

В. А. КОРНЕТОВА, Г. А. СИДОРЕНКО, М. Е. КАЗАКОВА,  
Н. В. ТРОНЕВА, Р. В. БОЯРСКАЯ

## О ВОДЖИНИТЕ, БОГАТОМ ЖЕЛЕЗОМ

Оловосодержащие ниобо-танталаты стали известны по крайней мере с 1746 г., когда в Скогбёле (округ Кимито) в Финляндии из них добывали олово. В 1857 г. Норденшельдом [1] был описан под названием кимитотанталит — иксиолит (иксионолит), синоним — касситерито-танталит [2]. В 1910 г. к иксиолиту Симпсоном [3] был отнесен и найденный им в Западной Австралии в месторождении Воджина минерал, который хотя и представлял собой смесь нескольких фаз, но в главной из них оказался воджинитом. Последнее было установлено Никелом и др. в 1963 г. [4], и минерал был назван по месту первой находки — месторождению Воджина.

Со времени открытия воджинит был найден не менее чем в десяти месторождениях пегматитов разных стран и довольно хорошо изучен. Большинство работ было посвящено изучению преимущественно марганцевых разновидностей с невысоким содержанием железа. На таком же материале была расшифрована и структура, которая привела к формуле:  $AC_2B_2O_8$ ;  $Z=4$ , где  $A=Mn$ ,  $C=Sn$ ,  $Ta$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ti$ ,  $B=Ta$ ,  $Nb$  [5].

Воджинит встречается только в литиевых пегматитах, которые особенно богаты танталом, марганцем, оловом. Кроме воджинита, в них встречается иксиолит, очень близкий к воджиниту по химическому составу, но отличающийся от него сингонией, параметрами элементарной ячейки и степенью упорядоченности, колумбиты-танталиты ромбические и моноклинные. Последние сближаются с воджинитами и отличаются от них только отсутствием или малым содержанием олова. В 1974 г. Г. А. Сидоренко и другие [6] предложили считать воджинитами только такие разновидности, в которых содержание  $SnO_2$  более 5 вес.%, а те, в которых его меньше, считать моноклинными танталитами. Эти же авторы считают  $Sn^{4+}$  и  $Fe^{3+}$  «равными партнерами в постройке моноклиновой фазы» и что в безоловянных разновидностях роль олова играет  $Fe^{3+}$ , которое и замещает последнее [6].

Однако ряд авторов (Никел и др. [4], Бургиньон и Мелон [7], Тёрнок [8]) не считают для этого минерала обязательным присутствие большого количества олова.

В ассоциации с воджинитом в этих же пегматитах встречаются тапиолит, касситерит, микролит, сукулаит [9], который развивается на границе воджинита с касситеритом, старингит, образующийся на границе зерен воджинита в тапиолите [10]. Кроме того, здесь бывает и торолит с оловом в пятерной координации.

Все вышеперечисленные тантало-ниобаты ассоциируют либо с альбитом, либо с альбитизированным микроклином, редко с микроклином.

Одной из характерных особенностей воджинитов является содержание в них элементов переменной валентности ( $Fe$  и  $Mn$ ) преимущественно в окисной форме. На это обстоятельство указал Тёрнок в 1966 г. [8] и высказал предположение о существовании безмарганцевого воджинита, содержащего лишь  $Fe^{3+}$ .

В 1969 и 1970 гг. В. А. Хвостова и соавторы [11] и [12] уже на основании изучения природного материала также пришли к выводу, что воджи-

нит образуется в условиях повышенного окислительного потенциала. Эти же авторы предположили, что воджинит развивается по иксиолиту в условиях окислительной среды, приводящей к частичному или полному окислению железа.

В 1972 г. Грайс, Черни и Фергюсон [13], установив, что воджинит, нагретый в окислительной среде не обнаруживает изменения в его чисто-коричневом цвете или в порошкограмме, но нагретый в восстановительной среде изменяется, пришли к выводу, что это лишний раз свидетельствует о том, что воджинит содержит Fe и Mn в окисной форме. Любопытно, что еще в 1963 г. Никел и др. [4] при первом описании воджинита как нового минерала обратили внимание на разницу между вычисленным и измеренным удельным весом для двух образцов: 7,36 и 7,10 (вычисл.) и 7,69 и 7,81 (измер.); и, хотя валентность Mn и Fe тогда не была установлена объясняли эту разницу только высокой степенью окисления катионов.

