумма	100,33	100,63	99,33	100,58	100,49	100,60	100,04
Уд. вес	—	3,104	3,250	3,173	3,095	3,11	3,170
Ng	1,669	1,655	1,676	—	—	—	1,661
Np	1,645	1,631	1,643	—	—	—	1,632
Ng — Np	0,024	0,024	0,033	—	—	—	0,029
Сумма хро- мофоров	17,14	7,94	18,67	13,78	8,62	8,39	9,69

129 — СССР, Азербайджан, Дашкесан (Кашкай, Алиев, 1959);

130 — черный; СССР, Патомское нагорье, Жуя (Коржинский, 1958);

131 — черный; ФРГ, Санкт-Андреасберг (Andreasberg); в выветрелых слюдяных гранитах друзы из кварца и турмалина (Hintze, 1897; Niggli, 1926);

132 — черный; Мексика, Пьедра-Бланка (Piedra Blanca); (Jannasch, Calb, 1889);

133 — черный; Канада, Баффинлянд, Нантик Голф (Baffinsland, Nantic Golf; Riggs, 1888); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> нет;

134 — Западная Австралия; Юго-Западный округ, Greenbusches (Simpson, 1951);

135 — черный; Италия (?), Педретто (Pedretto; Kunitz, 1929).

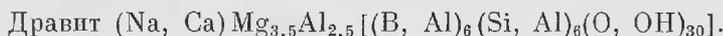
при извлечении для химического анализа могли подвергнуться дополнительному дроблению.

Таким образом, кажущееся противоречие между утверждением, что для шерла характерен черный цвет, обусловленный высоким содержанием хромофоров, и фактическими данными, приведенными на рис. 1, где показаны турмалины с высоким содержанием хромофоров как черных, так и других окрасок, объясняется различным у разных авторов подходом к определению цвета шерла.

**Химическая природа шерла.** Как отмечалось при описании дравита (Барсанов, Яковлева, 1964), химический состав турмалина и его структура являются очень сложными.

Структуру почти чисто железистой разности шерла из Андреасберга (табл. 11, химанализ № 131) исследовали Гамбургер и Бургер (Hamburger, Buerger, 1948), Донней и Бургер (Donnay, Buerger, 1950).

М. М. Сливко (1962), основываясь на данных химических анализов и на результатах кристаллохимических исследований Н. В. Белова и Е. Н. Беловой (1949), приводит в следующем виде формулы конечных членов магнезиально-железистого изоморфного ряда турмалина:



Дир. и др. (Deer a. oth., 1962) формулу чисто железистого шерла изображают несколько иначе



В природных условиях почти чистые магнезиальные разности турмалина — дравита, содержащие от 11,25 до 14,92% MgO и не более 1,1% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO, встречаются в ряде месторождений и генетически связаны с карбонатными породами и метаморфическими породами основного состава. Они представлены тринадцатью химическими анализами с шести месторождений (Швейцария, Чехословакия, США, Цейлон). В свою очередь почти чистые железистые разности турмалина — шерла, содержащие от 10,68 до 15,11% FeO и не более 1,1% MgO, генетически связаны с пегматитами (шерл-мусковитовые, натро-литиевые, фторо-бериллиевые), грейзенами и гидротермальными месторождениями. Они представлены одиннадцатью (№№ 11, 31, 41, 41б, в, г, е, 81, 99, 122, 131) химическими анализами с семи месторождений (СССР, Польша, Западная Австралия, ФРГ).

При сопоставлении содержания некоторых главных окислов в наиболее богатом железом шерле, соответствующем так называемому конечному члену изоморфного ряда, получены данные, приведенные в табл. 12, показывающие, что чисто железистый турмалин — шерл более обогащен суммой Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и содержит меньшее количество SiO<sub>2</sub> по сравнению с чисто магнезиальной разностью турмалина — дравитом. Для последнего характерно обогащение CaO, тогда как Na<sub>2</sub>O содержится в близких количествах в обеих разновидностях.

Таблица 12

Содержание некоторых окислов в магнезиальном дравите и железистом шерле (%)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O
Mg — дравит	35,25—38,85	27,89—33,41	до 1,1	11,25—14,92	0,42—5,13	0,23—4,41
Fe <sup>+2</sup> — шерл	33,78—36,01	33,17—39,16	10,68—15,11	до 1,1	0—1,42	0,35—3,64

В железисто-магнезиальном шерле с приблизительно близким и высоким содержанием закисного железа и магнезии (количество их достигает до 9,4% FeO и 8,29% MgO, что составляет 17,69% FeO + MgO; химанализ № 79) отмечается повышение содержания суммы FeO + MgO в сравнении с чистыми разностями. Однако наивысшее значение суммы, равное 19,26% (химанализ № 1), наблюдается у шерла с преобладанием MgO (11,07%) над FeO (8,19%) и 18,4% при обратном соотношении, т. е. преобладании FeO (14,73%) над MgO (3,68%; химанализ № 85).

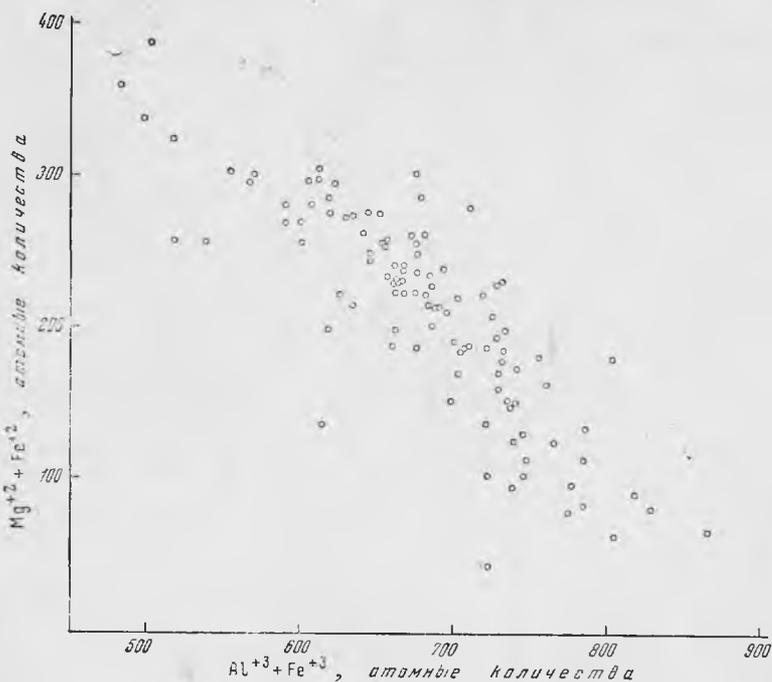


Рис. 2. Зависимость содержания в шерле  $Al^{+3} + Fe^{+3}$  и  $Mg^{+2} + Fe^{+2}$

