



Рутил калишпат-кварцевых жил верховья р. Двойная, Западная Чукотка

Иванова Ю. А., Власов Е.А.

Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана, pavlovaminmus@yandex.ru

Рассматриваемый район располагается в 120 км на юго-юго-восток от г. Билибино, в верховьях р. Двойная. В геологическом строении территории принимают участие раннемеловые вулканы тытальвеевской свиты (чередующиеся потоки лав и кластолав андезитов, андезибазальтов, пачки и пласты туфов и туфобрекчий среднего состава) и интрузивные образования илирнейского комплекса субщелочных гранитов позднемелового возраста (субщелочные граниты, кварцевые монцодиориты и сиениты).

В верховьях р. Двойная, в левом борту долины, вулканы тытальвеевской свиты секут многочисленные прожилки и жилы. Вулканы в различной степени пропилитизированы. Главными минералами пропилитовой ассоциации в исследованных породах являются эпидот, хлорит, актинолит, альбит, КПШ, титанит и пирит.

Прожилки и жилы сложены кальцитом, калиевым полевым шпатом и кварцем. Их мощность изменяется от долей мм до 10 см. В них были установлены титанит, эпидот, алланит-(Ce), датолит, пренит, хлорит, светлая слюда, сульфиды (пирит, халькопирит и молибденит), вольфрамит, шеелит и рутил.

Рутил формирует монокристаллы и коленчатые двойники размером до 3 мм. Он часто встречается в ассоциации с молибденитом и титанитом. По результатам рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа в рутиле были установлены примеси (мас.%): WO_3 (0,9-8,5), Fe_2O_3 (1,1-3,8), Nb_2O_5 (0,3-3,3), V_2O_5 (0,6-1,1), Cr_2O_3 (0,1-0,5). В некоторых случаях отмечаются примеси SnO_2 (до 0,3 мас.%) и ZrO_2 (до 0,3 мас.%). Интересно заметить, что в составе рутила отсутствует примесь Sb. Представительные анализы рутила приведены в табл.1. Большинство кристаллов рутила имеют зональное строение (рис. 1) – от центра кристаллов к внешним зонам концентрация основных примесей (W, Nb, Fe)

снижаются. В некоторых случаях отмечаются большие содержания WO_3 (табл. 1, ан. 1), такие содержания установлены в мелких светлых зонах в кристаллах рутила.

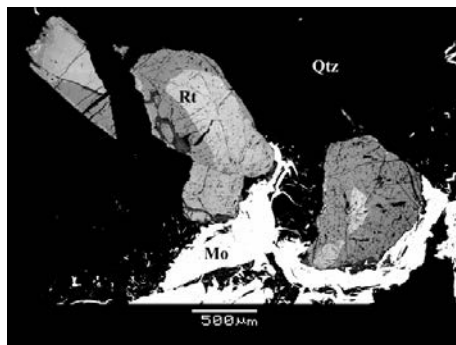


Рис. 1. Зональные кристаллы рутила (Rt) в кварце (Q) –молибденитовом агрегате. Фото в отраженных электронах.

Содержание в исследованном рутиле W^{6+} и Nb^{5+} прямо коррелируют с суммой трехвалентных катионов (Fe^{3+}, V^{3+} и Cr^{3+}) (рис. 2 и 3). На основе полученных графиков, можно предположить, что включение высоковалентных элементов-примесей в рутил осуществляется по следующим схемам: $3Ti^{4+} = W^{6+} + 2Me^{3+}$; $2Ti^{4+} = Nb^{5+} + Me^{3+}$.

