

МИНЕРАЛОГИЯ

В. С. МЯСНИКОВ

**О ТИТАНОВОМ ВЕЗУВИАНЕ ИЗ ПЕРОВСКИТОВОЙ  
И АХМАТОВСКОЙ КОПЕЙ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ***(Представлено академиком А. Е. Ферсманом 29 V 1940)*

По литературным данным, содержание окиси титана в везувианах из различных месторождений обычно не превышает 1,5—2,5% (1, 2, 3) и только в единичных случаях оно достигает 4% (4,5).

При изучении минералов Шишимских, Чувашских и Назямских гор на Ю. Урале в двух отстоящих на значительном расстоянии копях—Ахматовской и Перовскитовой—мною был установлен везувиан с высоким содержанием окиси титана, редко встречающийся в других месторождениях. Образцы минерала из обеих копей обнаружили большое сходство между собой как по химическому составу, так и физическим свойствам. Они также оказались сходными с аналогичными везувианами двух заграничных месторождений—Дунганона (Онтарио) и Везувия (табл. 1).

Я склонен считать, что во всех случаях имеет место одна и та же титаносодержащая разновидность, которой можно присвоить название титанового везувиана. Обнаруженные образцы были подвергнуты тщательному исследованию.

В Ахматовской копи титановый везувиан встречается в виде плохо образованных темнобурых кристаллов в трещинах пироксен-хлоритовой и хлоритовой породы, залегающей среди известняка близ контакта с амфиболитом.

Обычный парагенезис минералов этих трещин—диопсид, хлорит, сфен и кальцит, причем последний из них заполняет промежутки между всеми остальными. Отдельные неделимые везувиана достигают 5—6 см при ширине до 3 см. Часто титановый везувиан образует сплошные зернистые агрегаты. Некоторые кристаллы покрыты оторочками вторичного мелкочешуйчатого хлорита.

Микроскопическое исследование показало полную однородность материала. В шлифах зерна везувиана обладают слабой буроватой окраской. При скрещенных николях они имеют низкое двупреломление. Оптический знак минерала отрицательный.

Показатели преломления, измеренные иммерсионным методом, приведены в табл. 1.

Анализ, выполненный автором, показал значительное содержание в минерале  $TiO_2$  (табл. 1).

В Перовскитовой копи (Чувашские горы, Ю. Урал) титановый везувиан встречается примерно в тех же условиях, т. е. приурочен

Таблица 1

№ анализов	1	2	3	4	5
Месторождения	Ахматовская копь, Ю. Урал	Перовскитовая копь, Ю. Урал	Везувий	Дунганон, Онтарио	Копь Велленко, Ю. Урал
Аналитик	Мясников В.	Исаков Е.	Яннаш, Вейнгартен <sup>4</sup>	Уокер, Персонс <sup>(5)</sup>	Исаков Е.
Цвет	Темнобурый	Темнобурый	Темнобурый	Бурый	Светло-зеленый
SiO <sub>2</sub> . . . . .	35,73	36,89	36,38	35,76	37,08
TiO <sub>2</sub> . . . . .	4,73	4,63	4,28	4,11	0,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	12,66	13,71	12,29	17,56	17,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4,36	4,21	2,77	2,64	4,67
FeO . . . . .	1,55	0,82	2,14	2,05	0,28
MnO . . . . .	0,07	0,07	0,37	0,13	—
CaO . . . . .	35,87	35,89	35,56	34,34	36,02
MgO . . . . .	2,91	1,73	2,94	1,50	1,76
Na <sub>2</sub> O . . . . .	—	—	0,95	0,89	—
K <sub>2</sub> O . . . . .	—	—	0,42	0,45	—
Cl . . . . .	—	следы	—	—	следы
F . . . . .	следы	—	—	0,47	—
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	следы	следы	—	—	следы
H <sub>2</sub> O . . . . .	2,76	2,71	2,68	0,58	2,98
$\Sigma$	100,64	100,66	100,78	100,48	100,80
F = - O <sub>2</sub>	—	—	—	0,24	—
Уд. вес	3,408	3,409	—	100,24	—
$\omega$ —	1,742	$\omega$ —1,736	—	3,337	3,380
$\varepsilon$ —	1,736	$\varepsilon$ —1,730	—	—	$\omega$ —1,722
Средн.	1,740	Средн. 1,734	—	Средн. 1,730	Средн. 1,721

Примечание. Показатели преломления измерялись в натровом свете.

к выходам аналогичной хлорит-пироксеновой, хлорит-гранит-пироксеновой или хлорит-гранатовой породы, залегающей среди известняка.