Самое низкое содержание суммы  $FeO + MgO$  равно 2,77% (химанализ № 38), что соответствует 0,53%  $FeO$  и 2,24%  $MgO$ . Однако наблюдается еще более низкое содержание  $FeO$ , равное 0,36% (химанализ № 115), при этом содержание  $MgO$  равно 3,02%. Но в тех случаях, когда в шерле отмечается низкое содержание  $FeO$ , в нем наблюдается большое количество  $Fe_2O_3$ . В приведенных двух анализах присутствует соответственно 15,36 и 14%  $Fe_2O_3$ .

Из изложенного следует, что для шерла характерно значительное колебание в содержании  $FeO + MgO$  от 2,77 до 19,26%. Для выяснения зависимости содержания  $Fe^{+2} + Mg^{+2}$  от  $Al^{+3} + Fe^{+3}$  на рис. 2 нанесены все химические анализы, у которых произведены отдельные определения окисного и закисного железа. Из рис. 2 видна, несмотря на некоторый разброс точек, обратная зависимость в содержании суммы  $Fe^{+2} + Mg^{+2}$  от суммы  $Al^{+3} + Fe^{+3}$ . Эта зависимость уже отмечена нами для турмалина дравитового состава. Большой разброс точек у шерла, чем у дравита, объясняется, вероятно, тем, что существенная часть глинозема идет на замещение кремнезема, которого в шерле, как видно из табл. 12, меньше, чем в дравите.

На примере турмалина шерлового состава вновь подтвердилось то положение, что определяющим изоморфизмом в ряду шерл—дравит является изоморфизм между двух- и трехвалентными катионами, занимающими одинаково октаэдрические позиции. Кроме того, как в дравите, так и, особенно, в шерле имеется изоморфное замещение кремнезема глиноземом в тетраэдрических позициях. Закономерности в отношении содержания между  $Mg^{+2}$  и  $Fe^{+2}$ , а также между  $Al^{+3}$  и  $Fe^{+3}$  отсутствуют. Второстепенные изоморфные замещения в данной работе нами не рассматриваются.

Таким образом, химический состав шерла колеблется в широких пределах от богатых двухвалентными катионами в октаэдрической позиции и

соответственно обедненных трехвалентными катионами также в октаэдрической позиции до почти лишенных двухвалентных катионов в октаэдрической позиции, которые почти полностью заняты трехвалентными катионами.

В цифровых выражениях это соответствует следующим данным: шерл, богатый двухвалентными катионами, содержит до 19,26%  $MgO + FeO$  и 25,5%  $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ ; шерл, богатый трехвалентными катионами, содержит до 2,8%  $MgO + FeO$  и 49,7%  $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ .

Шерл, богатый двухвалентными катионами в шестерной координации по своему составу бывает:

1) содержащим преимущественно  $Fe^{+2}$ , количество которого достигает 15,1%  $FeO$  (химанализ № 32); это железистый шерл;

2) при постепенном обогащении магнием он переходит в железисто-магнезиальный, у которого при высоком содержании и магния, и железа сумма  $FeO + MgO$  достигает 19,26 и 17,7% (химанализы № 1 и 79);

3) при постепенном снижении содержания закисного железа шерл переходит в магнезиальную разновидность с максимальным содержанием  $MgO$ , равным 8,94%, при содержании  $FeO$  — 1,48% (химанализ № 92а), что составляет в пересчете на атомные количества одиннадцатую часть от суммы  $Mg^{+2} + Fe^{+2}$ .

В свою очередь, шерл, наиболее богатый трехвалентными катионами, имеет в своем составе минимально до 2,8%  $FeO + MgO$ . В составе же самих трехвалентных катионов содержание  $Fe_2O_3$  достигает 15,4%<sup>1</sup> (химанализ № 38), что в пересчете на атомные количества составляет почти пятую часть суммы  $Al^{+3} + Fe^{+3}$ . Этот шерл может быть назван железно-глиноземистым в отличие глиноземистого шерла, в составе которого окисного железа содержится значительно меньше (химанализ № 8). Кроме того, выделяется шерл, одновременно обогащенный окисным и закисным железом, наиболее высокое содержание которых достигает 10,95%  $Fe_2O_3$  и 12,07%  $FeO$  (химанализ № 25).

Схематически взаимосвязь шерлов различного состава следующая:



Пределы содержания окислов в шерле приведены в табл. 13, из которой видно, что, кроме главных рассмотренных выше окислов, в шерле иног-

<sup>1</sup> После того, как данная работа была сдана в печать, в журнале Science (1964, 144, № 3614) В. Maison a. oth. напечатали статью о железистом турмалине из Мексики, в котором химически определено 18,6%  $FeO$ , а при исследовании  $FeK$ -абсорбции установлено, что более чем 90%  $Fe$  представлено в окисной форме, что составляет около 19%  $Fe_2O_3$ .

Турмалин темно-коричневый с  $Ng = 1,735$ ,  $Np = 1,655$ ;  $Ng - Np = 0,080$ , уд. вес 3,31; химический состав (%):  $SiO_2$  33,19;  $TiO_2$  0,46;  $Al_2O_3$  30,87;  $FeO$  18,6;  $MnO$  0,20;  $MgO$  0,17;  $CaO$  0,36;  $Na_2O$  3,40;  $K_2O$  0,08;  $H_2O^+$  0,42;  $H_2O^-$  0,02;  $B_2O_3$  11,5;  $F$  1,77; сумма 101,04.

