

В. А. КОРНЕТОВА, М. Е. КАЗАКОВА, В. Б. АЛЕКСАНДРОВ

**ИЛЬМЕНОРУТИЛ ИЗ ПЕГМАТИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ
БЛАГОРОДНОЙ ШПИНЕЛИ КУХИ-ЛАЛ
НА ЮГО-ЗАПАДНОМ ПАМИРЕ**

И НЕКОТОРЫЕ ПОПРАВКИ К ФОРМУЛЕ МАГНОКОЛУМБИТА

Летом 1964 г. Л. Н. Россовский передал в коллекции Минералогического музея АН СССР образцы ильменорутила из месторождения Кухи-Лал (Куги-Ляль), минералогия которого была до этого опубликована в ряде работ (Россовский, 1963; Матаис и др., 1963). При рассматривании образцов в бинокулярную лупу выяснилось, что ильменорутил очень неоднороден и сростается с другим черным минералом, оказавшимся при дальнейшем изучении магноколумбитом.

В литературе неоднократно описывались случаи сростания ильменорутила с колумбитом. В работе П. Черны, Ф. Чеха и П. Повондры (Černý и др., 1964) утверждается, что в случае преобладания ниобия над танталом в ильменорутиле (для которого предлагается утвердить название «ниобиевый рутил») всегда наблюдается мелкая вкрапленность колумбита. По мнению этих авторов, такой колумбит возник вследствие ограниченной смесимости ниобиевого компонента с TiO_2 и выпал в виде ромбической фазы — минерала колумбита. В отличие от ниобиевого рутила при обилии танталового компонента распада на фазы не происходит и вкрапленности танталита не возникает. В этой же работе приводятся два анализа ильменорутила из Японии (месторождения Тэсироги и Узумайн) содержащие MgO в количестве 0,21 и 2,34% соответственно. В обоих случаях MgO рассматривалась как чужеродная примесь, возникшая из включений других минералов.

Нам показалось интересным исследовать ильменорутил, столь тесно сростающийся с магнезиевым колумбитом, и выяснить взаимоотношения этих двух минералов, а заодно и проследить роль в них магния.

Пегматитовые жилы, в которых встречаются акцессорные ильменорутил и магноколумбит, по описаниям Л. Н. Россовского (1963) залегают в магнезитовых мраморах. На контакте с последними пегматиты развивают мощные реакционные оторочки тремолитового, шпинель-флогопит-эпстатитового и талькового состава. Жилы слагаются олигоклазом, микроклином и кварцем в графических и неяснографических сростаниях. Среди них встречаются дравит, циртолит, кордиерит, андалузит, магноколумбит и ильменорутил. Ильменорутил встречается в тесной ассоциации с кварцем и дравитом, но чаще всего с магноколумбитом. Ильменорутил образует вместе с последним сростки хорошо образованных, покрытых гранями кристаллов до 1—1,5 см. Большей частью в таких сростках преобладает магноколумбит. Граница взаимопрорастания сложная. Л. Н. Россовский (1963) описывает графические вростки магноколумбита в ильменорутиле, а В. В. Матиас и другие геологи (1963) отмечают их одинаковую оптическую ориентировку. В образцах, имевшихся в нашем

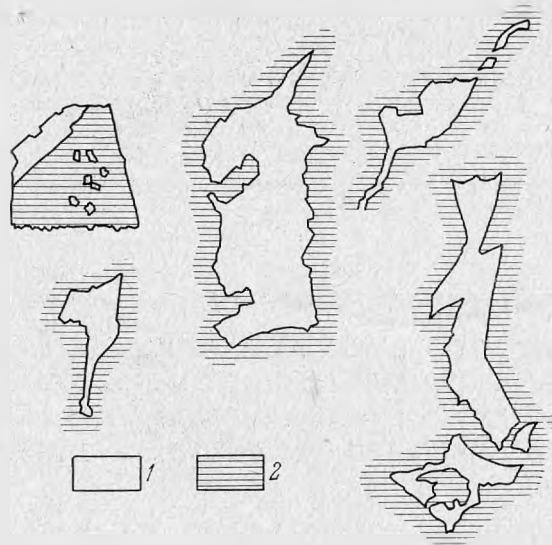


Рис. 1. Форма включений кристаллов магноколумбита (1) в ильменорутиле (2). Зарисовка шлифа, увел. 80

распоряжении, подобных вrostков мы не обнаружили, хотя вrostки, напоминающие графические, наблюдались (см. рис. 1). В общих чертах кристаллы ильменорутила уже были описаны Л. Н. Россовским. Он отмечает их короткопризматический облик и приводит индексы некоторых форм.

