

А. А. Леванов, Л. Н. Поспелова, В. А. Муфтахов

**СОСТАВ КОЛУМБИТОВ ИЗ ГРАНИТНЫХ  
ПЕГМАТИТОВ ТАТКУЛЬСКОГО, МИАССОВО-  
ТАТКУЛЬСКОГО И САВЕЛЬКУЛЬСКОГО ЖИЛЬНЫХ  
ПОЛЕЙ ИЛЬМЕНСКИХ ГОР**

A. A. Levanov, L. N. Pospelova, V. A. Muftakhov

**COMPOSITION OF COLUMBITES FROM GRANITIC PEGMATITES  
IN TATKUL, MIASSOVO-TATKUL AND SAVELKUL VEINS FIELDS  
OF ILMEN MOUNTAINS**

Compositional trends of columbite-group minerals in granitic pegmatites in Tatkul, Miassovo-Tatkul and Savelkul veins fields, were investigated. In the all pegmatitic formations is only ferrocolumbite, with contents  $Sc_2O_3$  0.10 to 2.00 wt. %,  $WO_3$  — to 4.05 wt. %. Ferrocolumbite from veins in Tatkul field is characterized by more high relation  $Ta_2O_5/Nb_2O_5$  in contrast with ferrocolumbites from pegmatites in Miassovo-Tatkul and Savelkul veins fields.

Таткульское, Миассово-Таткульское и Савелькульское жильные поля гранитных пегматитов расположены в средней части Ильменского заповедника и протягиваются с севера на юг на расстоянии около 15 км. Они занимают территорию севернее оз. Таткуль (Таткульское жильное поле), между озерами Таткуль и Б. Миассово (Миассово-Таткульское жильное поле) и площадь юго-восточнее оз. Б. Миассово (Савелькульское жильное поле). Пегматитовые тела залегают в кристаллических сланцах кыштымской толщи протерозойского возраста, которая сложена амфиболитами, гнейсами, кварцитами, пироксен-плагиоклазовыми породами, метагипербазитами. Колумбит — характерный минерал гранитных пегматитов — ранее не был охарактеризован. Нами проведено изучение состава колумбита из нескольких десятков пегматитовых жил.

**Строение пегматитовых тел и характерные парагенезисы  
минералов**

Залегание гранитных пегматитов разнообразное: в Миассово-Таткульском жильном поле преобладают тела, залегающие

согласно гнейсоватости вмещающих пород; для Савелькульского жильного поля наоборот, характерны жилы, имеющие секущую ориентировку. Пегматиты имеют самую различную форму: от извилистых жилообразных до практически изометричных. Длина колеблется от нескольких метров до 500 метров, а видимая мощность — от долей метра до 20 м в раздувах некоторых тел.

Большинство пегматитов имеют мелко- или крупнозернистую структуру, переходящую в апографический или графический пегматит. Переход от одной зоны к другой может быть как резким, так и постепенным. Часто зональность жил подчеркивается наличием аплитовидных образований. Многие жилы будинированы [1, 2].

По минеральному составу гранитные пегматиты описываемого участка являются редкометалльно-редкоземельными. Основными минералами, слагающими пегматитовые тела, являются кварц, калишпат, плагиоклаз. Количество биотита и мусковита колеблется в зависимости от состава вмещающих пород. Среди второстепенных и аксессуарных минералов встречаются турмалин, апатит, силлиманит, колумбит-танталит, монацит, ксенотим, циркон, ильменорутит, самарскит, фергусонит, берилл, хризоберилл.

По набору редкометалльных минералов пегматиты Таткульского жильного поля и северной части Миассово-Таткульского участка (к.232) отличаются от гранитных пегматитов Савелькульского и южной части Миассово-Таткульского жильных полей, находящихся в северной части исследуемой площади. Так, например, в гранитном пегматите копи 232 описаны собственно танталовые минералы — танталит, тапиолит, микролит [4, 5], которые не встречены в жилах Савелькульского и Миассово-Таткульского участков.