Однако здесь он обнаружен в виде шестоватых часто хорошо ограненных кристаллов, выросших на стенках трещин в хлорит-пироксеновой породе. Иногда плохо образованные неделимые встречаются выросшими в эту породу. С титановым везувияном ассоциируют хлорит, сфен и черный гранат типа меланита.

Размеры отдельных кристаллов везувияна—до 1½—2 см. Цвет их темно-бурый. Отсутствие в минерале каких-либо посторонних примесей было проверено микроскопически.

Состав и оптические свойства этого везувияна оказались чрезвычайно близкими с таковыми Ахматовского (см. табл. 1).

Для гониометрических измерений на гониометре Гольдшмидта удалось отобрать пять кристаллов. На них были установлены нижеследующие формы {111}, {221}, {331}, {312}, {211}, {311}, {210}, {100}, {110} (табл. 2).

Особенности развития граней (отмеченных выше форм) на природных кристаллах иллюстрирует фиг. 1, рядом с которой дано изображение идеального кристалла (фиг. 2). На приведенных фигурах не обозначена часто встречающаяся на гранях (110) тонкая продольная штриховка, параллельная оси *C*.

Таблица 2

Везувиан из Перовскитовой копи  
(Данные измерения пяти кристаллов).

№	Обозначения	Символы	Колебания в измерениях		Среднее		Теоретическое (Гольдшмидт)	
			$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$
1	<i>p</i>	{111}	44°24'—45°19'	37°02'—37°40'	45°00'	37°16'	45	37°14'
2	<i>b</i>	{221}	44°52'	56°37'	44°52'	56°37'	45	56°40'
3	<i>t</i>	{331}	44°34'—45°09'	66°06'—66°45'	44°58'	66°21'	45	66°19'
4	<i>i</i>	{312}	18°09'—18°47'	40°06'—40°37'	18°30'	40°22'	18°26'	40°22'
5	<i>z</i>	{211}	25°18'—26°51'	50°09'—50°21'	26°27'	50°16'	26°34'	50°14'
6	<i>s</i>	{311}	18°05'—19°06'	59°17'—59°36'	18°25'	59°30'	18°26'	59°32'
7	<i>f</i>	{210}	26°10'—27°05'	89°58'—90°07'	26°40'	89°58'	26°34'	90°00'
8	<i>a</i>	{100}	0°00'—0°45'	89°26'—90°07'	0°21'	89°59'	0°00'	90°00'
9	<i>m</i>	{110}	44°02'—45°43'	89°45'—90°21'	44°57'	90°01'	45°00'	90°00'

Отношение осей  $a : c = 1 : 0,5374$ .

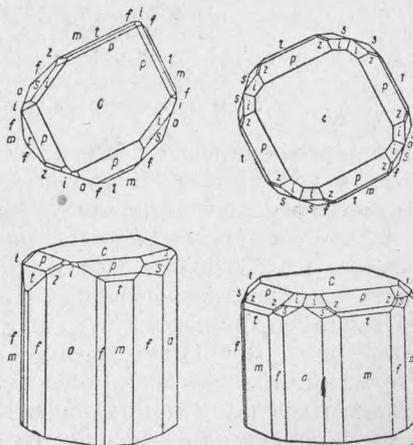
Интересно отметить, что вычисленное нами отношение осей отвечает везувиану из копи Веселкина-Гуленко (Шишские горы), для которого С. М. Курбатовым<sup>(8)</sup> получено  $a : c = 0,537332$ . По составу этот везувиан отличается малым содержанием  $TiO_2$  (табл. 1, № 5). Дебаеграммы титанистой и обычной разновидности также оказались тождественными. При этом выяснилось, что  $a$  (15,61 Å) и  $c$  (11,82 Å) близки к данным Моделя и Уоррена<sup>(7)</sup>, которые получили для объемноцентрированной ячейки с двумя молекулами:  $a = 15,63$  Å,  $c = 11,83$  Å и  $c : a = 0,757$ .

Следовательно, для гранецентрированной ячейки с четырьмя молекулами имеем отношение  $0,757 : \sqrt{2} = 0,5354$ , вполне соответствующее нашим гониометрическим измерениям.

Установка везувиана, принимаемая при рентгеновских исследованиях, минералогически менее удобна, так как в этом случае приходится принимать за {111} грань с  $\rho \approx 61^\circ 40'$ , никогда не встречающуюся на природном везувиане. Пересчеты химических анализов на формулу везувиана по Махачки, объединяющую  $TiO_2$  с  $R_2O_3$ <sup>(9)</sup>, дали удовлетворительные результаты (табл. 3), за исключением  $H_2O$ , которая оказалась в избытке приблизительно на 1—1,5 частицы. Яннаш<sup>(4)</sup> считает, что Ti в везувианах трехвалентный. Насколько эта точка зрения соответствует действительности сказать трудно, так как нами не проводилось специальных исследований в данной области.

