

В. А. Корнетова

ОБ АССОЦИАЦИИ ИЛЬМЕНОРУТИЛА И МОНАЦИТА  
В ПЕГМАТИТАХ СИБИРИ

Ильменорутит принадлежит к числу довольно слабо изученных минералов. Генетически он связан с пегматитами, в которых встречаются как ниобиевые, так и танталовые его разновидности (стривериты), или с месторождениями пневматолито-гидротермального типа, где мы находим главным образом ниобиевые члены, содержащие малые количества пятиокиси ниобия (в пределах нескольких процентов), хотя в последнее время стали известны находки стриверита в экзоконтактных грейзенах гранитного массива (Ситнин, Леонова, 1961). Стриверит в этом случае содержал лишь 6,27% пятиокисей тантала и ниобия, из них на тантал приходится 6,07%. Как правило, в минералах группы ильменорутила, встречающихся в пегматитовых телах, процент пятиокисей тантала и ниобия в несколько раз выше, чем в ильменорутиле пневматолито-гидротермального происхождения.

В нескольких редкометалльных пегматитовых полях Сибири, которые изучались нами на протяжении последних десяти лет, неоднократно встречались отдельные пегматитовые тела, как правило, сильно альбитизированные, несущие своеобразную ассоциацию ильменорутила и монацита. Несмотря на значительную пространственную разобщенность рассматриваемых пегматитовых полей, обращают на себя внимание одинаковая приуроченность упомянутой ассоциации к краевым частям пегматитовых тел, срастание ильменорутила и монацита с альбитом и обязательное присутствие фтора в значительных количествах, который фиксируется во флюорите и топазе в этих пегматитовых телах. Ниже приводится описание ассоциации ильменорутила и монацита из двух (А и Б) детально изученных пегматитовых полей Сибири. Оба пегматитовых поля, несмотря на различные геологические условия залегания, разные геохимические и, следовательно, минералогические особенности, слагаются пегматитовыми телами одного и того же типа, который по классификации А. Е. Ферсмана следует относить к V натриево-литиевому типу (альбитовый подтип).

## ОПИСАНИЕ ИЛЬМЕНОРУТИЛА И МОНАЦИТА ИЗ ПОЛЯ А

Поле А располагается в разгнейсованных порфировидных биотитовых гранитах каледонского возраста. Помимо пегматитовых жил, здесь в большом количестве встречаются кварцево-полевошпатовые и кварцево-турмалиновые жилы, а также дайки габбро-диабазов. Дайки аплитов и мономинеральные кварцевые жилы типа силекситов почти полностью

отсутствуют. Пегматитовые тела в плане обычно имеют форму вытянутых линз или коротких с отдельными раздувами жил, часто весьма неправильных очертаний и прихотливо изменяющихся с глубиной. Падение пегматитовых тел крутое, под углом  $60-80^\circ$ . Строение пегматитов блоковое, некоторые тела зональные.

Пегматит, из которого был взят описываемый ниже ильменорутил, был наиболее дифференцированным. На контакте пегматита с гранито-гнейсами развивается либо аплитовидная зона, приобретающая ближе к пегматиту облик среднезернистого гранита, либо местами — слюдистая оторочка мощностью  $15-20$  см. В свою очередь гранито-гнейсы часто рассланцованы и обогащены мусковитом и мелким турмалином. От пегматита отходят короткие и толстые апофизы кварца. Кварц апофизы темно-серый, почти черный. От краев к центру в пегматите четко выделяются три зоны, имеющие неправильные очертания. Зона мелкозернистого пегматита (1) гранитной текстуры (размер зерен —  $3-5$  мм) состоит из альбита, кварца и мусковита. Очень часто встречаются зеленый (ранний) флюорит и ярко-фиолетовый — поздний, цирит и монацит в виде мелкой, но обильной вкрапленности. Далее следует зона (2) крупнозернистого пегматита, представленная незакономерным сростанием микроклина и кварца. Размер зерен —  $8-10$  см. Микроклина больше, нежели кварца, и он сильнее альбитизирован по сравнению с микроклином центральной зоны. Здесь же развиты мусковит и серовато-фиолетовый флюорит. Зона крупнозернистого пегматита обычно окружает центральную зону (3) пегматита, имеющую блоковое строение (рис. 1). Она слагается крупными блоками несколько альбитизированного микро-

