

## НИОБИЕВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ ЛИПОВСКОГО ЖИЛЬНОГО ПОЛЯ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

© 2014 г. Ю. В. Ерохин, А. В. Захаров, В. В. Хиллер

В настоящей работе рассмотрена акцессорная ниобиевая минерализация в классических кварц-калишпатовых (далее по статье мы их называем “обычными”) редкометалльных гранитных пегматитах Липовского жильного поля. Несмотря на их широкое распространение в данном районе и относительно неплохую минералогическую изученность [4 и др., а также наши многочисленные данные], акцессорная рудная минерализация обычных гранитных пегматитов практически не охвачена вниманием. Основные минералогические исследования касались измененных гранитных пегматитов – контаминированных (с литиевой минерализацией) [9 и др.] и десилицированных (плагиоклазитовые жилы) [5 и др.], которые также широко распространены в пределах Липовского жильного поля.

Для изучения отбирались образцы из обычных редкометалльных гранитных пегматитов, которые обнажаются в пределах заброшенных и полузапленных карьеров Липовского никелевого месторождения. Опробовано несколько жильных тел, из них выкалывались образцы с видимым вкраплением рудных минералов. Они встречаются в виде единичных индивидов и их скоплений, распространены во всех зонах изученных пегматитов и характеризуются черной или серо-стальной окраской, удлиненным обликом (размером от первых миллиметров до 1 см в длину), а также часто имеют плеохроичные дворики. В парагенезисе с этими рудными фазами установлены такие акцессорные минералы, как уранинит, коффинит, монацит-(Ce) и ксенотим-(Y) [1], а также гранат спессартин-альмандинного ряда, турмалин шерл-оленитового ряда, дюмортерит, хризоберилл и другие минералы.

По данным И.В. Пекова и Л.Р. Меметовой [4], для обычных гранитных пегматитов Липовки в качестве рудного минерала характерен ферроколумбит и танталит промежуточного по Fe/Mn-отношению состава. Причем танталиты встречаются в миароловых полостях в осевых (центральных) зонах жильных тел. В результате наших исследований установлено, что рудная минерализация в обычных гранитных пегматитах Липовки более разнообразная и представлена ферроколумбитом, манганоколумбитом, ниобиевым рутилом (устаревшее название – ильменорутил), а также плюмбопироксидом.

**Ферроколумбит** является главным рудным минералом гранитных пегматитов и слагает два типа выделений. Первый тип, на наш взгляд, более редкий, представлен отдельными индивидами, удлиненно-пластинчатыми кристаллами длиной до 1 см. Никаких включений индивиды не содержат и сростаний с другими минералами не образуют (рис. 1). По результатам микрозондового анализа в данном типе колумбита (см. табл. 1, ан. 1–4) достаточно сильно варьирует содержание тантала ( $Ta_2O_5$  от 9 до 38 мас. %) и вольфрама ( $WO_3$  от 1.3 до 4.3 мас. %), а также фиксируется устойчивое количество марганца (MnO 4–5 мас. %) и титана ( $TiO_2$  1–2 мас. %). Интересно, что для более танталовых разновидностей минерала уже характерен короткопризматический, до изометричного, облик кристаллов.

Второй тип ферроколумбита встречается намного чаще первого и слагает тонкозернистую смесь с ниобиевым рутилом, хотя визуально (макроскопически) подобные агрегаты выглядят как однородные индивиды рудного минерала. Ферроколумбит образует скопления и отдельные ламеллы размером до 20–30 мкм, в матрице ниобиевого рутила (рис. 2). Его содержание варьирует от 20 до 40 об. %. По результатам микрозондового анализа данный тип колумбита (табл. 1, ан. 5–6) является предельно железистым (FeO 17–18 мас. %) и высокотитанистым

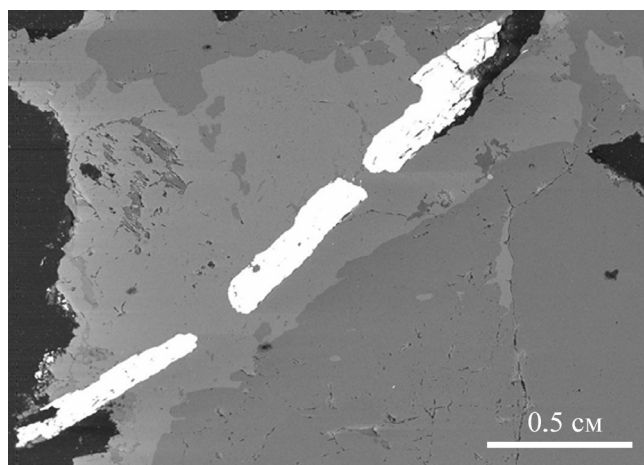


Рис. 1. Индивиды ферроколумбита в матрице обычного гранитного пегматита.