Из приведенной выше табл. 1 видно, что с возрастанием  $TiO_2$  во всех везувианах происходит увеличение показателей преломления.

Необходимо отметить, что взятые для сравнения везувианы характеризуются примерно одним и тем же процентным содержанием главных компонентов, за исключением  $TiO_2$ . Гедеке<sup>(6)</sup>, выяснявший причины оптических аномалий в везувианах, указал на эту особенность и установил линейную зависимость между содержанием Ti и величиной показате-



Фиг. 1.

Фиг. 2.

Таблица 3

## Пересчеты химических анализов

№	1			2			3		
	Ахматовская копь			Перовскитовая копь			Копь Веселкина-Гуленко		
	Окси- слы	%	Пересчет на 100%	Молекул. колич.	%	Пересчет на 100%	Молекул. колич.	%	Пересчет на 100%
SiO <sub>2</sub>	35,73	35,52	0,5914	36,89	36,65	0,6102	37,08	36,80	0,6127
TiO <sub>2</sub>	4,73	4,70	0,0588	4,63	4,60	0,0576	0,36	0,35	0,0044
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,66	12,58	0,1234	13,71	13,63	0,1337	17,65	17,52	0,1718
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,36	4,33	0,0271	4,21	4,19	0,0262	4,67	4,61	0,0289
FeO	1,55	1,54	0,0214	0,82	0,81	0,0113	0,28	0,27	0,0038
MnO	0,07	0,06	0,0008	0,07	0,06	0,0008	—	—	—
CaO	35,87	35,64	0,6357	35,89	35,66	0,6360	36,02	35,75	0,6376
MgO	2,91	2,89	0,0718	1,73	1,72	0,0426	1,76	1,74	0,0432
H <sub>2</sub> O	2,76	2,74	0,0521	2,71	2,70	0,1499	2,98	2,96	0,1643
	100,64	100,00		100,66	100,00		100,80	100,00	

Формула везувиана по Махачки (\*)  $X_{19} Y_{13} Si_{18}(O,OH,F)_{76} = 6 \{ X_3 Y_3 Si_3 [O,OH]_{12} \} + Ca(OH)_2 + Mg(OH)_2$ ,  
гранат

где X — Ca (Na, K, иногда Mn),

Y — преимущественно Al, а также (Fe<sup>+++</sup>, Fe<sup>++</sup>, Mg, Mn и Ti);

Si может замещать частично Al.

лей преломления. Тем же исследователем было доказано, что наличие фтора в везувианах, в противоположность титану и окисному железу, заметно понижает показатели преломления.

Темная окраска минерала, повидимому, также обусловлена не совсем обычным его составом. Так, из приведенных выше анализов легко можно видеть, что светлозеленая разновидность, в отличие от бурой, имеет незначительное содержание TiO<sub>2</sub> при почти одинаковом количестве железа и марганца. Возникает предположение, требующее детальной проверки и дополнительного исследования, не связан ли бурый цвет везувианов в данном случае с наличием титана. Для решения этого вопроса необходим дополнительный аналитический материал.

Кафедра минералогии  
Московского геолого-разведочного института  
им. С. Орджоникидзе

Поступило  
29 V 1940

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> E. S. Dana. Descriptive Mineralogy, p. 481 (1892). <sup>2</sup> C. Hintz, Handbuch der Mineralogie, Bd. II, S. 207—304 (1897). <sup>3</sup> C. Doelter, Handbuch der Mineralchemie, Bd. II, S. 928—935 (1916). <sup>4</sup> P. Jannasch u. P. Weingarten, ZS. anorg. Chemie, Bd. II, S. 40 (1896). <sup>5</sup> T. L. Walker a. A. L. Parsons, Contrib. Canad. Min., Geol. Sec., № 20, p. 5—13 (1928). <sup>6</sup> R. Gädeke, Chemie d. Erde, Bd. 41, H. 4, S. 592—629 (1938). <sup>7</sup> B. E. Warren a. D. E. Modell, ZS. Kristall., Bd. 78, S. 421—422 (1931). <sup>8</sup> С. М. Курбатов, Изв. Акад. Наук СССР, VI, сер. I, XVIII, ч. I, стр. 169 (1924). <sup>9</sup> Ф. Махачки, Сб. «Основные идеи геохимии», под ред. акад. А. Е. Ферсмана, вып. III, стр. 160 (1937).