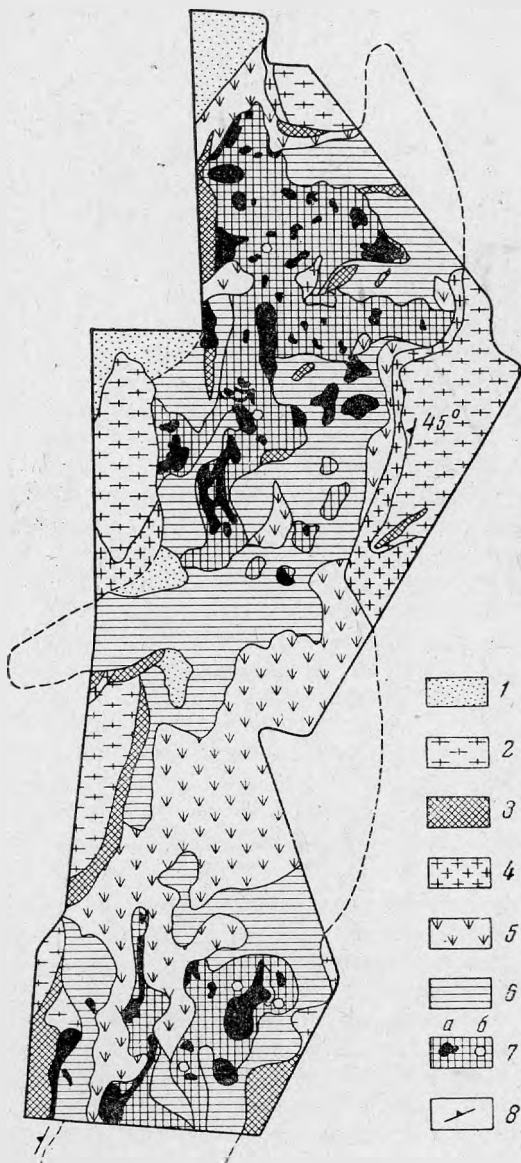


Рис. 1. Форма и строение пегматитового тела поля А, содержащего ильменорутил и монацит  
 1 — элювий; 2 — порфировидные гранито-гнейсы; 3 — слюдистые оторочки биотит-мусковитового состава; 4 — аплитовидная зона; 5 — мелкозернистый альбитизированный пегматит; 6 — крупнозернистый альбитизированный пегматит; 7 — пегматит блоковой, текстуры с микроклином, кварцем (а) и бериллом (б); 8 — элементы залегания

Таблица 1

## Химический состав ильменорутитов

Компоненты	Поле А				Поле Б				Ивеленд, Норвегия	Монгольский Алтай
	вес %	молекуляр- ные количе- ства	атомные ко- личества ка- тиона	атомные ко- личества ани- она	вес. %	молекуляр- ные количе- ства	атомные ко- личества ка- тиона	атомные ко- личества ани- она		
MgO	—	—	—	—	Следы	—	—	—	Следы	0,03
CaO	0,26	46	46	46	»	—	—	—	0,11	0,05
MnO	0,10	14	14	14	0,24	34	34	34	—	0,09
FeO *	(13,67)	1905	1905	1 905	(5,92)	824	824	824	12,29	9,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,0	—	—	—	6,57	—	—	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,65	64	128	192	—	—	—	—	—	0,60
SiO <sub>2</sub>	0,15	25	25	50	0,68	113	113	226	—	0,41
TiO <sub>2</sub>	48,87	6117	6117	12 234	70,99	8886	8886	17 772	54,57	47,00
SnO <sub>2</sub>	0,18	12	12	24	0,60	39	39	78	—	—
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	16,15	365,5	731	1 827	10,18	230	461	1 152	—	33,12
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20,19	760	1520	3 794	10,05	378	756	1 890	32,15	9,30
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	—	—	—	—	0,05	28	56	28	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	—	—	—	—	0,24	—	—	—	—	—
П.п.п.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сумма	100,22	—	—	—	99,60	—	—	—	99,12	100,30
Уд. вес	4,91	—	—	—	4,71	—	—	—	4,64	5,47
Аналитик	Г. М. Варшал				М. Е. Казакова				Прайор (Дапа, 1946)	М. В. Ку- харчик (За- лашкова и Сидоренко, 1959)

\* В обоих анализах непосредственно определялось только Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

клина и темно-серого кварца (размер — 1 × 0,7 × 0,5 м). Здесь же встречаются призмы берилла, бисмутит, зеленый флюорит, ильменорутит; последний отмечается, помимо центральных частей, также в крайних частях.

Самые крупные выделения ильменорутита достигают размеров 5 × 6 × 4 см. Хорошо ограненных кристаллов не обнаружено. Цвет черный; цвет черты — серовато-черный с характерным зеленоватым оттенком. Блеск сильный, металлический. В очень тонких сколах минерал прозрачен и плеохроирует от зеленовато-коричневого до очень темного, почти черного. В полированных шлифах наблюдается ясная анизотропия, а также большое количество включений кварца и альбита. Кислотами не травится, в том числе и плавиковой, даже в течение 3,5 часа. Удельный вес, определенный пикнометрически при 22° С, равен 4,91. Определение производилось два раза из навесок 9,1975 и 3,8310 г; разница в определении составила 0,008.

