

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

Э. М. БОНШТЕДТ-КУПЛЕТСКАЯ

ОБ ИЛЬМЕНИТЕ ИЗ НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
СОВЕТСКОГО СОЮЗА

Приводимое описание ильменитов представляет собой некоторые результаты начатой в 40-х годах работы автора по исследованию титановых минералов.

Были изучены следующие музейные образцы ильменитов:

I

Ильменит, найденный В. И. Крыжановским восточнее станции Маук. Согласно описанию В. И. Крыжановского (1916), ильменит был заключен в доломите, который слагал линзы в змеевиковых породах. В небольшом количестве эти ильменито-доломитовые линзы содержали апатит и примазки медных солей.

Судя по образцам из этого сбора В. И. Крыжановского, хранящимся в Минералогическом музее Академии Наук СССР, этот ильменит отличается от обычного несколько большей матовостью; в изломе наблюдается слегка жирный блеск и синевато-черный оттенок.

В полированных шлифах весь ильменит испещрен мелкими выделениями магнетита, в отраженном свете чуть более светлого, чем ильменит. Повидимому, это типичный продукт распада твердого раствора: в разрезах, близких к базису ильменита, эти магнетитовые включения имеют неправильную форму, в косых разрезах они представляются мелкими линзами с одинаковой ориентировкой. Частично они рассеяны по всему телу ильменита, частично слагают намечающуюся петельчатую структуру, наконец, местами наблюдаются более крупные выделения того же магнетита весьма неправильной формы, вокруг которых ильменит лишен мелких включений магнетита (рис. 1).

Эти более крупные выделения магнетита, повидимому, представляют собой обособления продуктов медленно протекавшего распада (Бетехтин, 1937); в них, при еще больших увеличениях микроскопа заметны мелкие кристаллики рутила, образующие характерные коленчатые двойники и веерообразные сростки. Особенно четко кристаллы рутила выступают при травлении магнетита парами соляной кислоты.

Кроме выделений магнетита, ильменит содержит еще более мелкие, эмульсионного характера выделения гематита, заметные лишь при больших увеличениях (порядка 400× и больше); очень редки несколько более крупные тельца гематита.

И магнетит, и гематит, несомненно, продукты распада ильменита, причем, судя по структурам, сначала произошел распад на ильменит + магнетит, а позднее выделяется гематит. Кроме гематита — продукта распада, в ильмените наблюдаются также небольшие прожилки вторичного гематита, отложившегося по трещинкам; изредка гематит замещает магнетит и развивается по краям его зерен.

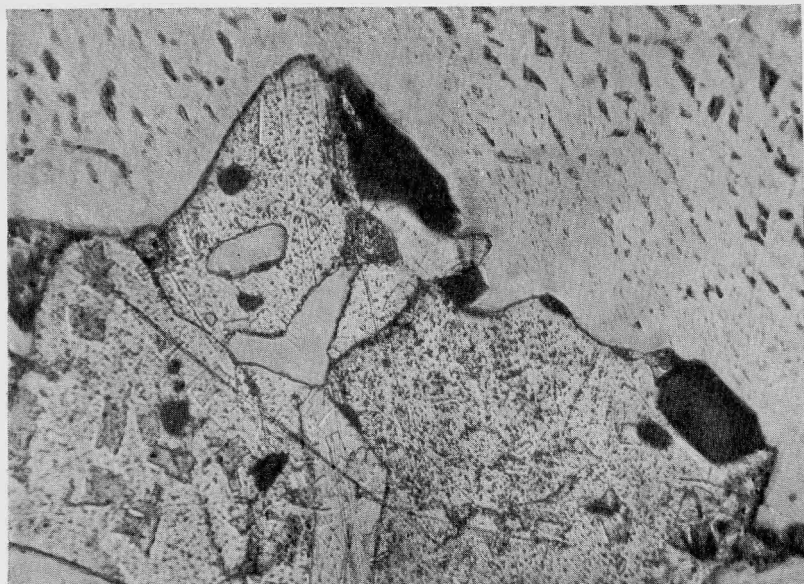


Рис. 1. Ильменит из окрестностей ст. Маук в отраженном свете. Шлиф травлен парами соляной кислоты. Мелкие выделения магнетита (черные) разбросаны по телу ильменита (серого); крупные выделения магнетита, с включениями рутила, окружены зоной ильменитового мелкого включений магнетита.  $\times 150$ .