Таблица 13

## Пределы содержания окислов в шерле

Окислы	Пределы колебаний	Преобладающие значения	Окислы	Пределы колебаний	Преобладающие значения
SiO <sub>2</sub>	30,62—40,56	33—37	CaO	0—4,6	0,1—2,5
TiO <sub>2</sub>	0—3,8	0,5—1	Li <sub>2</sub> O	Следы—0,8	0,05—0,4
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,6—15,6	7,5—11,5	Na <sub>2</sub> O	0,06—3,8	0,8—2,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22—37,8	29,5—35,5	K <sub>2</sub> O	0—1,5	0,05—0,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0—15,4	0,5—8	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,2—4	1,9—3,8
FeO	0,3—15,1	Равномерно в пределах колебаний	F	0—2,5	0,02—0,8
MnO	Следы—5,4		0,03—0,4		
MgO	0—13,8	0,2—11			

да присутствует значительное количество марганца, вероятно, изоморфно замещающего закисное железо, а также титан, возможно, замещающий глинозем.

На основании исследования турмалина шерл-дравитового состава, а также предварительного знакомства с турмалином, богатым глиноземом, можно сделать следующий предварительный вывод.

Состав турмалина очень непостоянен и зависит главным образом от геохимического характера среды, в которой он кристаллизуется. Основные изоморфные замещения, коренным образом влияющие на состав турмалина, происходят между двух- и трехвалентными катионами в октаэдрических позициях. Турмалин относительно простого состава характеризуется тем, что почти все октаэдры в нем заняты глиноземом. Это богатые глиноземом разновидности. Но если среда богата магнием, то более третьей части октаэдрических позиций может быть занято магнием, и турмалин приобретает состав дравита (Mg<sub>3,55</sub> — Де Кальб). В среде, богатой закисным железом, кристаллизуется шерл, в котором, судя по составу наиболее богатого Fe<sup>+2</sup> турмалина, несколько более пятой части октаэдров занято двухвалентным железом (Fe<sub>2,09</sub> — Южакова, № 32). При одновременном обогащении среды магнием и закисным железом кристаллизуется железисто-магнезиальный шерл, у которого атомы Mg и Fe<sup>+2</sup> занимают октаэдрические позиции независимо друг от друга, при этом максимальное количество занятых ими октаэдров несколько превышает (Mg<sub>2,70</sub>Fe<sub>1,12</sub><sup>+2</sup> — Пирпонт, № 1) максимальное количество октаэдров, занятых в дравите магнием.

В среде с относительно высоким окислительным потенциалом кристаллизуется шерл, у которого октаэдры заселены преимущественно Al и Fe<sup>+3</sup>, причем количество октаэдров, занятых трехвалентным железом (Fe<sub>1,77</sub><sup>+3</sup> — Калбинский хребет, № 38), почти достигает пятой части. Такой шерл относится к железо-глиноземистому.

Удельный вес, свето- и двупреломление шерла. По Диру и др. (Deer a. oth., 1962), для шерла характерны следующие величины: уд. вес 3,10—3,25; Ng = 1,655—1,675, Np = 1,625—1,650; Ng—Np = 0,025—0,034. Собранные нами данные несколько расширяют приведенные пределы колебаний: уд. вес 2,83—3,28; Ng = 1,653—1,690; Np = 1,627—1,662; Ng—Np = 0,016—0,047; указывается также двупреломление, равное 0,007 (Kramer, Allen, 1954)<sup>1</sup>.

На рис. 3, несмотря на значительный разброс точек, видна общая тенденция возрастания в шерле удельного веса, свето- и двупреломления от

<sup>1</sup> См. споску на стр. 34.

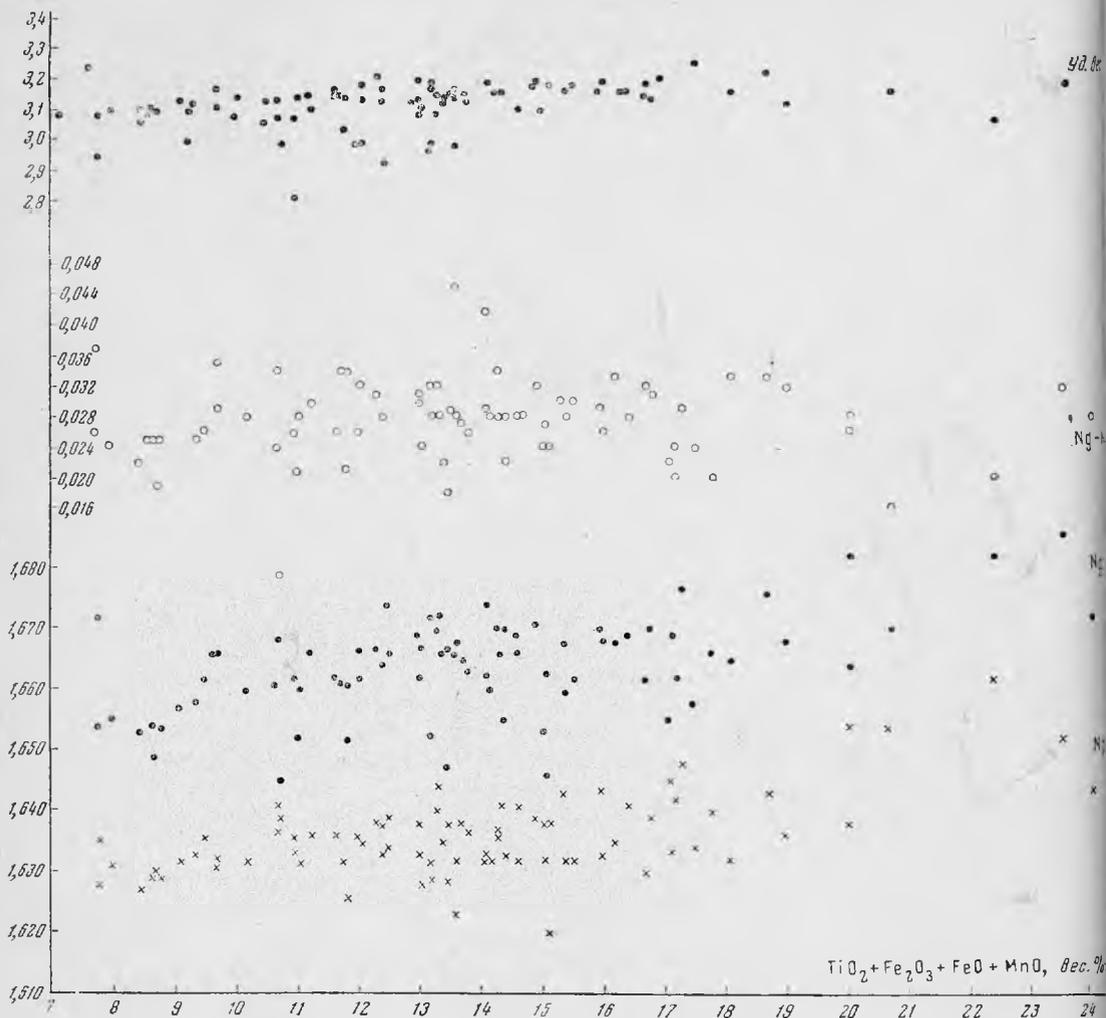


Рис. 3. Зависимость удельного веса, свето- и двупреломления шерла от суммы  $TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO + MnO$