В химическом составе анализированного ильменорутита (поле А; табл. 1) обращает на себя внимание высокое содержание суммы пятиокисей

Т а б л и ц а 2

## Рентгеновские данные для ильменорутилов

Поле А			Поле Б		Поле А			Поле Б	
I	d/n	hkl	I	d/n	I	d/n	hkl	I	d/n
2	3,53	—	2	3,508	3	1,465	002	3	1,475
8	3,25	110	8	3,19	—	—	310	4	1,447
1	2,91	—	—	—	7	1,367	301	7	1,359
2	2,736	001	2	2,70	5	1,359	112	4	1,344
7	2,47	101	7	2,46	—	—	022	3	1,244
—	—	020	3	2,27	6	1,180	231	5	1,171
4	2,20	111	5	2,17	4	1,155 <sup>6</sup>	040	3	1,152
—	—	120	3	2,036	4	1,106	222	7	1,096
6	1,872	121	4	1,845	3	1,094	—	3	1,085
—	—	021	2	1,775	6—7	1,050	—	6	1,047
10	1,694	211	10	1,677	—	—	—	6	1,040
5	1,637	220	5	1,610	—	—	—	3	1,030
3	1,486	—	2	1,495	—	—	—	—	—

Ta и Nb, а в последней — высокий процент Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Расчет данных химического анализа хорошо укладывается в формулу рутила: (Fe, Ta, Nb, Ti, Sn, Ca, Mg)<sub>0,997</sub>O<sub>1,93</sub>. Для сравнения в табл. 1 приведен химический анализ ильменорутила из пегматитовых жил Ивеленда (Норвегия), который по содержанию TiO<sub>2</sub> и сумме пятиокисей весьма близок к рассматриваемому, хотя и не содержит Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. По цвету черты и в тончайших прозрачных сколах они не отличимы. С этой же целью приводится анализ стрюверита из пегматитов Монгольских Алтая, близкий по содержанию TiO<sub>2</sub> и сумме пятиокисей тантала и ниобия.

Помимо элементов, определенных химическим анализом, спектрально установлены: Be, W, V — средние линии, Pb, Cu, Y — очень слабые. Г. А. Сидоренко в ВИМС было выполнено рентгеновское исследование ильменорутила. Анализ производился по методу порошков, съемка велась на Fe-нефильтрованном излучении при 35 кV; I=12 mA в продолжение 6 часов, 2R=57,3 мм (табл. 2).

На основании расчета порошкограмм были вычислены постоянные решетки: Поле А: a=4,62; c=2,97±0,03Å; поле Б: a=4,56; c=2,95±0,03Å.

Монацит<sup>1</sup> в пегматитах поля А распространен очень широко. Встречается во всех жилах в самых разнообразных ассоциациях и во всех зонах. Имеет широкий диапазон выделения и, по-видимому, выпадает на всем протяжении пегматитового процесса. Главная масса монацита выделяется в стадию альбитизации. Обилие монацита позволяет назвать пегматиты поля А монацитовыми (не смешивать с монацитовыми пегматитами I типа, по А. Е. Ферсману).

Альбит и альбитизированный микроклин вокруг включений монацита обычно окрашены в розовый или бурый цвета по радиусу на 5—6 см. После альбита монацит наиболее часто и обильно ассоциирует с мусковитом, реже — с темно-фиолетовым флюоритом и кварцем. Большей частью кристаллы плохо образованы. Чем меньше кристалл, тем большее число граней на нем наблюдается. Большинство кристаллов имеет призматическую форму.

<sup>1</sup> Рентгеновское изучение монацитов также было выполнено Г. А. Сидоренко. Условия съемки те же.

ческий облик. Грани головки развиты редко. У кристаллов большого размера ( $6 \times 2 \times 2,5$  см) преобладающее развитие имеют грани ромбической призмы  $m$  (110), отчего кристалл в сечении кажется почти квадратным. Кристаллы вытянуты по оси  $z$ . Изредка в виде полосок развиваются грани пинакоида  $a$  (100) (рис. 2).