Колумбит — один из наиболее распространенных аксессуарных минералов пегматитовых жил участка. Он встречается почти во всех агрегатах, слагающих жильные тела — от зальбанда до кварцевого обособления. У него наблюдаются индукционные поверхности совместного роста с кварцем, калишпатом, плагиоклазом, мусковитом, биотитом, гранатом, монацитом, ксенотимом. Характерно нахождение колумбита в виде игольчатых включений внутри кристаллов граната.

На кристаллах колумбита, обычно вытянутых по [001] и уплощенных по [010], чаще всего наблюдаются следующие формы:  $b\{010\}$ ,  $a\{100\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $g\{130\}$ ,  $u\{111\}$ ; реже отмечаются грани  $z\{150\}$ ,  $o\{131\}$ ,  $e\{201\}$ ,  $c\{001\}$ . В среднем размер индивидов 1—3 мм, из блоковых зон жил — до 1 см. Некоторые кри-

сталлы несут следы различных деформаций (изгибы, кручение, залеченные трещины, сдвиги и т.д.). Такие явления характерны, в основном, для кристаллов из блоковых зон.

### Типохимические особенности колумбитов

Изучение химического состава колумбитов проводилось микрозондовым анализом в ИГГ СО РАН (г. Новосибирск) и Институте минералогии УрО РАН (г. Миасс). Для исследования было взято несколько десятков кристаллов колумбита из описываемых участков. На Савелькульском жильном поле были проанализированы образцы из 29 пегматитовых жил; на Миассово-Таткульском поле — из 18 жил; Таткульском — из 10. Степень изученности неодинаковая. Как правило, в образцах делалось по 2—4 анализа, но в некоторых было проведено по 10—11 измерений.

По химическому составу минералы группы колумбит-танталита исследуемой площади относятся к ферроколумбитам (табл. 1, 2).

В целом отмечаются закономерности в составах ферроколумбитов в зависимости от их приуроченности к тому или иному жильному полю (рис. 1). На графике видно, что колумбиты самого северного, Таткульского, участка имеют довольно широкие вариации в содержаниях ниобия (52—65 вес. %) и тантала (5—20 вес. %). Но в целом, они характеризуются повышенными со-

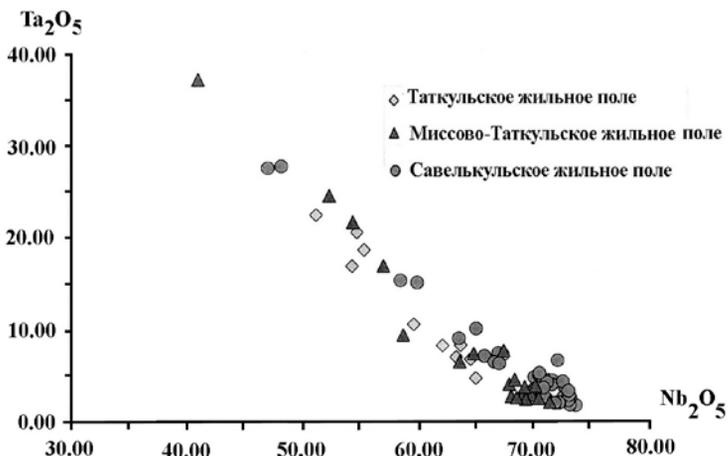


Рис. 1. График зависимости содержания тантала от содержания ниобия в колумбитах Таткульского, Савелькульского и Миассово-Таткульского жильных полей Ильменских гор.

Таблица 1

**Результаты микрозондовых анализов колумбитов из пегматитов Таткульского, Савелькульского  
и Миассово-Таткульского жильного поля**