увеличения суммы  $TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO + MnO$ . Но, так как количество  $TiO_2$  и  $MnO$ , за редким исключением, в шерле сравнительно мало, то основное влияние на приведенные величины оказывают окисное и закисное железо. Относительно более крутое возрастание отмечается для светопреломления и более пологое — для двупреломления и удельного веса. Однако необходимо подчеркнуть, что сложность состава турмалина позволяет говорить только об общей тенденции возрастания приводимых констант от увеличения содержания железа. Решать же по величинам светопреломления о входящих в турмалин количествах дравитовой и шерловой молекулы, как это можно встретить в литературе, не представляется возможным, о чем наглядно свидетельствует значительный разброс точек на рис. 3.

Формы выделения шерла очень разнообразны. Он встречается в виде неправильных и изометрических зерен, призм, игл, волокон и кристаллов. Последние обладают хорошо развитой призмой как короткой, так и удли-

ненной, а также конечными гранями, причем двуконечные кристаллы встречаются значительно реже одноконечных. По количеству развитых форм кристаллы шерла уступают кристаллам дравита.

Шерл образует равномерно рассеянные в породе зерна, неправильные, радиально-лучистые и веерообразные сростки, войлокоподобные скопления, плотные криптокристаллические и халцедоноподобные массы, а также коломорфные массы в виде лочковидных агрегатов.

Хорошо ограненные кристаллы так же, как и самые крупные выделения, чаще всего встречаются в пегматитах, достигая 40 см в длину. Призматические одно- и двуконечные кристаллы встречаются также в карбонатных породах (Пирпонт, США; Цейлон), в гнейсах (Крульбах, Австрия; до 17 см), в кварцевых жилах (префектура Яманаси, Япония; до 14 × 0,7 см), в рудных месторождениях (Северо-Восток СССР; до 3 см). Тонкоигольчатые выделения шерла чаще всего встречаются в жильных образованиях (Колар Голдфилд, Индия; Барстоу, США) и в рудных месторождениях (Надьбёржень, Венгрия; Северо-Восток СССР). Коломорфные выделения встречены во вторичных кварцитах (Кедабек, АзССР). Изометрические зерна более распространены в гранитах и в кварцитах.

Генетический тип пород и минеральных месторождений, в которых присутствует шерл, очень разнообразен. Он встречается в карбонатных породах, скарнах, гнейсах, сланцах, кварцитах, кварцево-турмалиновых метаморфических породах, гранитах, пегматитах, грейзенах, вторичных кварцитах, в кварцевых и турмалиновых жилах, в гидротермальных рудных месторождениях, габбро, серпентинитах, в богатых хлоритом метаморфических породах, в крагерёите.

Схематическая сводка минерального парагенезиса шерла в выделенных генетических группах пород и минеральных месторождений приведена в табл. 14. Наибольшим разнообразием минералов, ассоциирующихся с шерлом, характеризуются пегматиты, за которыми следуют гидротермальные рудные месторождения, кварцевые и карбонатные жилы. Остальные группы обладают наиболее простым составом ассоциирующихся с шерлом минералов.

На рис. 4, построенном в тех же координатах, что и рис. 1, выделены поля, характеризующие состав шерла в описанных выше группах пород. Поля эти объединены с таковыми дравита, отчего несколько изменились их конфигурации, данные при описании дравита.

Из рис. 4 видно, что поле, обнимающее различный по составу шерл из пегматитов, является очень обширным и включает в себя поля грейзенов и вторичных кварцитов, кварцевых и турмалиновых жил, рудных месторождений и метаморфических пород (гнейсы, сланцы, кварциты и кварцево-турмалиновые породы). Таким образом, по своему составу шерл, встречающийся во всех этих группах, не отличается от шерла, могущего быть встреченным в пегматитах.

Самостоятельно выделяется поле состава турмалина в карбонатных породах и скарнах. Поле же метаморфизованных пород основного состава частично входит в поле карбонатных пород и скарнов, а частично в поле пегматитов.

Пределы содержания в шерле некоторых окислов в рассматриваемых группах пород приведены в табл. 15, из которой видно, что только в группе карбонатных пород и скарнов, а также в группе метаморфизованных пород основного состава шерл ограничен сравнительно узкими пределами содержания приведенных окислов, тогда как в остальных группах наблюдаются значительно более широкие колебания, укладываемые в пределы, характерные для шерла пегматитов. Для шерла карбонатных пород и скарнов характерно высокое содержание MgO, и, хотя нижний предел

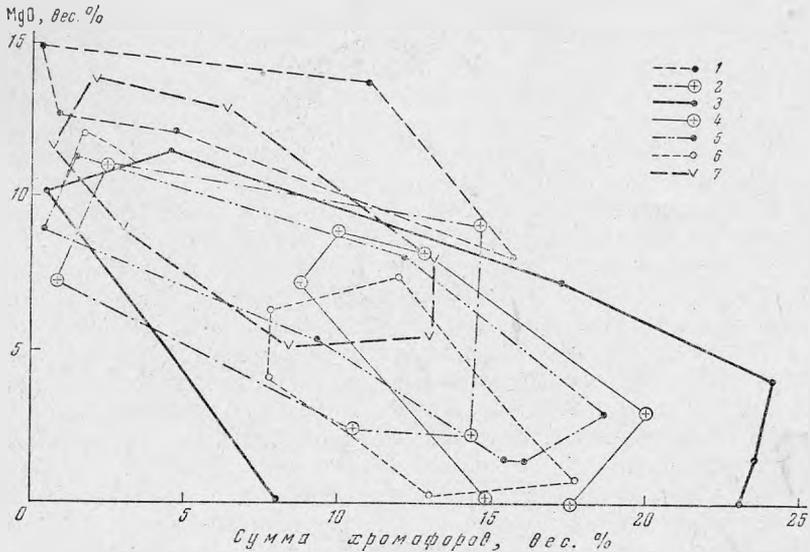


Рис. 4. Зависимость состава шерла от генетического типа содержащей его породы

1 — карбонатные породы и скарны; 2 — гнейсы; сланцы, кварциты и кварцево-турмалиновые метаморфические породы; 3 — пегматиты; 4 — грейзены, вторичные кварциты; 5 — кварцевые и турмалиновые жилы; 6 — рудные месторождения; 7 — метаморфизованные породы основного состава

содержания магнезии перекрывается верхним пределом содержания ее в других группах, интервал 10—14% MgO является характерным только для шерла из группы карбонатных пород и скарнов.