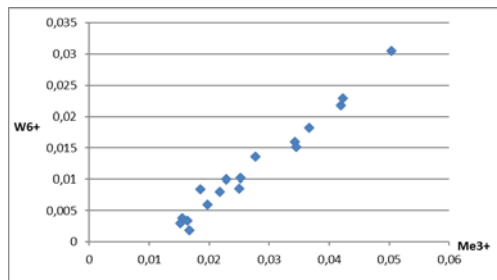


Рис.2 График корреляции W^{6+} с $Me^{3+} = [(Fe^{3+} + V^{3+} + Cr^{3+})_{\text{тит}} - (Fe^{3+} + V^{3+} + Cr^{3+})_{\text{Nb}}]$

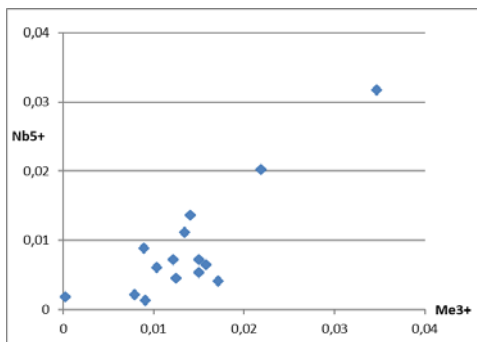


Рис.3. График корреляции Nb^{5+} с $Me^{3+} = [(Fe^{3+} + V^{3+} + Cr^{3+})_{\text{катион}} - (Fe^{3+} + V^{3+} + Cr^{3+})_{\text{вак}}]$

В ряде анализов рутила отмечается избыток трехвалентных катионов по отношению к тому количеству, которое необходимо для компенсации W^{6+} и Nb^{5+} . Для объяснения присутствия избыточных примесей трехвалентных катионов может быть привлечена следующая схема: $2Ti^{4+} + O^{2-} = 2Me^{3+} + [vac]$. Данное предположение подтверждается дефицитом кислорода в ряде кристаллохимических формулах рутила (табл. 1). Подобные механизмы хорошо известны для нестехиометрических окислов титана (Третьяков, 1974).

На основе литературных данных (Černý et al., 1999, Černý et al., 1981, Clarke et Carruzzo, 2007, Garda et al., 2010, Graham et Morris, 1973, Zack et al., 2004) была построена диаграмма составов рутила различных формационных типов (рис. 4), на которую были нанесены составы рутила верховья р. Двойная. Как можно видеть, составы рутила верховья р. Двойная попадают в область метасоматитов грейзеновой формации и гидротермальных образований. Образование жил, вероятнее всего связано с высокотемпературными метасоматическими процессами.

Таблица 1. Химический состав рутила верховья р. Двойная

	Весовые проценты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
TiO ₂	87,51	90,3	90,37	88,51	91,92	89,98	97,07	97,88
V ₂ O ₅	1,08	0,82	1,12	-	-	-	0,86	-
Cr ₂ O ₃	0,09	0,46	0,14	1,27	0,97	0,59	0,08	0,69
Fe ₂ O ₃	3,83	3,08	2,94	4,01	2,96	3,79	1,11	1,37
ZrO ₂	0,34	0,30	0,25	-	-	-	-	-
Nb ₂ O ₅	0,38	1,81	0,30	5,17	1,00	1,43	0,23	0,70
SnO ₂	0,19	-	0,27	-	-	-	0,12	-
WO ₃	8,52	4,54	6,18	2,83	4,31	5,14	1,74	0,54
	101,9		101,5	101,7	101,1	100,9	101,2	101,1
Сумма	4	101,3	7	8	5	2	1	8

	Формульные коэффициенты, рассчитанные на сумму M = 1							
	Ti	V	Cr	Fe	Zr	Nb	Sn	W
Ti	0,909	0,924	0,924	0,904	0,938	0,927	0,969	0,973
V	0,012	0,009	0,012	-	-	-	0,009	-
Cr	0,001	0,005	0,002	0,014	0,010	0,006	0,001	0,007
Fe	0,040	0,032	0,030	0,041	0,030	0,039	0,011	0,014
Zr	0,002	0,002	0,002	-	-	-	-	-
Nb	0,002	0,011	0,002	0,032	0,006	0,009	0,001	0,004
Sn	0,001	-	0,001	-	-	-	0,001	-
W	0,030	0,016	0,022	0,010	0,015	0,018	0,006	0,002
ΣM	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
O[vac]	-	0,004	0,010	0,001	0,002	-	0,007	0,006
O	2,000	1,996	1,990	1,999	1,998	2,000	1,993	1,994