Компо- нент	Таткульское жильное поле					Савелькульское жильное поле								
	T2'/1982 -1	T2'/1982 -2	T-6/6/82 -1	T-6/6/82 -2	T-12/82 -1	T-12/82 -2	2-Л/1988 -1	2-Л/1988 -2	11-Л/88 -1	11-Л/88 -2	11-Л/1/88 -3	16-Л/88 -1	16-Л/88 -2	П-33/ 88
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	52.43	58.53	65.12	65.05	46.71	54.48	71.11	74.86	55.06	61.46	66.44	68.81	44.37	72.65
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	21.30	16.03	4.60	4.69	26.63	19.98	3.38	3.47	20.52	12.21	8.71	6.67	30.12	1.95
TiO <sub>2</sub>	2.61	2.10	3.80	3.86	2.39	2.11	1.16	0.89	0.86	0.80	0.83	0.54	2.40	1.82
FeO	15.53	16.12	17.30	17.44	15.99	16.41	18.08	17.71	16.32	16.56	16.99	18.21	16.24	17.06
MnO	3.37	3.60	2.46	2.34	2.31	2.29	3.00	3.66	3.26	3.84	3.58	2.60	2.21	3.73
MgO	0.36	0.43	0.71	0.70	0.64	794.00	0.06	0.04	0.11	0.16	0.12	0.09	0.06	0.23
SnO <sub>2</sub>	0.00	0.09	0.02	0.00	0.08	0.02	0.00	0.00	0.09	0.03	0.01	0.00	0.04	0.00
ZrO <sub>2</sub>	0.15	0.12	25.00	0.25	0.19	0.13	0.28	0.21	0.26	0.14	0.17	0.16	0.86	0.11
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00
WO <sub>3</sub>	2.95	2.23	4.05	4.05	3.28	2.32	0.27	0.28	0.55	0.41	0.36	0.29	0.46	0.43
TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.11	0.03	0.05	0.02	0.00
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.13	0.10	0.93	0.96	0.39	0.17	0.36	0.36	0.05	0.16	0.13	0.14	0.50	0.51
Сум- ма	98.84	99.35	99.26	99.35	98.60	98.72	97.71	101.49	97.19	95.86	97.37	97.55	97.58	98.49

Окончание таблицы 1

Компонент	Миассово-Таткульское жильное поле									
	1-С/1988-1	1-С/1988-2	16-С/88-1	16-С/88-2	18-С/88-1	18-С/88-2	32-С/88-1	32-С/88-2	48-С/1988	53-С/1988
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	46.33	66.07	68.06	37.11	46.89	65.93	68.04	70.31	38.08	68.45
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	17.26	5.75	7.69	35.81	29.22	7.60	6.71	2.21	40.13	4.17
TiO <sub>2</sub>	3.34	3.85	3.27	3.59	3.15	2.63	2.70	4.64	0.51	1.63
FeO	15.10	15.06	16.93	14.62	13.94	15.34	16.89	17.80	11.24	11.28
MnO	3.86	4.45	3.05	3.60	3.15	3.48	1.82	2.61	7.42	10.63
MgO	0.58	0.51	0.95	0.56	0.91	1.12	1.50	0.48	0.05	0.14
SnO <sub>2</sub>	0.13	0.10	0.00	0.09	0.03	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00
ZrO <sub>2</sub>	0.00	0.01	0.00	0.00	0.23	0.27	0.26	0.51	0.14	0.27
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.64	0.78	0.51	0.52	0.00	0.06	0.14	0.00	0.00	0.00
WO <sub>3</sub>	0.67	0.55	1.65	2.81	1.08	2.15	1.07	0.87	0.24	0.90
TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.25	0.04	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.17	0.12	0.00	0.00	1.96	758.00	0.29	0.45	0.00	0.04
Сумма	88.36	97.28	102.32	99.01	100.56	99.38	99.60	99.94	97.81	97.51

Примечание: Номера проб: Т — Таткульское жильное поле; Л, П — Савелькульское жильное поле (Л — пробы А. А. Леванова, П — В. О. Полякова); С — Миассово-Таткульское жильное поле; № — номер жилы гранитного пегматита; 1982 — год отбора проб.