Приведенный в настоящей статье фактический материал и его обработка показали, что для понимания термина «шерл» как определенной разновидности турмалина, могут быть выдвинуты некоторые его «типomorphicные» критерии, из которых определяющим является состав атомов, занимающих в структуре турмалина октаэдрические позиции. Однако сводка химического состава шерла, принадлежащего генетически к различным геохимическим процессам минералообразования, показала, что типоморфизм шерла, связанного с каким-либо определенным генетическим процессом, не может быть сколько-нибудь четко установлен. Это обусловлено прежде всего тем, что, как оказалось, в пегматитах состав шерла подвержен очень широким колебаниям, так что практически шерл из пегматитов может быть типomorphicным аналогом почти любого шерла из иных генетических образований.

Широкие колебания состава шерла пегматитов могут объясняться следующими причинами.

1. Характерной особенностью пегматитового расплава геохимически «самоочищаться» на ранних стадиях формирования пегматитовых тел от  $Fe^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$ , Mg, Ca, которые почти полностью участвуют в образовании именно шерла или граната, на что указывал еще А. Е. Ферсман. Вместе с тем, эти элементы характерны как породообразующие и могут по относительному содержанию их в гранитных пегматитах широко варьировать, что зависит от исходного состава пегматитового расплава, от качественного различия и степени развития контаминационных явлений в пегматитах. Вместе с тем, эти же элементы, как показано ранее, являются определяющими для типоморфизма турмалинов ряда шерл — дравит.

## Минеральный парагенезис шерла

Карбонатные породы и скарны	Сланцы, гнейсы и другие	Граниты	Пегматиты	Грейзены и вторичные кварциты	Кварцевые и турмалиновые жилы	Рудные проявления	Метаморфические породы основного состава
Скарны биотит	Кварц Биотит	Кварц Калиевый полевой шпат	Кварц Плагиоклаз	Кварц Мусковит	Альбит Калиевый по- левой шпат	Кварц Кальцит	Хлорит Мусковит
флогопит	Мусковит	Плагиоклаз	Калиевый полевой шпат	Серицит	Апкерит	Сидерит	Эпидот
ортоклаз диопсид амфибол	Хлорит Силлиманит Амфибол Апатит	Мусковит Флюорит	Мусковит Биотит Ленидолит Гранат	Сидерофиллит Альбит Апатит Топаз	Кальцит Хлорит Магнетит Сфен	Мусковит Гидромусковит Хлорит Касситерит	Альбит Магнетит Сфен
Карбонатные породы кальцит кварц	Рутил		Сподумен Ксенотим Ортит Берилл Топаз Магнетит Циркон Рутил Рубеллит Лёлленгит Колумбит Бломстрондит Монацит Ганит		Эпидот Гематит	Вольфрамит Арсенопирит Пирит Пирротин Сфалерит Халькопирит Борнит	

Таблица 15

## Пределы содержания в шерле некоторых главных окислов (%)

Группы пород	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$MgO$	$MgO + FeO$	$CaO$	$Na_2O$
Карбонатные породы и скарны	25,5—27	0,4—2,6	5,2—8,2	8—13,8	15—19	3—3,6	0,8—1,5
Метаморфизованные породы основного состава	29,3—34,3	0,8—5	5,1—11,6	5—8	13—17,2	0,1—2,7	1—2,2
Сланцы, гнейсы и другие . . . . .	34—44,6	5,2—10,3	1,3—7	2—9	4—13,6	0,3—4,6	0,1—3,3
Пегматиты . . . . .	26—50	0—15	0,5—15	0—8,3	2,8—18,5	0—4	0,06—4
Грейзены и вторичные кварциты . . . . .	27,5—41	0,05—10,3	1,3—14	0—9	9,5—16	0,1—2,4	0,5—3,6
Кварцевые и турмалиновые жилы . . . . .	31—44,4	0,6—15,2	0,4—14,4	1,5—9	4,4—16	0—2,3	0,5—4
Рудные проявления . . . . .	36—47,2	1—14	0,4—14,8	0,3—9,6	3,4—17,2	0,14—2,7	0,6—4

2. Значительной реакционной способностью пегматитового расплава — раствора по отношению к вмещающим породам, всегда содержащим указанные выше породообразующие элементы, однако в различных соотношениях. Вследствие этого обстоятельства, пегматитовый расплав — раствор легко может насыщаться «посторонними» для него элементами как при взаимодействии с боковыми породами, вмещающими пегматитовое тело в месте его кристаллизации, так и с теми горными породами, с которыми пегматитовый расплав (в случае эпигенетических пегматитов) соприкасался по пути своего движения до консолидации.

В тех случаях, когда пегматит является сингенетическим телом или реакция ограничивалась только с непосредственно вмещающими породами, зависимость состава шерла и его типоморфизм от геохимического влияния боковых пород может быть как-то выявлена. Это особенно проявляется в тех случаях, когда химические потенциалы состава пегматитового расплава и вмещающей породы резко отличны, и пегматит обладает высокой реакционной способностью, например, в контакте с известняками, доломитами, иногда ультраосновными породами и т. д. наблюдается резкий сдвиг состава турмалина в сторону дравита.

Однако чаще реакционные взаимодействия являются более сложными и протекают на пути следования расплава — раствора с горными породами самого различного состава. В этом случае состав и свойства шерла могут быть настолько разнообразны, что по существу перекрывают почти все возможные геохимические случаи.

Последнее, как видно на рис. 4, и осуществляется на конкретном минералогическом материале.