Camcra SX 100, BSE-изображение.

**Таблица 1.** Химический состав колумбитов из обычных гранитных пегматитов Ли (мас. %)

Компонент	Ферроколумбит						Манганоколумбит			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
WO <sub>3</sub>	1.30	3.73	3.25	4.33	2.33	2.51	3.12	2.70	2.55	2.72
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	65.89	46.87	49.97	36.85	57.94	57.53	63.16	58.38	60.69	64.02
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9.10	28.25	26.05	38.71	7.25	8.66	9.31	14.70	10.15	8.15
UO <sub>2</sub>	–	0.10	0.01	0.09	2.91	0.05	0.12	0.20	0.15	0.07
SnO <sub>2</sub>	0.63	0.18	0.24	0.15	0.52	0.78	0.96	0.73	0.84	1.01
TiO <sub>2</sub>	1.26	1.95	1.31	1.75	8.53	9.52	3.54	3.39	5.22	3.45
SiO <sub>2</sub>	0.05	–	–	0.01	0.03	–	0.08	–	0.04	0.02
FeO	14.28	13.35	12.89	12.25	16.60	18.42	5.96	7.13	5.79	6.79
MnO	5.89	5.34	5.72	5.42	1.26	0.11	12.46	11.44	12.41	11.85
CaO	–	0.02	0.02	0.04	–	–	0.03	0.05	0.05	0.02
Сумма	98.40	99.79	99.46	99.60	97.37	97.58	98.74	98.72	97.89	98.10

Примечание. Здесь и далее анализы выполнены на микроанализаторе Cameca SX 100, ИГТ УрО РАН, аналитик В.В. Хиллер.

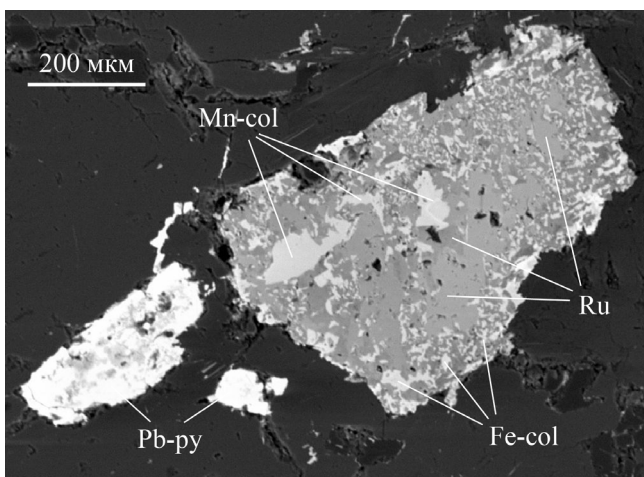
(TiO<sub>2</sub> 8.5–9.5 мас. %), а также содержит заметные примеси марганца (MnO до 1.3 мас. %), урана (UO<sub>2</sub> до 2.9 мас. %), олова (SnO<sub>2</sub> до 0.8 мас. %), вольфрама (WO<sub>3</sub> до 2.5 мас. %) и тантала (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> до 7–8 мас. %). По всей вероятности, смесь ферроколумбита с рутилом образовалась на месте какого-то первичного минерала, предельно обогащенного титаном и ниобием. Кстати, подобные твердые растворы ниобиевого рутила с титанистыми ферроколумбитами (а также с титанистыми иксиолитами) широко распространены в редкометалльных гранитных пегматитах [11, 12 и др.].

**Манганоколумбит** встречается значительно реже ферроколумбита и в виде отдельных кристаллов не установлен. Он слагает небольшие участки в зернах, сложенных рутил-колумбитовым агрегатом. Выделения манганоколумбита имеют неровные очертания и обычно более крупные (раз-

мером до 50–70 мкм), чем рядом расположенные зерна ферроколумбита (см. рис. 2). По результатам микрозондового анализа манганоколумбит (см. табл. 1, ан. 7–10) является низкотанталовым (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8–15 мас. %) и содержит заметные примеси титана (TiO<sub>2</sub> 3.5–5.2 мас. %), железа (FeO 5.8–7.1 мас. %), олова (SnO<sub>2</sub> до 1 мас. %) и вольфрама (WO<sub>3</sub> до 3.1 мас. %). Манганоколумбит, вероятнее всего, так же как и смесь ферроколумбита с рутилом, является вторичным минералом.