С увеличением содержания Fe уменьшается угол «моноклинности»  $\beta$ . Это впервые отметили Ворма и Стиввола в 1967 г. [9] и высказали мнение о том, что железистому воджиниту, который может быть впоследствии найден, следует дать специальное название.

В 1969 г. Кноринг и соавторы [14] описали воджинит, богатый железом (7,05% FeO) из месторождения Ньянга, Анкол, Юго-Западная Уганда и пришли к выводу, что угол моноклинности  $\beta$  уменьшается от увеличения отношения Fe/Mn и что для конечного железосодержащего члена угол  $\beta$  может быть равен почти 90°. Однако эти авторы [14] считали, что в воджините из Ньянги железо содержится в закисной, а не окисной форме: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—0,68; FeO—6,44%.

Все авторы, изучавшие воджинит рентгенометрически, считают, что главное отличие его от минералов ряда колумбита-танталита интенсивные широкие дуплетные линии 2,95—3,00 Å. У воджинитов, богатых железом, этот характеристический дуплет слаб, а отсюда и угол моноклинности  $\beta$  очень мал, так как он зависит от степени раздвоения дуплета.

На дифрактограммах марганцевистых воджинитов отчетливо видно, что самый высокий пик раздваивается, в то время как у богатых железом этого раздвоения вовсе нет.

В 1961 г. [15] нами был описан как танталит минерал (обр. 38) из одного месторождения Восточного Забайкалья, который по данным рентгеновского исследования содержал касситерит. При детальном исследовании, проведенных в 1976 г., этот минерал (обр. 38) оказался воджинитом.

Он был встречен в блоковых обособлениях микроклина, на гранях его больших кристаллов и весьма отличался макроскопически от многочисленных представителем группы колумбита-танталита этого месторождения. Кристаллы его образовывали дендритовидные сростки, напоминающие веточки кораллов; отдельные кристаллы имели удлиненный копьевидный облик, поверхность граней которых неровная изгибающаяся, слегка поперечно исштрихованная. Очень хрупок. Цвет серо-черный, в неровном мелкозернистом изломе блеск более тусклый, нежели у колумбита. Цвет черты серо-черный с заметным коричневым оттенком. Уд. вес. 7,21 измерен микрометодом в лаборатории ИМГРЭ В. Ф. Недобой. Твердость микровдавливанием, определенная С. И. Лебедевой на приборе ПМТИ-3 при нагрузке 70—100 г., находится в пределах 750—900 кгс/мм<sup>2</sup>.

Рентгенометрическое изучение обр. 38 выполнено Г. А. Сидоренко на дифрактограмме (УРС-50 ИМ), Fe-фильтрованное излучение, скорость записи 2°, 1° и 0,5°/мин. Дифрактограмма (рис. 1) обнаруживает моноклинность минерала, которая приводит к расщеплению рефлексов уже на относительно малых углах  $\nu$  (см. рефлекс 221) и позволяет диагности-

<sup>1</sup> Моноблочные участки  $H_{ср} = 846$ , микроагрегативные —  $H_{ср} = 774$  кгс/мм<sup>2</sup>.