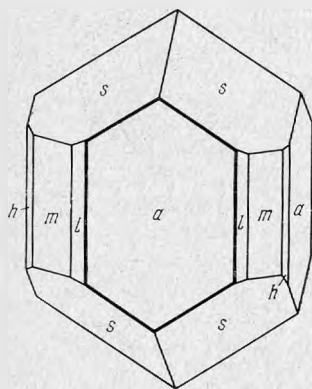
Нам удалось измерить кристаллы ильменорутила на гониометре. Ниже приводятся результаты этого гониометрического изучения (табл. 1). Кристаллы ильменорутила имеют настолько короткую призму a , что выглядят изометричными (рис. 2). Они слагаются в основном формами a , m и s . Интересно, что грани призмы a (010) через одну несут тонкую горизонтальную штриховку. Грани призм m (110) развиты несколько слабее. Грани l (130) и h (120) образуют совсем узенькие полосочки. Головка образована формой s (111), редко осложненной формой e (011).

Кроме почти изометричных (гораздо реже), встречаются вытянутые длиннопризматические кристаллы, напоминающие шестигранные столбики. В работе П. Черны (1964) есть сообщение о парагенезисе ильменорутила из японского месторождения перматитов Тэсироги, где этот мине-

Таблица 1

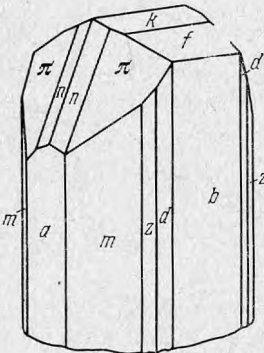
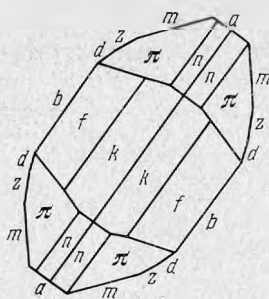
Результат гониометрического изучения ильменорутила из месторождения Кухи-Лал

Буквенные обозначения и индексы	Рутил, Гольдшмидт		Средние результаты измерения		Число и качество сигналов
	φ	ρ	φ	ρ	
a 010	0°00'	90°00'	0°00'	90°00'	6, хорошие четкие
m 110	45°00'	90°00'	45°00'	90°00'	4, слабые, по четкие
h 120	26°34'	90°00'	26°27'	90°00'	1, едва заметный, очень слабый
l 130	18°26'	90°00'	18°39'	90°00'	2, отсчеты взяты по световому пятну
s 111	42°19'	45°00'	42°34'	45°00'	4, слабые, по четкие



2

Рис. 2. Кристаллы ильменорутила месторождения Кухи-Лал



3

Рис. 3. Кристаллы магноколумбита месторождения Кухи-Лал

рал имеет облик «шестигранных столбиков со сложной штриховкой поверхности». В исследовании, посвященном ильменорутилу из Вежны (Cerný, Šech, 1962), также приводят изображение и индексы граней «шестигранных» кристаллов. Такой облик им придают комбинации форм s и a , причем ss^1 сильно вытянуты. Из-за близости граничных углов ($\angle ss' = 57^\circ$ и $\angle sa = 61^\circ 34'$) кристалл производит впечатление шестигранного.

Ильменорутил тесно сростается с равновеликими (до 1,5 см) кристаллами магноколумбита. И те и другие покрыты многочисленными гранями (когда они обращены в пустотку), причем некоторые из них несут индукционную штриховку. Оба минерала явно кристаллизуются одновременно, но у кристаллов магноколумбита более четко выражен идиоморфизм. Облик кристаллов магноколумбита, сростающихся с ильменорутилом, также приближается к изометрическому, но чаще он толстотаблитчатый, несколько вытянутый по оси a и соответственно уплощенный по оси b (рис. 3). Впервые кристаллы магноколумбита были изучены Н. М. Кумской и описаны в работе В. В. Матиаса (Матиас и др., 1963).