Таким образом, шерл пегматитов, отражая указанные выше особенности их природы и условий формирования, может значительно колебаться по своему составу, перекрывая типоморфные особенности всех других типов, кроме типа карбонатных магнезиальных контактовых образований, где кристаллизуется или дравит, или шерл, богатый магнием.

Нами уже указывалось, что установление типоморфизма в ряду шерл—дравит усложняется еще тем, что главные химические компоненты состава,

которые определяют основной характер типоморфизма, — это пороодообразующие элементы, присутствующие в соотношениях близких порядков в подавляющем большинстве глубинных, метаморфических и осадочных пород, являющихся средой, где в результате того или иного минералообразующего процесса происходит образование шерла — дравита.

Таким образом, для шерлового ряда турмалина необходимо, по-видимому, выявить тонкий «геохимический» типоморфизм, что должно быть связано с широкими исследованиями содержания элементов — примесей. К сожалению, в настоящее время такое направление в исследовании почти отсутствует. Имеющаяся и обработанная авторами литература этих данных содержит ничтожно мало, и это является задачей будущего. Выявление же типоморфных особенностей шерла — дравита в связи с различием генетических типов их месторождений на основании химических состава главных компонентов, определенных химическими анализами, как показала работа авторов, не представляется возможным.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Абдулин А. А. Турмалиновые формации Северо-Востока Центрального Казахстана. Изд-во АН Каз. ССР, Алма-Ата, 1961.
- Абрамович Ю. М. Матеріали по геохімії рідких елементів гранітних пегматитів Волині. — Геол. журн. АН УРСР, 1936, 3, вып. 2.
- Агафонова Т. Н. Химический состав и окраска турмалинов Борщовочного кряжа. — Докл. АН СССР, 1947, 55, № 9.
- Агафонова Т. Н. Кристаллографическое исследование турмалинов Борщовочного кряжа. — Докл. АН СССР, 1949, 65, № 2.
- Агафонова Т. Н. Морфология турмалинов Борщовочного кряжа. — Наук. Зап. Київськ. держ. ун-та ім. Т. Г. Шевченко, 1950, 9, вып. 10, геол. сб. № 3.
- Ауэрбах А. О турмалине русских месторождений. СПб., 1868.
- Барсанов Г. П., Яковлева М. Е. О турмалине дравитового состава. — Минералы СССР (Труды Минер. музея), вып. 15, Изд-во «Наука», 1964.
- Белов Н. В., Белова Е. Н. Кристаллическая структура турмалина. — Докл. АН СССР, 1949, 69, № 2.
- Богомолов М. А. О турмалинах из магнезиальных скарнов Таежного месторождения (Южная Якутия). — Труды Якутского филиала Сибирского отделения АН СССР, 1962, сб. 11.
- Боженко Г. М., Лиса Н. Я. Турмалины из пегматитовых образований Западной Волини. — Минер. сб. Львовск. геол. об-ва, 1949, № 3.
- Бресковска В., Ескепази Г. Турмалины от някой български находища. — Год. Соф. ун-та, Б.Г.Г. ф-т, 54, кн. 2 (1959/60), 1961.
- Бурделя Н. К. О турмалинах из Бакальского железорудного месторождения. — В сб. «Очерки по металлогении осадочных пород», Изд-во АН СССР, 1961.
- Везир-Заде А. З. Кристаллохимические исследования Кедабекского турмалина. — Труды Азерб. индустр. ин-та им. Азизбекова, 1954, вып. 8.
- Вистелиус А. Турмалины из карбонатных жил восточной части Чупинской губы. — Учен. зап. Ленингр. гос. ун-та, серия геол.-почв. наук, 1939, № 26.
- Глебов А. В. Турмалиновые и магнетитовые кварциты реки Амедичи в Южной Якутии. — В сб.: «Очерки осадочных месторождений полезных ископаемых», СОПС АН СССР, 1958.
- Данилович Л. Г., Сливко М. М. К вопросу о турмалинизации в гранитах Калбинского хребта. — Геология и геофизика, 1960, № 11.
- Джунь В. С., Юрьев Л. Д. До характеристики турмалину з пегматитів західного Приазов'я. — Матеріали з мінералогії України, 1961, вып. 2.
- Доломанова Е. И. Свинцово-цинковая минерализация на некоторых касситеритово-кварцево-сульфидных месторождениях Восточного Забайкалья. — Труды ИГЕМ, 1963, вып. 83.
- Ерджанов К. Н. Гранитные интрузии и пегматиты Таргабатая. Алма-Ата, 1963.
- Калинин П. В. Минералы Слюдянского района. — Труды ВИМС, 1939, вып. 150.
- Карпова О. В. Турмалины из района развития основных пород на западном склоне Южного Урала. Настоящий сборник, стр. 101.
- Кашкай М. А., Алиев В. И. О турмалиновых грейзенах и турмалине Айридагского месторождения (горы Косагор-бугор) в Кедабекском районе. — Учен. зап. Азербайдж. гос. ун-та, 1959, № 2.