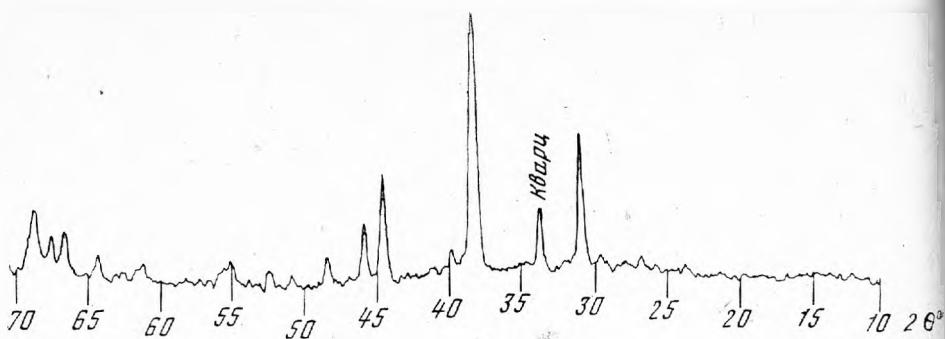


Рис. 1. Дифрактограмма воджинита (обр. 38), богатого железом

В пробе присутствовало немного кварца

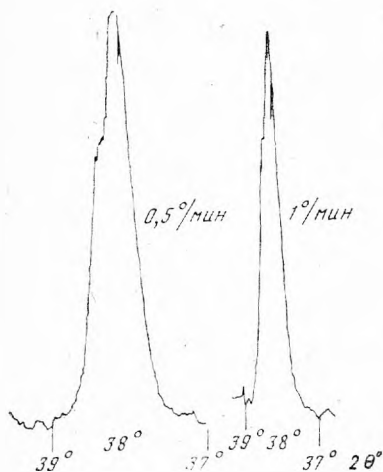


Рис. 2. Главный пик той же дифрактограммы, снятый с большим разрешением

Видна ступенчатость (скачкообразность) изменения  $\Delta\nu$

ровать его как воджинит. Однако запись дифрактограмм с большим разрешением (рис. 2) обнаруживает ступенчатое (скачкообразное) изменение  $\Delta\nu$  [ $\bar{2}21-221$ ], что является свидетельством присутствия моноклинных фаз с различными углами моноклинности от  $90$  до  $\beta=90^{\circ}40'$ , возможно, отражая зональность минерала или полисинтетическую сдвойникованность. Этот же факт ведет к расширению всех прочих рефлексов. Значения межплоскостных расстояний, интенсивность и  $hkl$  представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения межплоскостных расстояний воджинита (обр. 38)

№ п/п	$hkl$	$d$	$I$	№ п/п	$hkl$	$d$	$I$	№ п/п	$hkl$	$d$	$I$
1	$\bar{1}11$	4,180	5	7	002	2,553	85	13	$\bar{4}40$	1,820	8
2	021	3,792	5	8	041, 240	2,484	15	14	$\bar{4}02$	1,764	14
3	220	3,636	45	9	400	2,368	8	15	332	1,742	13
4	221	2,960	70	10	241	2,198	5	16	402	1,717	20
5	221	2,953	60	11	$\bar{2}22, 222$	2,091	6Ш	17	043	1,548	11
6	040	2,846	8	12	042	1,903	5	18	$\bar{2}62$	1,454	15

По этим величинам рассчитаны параметры элементарной ячейки при максимальном угле моноклинности:  $a=9,472\pm 0,001$ ;  $b=11,40\pm 0,001$ ;  $c=5,119\pm 0,008$  Å;  $\beta=90^{\circ}44'\pm 0^{\circ}17'$ . Объем элементарной ячейки в Å<sup>3</sup> =  $552.7(5) \cdot 10^{-24}$  см<sup>3</sup>.

Под микроскопом в проходящем свете уже при среднем увеличении в осколках воджинит малопрозрачен, но в тонких сколах краев вполне прозрачен, хотя и неравномерно. В скрещенных николях отчетливо анизотропен. При одном никеле — красновато-коричневый. В скрещенных николях даже почти непрозрачные участки (при одном никеле) окрашены в красновато-коричневые, местами в зеленовато-желтые цвета интерференционной окраски высокого порядка. В сильном пучке света отчетливо видно погасание, параллельно удлиненной стороне, а также темные менее прозрачные участки — «узелки», которые образуют радиальные скопления кристаллов удлиненной формы, похожие на звездочки. Плеохроизм наблюдается в иммерсионных препаратах от темного до более светлого в красно-коричневых тонах.

Под микроскопом в полированных шлифах в отраженном свете резко анизотропен и обладает своеобразным эффектом поляризации в серовато-голубых тонах (у других представителей группы колумбита — танталита этого эффекта не было). Отражательная способность очень высокая. Легко (в течение 2—3 мин.) травится плавиковой кислотой. Травление выявляет ядерные части кристалла, быстро протравливающиеся, а также краевую зону, более устойчивую к травлению. Кроме того, выявляются полисинтетически сдвойникованные участки, иногда обнаруживающие очень тонкие, а иногда и более грубые двойники. Иногда после травления можно видеть узкие и длинные параллельные полоски, обладающие очень сильным эффектом поляризации в синих тонах.

Химический состав очень чисто отобранного под биноклем материала был проанализирован М. Е. Казаковой.