По химическому анализу, выполненному И. М. Шумило, маукский ильменит характеризуется относительно высоким содержанием магния, с чем согласуется сравнительно низкий удельный вес его — 4,453 (табл. 1). Анализ, тщательно выверенный химиком, неудовлетворительно рассчитывается на молекулы, характеризующие ильменит:  $\text{FeTiO}_3$ ,  $\text{MnTiO}_3$ ,  $\text{MgTiO}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Если пересчет делать, исходя из содержания  $\text{RO}$ , то получается значительный недостаток  $\text{TiO}_2$  (1,4%). Если в основу пересчета брать содержание  $\text{TiO}_2$  и избыток  $\text{RO}$  отнести к магнетиту, то получаются следующие соотношения:  $\text{RTiO}_3$  — 87,1%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 10,3% и магнетита ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) — 2,6%, что не отражает минералогического состава минерала: по наблюдениям в плифах он содержит значительно больше, чем 2,6% магнетита.

При расчетах анализов ильменита, как и других минералов, содержащих закись железа, следует учитывать, что последняя в процессе истирания при подготовке материала к анализу могла перейти в окись, и таким образом, избыточное процентное содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (10,3%) частью может быть отнесено к магнетиту. Содержание гематита, как мы видели, в продуктах распада незначительное, и, вероятно, остальное количество  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  удерживается ильменитом (по Рамдору, в ильмените при остывании может предельно удерживаться до 6%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

## Химические анализы изученных пльменитов

Оксиды	Месторождения							
	Маук		Полднева		Прасковье-Евгениевская копь			
	%	молекулярное количество	%	молекулярное количество	%	молекулярное количество	%	молекулярное количество
TiO <sub>2</sub> . . . . .	48,00	601	46,66	584	56,81	711	57,51	720
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	14,17	89	13,89	87	4,02	25	3,32	21
FeO . . . . .	26,90	374	35,03	486	19,65	274	17,11	238
MnO . . . . .	0,89	13	2,34	33	1,73	24	5,36	75
MgO . . . . .	9,37	232	1,95	48	17,18	426	15,52	385
CaO . . . . .	Следы	—	Нет	—	—	—	0,68	13
SiO <sub>2</sub> . . . . .	0,06	1	0,04	1	—	—	0,22	4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,22	2	0,11	1	—	—	0,16	2
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	Нет	—	Нет	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O . . . . .	0,32	—	0,12	—	—	—	0,26	—
Сумма . . . . .	99,93		100,14		99,39		100,14	
Аналитик . . . . .	И. М. Шумило		И. М. Шумило		Г. Попов		И. М. Шумило	
Уд. вес . . . . .	4,453		4,718		4,325		4,26	

## II

В коллекциях Минералогического музея хранятся образцы ильменита из деревни Полдневой на Урале. Это типичный ильменит; он находится в тесном парагенезисе с хлоритом.

Полированные шлифы полдневского ильменита под микроскопом поражают испещренностью мельчайшими вростками гематита, ориентированными одинаково. Очень характерно цепочковидное расположение



Рис. 2. Структура распада ильменита на ильменит + магнетит (дер. Полдневая).  $\times 150$ .

части гематитовых включений и просветление ильменита по обе стороны этих цепочек (рис. 2), повидимому, свидетельствующее о начале образования петельчатой структуры распада за счет эмульсионной. Лишь в немногих местах наблюдаются несколько более крупные включения гематита.

В том же ильмените сравнительно немногочисленны выделения магнетита, чуть более светлого и более желтоватого, чем ильменит. Они имеют очень неправильную форму, и ильменит вокруг них не содержит указанных включений гематита. В самом магнетите местами наблюдается гематитовая решетка типа мартита, а при больших увеличениях в магнетите заметны мелкие включения рутила с характерными для него внутренними рефлексами. По сравнению с ильменитом, а особенно с магнетитом, рутил кажется более лиловатым. Такие же мелкие зерна рутила содержатся в самом ильмените, но всегда лишь вплотную около выделений магнетита.

Наличие мелких зерен рутила установлено и в прозрачном шлифе, приготовленном из полдневского ильменита. Создается впечатление, что здесь имели место два типа распада ильменита: в большей части из твердого раствора выпадал гематит, а в некоторых местах происходило новообразование магнетита, сопровождавшееся выпадением рутила. Сопоставить во времени оба эти процесса по имеющимся шлифам не представляется возможным.

Приведенный в табл. 1 анализ описываемого образца полдневского ильменита, выполненный также И. М. Шумило, показал, что минерал относится к типичному ильмениту. Содержание двухвалентных элементов меньше, чем  $TiO_2$ , и при расчете по RO получается следующее процентное содержание:  $FeTiO_3$  — 72,4,  $MnTiO_3$  — 4,9,  $MgTiO_3$  — 7,2,  $Fe_2O_3$  — 13,0 и  $TiO_2$  (рутила) — 2,5.