- К е р и м о в Г. И. Петрология и рудоносность Кедабекского рудоносного узла (Азербайдж. ССР), Баку, 1963.
- К о к о р и н А. М. Турмалин из оловорудных месторождений Приамурья.— В кн. «Тезисы докл. на IV научн. конфер. молодых специалистов». Владивосток, 1961.
- К о р ж и н с к и й А. Ф. Термооптические исследования минералов группы эпидота и некоторых турмалинов.— Труды 5-го совещания по экспериментальной и технической минералогии и петрографии. Изд-во АН СССР, 1958.
- К о с о й Л. А. Заметки о турмалине в Карельских пегматитах.— Учен. зап. Ленингр. гос. ун-та, серия геол. почв. наук, 1939, № 34.
- К у з н е ц о в Е. А., Л у ч и н ц к и й В. И. Петрографические провинции СССР. ОНТИ НКТП, 1936, стр. 659.
- Л а б у н ц о в А. Н. Пегматиты Северной Карелии и их минералы.— «Пегматиты СССР». Изд-во АН СССР, т. II, 1939.
- Л е б е д е в А. П. О свинцовосодержащем турмалине с Малого Хингана.— Докл. АН СССР, 1937, 14, № 1.
- Л е б е д е в А. П. Петрографические исследования на Малом Хингане в 1935 г. (бассейны рек Самары, Пампеевки и Сутара). — Труды Дальневост. филиала АН СССР, серия геол., 1939, 1.
- Л е б е д е в В. И. К минералогии кварцево-карбонатных жил Северной Карелии.— Изв. Карело-Финского филиала АН СССР, 1950, № 1.
- Л е б е д е в В. И. Минералогическое описание пегматитовой жилы «Кривое Озеро», — В кн.: «К минералогии постмагматических процессов». Изд-во ЛГУ, 1959.
- Л и б е р з о н И. М., А к с е л ь р о д М. А. О турмалиновой и галенитовой минерализации гранитов Учтепе-Кызылкая (Тянджинский интрузив).— В сб.: «Металлургия и горно-рудная промышленность». Баку, 1962.
- Л о д о ч н и к о в В. Н. Серпентины и серпентиниты Ильчерские и другие.— Труды ЦНИГРИ, 1936, вып. 38.
- М а р а к у ш е в А. А. Петрология Таежного железорудного месторождения в архе Алданского щита.— Труды Дальневост. филиала АН СССР, серия геол., 5, 1958.
- М а р т и р о с я н Р. А. Вторичные кварциты с коломорфным турмалином Кедабека.— Учен. зап. Азербайдж. гос. ун-та, 1962, № 1.
- М е л ь к с е т я н Б. М. О некоторых особенностях процесса турмалинизации.— Изв. АН Арм. ССР, серия геол. и геогр., 1959, 12, № 5.
- Н и к и т и н Ю. В., С а у х а т а с И. С. О литиевых пегматитах Северной Карелии.— Труды Лабор. геологии докембрия, 1957, вып. 7.
- О б р у ч е в В. А. Рудные месторождения. ОНТИ НКТП, М.— Л., 1935, стр. 227.
- О п т о е в Д. О. О составе некоторых рудообразующих турмалинов.— Труды ИГЕМ, 1956, вып. 3.
- Р а с к а т о в а Н. П. Турмалин.— В кн.: «Минералы Ильменского Заповедника». Изд-во АН СССР. М.— Л., 1949.
- Р у б М. Г. Граниты Гродковского и Мартяновского интрузивных комплексов в Южном Приморье и основные черты их металлоносности.— Труды ИГЕМ, 1956, вып. 3.
- Р у б М. Г. Гранитоиды Приханкайского района и основные черты их металлоносности.— Труды ИГЕМ, 1960, вып. 33.
- С е р д ь ч е н к о Д. П. Минералы бора и титана в некоторых осадочно-метаморфических породах.— Труды ИГЕМ, 1956, вып. 5.
- С е р д ь ч е н к о Д. П., Г л е б о в А. В. Турмалины и турмалиновые породы из федоровской свиты Алданского архея.— В сб.: «Железные руды Южной Якутии». Изд-во АН СССР, 1960.
- С л и в к о М. М. Исследование турмалинов некоторых месторождений СССР. Изд-во Львовск. ун-та, 1955.
- С л и в к о М. М. Химический состав и изоморфные замещения в турмалинах.— Минер. сб. Львовск. геол. об-ва, 1962, № 16.
- С у д о в и к о в Н. Г., Д р у г о в а Г. М., К р ы л о в а М. Д., М и х а й л о в Д. А. Петрография докембрия Алданского Горнопромышленного района.— В сб.: «Петрография Восточной Сибири». Изд-во АН СССР, II, 1962.
- С у л о в А. И. Петрология кристаллического комплекса Слюдянского флогозитового района.— Труды ВИМС, 1939, вып. 150.
- Т а т а р и н о в П. М. Тальк и тальковый камень.— В кн.: «Курс нерудных месторождений». Горгеоиздат. М.— Л., Новосибирск, ч. 1, 1934.
- Т р е н и н а Т. И., К у з н е ц о в а Н. А., Ф р и д л а н д В. С. Типоморфные особенности железо-магнезиальных силикатов (турмалинов, хлоритов) в рудах некоторых месторождений Северо-Востока СССР.— Труды Всес. Магаданского научно-исслед. ин-та (сб. рефератов), 1957.
- Ф е р с м а н А. Е. Драгоценные и цветные камни СССР. Л., Изд-во СОПС, т. II, 1925.