Таблица 2

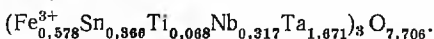
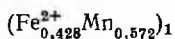
Химический состав воджинита (обр. 38) из Восточного Забайкалья (I) и сравнение его состава с воджинитом из Северо-Восточной Бразилии [21] (II)

Окислы	I					II
	Вес. %	Вес. % с Fe <sup>2+</sup>	<i>a</i>	Содерж. в элем. ячейке	<i>W<sub>k</sub></i>	Вес. %
MnO	6,94	6,94	0,0978	0,5719	1,1438	3,5
FeO	12,36	5,26	0,0732	0,4281	0,8562	9,1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	7,89	0,0988	0,5777	1,1731	
TiO <sub>2</sub>	0,93	0,93	0,0116	0,0678	0,2712	0,1
SnO <sub>2</sub>	9,44	9,44	0,0623	0,3660	1,4640	13,1
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	7,21	7,21	0,0542	0,3169	1,5845	12,8
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	63,16	63,16	0,288	1,6713	8,3565	59,4
Сумма	100,04	100,83	0,6840	3,9997	15,4093	99,5*

Коэффициент  $K = 0,171$ . \* В сумму входит  $ZrO_2 = 1,5\%$ .

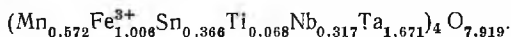
Расчет на химическую формулу  $A_1V_3O_8$ , предложенный в свое время Хвостовой и др. [16], показал, что недостаток кислорода можно объяснить только тем, что часть железа находится в окисной форме, на что и указывали, как сообщалось ранее, Грайс и др. [13].

После пересчета химического анализа с учетом перевода части FeO в Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> формула приобрела следующий вид:



Коэффициент при кислороде после перевода части закисного железа в окисную форму стал больше, однако не доходит до 8. При переводе

всего железа в форму окиси и пересчете химического анализа на 100% формула выглядит  $A_4O_8$



Образец 38 исследовался Н. В. Троневой методом рентгеноспектрального анализа на микрозонде MS-46 французской фирмы «Сатеса» при рабочем напряжении 20 кВ, токе поглощенных электронов 50 нА, диаметре электронного зонда 1—3 мкм. Аналитическими линиями служили  $K_{\alpha}$  линии Fe, Mn, Ti и  $L_{\alpha}$ -линии Ta, Nb, Sn, эталонами — чистые колумбит и танталит, содержащие Ta, Nb, Sn, Fe, Ti, Mn с данными валового химического анализа. Расчет поправок на разницу состава образца и эталона производился по программе Н. В. Троневой и соавторов [17] и Цепиным и соавторами [18] для ЭКВМ «Хьюлетт-Паккард 9830».

В результате выявилась неоднородность вхождения соответствующих элементов двух типов: крупная (200—500 мкм) и тонкая (20—50 мкм), которые выявили наличие двух фаз. Одна из них оказалась обогащенной железом, другая — более богата оловом и марганцем. Назовем их условно «железной» и «оловянной» фазами.

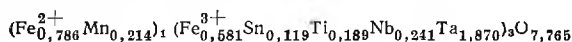
Состав фазы, богатой железом (среднее из трех анализов), и расчет на кристаллохимическую формулу см. в табл. 3.

Таблица 3

Расчет рентгеноспектрального анализа фазы, богатой железом на  $FeO$  и  $Fe_2O_3$  после приведения к 100%

Окислы	Вес. %	к 100%	<i>a</i>	Содержание в элем. ячейке	$W_k$
MnO	2,52	2,55	0,0359	0,2141	0,4282
FeO	9,38	9,48	0,1319	0,7865	1,5730
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,70	7,78	0,0974	0,5808	1,742
TiO <sub>2</sub>	2,51	2,53	0,0317	0,1890	0,7560
SnO <sub>2</sub>	2,98	3,01	0,0199	0,1187	0,4748
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5,33	5,38	0,0404	0,2409	1,2045
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	68,56	69,27	0,3136	1,8699	9,3495
Сумма	98,98	100,00	0,6708	3,999	15,528

Коэффициент  $K=0,1677$



Вычисленная плотность  $D=7,16$ , а если считать все Fe в окисной форме, то  $D=7,21$ .

По химическому составу минерал следует называть сильно железистым воджинитом, аналогов которому в литературе не имеется, или, если придерживаться терминологии, предложенной С. А. Горжевской и другими [19], — моноклинным железистым танталитом.

Расчет рентгеноспектрального анализа фазы, богатой оловом с переводом части FeO в Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> см. в табл. 4.

Химическим составом и формулой эта фаза соответствует железистому воджиниту, например таковому из Северо-Восточной Бразилии [18], Тамеллы, Финляндии [12], Уганды [15].

Вычисленная плотность 7,08, при полном окислении Fe — 7,14.