### III

Более или менее совершенные таблитчатые кристаллы ильменита характерны для нефелино-полевошпатовых выделений горы Каравай (Урал). Ильменит сопровождается здесь главным образом биотитом, отчасти апатитом, кальцитом и др. Кристаллы ильменита, достигающие

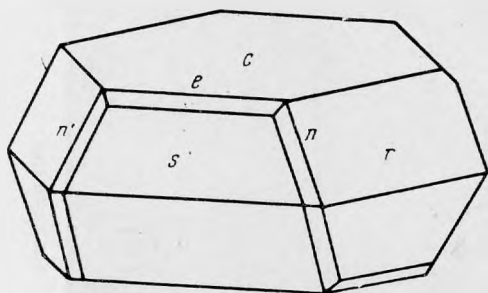


Рис. 3. Тип кристаллов ильменита с горы Каравай.

свыше 10 см в поперечнике, толстотаблитчатые по  $c(0001)$ . Ведущими формами их являются:  $c(0001)$ ,  $r(10\bar{1}1)$  и  $s(02\bar{2}1)$ ; обычные грани  $n(22\bar{4}3)$ ; кроме того, наблюдались  $n'(42\bar{2}3)$  и  $e(01\bar{1}2)$  (рис. 3).

В отраженном свете в шлифах этот ильменит в общем очень однороден, и лишь при увеличениях 360 раз и больше в нем заметны отдельные выделения гематита (в очень незначительном количестве), которые, повидимому, являются продук-

тами распада. Кроме того, в ильмените наблюдаются мелкие выделения рутила в виде тонких прожилок по трещинам и по краям зерен ильменита. Очевидно, это новообразования рутила за счет ильменита. Сравнительно высокий для ильменита удельный вес, равный 4,788, зависит, очевидно, от высокого содержания железа в минерале:  $FeO$  — 38,89%,  $Fe_2O_3$  — 9,29% при содержании  $MnO$  — 2,60%,  $MgO$  — 1,82% и  $TiO_2$  — 45,61% (по анализу М. Е. Казаковой).

### IV

Еще в 1873 г. Г. Попов (1873) указал, что ильменит Прасковье-Евгениевской копи Шимских гор (Урал) отличается очень высоким содержанием магния, а также замещается перовскитом. В. С. Мясников передал мне для изучения образцы ильменита из этой копи. Кристаллы его располагались по стенке трещины в титано-магнетите. Они покрыты тонкой бурой корочкой перовскита (около 1 мм толщиной), а на этой корочке, в свою очередь, располагаются мелкие октаэдры магнетита.

В полированных шлифах ильменит Прасковье-Евгениевской копи очень однородный; в отраженном свете, как обычно, он несколько буроватый, но более темный, чем, например, полдневский ильменит. Первый имеет двойниковое строение с развитием очень тонких, вытянутых в одном направлении (повидимому, параллельно базопинакоиду) двойниковых вростков. Содержит лишь единичные мелкие зерна гематита и отдельные мелкие включения перовскита<sup>1</sup>. Перовскит, замещающий ильменит, образует

<sup>1</sup> Перовскит в отраженном свете несколько светлее, чем ильменит и магнетит. Первый кажется более голубоватым, чем ильменит. Распознавание этих трех минера-

каемки вокруг кристаллов последнего и вдаются в ильменит в форме причудливых выделений.

Перовскит при этом сопровождается магнетитом. Среди скоплений перовскита сохранились отдельные незамещенные участки ильменита.

Чисто отобранный от перовскита ильменит из Прасковье-Евгениевской копи был проанализирован И. М. Шумило (табл. 1). Содержание в нем магния несколько ниже, чем в анализе Г. Попова (табл. 1), с чем согласуется и несколько отличающийся удельный вес, соответственно понижающийся у ильменитов по мере увеличения содержания магния. В анализе И. М. Шумило значительно выше содержание марганца, чем в анализе Г. Попова. По содержанию магния ильменит Прасковье-Евгениевской копи должен быть отнесен к разновидности ильменита — пикроильмениту, богатому марганцем.

Пересчеты обоих анализов приводят к следующим цифрам (в %):

	Анализ Г. Попова	Анализ И. Шумило
FeTiO <sub>3</sub>	35,5	32,1
MnTiO <sub>3</sub>	3,3	10,1
MgTiO <sub>3</sub>	57,9	52,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,6	2,8
Магнетит . . . Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1,7	—
Рутил . . . . TiO <sub>2</sub>	—	1,2
Перовскит . . CaTiO <sub>3</sub>	—	1,8

## V

В музее Московского геолого-разведочного института хранится штучный горного хрусталя с ильменитом, привезенный О. С. Полквой из пегматовой жилы Бектау-Ата (северо-западное Прибалхашье). Два кристалла из той же жилы были ею переданы мне для изучения.