Примечание: прочерк - элемент не обнаружен; сумма всех катионов - ΣM; предполагаемое содержание кислородных вакансий - O[vac]. Электронный микроскоп Jeol JSM-6480LV с комбинированной системой рентгеноспектрального микроанализа, каф. петрологии МГУ, аналитик Коротаева Н.Н.

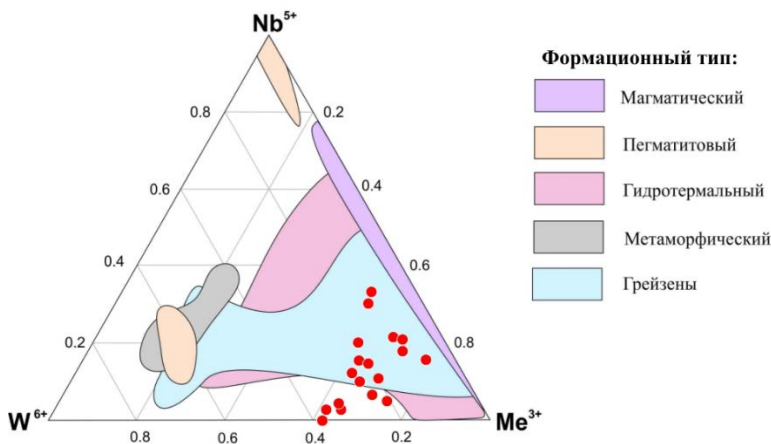


Рис. 4. Диаграмма составов рутила из месторождений различных формационных обстановок (точками отмечены составы рутила верховья реки Двойная, Западная Чукотка). Построена по данным (Černý et al., 1999, Černý et al., 1981, Clarke et Carruzzo, 2007, Garda et al., 2010, Graham et Morris, 1973, Zack et al., 2004)

Список литературы:

- Третьяков Ю.Д. Химия нестехиометрических окислов // М.: Издательство МГУ. **1974**. 364 с.
- 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 // *American Mineralogist*. **1999**. Vol. 84. P. 754–763
- Černý P., Paul B.J., Hawthorne F.C., Chapman R. A niobian rutile-disordered columbite intergrowth from the Huron claim pegmatite, southeastern Manitoba // *Canadian Mineralogist*. **1981**. Vol. 19. P. 541-548
- Clarke D. B., Carruzzo S. Assimilation of country-rock ilmenite and rutile in the south mountain batholith, Nova Scotia, Canada // *The Canadian Mineralogist*. **2007**. Vol. 45. P. 31-42
- Fernández R.R., Schalamuk I.B.A., Omenetto P. Composición del rutilo como indicador de las condiciones de formación del greisen del distrito Mazán (Sn-W), provincia de La Rioja // *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **2005**. Vol. 60, № 2, P. 259-267
- Garda G.M., Beljanskis P., D'Agostino L.Z., Wiedenbeck M. Tourmaline and Rutile as Indicators of a Magmatic-hydrothermal Origin for Tourmalinite Layers in the São José do Barreiro Area, NE Ribeira Belt, Southern Brazil // *Geol. USP*. **2010**. Vol. 10, № 3, P. 97-117
- Graham J., Morris R.C. Tungsten- and antimony-substituted rutile // *Mineralogical Magazine*. **1973**. Vol. 39. P. 470-473
- Zack T., Eynatten H., Kronz A. Rutile geochemistry and its potential use in quantitative provenance studies // *Sedimentary Geology*. **2004**. Vol. 171. P. 37–58