Сравнение данных анализов, выполненных совершенно разными методами показывает почти полное совпадение их. Некоторая разница обнаруживается в содержании Mn, Sn и Ti, хотя суммарное количество двух

Таблица 4

Расчет рентгеноспектрального анализа фазы, богатой оловом, после приведения к 100%

Оксиды	Вес. %	к 100%	$\alpha$	Содержание в элем. ячейке	$W_k$
MnO	6,94	7,148	0,1008	0,5988	1,1976
FeO	4,44	0,0636	0,3778	0,7556	0,7556
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,65	3,759	0,0470	0,2792	0,8376
TiO <sub>2</sub>	2,60	2,677	0,0335	0,1990	0,796
SnO <sub>2</sub>	11,98	12,338	0,0818	0,4860	1,944
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10,38	10,69	0,0804	0,4776	2,388
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	57,1	58,807	0,2662	1,5815	7,9075
Сумма	97,09	99,99	0,6733	3,999	15,8263

 $K=0,168325$  $(Fe_{0,400}^{2+}Mn_{0,800})^{2+}(Fe_{0,257}^{3+}Sn_{0,486}Ti_{0,199}Nb_{0,477}Ta_{1,581})^{3+}O_{7,913}$ 

Таблица 5

Сравнение валового химического анализа (анал. М. Е. Казакова) (1) с данными рентгеноспектрального анализа (анал. Н. В. Тронева) суммарно для двух фаз (2) (или среднее из 6 ан.) и содержание элементов в элементарных ячейках воджинита обр. 38 и железной и оловянной фаз (3) и (4) соответственно

Оксиды	Вес. % (1)	Вес. % (2)	Содержание катионов в элементарных ячейках			
				(1)	(3)	(4)
MnO	6,94	4,73	Mn	0,572	0,214	0,600
FeO	12,36	12,20	Fe <sup>2+</sup>	0,428	0,786	0,400
TiO <sub>2</sub>	0,93	2,56	Fe <sup>3+</sup>	0,578	0,581	0,257
SnO <sub>2</sub>	9,44	7,48	Ti	0,068	0,189	0,199
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	7,21	7,85	Sn	0,366	0,119	0,486
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	63,16	62,82	Nb	0,317	0,241	0,477
			Ta	1,671	1,870	1,581
Сумма	100,04	97,64*	0	7,706	7,765	7,913

\* Здесь не хватает MnO около 2%.

последних одинаково. Количество Ti в железной и оловянной фазах одинаково. Это же сравнение показывает, что железная фаза содержит по сравнению с оловянной больше железа и тантала и менее ниобия и марганца, а в оловянной более олова, ниобия и кислорода и менее тантала. Последнее обстоятельство удивительно и противоречит общепринятым в геохимии правилам. В 1941 г. Квензел [19] писал, что высокое содержание ниобия уменьшает смесимость между SnO<sub>2</sub> и колумбитовой фазой и в результате будет лишь механическая смесь этих компонентов, тогда как повышенное содержание Ta является благоприятным для получения изоморфной смеси.

Следует заметить еще, что на микронзонде были обнаружены в обр. 38 вполне идиоморфные, но очень мелкие кристаллы касситерита, менее 150 мкм.