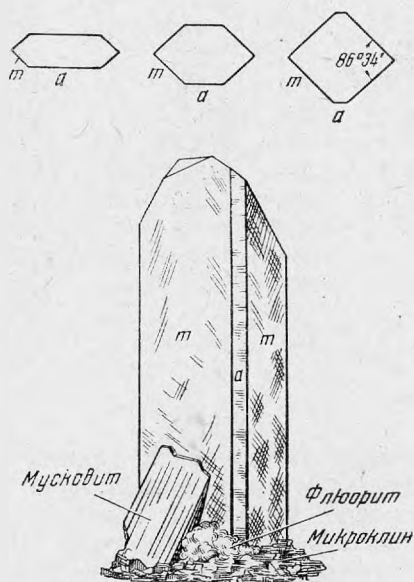


Рис. 2. Наиболее распространенный тип кристаллов монацита поля А

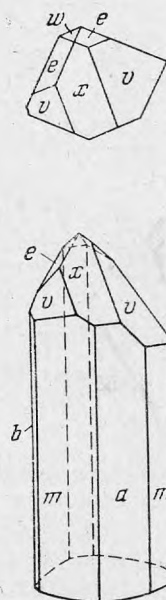


Рис. 3. Кристалл монацита поля А с одинаковым развитием граней  $a$  (100) и  $m$  (110)

Кристаллы средних размеров (около 1 см) обычно несут головку и также несколько вытянуты по оси  $z$  (соотношение толщины к длине 1 : 2). Грани ромбической призмы  $m$  (110) и грани пинакоида  $a$  (100) развиваются уже в одинаковой степени (рис. 3), причем последние иногда даже доминируют, отчего часть кристаллов приобретает уплощенную форму. На головке же развиваются пинакоиды:  $x$  ( $\bar{1}01$ ),  $w$  (101), часто  $v$  ( $\bar{1}11$ ) и ромбическая призма  $e$  (011). Самые мелкие кристаллы наиболее богаты гранями, а также и наиболее пригодны для измерения вследствие блеска граней. Основная масса кристаллов имеет неровные, матовые и шероховатые грани. Простые формы, отмеченные на небольших кристаллах, следующие: ромбические призмы —  $m$  (110),  $e$  (011),  $v$  ( $\bar{1}11$ ),  $y$  (310),  $u$  (021),  $d$  ( $\bar{1}12$ ); пинакоиды —  $c$  (001) (редок),  $b$  (010),  $a$  (100),  $x$  ( $\bar{1}01$ ),  $w$  (101) (рис. 4, а, б).

Цвет коричневый и красновато-коричневый. Мелкие кристаллы, в отличие от крупных — непрозрачных, иногда просвечивают в краях и вследствие сильного блеска кажутся розовато-коричневыми. Под микроскопом в монаците наблюдаются очень мелкие включения каких-то удлиненных кристалликов (?); вещество монацита вокруг таких включений радиально растрескивается. Может быть, включения принадлежат ториту.

Из кристаллов средних и мелких размеров был отобран материал

для химического анализа, произведенного в лаборатории ИГЕМ АН СССР К. П. Соковой (табл. 3 и 4).

Разделение редких земель выполнено Г. М. Варшал методом хроматографии в лаборатории ИГЕМ АН СССР.

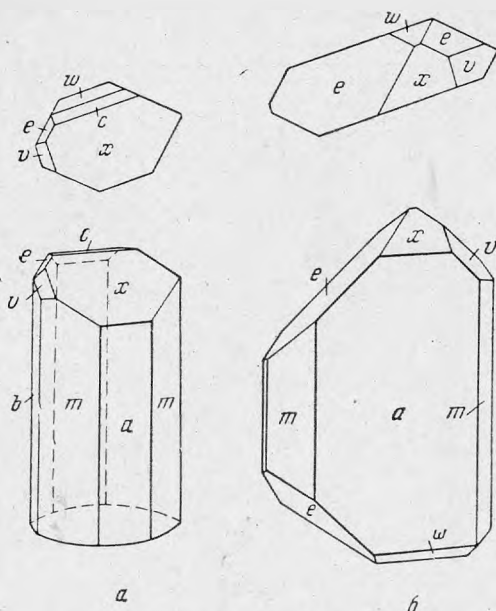


Рис. 4. Кристаллы монацита поля А

а — с развитием верхнего пинакоида  $c$  (001);

б — с преобладающим развитием переднего пинакоида  $a$  (100)

В исследуемом монаците спектрально установлены еще  $\text{Be}$  — средние линии;  $\text{As}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{U}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{Ti}$  — слабые и  $\text{Ga}$ ,  $\text{Sc}$  — очень слабые линии.

В химическом анализе (см. табл. 3) обращает на себя внимание сравнительно высокое содержание  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_3$ . При расчете химического анализа на формулу предполагалось вхождение в минерал соединения  $\text{ThSiO}_4$  (может быть, в качестве включений торита?), а остаток кремнекислоты связывался с  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в соотношении 1 : 3 (как в альбите) на основании предположения о загрязнении минерала альбитом. Минерал рассчитывается на формулу плохо. Обнаружился недостаток атомных количеств в анионной части. Последнее свидетельствует о некоторой разрушенности минерала. выносе  $\text{P}$ . Наличие  $\text{CO}_2$  и избыток  $\text{CaO}$  натолкнули на мысль о присутствии в исследуемом монаците какого-то вторичного минерала, образовавшегося по монациту в результате воздействия на него более поздних гидротермальных растворов.