Ильменит здесь образует крупные пластинчатые выделения около 0,5—0,8 см толщиной и до 5—8 см в поперечнике. Кристаллы значительно уплощены по (0001) и вытянуты по направлению одной из осей второго порядка, что придает им ромбическую форму, и, на первый взгляд, они больше напоминают кристаллы вольфрамиты или колумбита, чем ильменита. На кристаллах преимущественно развит базопинакоид  $c$  (0001), и равное значение имеют ромбоэдры  $s$  (02 $\bar{2}$ 1) и  $r$  (10 $\bar{1}$ 1); грани первого матовые и шероховатые, тогда как грани  $r$  более блестящие; в виде отдельных мелких граней наблюдались  $n$  (22 $\bar{4}$ 3),  $e$  (01 $\bar{1}$ 2) и  $h$  (41 $\bar{5}$ 0). Верхняя и нижняя части кристалла всегда имеют разное развитие (рис. 4).

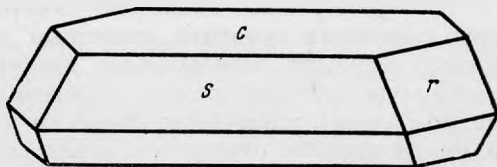


Рис. 4. Тип кристалла ильменита из пегматита Прибалхашья.

Спектроскопически в ильмените Бектау-Ата отмечаются очень сильные линии Ti и Mn и сильные линии Fe. Качественным рентгено-химическим

лов облегчается лишь травлением: магнетит, как обычно определяется травлением парами крепкой соляной кислоты, а для перовскита верный диагностический признак — травление плавиковой кислотой в течение всего нескольких секунд, когда очень эффективно выступает двойниковое строение перовскита.

анализом И. Б. Боровский определил в нем около  $10 \pm 2\%$   $Mn_2O_3$ . По синевато-черному цвету, блеску, по темнотой, почти черной черте это — типичный ильменит, однако в полированных шлифах он весьма неоднороден. Уже на глаз эти шлифы, в отличие от обычных шлифов ильменита, матовые. Под микроскопом видно, что они почти наполовину состоят из смеси рутила, гематита и нерудного минерала, тогда как ильменит сохранился лишь в виде отдельных разрозненных пятен среди сетки новообразовавшихся минералов (рис. 5).

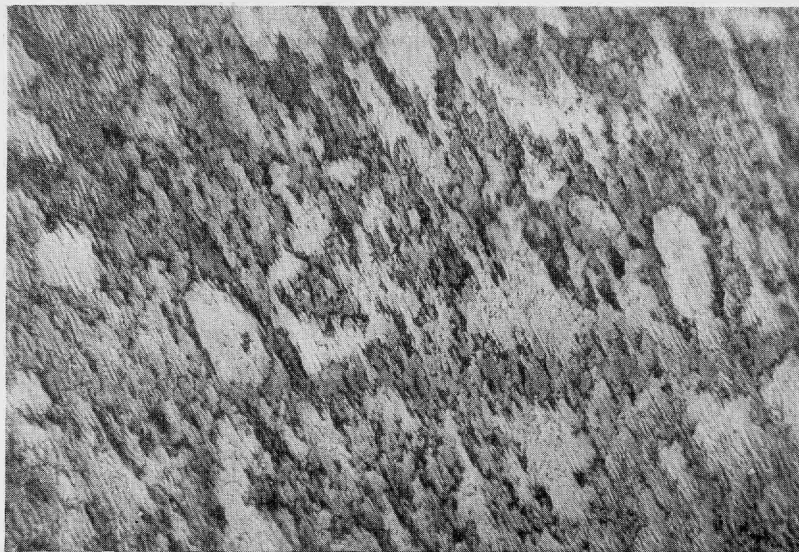


Рис. 5. Замена ильменита из пегматита Прибалхашья гематитом и рутилом. Полированный шлиф.  $\times 150$ .

В сохранившемся ильмените заметны мельчайшие взаимно параллельные выделения гематита, типичные для продуктов распада. Гематит и рутил образуют своеобразные взаимные прорастания. В прозрачном шлифе они выступают в виде просвечивающих округлых участков на фоне непрозрачного ильменита; кроме того, наблюдается слюдястый минерал, а по трещинкам отмечается развитие ближе не определенного желтого минерала с довольно высоким показателем преломления и со средним двупреломлением.

В то время как дебаграммы всех описанных ильменитов обнаружили лишь линии, типичные для ильменита, у «ильменита» Бектау-Ата дебаграмма, снятая и расшифрованная Н. Н. Слудской, показала наличие трех фаз: преобладал рутил, а ильменит и гематит присутствовали в примерно равных количествах, достаточно значительных, судя по шлифам.

Здесь, несомненно, сначала произошло выпадение из твердого раствора гематита, а затем более позднее изменение ильменита и замещение его рутилом и гематитом.

Приведенные данные могут рассматриваться только как материал для дальнейшего изучения ильменита; они лишней раз характеризуют сложную природу ильменитов, которая может быть окончательно выяс-