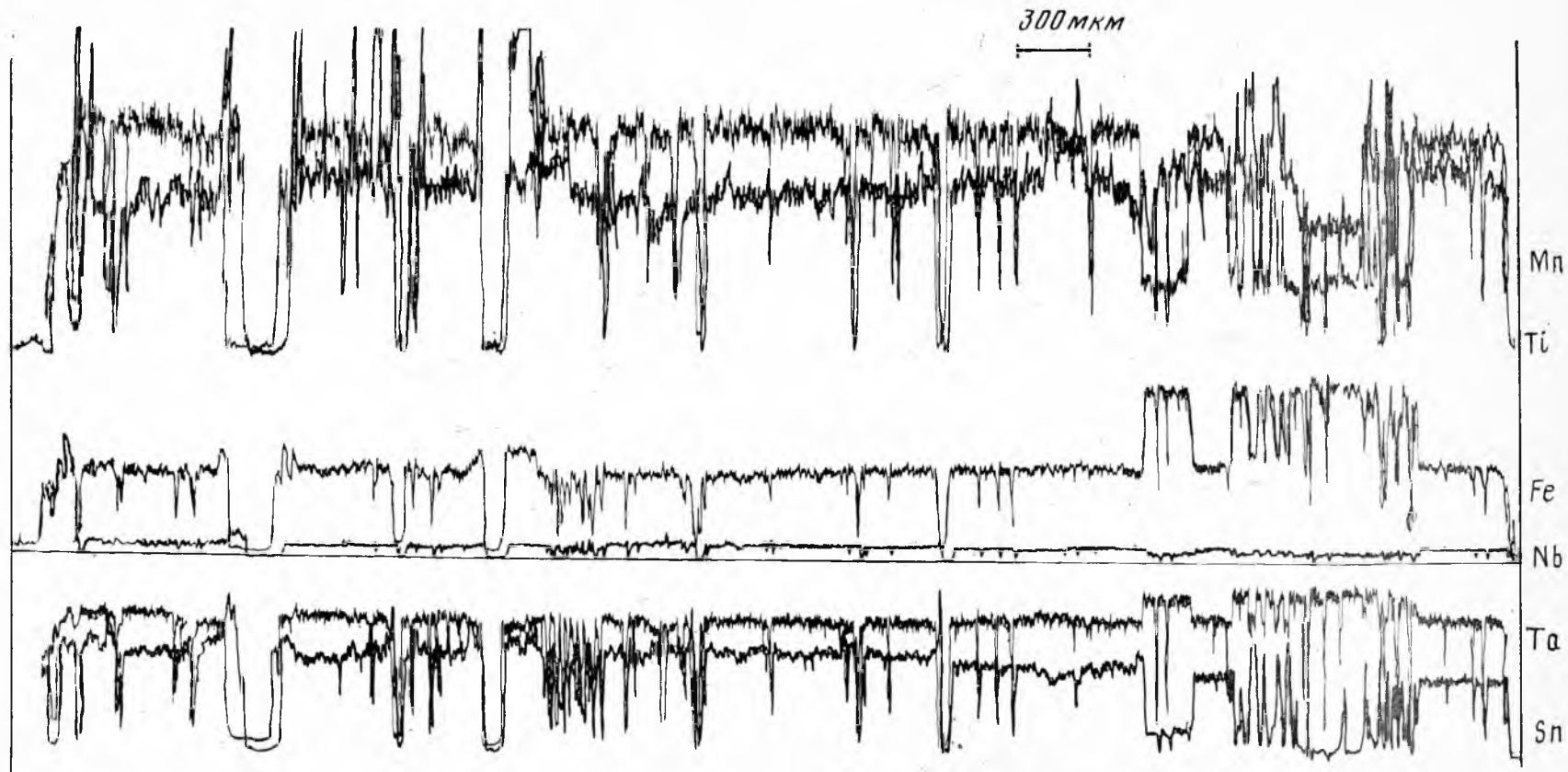


Рис. 3. Графическое изображение (профиль через аншлиф) состава фаз воджинита на электронном зонде  
Отчетливо видно совпадение пиков Sn и Mn и обратное соотношение между Sn и Fe

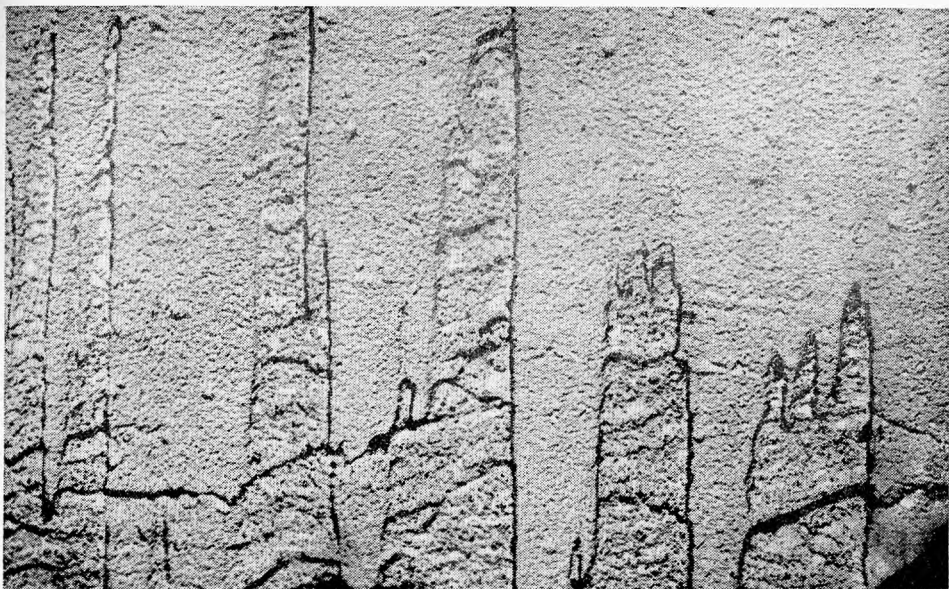


Рис. 4. Электронно-микроскопический снимок протравленного HF образца воджинита (обр. 38). Увел. 13 000