Наши кристаллы несколько отличаются от приводимых в этом исследовании таблитчатых кристаллов. При сравнении кристаллов, измеренных нами (см. табл. 2) с кристаллами, приводимыми в названной работе, обнаруживаются: 1) (012) — форма с ошибочными координатами $\varphi = 0^\circ 00'$ и $\rho = 60^\circ 30'$, которая на самом деле имеет координаты $\varphi = 0^\circ 00'$ и $\rho = 10^\circ 09'$, у нас отсутствует и вместо нее развиты f (032) и k (011) ; 2) на головке также нет граней (111) и (131) , а вместо них есть n (211) и π (231) ; 3) формы (201) и (110) у наших кристаллов также отсутствуют; последняя, правда, характерна только для игольчатых кристаллов (Матиас и др., 1963); 4) в поясе призм форма с $\varphi = 26^\circ 12'$ и $\rho = 26^\circ 06'$ (Матиас и др., 1963) должна иметь индекс z (150) вместо ошибочно ей приписываемого в упомянутой работе (210) ; на наших кристаллах встречается еще форма d (170) .

Для больших граней бокового пинакоида характерна вертикальная штриховка; они обычно лучше всего развиты и дают наилучшие сигналы.

Результат гониометрического изучения магноколумбита из месторождения
Кухи-Лал

Буквенные обозначения и индексы	Колумбит, Гольдшмидт		Средние результаты измерения		Число и качество сигналов
	φ	ρ	φ	ρ	
<i>a</i> 100	90°00'	90°00'	90°00'	90°00'	2, отчетливые
<i>b</i> 010	0°00	90°00	0°00	90°00	2, серия
<i>m</i> 130	39°38	90°00	39°35	90°00	4, серия четких
<i>z</i> 150	26°26	90°00	26°43	90°00	2, слабые, но четкие
<i>d</i> 170	19°33	90°00	19°49	90°00	1, едва заметный
<i>l</i> 012	0°00	10°09	—	—	У нас отсутствует
<i>k</i> 011	0°00	19°42	0°00	20°15	2, серия тонких четких
<i>f</i> 032	0°00	28°14	0°00	28°06	2, серия тонких четких
<i>π</i> 231	58°53	64°18	58°24	64°17	4, слабые расплывчатые
<i>n</i> 211	78°37	61°09	78°37 —78°17	61°24	4, расплывчатые

Затем следуют грани переднего пинакоида и грани ромбической пирамиды π (231) и ромбических призм f (032) и k (011), которые и являются габитуальными. Почти всегда присутствует хотя бы одна из граней ромбической призмы n (211).

Макроскопически ильменорутит хорошо отличим от магноколумбита по характеру излома, блеску и цвету черты. Излом ильменорутита раковистый, гладкий, блеск сильный металлический, черта темно-серая с зеленоватым оттенком. У магноколумбита излом неровный, шероховатый (как бы зернистый), обладает едва заметным вишнево-красным надсветом (как у гематита); блеск значительно слабее; цвет черты коричнево-бурый. Магноколумбит значительно более хрупок и заметно мягче ильменорутита.

У ильменорутита твердость по микровдавливанию (измерения сделаны в лаборатории ИМГРЭ С. И. Лебедевой на приборе ПМТ-3) при нагрузке 150 Г в различных неориентированных разрезах равна 858—1022 кг/мм². Разброс данных объясняется С. И. Лебедевой анизотропией второго рода; коэффициент анизотропии $K_{aII} = 1,20$. Анизотропия первого рода выражена слабо. По шкале Мооса твердость ильменорутита 6,8—7. У магноколумбита твердость по микровдавливанию при нагрузке 100 Г равна 390—716 кг/мм², $K_{aII} = 1,63$, анизотропия первого рода также почти не выражена. По шкале Мооса твердость магноколумбита в пределах 4—6.

Удельный вес, измеренный в лаборатории физических методов исследования минералов ИМГРЭ методом микронавески, оказался равным 4,64. В иммерсионном препарате в тонких осколках ильменорутит плеохроирует от желто-коричневого (Ne) до зеленовато-синего (No). Магноколумбит плеохроирует в красно-коричневых тонах. В прозрачных шлифах ильменорутит просвечивает только в сильном пучке света и в отличие от магноколумбита, буквально переполненного включениями, прозрачен и включений содержит мало.