- Ферсман А. Е. Пегматиты. — Избранные труды, т. VI. Изд-во АН СССР. М., 1960.
- Хамрабаев И. Х. Магматизм и постмагматические процессы в Западном Узбекистане. Ташкент, 1958.
- Шавло С. Г. Пегматиты и гидротермалиты Калбинского хребта. Алма-Ата, 1959.
- Шейдерхён Г. Рудные месторождения. ИЛ, 1958.
- Шуркин К. А., Горлов Н. В., Сольс М. А., Дук В. Л., Никитин Ю. В. Беломорский комплекс Северной Карелии и юго-запада Кольского полуострова. — Труды Лабор. докембрия АН СССР, 1962, вып. 14.
- Юрк Ю. Ю., Шнюков Е. Ф. Турмалины из гранитоидов с. Дереевки. — Минер. сб. Львовск. геол. об-ва, 1957, № 11.
- Юрк Ю. Ю., Рябokonь С. М., Шнюков Э. Ф. Турмалины Украинского кристаллического щита. — Труды ин-ту геол. наук АН УССР, серия петрогр., минер. та геохімії, вып. 6, 1960.
- Becht K. Beiträge zur Kenntnis der Magnesia — Turmaline. Heidelberg, 1913.
- Brøgger W. C. The south Norwegian hyperites and their metamorphism; On several Archaean rocks from the south coast of Norway. — Skrifter Vid. Akad. i. Oslo. I Mat. Nat. kl., Bd. 1, 1935.
- Dana J. D. The System of Mineralogy. N. Y., 1914.
- Deer W. A., Howie R. A., Zussman J. Rock-forming minerals, 1 Ortho- and Ring-Silicates. London, 1962.
- Doelter C. Handbuch der Mineralchemie, bd. II, Abt. 2, Dresden u. Leipzig, 1917.
- Donnay G. H., Buerger M. J. The determination of the crystal structure of tourmaline — Acta Cryst. 3, pt. 5, 1950.
- Duparc L., Sigfr H. Sur un gisement de Tourmalines dans une serpentine de l'Oural. — Bull. Soc. France de Mineralogie, 1914, 37, № 3.
- Gordon S. G. Mineralogy of Pennsylvania — Philadelphia, 1922.
- Groddeck Z. Ueber Turmalin enthaltende Kupfererze vom Tamaya in Chile nebst einer Uebersicht des geologischen Vorkommens der Bormineralien. — Deutscher geol. Gesellschaft, 1887, 39, hft. 2.
- Grubemann U. Über Pneumatolyse und Pegmatite mit einem Anhang über den Turmalinpegmatit von Piz Cotschen im Unterengadin. — Z. Krist., 1907; 42, hft. 6.
- Hamburger G. E., Buerger M. J. The structure of tourmaline. — Amer. Miner., 1948, 33, N 9—10.
- Harada Z. Beiträge zur kenntnis des Turmalins von Japan. — J. Faculty Sci. Hokkaido Imperial University, ser. IV geol. miner, IV, N 3—4, 1939.
- Hedde M. F. Ueber die Mineralogien Schottlands. VIII Silicate. — Z. krist., 32, hft 3, 1900.
- Heflik W. Turmaliny z Zylu kwarcowo — topazowej z kamienia koło Mirska na Dolnym Śląsku Roczn. Polskiego towarz. geol. 30, zes. 3, 1960.
- Hintze C. Handbuch der Mineralogie, bd. III, Abt. 1, Leipzig, 1897.
- Jakob J. Analysen dreier Tessiner Turmaline. — Schweiz. Min. Petr. Mitt., 17, hft. 1, 1937.
- Janasch P., Calb G. Ueber die zusammensetzung des Turmalins. — Ber. Dtsch. Chem. Ges. jahr. 22, sitz. 28, Mitt. 44, 1889.
- Judd J. W. On some simple massive minerals (crystalline Rocks) from India and Australia. — Miner. Mag., 11, N 50, 1895.
- Koch S. Hydrothermal tourmaline from Nagyörzsöny — Acta mineral. — Petrogr., 10, 1957.
- Kramer H., Allen R. D. Analyses and indices of refraction of tourmaline from fault gouge near Barstow, San Bernardino county, California. — Amer. Min., 39, N 11—12, 1954.
- Kunitz W. Die Mischungsreihen in der Turmalin-Gruppe und die genetischen Beziehungen zwischen Turmalinen und Glimmer. — Chemie der Erde, 4, hft. 2, 1929.
- Lacroix A. Mineralogie de Madagascar. — t. 1, Paris, 1922.
- Lokka L. Beiträge zur kenntnis des chemismus der finnischen mineralien. — Bull. Commission geologique de Finlande, N 129, 1943.
- Lovisato D. Ueber den Turmalin von Caprera. Zs. krist., 28, hft. 2, 1897.
- Makinen E. Die Granitpegmatite von Tammela in Finnland und ihre Minerale. — Bull. Commission geol. de Finlande, N 35, 1913.
- Němec D. Minor alemanites of tourmalines, muscovites and lepidolites from West Moravian pegmatites. — Bull. international Česká akad. věd. a umění, Ann. 52 (1951), № 2, 1953.
- Niggli P. Lehrbuch der Mineralogie. II. Spezielle Mineralogie. — Berlin, 1926.
- Niggli P., Faesy K. Borsilikate (Turmalin). — Zr. Krist., 57, hft. 3, 1922.
- Pawlica W. Północna wyspa krystaliczna w Tatrach. — Die nördliche krystallinische Insel in der Tarta. — Bull. Acad. Sc. Cracovia cl. sa math et nat., Ser. A, N 1—3, 1915.

- Quensel P. The paragenesis of the Varuträsk pegmatite.— *Arkiv f. Miner. och. geol.*, 2, N 2, 1957.
- Riggs R. B. The analysis and composition of tourmaline.— *Amer. J. Science*, ser. 3., 35, N 205, 1888.
- Sandrea A. Sur une variété de tourmaline sodomanganesifère dans des filons de pegmatite des environs de Roscoff.— *C. R. Acad. Sci. Paris*, 228, N 13, 1949.
- Schaller W. T. Beitrag zur Kenntniss der Turmalin-Gruppe.— *Zr. krist.*, 51, hft. 4, 1913.
- Scharizer R. Ueber die chemische Konstitution und die Farbe des Turmalins von Schützenhofen.— *Zr. krist.*, 15, hft. 4, 1889.
- Sekaniin J. Nerosty moravských pegmatitů. *Časopis Mor. Zem. Musea XXVI*, 1928.
- Serra A. Intorno alla tormalina dell'Asinara (Sardegna)— *Ns. Jb. Min., Geol., Paläont.*, 2, 1908.
- Shimoda N. Geochemical investigations on the pegmatite minerals. V. The relation between stages of crystallization and chemical composition of tourmalines in the Sakihama pegmatites of Okirai — Mura, Kesengun, Iwate Prefecture.— *Nippon Kagaku Zasshi*, 77, N 7, 1956 (p. 1001); *Chem. Abstr.* 52, 989h.
- Simboli G. Sopra una tormalinite di Alpe Valliselle (Gruppo di Cima d'Acta).— *Acta geol. Alpena*, N 7, 1959.
- Simpson E. S. *Minerals of Western Australien* — t. 2, Perth, 1951.
- Sjögren H. The chemical composition of Tourmaline from Utö. *Bull. geol. Inst. Upsala*, 15, 1916.
- Skoczylas-Ciszewska K., Tynieć T. O pegmatycie turmalinowym z Fliszu okolicy Zegociny.— *Arch. miner. (Polska akad. nauk)*, 18 zes. 2 (1954), 1955.
- Staatz M. H., Murata K. J., Glass J. J. Variation of composition and physical properties of tourmaline with its positions in the pegmatite — *Amer. Min.*, 40, N 9—10, 1955.
- Tomba A. M. Tormalina della pegmatite di Val Martello studio geochimico.— *Rend. Soc. Min. Ital.*, Ann. 14, 1958.
- Tynieć T. Pegmatyt turmalinowy z zachodnich Prakarpat.— *Rocznik Polsk. t-wa geol.*, 22, zes. 3 (1952), 1954.
- Ward G. W. Chemical and optical study of the black tourmalines.— *Amer. Min.*, 16, N 4, 1931.
- Wells M. K. A contribution to the study of luxullianite.— *Miner. Mag.*, 27, N 193, 1946.
- Wülfing E. A. Über einige kristallographische konstanten des Turmalins und ihre Abhängigkeit von seiner chemischen Zusammensetzung.— *Stuttgart*, 1900.