Видны «гребни» более сильно протравленной фазы

При изучении Р. В. Боярской обр. 38 в электронном микроскопе на приборе БС-613 Тесла (Чехословакия) с использованием метода двухступенчатых целлюлозно-угольных реплик с поверхности протравленного шлифа было установлено, что шлиф слагается двумя минералами (или компонентами), по-разному взаимодействующими с травителем. Травление осуществлялось плавиковой кислотой в течение 3 мин. Взаимоотношения между компонентами напоминают «гребенчатые» структуры (увел. 13 000) рис. 3. Структуры подобного типа характерны для полисинтетических двойников или для структур распада твердых растворов. Эти данные хорошо согласуются с результатами рентгенометрического и микрозондового анализов, где закономерность изменений (см. рис. 4) имеет также «гребенчатый» характер и где уменьшению содержания Mn и Sn соответствует возрастание содержания Fe и Ta.

Таким образом, выявленные травлением структуры принадлежат разным по составу фазам оловянной и железной, как это было показано выше, причем травитель сильнее действует на «гребни» (более изъеденный рельеф), т. е. на фазу более богатую Sn и Mn и менее — на фазу железную.

Образец, который изучался на микрозонде перед этим, был также протравлен плавиковой кислотой. Протравленные участки содержали  $MnO = 6,18 \div 6,21\%$ ,  $SnO_2 = 10,88 \div 12,67$ . Несмотря на то, что исследованный участок был сильно перетравлен можно все же сделать вывод, что он принадлежал оловянной фазе.

### Выводы

1. Изученный обр. 38 представляет собой воджинит, состоящий из двух разных фаз — бедной и богатой оловом.

2. Фаза, богатая оловом, должна быть названа железистым воджинитом. В природе известны месторождения подобных железистых раз-



новидностей в Северо-Восточной Бразилии [20], Финляндии [9, 21], Уганде [14].

3. Фаза, бедная оловом, должна быть названа сильно железистым воджинитом или моноклинным железистым танталитом по [18].

4. Результаты травления обр. 38, исследованные под обычным микроскопом в отраженном свете заставляют прийти к заключению, что кристаллы не только зональны, но что каждая зона в свою очередь слагается тонкими лейстами — пластиночками разного состава. Наиболее грубые из них видны уже при увеличении 40 [15], а при увеличении 13 000 видны мельчайшие. Центральные быстро протравливающиеся участки принадлежат преимущественно оловянной фазе, а краевые — железистой.

5. «Гребенчатые» структуры взаимоотношения двух фаз некоторых участков кристаллов, установленные под электронным микроскопом и напоминающие структуры распада твердого раствора, наводят на мысль о перекристаллизации неупорядоченной решетки иксиолита [22]. Иксиолит, образовавшийся на ранних стадиях пегматитового процесса, впоследствии распался на структурно упорядоченный железистый воджинит и воджинит сильно железистый (моноклинный железистый танталит).

6. Грубо зональное строение кристаллов унаследовано от этого раннего первичного минерала и, как обычно, свидетельствует о смене физико-химических условий, при которых происходил рост кристаллов, изменении состава питающей среды, сначала обогащенной оловом, а позднее железом. Возможно также обрастание иксиолитового ядра сильно железистым воджинитом.

7. Распределение Ta и Nb в решетках этих двух фаз подчинилось, по-видимому, ведущей роли олова, которое выделилось в оловянной фазе. Эта фаза содержит ниобия больше, чем железная. В последней более тантала и менее марганца. В структуре железной фазы роль олова взяло на себя железо в высшей степени окисления ( $Fe^{3+}$ ), как это уже указывалось в работах [6] и [18].

8. В составе обеих фаз присутствует как окисное, так и закисное железо.