**Рутил ниобиевый** (устаревшее название – ильменорутит [3]) является одним из главных рудных минералов гранитных пегматитов, хотя и встречается в сростании с колумбитом. Содержание рутила в этих “твердых растворах” достигает 60–80 об. %, и колумбиты как бы распылены по всей матрице оксида титана (см. рис. 2). По данным микрозондового анализа, ниобиевый рутил (табл. 2, ан. 1–5) содержит заметное количество примесей ниобия (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10.3–18 мас. %), тантала (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8.7–11.6 мас. %), железа (FeO до 8.5 мас. %), олова (SnO<sub>2</sub> до 0.9 мас. %) и вольфрама (WO<sub>3</sub> до 1.4 мас. %). Вполне вероятно, что часть или все железо находится в минерале в трехвалентной форме. Распределение примесей в рутиле крайне неоднородно, и в BSE-изображениях (фото в обратноотраженных электронах) матрица минерала выглядит пятнистой. Кстати, до этой находки ниобиевый рутил в пределах Липовского рудного поля ранее не был описан [2].

**Плюмбопирохлор** встречается значительно реже остальных ниобиевых минералов и обычно слагает собственные неоднородные зерна размером до 100–150 мкм (см. рис. 2), часто в сростании с сильно измененным чералитом (фосфатом кальция и тория). В отдельных случаях тяготеет к скоплениям рутил-колумбитовых агрегатов. Химический состав минерала достаточно устойчивый и уверенно определяется по высоким концентрациям свинца и ниобия. При этом плюмбопирохлор содержит большое количество примесей урана, тантала, кремния, фосфора и других элементов (см. табл. 2, ан. 6–9).



**Рис. 2.** Зерна рудных минералов в матрице обычного гранитного пегматита.

Pb-py – плюмбопирохлор, Mn-col – манганоколумбит, Fe-col – ферроколумбит и Ru – ниобиевый рутил. Cameca SX 100, BSE-изображение.

**Таблица 2.** Химический состав ниобиевого рутила и плумбопирохлора из обычных гранитных пегматитов Липовки (мас. %)

Компонент	Ниобиевый рутил					Плюмбопирохлор			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
WO <sub>3</sub>	1.08	0.96	1.01	1.08	1.38	–	–	–	–
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10.27	12.37	14.66	16.64	17.99	23.88	25.55	25.02	24.25
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	11.65	9.39	10.49	8.76	9.34	9.27	8.27	9.08	9.02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	–	–	–	–	–	1.68	1.97	1.83	2.33
UO <sub>2</sub>	–	0.01	0.04	0.07	–	5.19	5.09	4.98	4.89
ThO <sub>2</sub>	–	–	–	–	–	0.93	0.51	0.62	1.33
SnO <sub>2</sub>	0.41	0.37	0.93	0.84	0.61	–	–	–	–
TiO <sub>2</sub>	68.02	68.05	62.49	62.94	61.07	3.02	2.65	2.75	2.91
SiO <sub>2</sub>	0.01	–	–	0.03	–	10.18	8.82	9.77	9.71
PbO	0.05	–	–	–	–	33.58	34.95	34.44	34.04
FeO	7.67	8.03	8.46	7.98	8.09	2.42	2.37	2.02	2.77
MnO	0.06	0.05	0.02	0.77	0.87	0.08	0.09	0.14	0.08
CaO	–	0.03	–	0.01	0.01	2.39	2.46	2.39	2.35
Сумма	99.22	99.26	98.13	99.12	99.36	92.63	92.72	93.03	93.69

Судя по сумме анализов (<100%), в минерале может присутствовать вода. Вероятнее всего, плумбопирохлор развился и заместил какой-то первичный минерал, в пользу этого свидетельствуют срастания с измененным чералитом, неоднородное строение и приуроченность к краевым зонам индивидов. Это первая находка плумбопирохлора в пределах Липовского рудного поля [2], до этого в контаминированных пегматитах был обнаружен его танталовый аналог – плумбомикролит [4].