Таблица 2

Эмпирические формульные коэффициенты колумбитов из жильных полей гранитных пегматитов средней части Ильменских гор

Элемент	T-2/1982	T-12/1982	16-Л/88	П-33/1988	48-С/1988	53-С/1988
Nb <sup>+5</sup>	1.60	1.35	1.31	1.89	1.18	1.81
Ta <sup>+5</sup>	0.26	0.46	0.54	0.03	0.75	0.07
Ti <sup>+4</sup>	0.10	0.11	0.12	0.08	0.03	0.07
Fe <sup>+2</sup>	0.81	0.85	0.89	0.82	0.65	0.55
Mn <sup>+2</sup>	0.18	0.12	0.12	0.15	0.43	0.53
Mg <sup>+2</sup>	0.04	0.06	0.01	0.02	0.01	0.01
Zr <sup>+4</sup>	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01
W <sup>+6</sup>	0.03	0.05	0.01	0.01	0.00	0.01
Sc <sup>+3</sup>	0.01	0.02	0.03	0.03	0.00	0.00
TOTAL	3.04	3.05	3.05	3.02	3.06	3.07
O <sup>-2</sup>	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

Примечание: см. пояснения к табл. 1.

держаниями тантала и, соответственно, пониженными содержаниями ниобия относительно колумбитов из пегматитов Миассово-Таткульского и Савелькульского жильных полей. В большинстве проанализированных образцов ферроколумбита Савелькульского (южного) и Миассово-Таткульского жильных полей концентрации тантала минимальны, а ниобия максимальны. По составу эти колумбиты наиболее приближены к крайнему ниобиевому члену ряда колумбит—танталит. Однако в минералах некоторых пегматитовых жил содержание тантала достигает 15—35 вес. % (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60—42 вес. % соответственно), что может говорить о типовом разнообразии гранитных пегматитов. Эти типы пегматитов могут характеризоваться особенностями минерального состава или временем образования.

Отношение Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> для колумбитов из Савелькульской площади меняется от 0.02 до 0.58 (среднее — 0.09); из Таткульского поля — 0.07—0.44 (среднее 0.22); из Миассово-Таткульского — 0.03—0.90 (среднее 0.16). Характерным для колумбитов из поздних гранитных пегматитов данного района является наличие в составе примесей WO<sub>3</sub> (до 4.5 вес. % в колумбитах из Таткульского жильного поля и до 2 вес. % — из Миассово-Татакульского и Савелькульского жильных полей), Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (до 2.2 вес. %), Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (до 1 вес. %), ZrO<sub>2</sub> (до 1 вес. %).

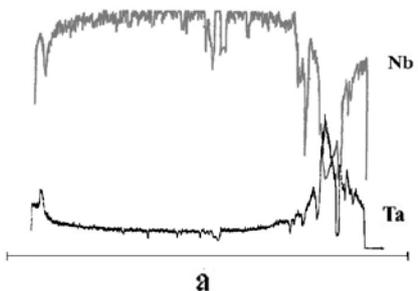
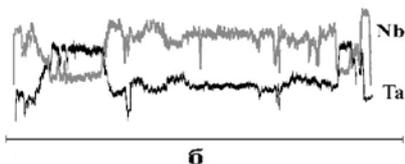


Рис. 2. Качественное распределение ниобия и тантала в кристаллах колумбита из гранитных пегматитовых жил № 12 (а) и 37 (б) Миассово-Таткульского жильного поля Ильменских гор.



Подробное рассмотрение результатов анализов отдельных индивидов позволяет увидеть колебания в содержаниях ниобия и тантала.

Так, установлено, что большая часть исследованных кристаллов из Савелькульского жильного поля характеризуется незначительными вариациями состава — около 4 отн. % и меньше.

Таблица 3

**Результаты профильных микрондовых анализов ферроколумбита из гранитных пегматитов Миассово-Таткульского жильного поля**