В отраженном свете цвет ильменорутита серый с розоватым (кремовым) оттенком. Минерал отчетливо анизотропен. Оптические константы измерены в лаборатории геологического факультета МГУ А. Д. Ракчевым для $\lambda = 579$ мкм: $n_{e(1)} = 2,57$; $n_{o(2)} = 2,37$; $n_e - n_o = 0,20$; показатель поглощения $x_1 = 0,05$ и $x_2 = 0,06$ соответственно, а отражательная способность $R_1 = 20,2$ и $R_2 = 17,6\%$. Показатели преломления оказываются

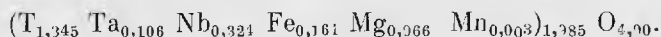
Химический состав ильменорутила из месторождения Кухи-Лал

Компоненты	Вес. %	Мол. колич.	Атомн. колич. катионов	Коэффициенты	W_k	Сьерра-Леоне, вес. %
MgO	1,40	347	347	0,066	0,132	—
CaO	Сл.	—	—	—	—	—
MnO	0,14	19	19	0,003	0,006	—
(FeO)	(6,08)	846	846	0,161	0,322	11,0
Fe ₂ O ₃	6,76	—	—	—	—	—
TiO ₂	56,32	7048	7048	1,245	5,880	55,7
Nb ₂ O ₅	22,60	850	1700	0,324	1,620	22,6
Ta ₂ O ₅	12,33	279	558	0,103	0,520	19,4
H ₂ O ⁺	0,13	—	—	—	—	—
Сумма . . .	99,68	—	—	1,985	7,990	98,7

несколько заниженными против известных, в то время как отражательная способность, наоборот, выше.

Для химического анализа материал отбирался лаборантом П. Н. Ефимовым с особой тщательностью из очень мелкой фракции при большом увеличении ($\times 80$). Для анализа пошли кусочки, обладающие совершенно гладким раковистым изломом. Анализ был выполнен М. Е. Казаковой (табл. 3). В ходе анализа все железо определялось как Fe₂O₃.

После пересчета химического анализа формула минерала приобретает следующий вид:



Отношение (Fe, Mg, Mn) : (Nb, Ta) = 0,536. Иными словами, обычный избыток Fe в ниобиевом компоненте, отмечаемый во многих анализах (Сегнү и др., 1964), в нашем случае весьма незначительный: 0,036 %, или 73 (в атомных количествах).

По содержанию почти всех главных компонентов наш анализ весьма близок к химическому составу ильменорутила из Сьерра-Леоне (Deans, 1944), помещенному для сравнения в табл. 3. Основное различие заключается в количестве FeO. Ильменорутил из Сьерра-Леоне относится к неоднородным минералам, изобилующим колумбитовой фазой по П. Черны (Сегнү а. о., 1964). Помимо элементов, установленных химическим анализом, в ильменорутиле из Кухи-Лала спектральным анализом обнаружены еще Al — линии средней интенсивности, и Sc, Sn, Ga, Cu, Co, Si — слабые линии.

Параметры элементарной ячейки ильменорутила были определены в лаборатории ИМГРЭ В. Б. Александровым: $a_0 = 4,60$; $c_0 = 2,97 \pm 0,01$ Å; $c_0 : a_0 = 0,6456$. Они очень невелики, несмотря на значительное содержание пятиокисей тантала и ниобия, и приближаются к рутиловым. Для рутила, по Штрунцу (Strunz, 1966), $a_0 = 4,59$; $c_0 = 2,96$ Å; $c_0 : a_0 = 0,645$. Как известно, с ростом содержания тантала и ниобия параметры решеток ильменорутилов растут, чего в нашем случае не наблюдается. Последнее, вероятно, в какой-то мере связано с содержанием магния, который действует на параметры в сторону уменьшения. Размеры элементарной ячейки магноколумбита также меньше, чем у обычного колумбита (Матиас и др., 1963).