Учитывая большое количество  $\text{F}$  в пегматитах поля А, можно предположить образование какого-либо фторкарбоната редких земель, трудно отличимого по внешнему виду от монацита и поэтому не замеченного при отборе материала для химического анализа. Внешний вид непрозрачных, матовых, без блеска кусочков монацита, пошедшего на химический анализ, также говорил в пользу этого предположения. При анализе К. П. Соковой этого минерала фтор не определялся. Поэтому после окончания анализа из дополнительной навески того же самого образца в лаборатории ИГЕМ АН СССР, руководимой А. И. Покровской, ана-

Химический состав монацитов Таблица 3

Компоненты	Поле А		Поле Б		
	вес. %	вес. %	молекулярные количества	атомные количества катиона	атомные количества аниона
CaO	1,27	Нет	—	—	—
MgO	0,36	0,10	26	26	26
TR	56,15	61,32	265	3607	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } FeO }	1,77	0,09	5	10	15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,83	1,30	127	254	381
SiO <sub>2</sub>	4,22	2,09	348	348	696
ThO <sub>2</sub>	7,37	8,48	321	321	642
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24,87	26,35	1855	3710	9275
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,57	} 0,40	22	44	22
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,23				
CO <sub>2</sub>	1,13	—	—	—	—
SO <sub>3</sub>	0,03	—	—	—	—
U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	0,08	0,04	0,5	1,5	2
MnO	Не опр.	Не опр.	—	—	—
F	1,8	—	—	—	—
Сумма	101,68	—	—	—	—
— F <sub>2</sub> =O <sub>2</sub>	0,76	—	—	—	—
Сумма	100,92	100,17	—	—	—

литиком В. М. Степашкиной был определен фтор, количество которого оказалось равным 1,8%. Точность этого результата не очень большая из-за присутствия значительных количеств фосфора, затрудняющего определение фтора.

Е. И. Семенов (1959), изучая монацит из Северной Киргизии, обнаружил в составе измененных образцов монацита неизвестный минерал, отнесенный им в группу фторкарбонатов редких земель предположительного состава  $Ca_2Ca_3(CO_3)_5F_2$ . Выделить в чистом виде минерал Е. И. Семенову не удалось из-за скрытокристаллического характера агрегата. Минерал образует по монациту мельчайшие (доли миллиметра) буровато-розовые чешуйки. В данном случае, возможно, имеет место образование аналогичного фторкарбоната Ca, а может быть, даже и водного соединения. Под микроскопом заметить этот минерал не удалось. Данные порошкограммы (табл. 5) также не указывают на присутствие этого минерала. Последнее объясняется либо скрытокристаллическим его характером, либо малым содержанием в исследуемом образце.

Таблица 4

## Состав редких земель в монацитах

Компоненты	Поле А		Поле Б				
	% в общей сумме TR	% в мине- рале	% в общей сумме TR	% в мине- рале	молеку- лярные количе- ства	атомные количес- тва катиона	атомные количес- тва аниона
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,20	10,78	18,28	11,21	343	686	1029
CeO <sub>2</sub>	41,97	—	51,84	—	1846	1846	2769
(Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	—	22,48	—	30,32	—	—	—
Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub>	5,91	—	5,91	—	212	212	318
(Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	—	3,21	—	3,50	—	—	—
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,28	10,26	16,49	10,11	300	600	900
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,58	2,57	3,83	2,35	67	134	201
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,60	2,02	2,28	1,40	38	76	114
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> }	3,60	2,02	0,61	0,37	16	32	48
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,20	0,67	0,71	0,43	11	22	33
Ho <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,94	0,53	—	—	—	—	—
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,68	0,38	—	—	—	—	—
Сумма	99,96	56,12	99,95	61,28	3607	—	5412

Таблица 5

## Порошкограмма монацита

Поле А		Поле Б		Поле А		Поле Б		Поле А		Поле Б	
I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n
—	—	2	6,86	3	2,455	5	2,44	5	1,537	6	1,537
—	—	2	5,07	1	2,38	1	2,33	4	1,474	5	1,474
—	—	4	4,65	3	2,206	5	2,19	1	1,375	4	1,370
—	—	5	4,19	8	2,14	6	2,13	6	1,344	7	1,337
—	—	1	3,85	7	1,976	7	2,027	7	1,283	7	1,281
—	—	1	3,596	—	—	1	1,888	8	1,239	8	1,236
3	3,51	2	3,51	8	1,877	8	1,872	3	1,194	4	1,192
—	—	1	3,38	1	1,805	2	1,795	5	1,175	4	1,171
6	3,31	7	3,27	5	1,771	3	1,766	3	1,162	3	1,158
—	—	1	3,13	6	1,747	7	1,738	3	1,122	1	1,128
10	3,11	10	3,08	5	1,699	5	1,690	7	1,104	7	1,1056
—	—	1	2,97	—	—	1	1,645	3	1,1065	—	—
9	2,876	9	2,85	—	—	1	1,588	5	1,049	8	1,049
3	2,615	4	2,59	2	1,609	3	1,603	3	1,029	2	1,016