Компонент	12-С		16-С		18-С		37-С	
	центр	край	центр	край	центр	край	центр	край
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	37.86	6166	46.33	66.07	68.29	68.50	31.12	49.19
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	35.04	12.74	17.26	5.75	2.24	2.44	44.60	23.27
TiO <sub>2</sub>	3.38	2.83	3.34	3.85	4.96	3.80	1.01	3.37
FeO	14.16	16.11	15.10	15.06	16.70	16.87	13.57	16.16
MnO	3.67	3.36	3,86	4.45	3.42	3.47	4.73	2.13
MgO	0.53	0.75	0,58	0.51	0.61	0.65	0.02	0.96
CaO	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00
SnO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.13	0.10	0.11	0.08	0.09	0.14
ZrO <sub>2</sub>	-	-	-	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	0.64	0.78	0.66	0.70	0.34	0.40
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	0.11	0.01	0.02	0.05	0.15	0.08
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	0.13	0.03	0.06	0.06	0.02	0.00
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.17	0.12	0.27	0.24	0.30	0.23
WO <sub>3</sub>	2.79	0.37	0.67	0.55	0.64	0.57	0.82	1.37
Сумма	98.33	100.02	88.36	97.28	97.99	97.45	96.77	97.30

Примечание: Аналитик Л. Н. Поспелова

Однако встречаются индивиды, колебания состава в которых достигает 20 отн. % для ниобия и 60 отн. % для тантала (обр. 11-Л/1/88). Для Таткульского жильного поля наиболее заметные изменения в содержаниях ниобия и тантала получены для образца Т-12/82 — 15 и 25 отн. % соответственно.

В кристаллах колумбита из Миассово-Таткульского жильного поля были сделаны несколько качественных профильных анализов, которые показали изменение содержания ниобия и тантала по направлению от центра к периферии, причем краевые зоны обогащены танталом (рис. 2). Характер изменения состава в индивидах различен. Так, в образце 12-С, увеличение содержания тантала к краю происходит постепенно, тогда как в обр. 37-С содержание тантала повышается скачкообразно.

По этим же профилям были сделаны количественные анализы колумбита. Результаты анализов представлены в табл. 3

## **Выводы**

В результате изучения химического состава колумбитов из поздних гранитных пегматитов Таткульского, Миассово-Таткульского и Савелькульского жильных полей и их микронородности были сделаны следующие выводы:

1. Колумбиты из редкометальных пегматитов Таткульского жильного поля имеют большие вариации в содержании ниобия и тантала, но в общем они содержат повышенное количество тантала по сравнению с колумбитами Савелькульского и Миассово-Таткульского жильных полей. Акцессорные ферроколумбиты из большинства изученных пегматитовых тел Савелькульского и Миассово-Таткульского жильных полей характеризуются самым высоким содержанием ниобия и низким содержанием тантала. Однако, некоторые из жил содержат колумбиты с повышенным содержанием тантала. Это говорит о разнообразии типов редкометальных пегматитов в пределах изучаемых жильных полей. Выделение этих разновидностей и их характеристика — задача дальнейших исследований. В целом, прослеживается закономерное увеличение отношения  $Ta/Nb$  с юга на север в ферроколумбитах из поздних гранитных пегматитов Савелькульского, Миассово-Таткульского и Таткульского жильных полей Ильменского заповедника.

2. Кристаллы колумбита из пегматитов всего описываемого участка часто зональны и секториальны по составу.

## Литература

1. *Леванов А. А.* Гранитные пегматиты Миассово-Таткульского жильного поля Ильменских гор // Минералы месторождений и зон техногенеза рудных районов Урала. Свердловск, 1990. С. 92—112
2. *Леванов А. А.* Минералогия гранитных пегматитов Савелькульского жильного поля Ильменских гор // Минералы и минеральное сырье Урала. Екатеринбург, 1992. С. 3—20.
3. *Поляков В. О.* Минералогия копи 227 Ильменского заповедника // Материалы к минералогии Южного Урала. Свердловск, 1978. С. 57—62.
4. *Попов В. А., Леванов А. А.* Онтогенез гранитных пегматитов копей 232 и 255 Ильменского заповедника // Онтогенез пегматитов Урала. Свердловск, 1980. С. 28—44
5. *Попова В. И., Муфтахов В. А.* Параллельно-шестоватый агрегат микролита по контакту с тапиолитом в гранитном пегматите копи 232 Ильменских гор // Минералогия Урала. Миасс, 1998. Т. 2. С. 34—38.