9. Учитывая данные исследования на микрозонде, выявляющие колебания состава одной и той же фазы, а также рентгенометрические исследования, можно говорить также о присутствии фаз и другого переходного состава, т. е. о еще более богатом железом воджините или о «железной» фазе с большим количеством олова или вовсе без него.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Nordenskiöld A. E. Beitrag zur Finnlands Mineralogie. I. Untersuchung des Tantalites von Skogbole in Kimito und von Härkäsaari in Tammela.—Ann. Phys. und Chem. Ser. 4, 1857, 11.
2. Вернадский В. И., Ферман А. Е. Об иксинолите из Ильменских гор. Изв. Импер. АН, сер. VI, т. IV, 1910.
3. Simpson E. S. Further occurrences of tantalum and niobium in Western Australia.—Austral. Ass. Adv. Sci., 1909, 12.
4. Nickel E. H., Rowland J. F., McAdam R. C. Wodginite — a new tinmanganese tantalate from Wodgina, Australia and Bernic Lake, Manitoba.—Canad. Mineralogist, 1963, 7.
5. Ferguson R. B., Howthorne F. C., Grice J. D. The crystal structures of tantalite, ixiolite and wodginite from Bernic Lake, Manitoba. II. Wodginite.—Canad. Mineralogist, 1976, 14.
6. Сидоренко Г. А., Солнцева Л. С., Горжевская С. А. О минералах со структурой воджинита и их сингенетических аналогах.—Докл. АН СССР, 1974, 216, № 1.
7. Bourguignon P., Mélon J. Wodginite du Rwanda.—Ann. Soc. géol. Belg., 1965, 88, N 5—6.
8. Turnock A. C. Synthetic wodginite, tapiolite and tantalite.—Canad. Mineralogist, 1968, 8, pt 4.
9. Vormä A., Siivola J. Sukulaite  $Ta_2Sn_2O_7$  — and wodginite as inclusions in cassiterite in the granite pegmatite in Sukula, Tammela in S. W. Finland.—Compt. rend. Soc. géol. Finlande, 1967, N 39.

10. *Burke E. A. J., Kieft C., Felins R. O., Adusumilli M. S.* Staringite, a new Sn—Ta mineral from North-eastern Brazil.— *Mineral. Mag.*, 1969, **37**, N 288.
11. *Хвостова В. А., Максимова Н. В.* О минералах группы танталита-колумбита. Львовск. сб., 1969, № 23, вып. 1.
12. *Максимова Н. В., Хвостова В. А.* О минералого-кристаллохимических особенностях некоторых тантало-ниобатов.— *Докл. АН СССР*, 1970, **193**, № 1.
13. *Grice J. D., Cerny P., Ferguson R. B.* The Tonco pegmatite at Bernic Lake, Manitoba. II. Wodginite, tantalite, pseudoixiolite and related minerals.— *Canad. Mineralogist*, 1972, **7**.
14. *Knorring O., Sahama Th. G., Lehtinen M.* Ferroan wodginite from Ankole, South-West Uganda.— *Bull. Geol. Soc. Finland*, 1969, **41**.
15. *Корнетова В. А.* Некоторый опыт изучения минералов группы колумбита — танталита.— *Труды Минер. музея АН СССР*, вып. 12, 1961.
16. *Хвостова В. А., Павлов В. Н., Александров В. Б., Максимова Н. В.* Первая находка воджинита в СССР.— *Докл. АН СССР*, 1966, **167**, № 5.
17. *Тронова Н. В., Лапутина И. П., Целин А. И., Игамбердиев Ш. Х.* Программа дисперсионного анализа и расчета поправок при количественном рентгеноспектральном микроанализе для ЭВМБЭСМ-6 на языке АЛГОЛ-60.— В кн.: *Алгоритмы и программы*, вып. 23, сб. 3. Изд-во АН УзбССР, 1975.
18. *Горжевская С. А., Сидоренко Г. А.* О кристаллохимических особенностях минералов ряда колумбит — икснолит — воджинит. В кн.: *Конституция и свойства минералов*. 1974, вып. 8.
19. *Quensel P.* Minerals of the Varuträsk pegmatite. XXX. Cassiterite and stanniferous columbite.— *Geol. fören. i Stockholm förhandl.* 63 (3), 1941.
20. *Burke E. A. J., Kieft C., Fellus R. O., Adusumilli S. M.* Wodginite from North-eastern Brazil.— *Geol. en mijnbouw*, 1970, **49**, N 3.
21. *Nickel E. H., Rowland J. F., McAdam R. C.* Ixiolite — a columbite substructure.— *Amer. Mineralogist*, 1963, **48**, N 9—10.