## ОПИСАНИЕ ИЛЬМЕНОРУТИЛА И МОНАЦИТА ИЗ ПОЛЯ Б

Пегматитовое поле Б отличается сложностью строения и большой протяженностью. В отдельных узлах его выходят различные по строению и минералогическому составу жилы, объединенные геохимически общими чертами. Узел пегматитовых жил, в котором был встречен в большом количестве ильменорутил в тесной ассоциации с монацитом, располагается в содержащих сфен плагиоклазовых амфиболитах. Пегматитовые



тела имеют форму вытянутых линз, иногда с небольшими раздувами, и принадлежат к V типу классификации А. Е. Ферсмана (альбитовый подтип). Пегматит, в котором было встречено самое большое гнездо ильменорутила обладает блоковым строением и состоит из кварца и реликтов микроклина, интенсивно замещаемого альбитом. В центральной части наблюдается небольшое кварцевое ядро. Блоки микроклина и кварца окружены среднезернистым альбитизированным пегматитом.

Альбит представлен или мелкопластинчатой разностью, или сахаровидной. По площади блоков микроклина и кварца много больше, чем альбитизированных участков. Мелкокристаллический альбит в свою очередь преобладает над сахаровидным. В блоках кварца очень редко встречается зеленоватый берилл, а так же топаз, кристаллы которого иногда полностью замещены серо-зеленым онкозином.

В контактных зонах развивается турмалин темно-коричневого цвета в длиннопризматических кристаллах, ассоциирующий с альбитом, бледно-розовым спессартином, желтоватым флюоритом. Любопытен спектральный анализ этого турмалина: очень сильные линии — Si, Al; выше средних — Fe Mn, Mg; средние — Ti, Sn, Ca, Sr; слабые — Nb, Na, Be, Ta, Ga, Cu, Zn, Y; следы — Cr, Sc, Pb, Ni, La. Обращает на себя внимание Ti, а также Cr и Ni. Присутствие последних можно объяснить только привнесом из вмещающих пород.

В центре жилы, неподалеку от кварцевого ядра, залегает ксенолит вмещающих пород — плагиоклазовых амфиболитов — в виде короткой, но толстой линзы, содержащий большое количество сфена и новообразования биотита. Мощность его в раздуве составляет одну треть мощности жилы.

Сахаровидный альбит развивается по трещинам и выделения его имеют форму разветвляющихся жил и прожилков. Он пронизан массой мелких кристаллов турмалина.

Ильменорутил встречен в виде гнездообразного выделения, вытянутого вдоль краевой части пегматита. Ассоциирует с мелкопластинчатым альбитом, монацитом и тесно сростается с касситеритом. Образует квадратные в сечении, удлиненные кристаллы с плохо развитыми гранями размером  $3 \times 4$  см, которые густо насыщают пространство, местами сливаясь в сплошные массы. Цвет железно-черный. Цвет черты черный с характерным серовато-зеленоватым оттенком. Излом неровный, полураковистый, с сильным металлическим блеском. Удельный вес, определенный в лаборатории ИМГРЭ С. И. Лебедевой из малых количеств, оказался равным 4,71. HF в течение 3 часов не подействовала на полированную поверхность. Химический анализ был проделан М. Е. Казаковой (см. табл. 1). Общая сумма пятиокисей Ta и Nb достигает 20, 23%, причем Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> содержатся примерно в равных количествах с небольшим преобладанием Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Железо превалирует над марганцем. Незначительное содержание SnO<sub>2</sub> следует относить за счет механической примеси касситерита, который очень тесно сростается с ильменорутилом, заполняя промежутки между его кристаллами или окружая их, что хорошо наблюдается в шлифах (рис. 5). При отборке материала для химического анализа удалить касситерит полностью, естественно, оказалось невозможным. Расчет химического анализа ильменорутила приводит к формуле:  $(\text{Ti}_{0,803} \text{Fe}_{0,075} \text{Ta}_{0,042} \text{Nb}_{0,069} \text{Sn}_{0,003} \text{Mn}_{0,003})\text{O}_{1,98}$ .

Помимо элементов, установленных химическим анализом, в ильменорутиле спектрально определены: Al = 0,05%, Zr = 0,05—0,5%, Sr = 0,05—1%.