В целом изученные минералы (ферроколумбит, манганоколумбит и ниобиевый рутил) являются характерными и часто встречающимися для редкометалльных гранитных пегматитов. На Урале они достаточно широко распространены в жильных телах Мурзинско-Адуйского [7, 8 и др.] и других гранитных массивов, а также в пределах Ильменских гор [6]. Плюмбопирохлор встречается гораздо реже колумбитов и ниобиевого рутила, но считается вполне обычным минералом щелочных пород и гранитов, а также связанных с ними пегматитов. К примеру, на Урале он описывался в щелочных гранитах Тай-Кеу с Полярного Урала [10] и в амазонитовых пегматитах Ильменских гор [6].

Таким образом, нами в обычных гранитных пегматитах Липовского жильного поля обнаружены и изучены ферроколумбит, манганоколумбит, плумбопирохлор и ниобиевый рутил. Причем последние два минерала на данном объекте ранее не были найдены. Установленная нами ниобиевая минерализация является типоморфной для обычных гранитных пегматитов Липовского жильного поля, что, в свою очередь, позволяет их относить к так называемому NYF(ниобий-иттрий-фтористому)-типу.

Авторы благодарят руководство Режевского государственного природно-минералогического заказника (ОГУМПЗ “Режевской”) за помощь в организации исследований.

*Работа подготовлена в рамках Интеграционного проекта УрО-СО РАН (№ 12-С-5-1028), а также при частичной финансовой поддержке РФФИ-Урал (грант № 13-05-96032 p\_урал\_a).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ерохин Ю.В., Хиллер В.В., Захаров А.В.* Уранинит и коффинит из гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) // Вестник Уральского отделения РМО. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. № 7. С. 58–64.
2. *Захаров А.В., Ерохин Ю.В.* Кадастр минеральных видов Липовского рудного поля // Вестник Уральского отделения РМО. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2013. № 10. С. 38–46.
3. *Кривовичев В.Г.* Минералогический словарь. СПб.: СПбГУ, 2008. 556 с.
4. *Пеков И.В., Меметова Л.Р.* Минералы гранитных пегматитов Липовки, Средний Урал // В мире минералов. Минералогический альманах. М.: Альтум, 2008. № 13. С. 7–44.
5. *Пеков И.В., Якубович О.В., Щербачев Д.К., Кононова Н.Н.* Магнезиотанталит (Mg,Fe)(Ta,Nb)<sub>2</sub>O<sub>6</sub> – новый минерал группы колумбита-танталита из десилицированных гранитных пегматитов Липовки (Средний Урал) // Записки ВМО. 2003. № 2. С. 49–59.
6. *Попов В.А., Попова В.И.* Минералогия пегматитов Ильменских гор / Ассоциация ЭкоСт. Минералогический альманах. 2006. Вып. 9. 152 с.
7. *Попова В.И., Губин В.А.* Минералогия гранитных керамических пегматитов Адуйского, Соколовского и Зенковского массивов на Среднем Урале // Уральский минералогический сборник № 15. Миасс: ИМин УрО РАН, 2008. С. 61–74.
8. *Попова В.И., Попов В.А., Борщев С.К., Демочкин В.П., Канонеров А.А.* Минералогия гранитных пегматитов Алабашского поля самоцветной полосы Урала. Миасс: ИМин УрО РАН, 1999. 90 с.

9. Сердюченко Д.П., Большакова Т.Н., Черепицкая Г.Е. Турмалины из пегматитов и гранитов Липовки на Урале // Записки ВМО. 1984. Ч. 113. Вып. 4. С. 478–485.
10. Скоробогатова Н.В., Сидоренко Г.А., Дорофеева К.А., Столярова Т.И. О плюмбопирохлоре // Геология месторождений редких элементов. М.: ВИМС, 1966. Вып. 30. С. 84–96.
11. Černý P., Chapman R., Simmons W.B., Chackowsky L.E. Niobian rutile from the McGuire granitic pegmatite, Park County, Colorado: solid solution, exsolution and oxidation // Am. Miner. 1999. V. 84. P. 754–763.
12. Černý P., Novák M., Chapman R., Masau M. Subsolidus behavior of niobian rutile from Vezna, Czech Republic: a model for exsolution in phases with  $Fe^{2+} \gg Fe^{3+}$  // J. Czech. Geol. Soc. 2000. V. 45. P. 21–35.