Химический состав магноколумбита (в вес.%) из месторождения Кухи-Лал

Компоненты	Магноколумбит по В. В. Матиас (Матиас и др., 1963)	Примесь ильменорутила	Химический состав магноколумбита за вычетом 7,9% примеси ильменорутила	Расчет новой формулы магноколумбита			
				Мол. колич.	Атомн. колич. катионов	Атомн. колич. кислорода	Коэффициенты
MgO	9,00	—	9,79	242,8	242,8	242,8	0,78
MnO	0,17	—	0,18	2,5	2,5	2,5	0,01
FeO	2,21	0,49	1,87	26,3	26,3	26,3	0,10
Fe ₂ O ₃	0,30	—	0,32	2	4	6	0,01
Al ₂ O ₃	1,12	—	1,21	11	22	33	0,07
SiO ₂	0,46	—	0,50	8,3	8,3	16,6	0,03
TiO ₂	4,61	4,61	—	—	—	—	—
Nb ₂ O ₅	70,59	1,80	74,84	281,5	563,0	1407,5	1,81
Ta ₂ O ₅	10,45	1,00	10,28	23,2	46,4	116,0	0,15
WO ₃	0,86	—	0,93	4	4	12	0,01
Сумма . . .	99,77	7,90	99,92	—	—	1862,7	—

Общий множитель: $6 : 1862,7 = 0,003221$.

Предполагать, что присутствие Mg вызвано включениями магноколумбита, не приходится, так как его количество в три раза меньше требуемого, о чем можно судить по сумме пятиокисей тантала и ниобия, находящихся в ильменорутиле. Их соотношение между собой иное ($Nb/Ta = 1,83$), чем в магноколумбите ($Nb/Ta = 7$). Наконец, исследование шлифов также подтверждает отсутствие равномерной или мелкой вкрапленности магноколумбита. Напротив, большое количество включений ильменорутила в магноколумбите (целая сеть, в узлах которой сидят зерна ильменорутила) заставляет думать, что содержание TiO_2 в составе этого минерала (см. табл. 4) вызвано механической примесью ильменорутила, от которой практически невозможно избавиться. Об этом же говорит и заниженное значение удельного веса магноколумбита (5,17) против вычисленного — 5,23 (Матиас и др., 1963).

Если вычесть из состава магноколумбита TiO_2 и эквивалентное ей количество ниобия, тантала и железа, которое имеется в механической примеси ильменорутила, то формула магноколумбита после пересчета будет иметь следующий вид: $(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn, Al)_{0,97} (Nb, Ta, W, Si)_2 O_6$. В. В. Матиас (Матиас и др., 1963) приводит такую формулу магноколумбита: $(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn, Al)_{0,90} (Nb, Ta, Ti, W, Si)_{2,06} O_6$. Таким образом, примесь ильменорутила в магноколумбите, отобранном к анализу В. В. Матиасом и другими исследователями, составляла 7,9%.

Мы благодарны всем, кто принимал участие в изучении отдельных свойств ильменорутила: А. Д. Ракчеву, С. И. Лебедевой, Г. Г. Прохоровой, а также Л. М. Россовскому, на материале которого удалось провести описанные наблюдения.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Матнас В. В., Россковский Л. Н., Шостацкий А. Н., Кумскова Н. М.* О новом минерале — магноколумбите.— Докл. АН СССР, 1963, 148, № 2.
- Россковский Л. Н.* Пегматиты в магнезитовых мраморах из района месторождения благородной шпинели Куги-Ляль на Юго-Западном Памире.— В сб. «Минералы СССР», труды Мин. музея, 1963, вып. 14.
- Черны П.* Парагенезисы ниобиевого и танталового рутила в гранитных пегматитах.— Мин. сб. Львов. гос. ун-та, 1964, вып. 1, № 18.
- Černý P., Čech F.* Ilmenorutil z Věžné na s západní Moravě a produkty jeho rozpadu.— Casop. Morav. musea. Brno, 1962, 47.
- Černý P., Čech F., Povondra P.* Review of ilmenorutile-strüverite minerals.— N. J. Min. Abh., 1964, 101, № 2.
- Deans T.* Ilmenorutil from Sierra Leone.— Bull. Imp. Inst. London, 1944, 42.
- Strunz H.* Mineralogische tabellen. Leipzig, 1966.