А. А. Ситнин и Т. Н. Леонова (1961) объясняют происхождение стрюверит в экзоконтактных грейзенах взаимодействием грейзенизирующих

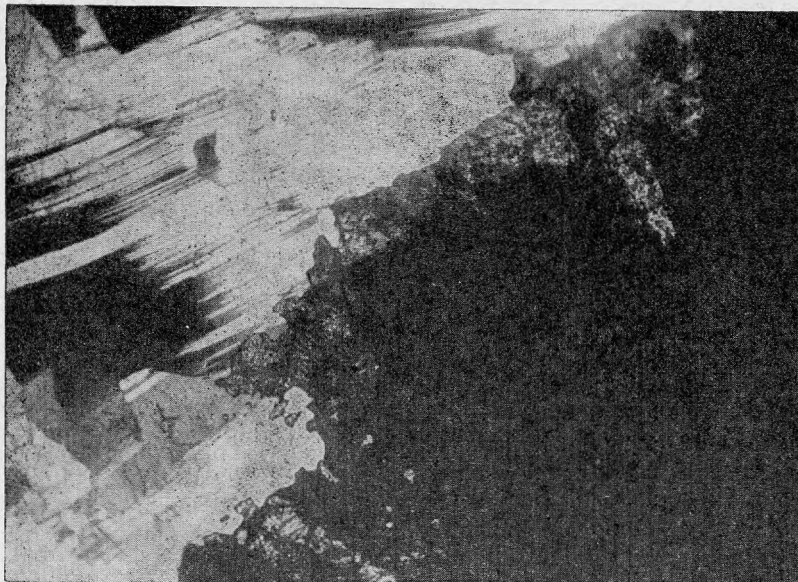


Рис. 5. Ильменорутил (черное) поля Б, обрастающий касситеритом (серое). Николи скрещены. Увел. 30

растворов, обогащенных фтором, литием, оловом, ниобием с титан- и железосодержащими песчано-сланцевыми породами, вмещающими массив гранитов. Иными словами, титан, пошедший на образование стрюверита, был заимствован из вмещающих пород. Учитывая наличие ксенолитов вмещающих пород, богатых сфеном, в описываемом пегматите, а также бурого турмалина зон контакта, содержащего Ti, Cr, Ni, — мы тоже приходим к выводу о явном влиянии вмещающих пород, в результате контаминации, на минеральный состав пегматитов. Образование же ильменорутила в приконтактной зоне, вероятно, было вызвано местным обогащением пегматитового расплава-раствора титаном. Монацит, сростающийся с ильменорутилом, образует короткопризматические, несколько сплюснутые кристаллы с плохими гранями. Цвет светло-коричневый, коричнево-красный или буро-красный. Блеск жирный. Химический состав (см. табл. 3) отличается сравнительной чистотой. Обращает на себя внимание лишь повышенное количество  $Al_2O_3$ , которое следует, вероятно, относить либо за счет примеси альбита, либо за счет ошибки анализа при определении TR. Химический анализ хорошо рассчитывается на формулу монацита:  $[TR_{3,639}Th_{0,324}Mg_{0,026}Fe_{0,001}I_{3,99}P_{3,744}Si_{0,351}I_{4,025}O_{16,21}(OH)_{0,04}$ .

Помимо элементов, определенных химическим анализом, в монаците спектрально обнаружены слабые линии Mo (0,05—0,5%) и следы Be. Рентгенограмма монацита поля Б отличается полнотой линий (см. табл. 5).

#### СРАВНЕНИЕ ОПИСАННЫХ МИНЕРАЛОВ ПОЛЯ А И ПОЛЯ Б (ВЫВОДЫ)

Описанные выше пегматитовые поля А и Б располагаются на значительном расстоянии друг от друга (более 1000 км). Залегают в различных вмещающих породах (поле А — в гранитах, поле Б — в плагиоклазовых амфиболитах), но принадлежат к одному типу пегматитов, об-

ладающему обильной альбитизацией, одинаково обогащены фтором, несут редкие земли, тантал и ниобий. В присутствии титана, попадающего в пегматит, вероятно, из вмещающих пород в процессе контаминации, последние связываются в ильменорутил, а наличие фосфорной кислоты приводит к образованию фосфата редких земель (преимущественно цериевых) — монацита.

Сходные геохимические условия формирования месторождений вызывают возникновение одинаковых ассоциаций. В данном случае такими характерными ассоциациями минералов являются монацит и ильменорутил. В поле А количественно преобладает монацит, в поле Б, наоборот, ильменорутил. Ильменорутил поля А содержит много железа и пятиокисей тантала и ниобия, которые почти в два раза превышают их количество в составе ильменорутила поля Б. Напротив, последний содержит много более титана и по размерам элементарной ячейки стоит ближе к рутилу. В то же время ильменорутил поля А, несмотря на большую сумму пятиокисей, является более ниобиевым членом по сравнению с ильменорутилом поля Б, в котором соотношение между  $Ta_2O_5$  и  $Nb_2O_5$  приближается к единице, и он занимает центральное положение в ряду ильменорутил — стрюверит.

Если в ряду колумбит — танталит содержание тантала растет параллельно с ростом общей суммы пятиокисей, то у минералов группы ильменорутила такой закономерности не наблюдается. Количество  $Ta_2O_5$  может составлять любой процент от общей суммы пятиокисей. В этом отношении количество тантала в ильменорутиле является своего рода индикатором на общую танталовую зараженность пегматитового поля в целом.

В связи с ростом общей суммы пятиокисей тантала и ниобия растут и параметры решетки; возрастает и удельный вес. Последний особенно зависит от содержания  $Ta_2O_5$ . В обоих анализах определено олово, присутствие которого следует объяснять не только механической примесью касситерита (как это, вероятно, имеет место в ильменорутиле поля Б), но оно может входить в решетку ильменорутила и как изоморфная примесь. Последнее обстоятельство тем более вероятно, так как касситерит и ильменорутил (рутил) изоструктурны (Белов, 1947). Ильменорутил поля А является в то же самое время и более железистым; содержание  $FeO$  в нем более чем в два раза превышает содержание  $FeO$  в ильменорутиле поля Б.

Несмотря на некоторую измененность монацита поля А, химический анализ его таков, что позволяет сравнить с монацитом поля Б, достаточно свежим и чистым. Монацит поля А является более кальциевым, более железистым по сравнению с монацитом поля Б. Это находит свое объяснение в специфических геохимических чертах изначального пегматитового расплава-раствора, обогащенного Са и Fe. Напомним, что в ильменорутиле поля А также больше железа и даже кальция.

Монацит поля А содержит менее тория, TR и соответственно менее фосфора, что можно объяснить наличием примесей как механических, так и возникших при гидротермальном изменении минерала (возникновение вторичных фторкарбонатов?). По составу редких земель монацит поля А является более иттриевым: в нем более окислов Y, Dy, Ho, Er. В то же время количество  $Ce_2O_3$  почти на 10% меньше, чем у монацита поля Б, а Nd, La, Sm, Gd — несколько больше. Эта особенность отмечается и Мурата (Murata a. oth., 1959) для монацитов из пегматитов Бразилии, где монациты с низкой общей суммой TR более богаты Nd, Sm, Gd, Y. Монацит же поля Б более селективен — главными компонентами в его составе TR являются Ce, La, Nd. Эти же элементы остаются глав-

ными и у монацита поля А, но значение остальных, более тяжелых, возрастает.

Примечательно почти одинаковое количество празеодима. Относительное обогащение монацитов из пегматитовых жил Sm и другими более тяжелыми TR при падении относительного содержания La и Ce отмечалось Э. Г. Вайнштейном и А. И. Тугариновым (1956). В рассматриваемом случае для монацита поля А наблюдается лишь падение содержания Ce, но не La (в сравнении с монацитом поля Б).

Описанная ассоциация ильменорутила и монацита при определенных условиях является весьма специфической ассоциацией для пегматитов V типа А. Е. Ферсмана (альбитовый подтип). Она появляется с началом альбитизации и генетически тесно с ней связана. Любопытно появление ассоциации монацита с ильменорутилом в микроклинизированных гранитах Джидинского молибдено-вольфрамового месторождения, где они ассоциируют со скоплениями мусковита, молибденита, апатита, флюорита, циркона (Повилайтис, 1960). Ильменорутил этого месторождения содержит лишь 7,5% Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и совершенно не содержит Та.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Белов Н. В. О производных структурах и производных группах симметрии. — Докл. АН СССР, 58, № 4, 1947.
- Вайнштейн Э. Г., Тугаринов А. И. О закономерностях в распределении редких земель в некоторых минералах. — Геохимия, № 2, 1956.
- Залашкова Н. Е., Сидоренко Г. А. Струверит из пегматитов Монгольского Алтая. — Труды ИМГРЭ АН СССР, вып. 3, 1959.
- Повилайтис М. М. Основные черты минералогии Джидинского молибдено-вольфрамового месторождения. — Труды ИГЕМ АН СССР, вып. 24, 1960.
- Семенов Е. И. О возможном новом фторкарбонате редких земель. — Труды ИМГРЭ, АН СССР, вып. 2, 1959.
- Ситнин А. А., Леонова Т. Н. О находке струверита в экзоконтактовых грейзенах одного из гранитных массивов в Восточной Сибири. — Докл. АН СССР, 137, № 3, 1961.
- Murata K. J., Dutra C. V., Teixeira da Costa M., Branco J. Composition of monazites from pegmatites in eastern Minas, Gerais, Brazil. — Geochim. et cosmochim. acta, 16, № 1-3, 1959.