

ТЕРМОМЕТРИЯ И ГЕОХИМИЯ КАРБОНАТНЫХ ЖИЛ САРАНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Е. С. Шагалов

*Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург,
shagalov@igg.uran.ru*

Сарановское хромитовое месторождение находится в Горнозаводском районе Пермского края в 5 км к северу от железнодорожной станции Лаки на окраине поселка Сараны.

Карбонатные жилы с различными силикатными (хлориты, уваровит, сфен (титанит)), рудными (перовскит, рутил, миллерит) и другими минералами описаны О. К. Ивановым [Иванов, 1997], В. И. Силаевым с соавторами [Силаев и др., 2006] и работами других авторов. Эти жилы являются результатом внедрения диабазовых даек в тело ультрамафитов с ассоциированными хромитовыми рудами. Состав карбонатов зависит от вмещающих пород [Иванов, 1997] и является кальцитовым в хромититах и диабазовым в доломитовым в антигорититах.

Для данной работы были выбраны два образца: доломитовая жила и хромамезит-титанит-кальцитовая ассоциация на хромитовой руде. Характеристика образцов приведена в работе [Шагалов, Киселева, 2009].

Содержания элементов примесей приведены в таблице. Распределение РЗЭ для минералов из одной ассоциации схожи между собой и отличаются по уровню концентрации. Отмечается положительная европиевая аномалия. Кроме основных примесей Al, Cr, Fe и Mg сфен содержит около 0.3 % других элементов, включая ΣРЗЭ – 641 г/т. Не подтвердились высокие значения Nb, Ta, Th, на которые указывал О. К. Иванов [Иванов, 1997]. Значительными примесями ($n \cdot 10^2$) можно назвать ЛРЗЭ, Na, K, Cu, Zn. Рутил богат Nb, W, Cu, Zn. Обращают на себя внимание низкие концентрации U и Th в этих минералах – потенциальных геохронометрах.

Среди карбонатов наиболее богат примесями доломит. Поведение микроэлементов в карбонатах разнонаправленное, но основные примеси во всех разновидностях одинаковые Si, K, Al, Na, Fe, Mn, Sr, Y, ЛРЗЭ, Ni, Cu, Zn. Не подтвердились высокие концентрации Sr в кальцитах до 1 % указанные в работах Ю. М. Абрамовича, хотя он и является основным примесным элементом, находящемся по концентрации на уровне железа и магния [Шагалов, Киселева, 2009].

До последнего времени оценить температуру кристаллизации минералов данных жил было очень затруднительно, и только с разработкой новых методик (геотермометров) и благодаря появившимся приборам, дающим возможность определять крайне низкие содержания микроэлементов, можно рассчитать эти параметры. О. К. Иванов [Иванов, 1997] оценивал температуру большей части гидротерм не выше 400 °С при условии, что температура кристаллизации хромовых разновидностей цоизита и пумпеллиита не сильно отличаются от их алюминиевых аналогов.

Для определения температуры образования применены геотермометры на основе двух параметров: содержание Zr в сфене [Hayden et al., 2008] и Zr в рутиле [Tomkins et al., 2007; Watson et al., 2006; Zack et al., 2004]. Содержание Zr в сфене 60.856 г/т, в рутиле 66.909 г/т. Термометры [Watson et al., 2006; Zack et al., 2004] показали сходящиеся значения температуры порядка 535 °С, а более поздний термобарометр [Tomkins et al., 2007] с введенными в формулу значениями давления дал значение около 510 °С. Значения давления в ранних работах по Сарановскому массиву не приводятся, и последнее значение температуры исходит из возможного давления становления диабазовой дайки от 0.5 до 2 кБар. Но данное допущение дает погрешность всего ± 5 °С.

Таблица

**Содержание элементов-примесей в минералах карбонатных жил
Сарановского месторождения**

	Сфен	Кальцит	Рутил	Доломит		Сфен	Кальцит	Рутил	Доломит
Li	3.721	0.011	0.213	0.500	Ag	18.596	0.031	3.310	0.041
Be	0.200	0.013	0.004	0.003	Cd	0.990	0.102	0.072	0.248
Na	268.362	13.949	373.592	141.714	Sn	2.434	0.053	6.625	0.038
Mg	1701.227	250.569	193.134	162529	Sb	0.272	0.004	0.185	0.005
Al	5631.985	2.264	1014.620	29.529	Te	0.000	0.025	н/о	0.118
Si	1073.709	1.375	517.516	148.067	Cs	0.098	0.005	0.078	0.048
P	263.057	10.857	22.818	17.500	Ba	12.221	2.202	28.403	11.533
K	425.306	9.235	419.292	40.805	La	42.597	0.503	5.713	6.075
Sc	3.698	0.615	39.210	9.539	Ce	279.066	1.400	10.123	15.144
Ti	148549	0.236	474796	1.012	Pr	43.186	0.141	0.912	1.673
V	407.236	0.004	2957.202	0.388	Nd	185.275	0.572	2.758	6.784
Cr	2957.158	0.470	1838.591	2.276	Sm	33.558	0.087	0.316	1.165
Mn	41.283	4.593	31.511	387.966	Eu	21.709	0.114	0.087	0.426
Fe	2387.645	23.107	5556.472	4211.207	Gd	18.610	0.190	0.181	1.455
Co	1.347	0.382	0.892	1.202	Tb	1.981	0.026	0.023	0.184
Ni	52.572	10.008	13.478	27.845	Dy	10.264	0.158	0.165	1.187
Cu	175.083	1.022	305.104	1.320	Ho	1.274	0.037	0.036	0.264
Zn	136.555	2.300	122.979	4.869	Er	2.052	0.112	0.138	0.797
Ga	0.165	0.007	0.265	0.080	Tm	0.188	0.014	0.024	0.119
Ge	0.375	0.006	0.082	0.022	Yb	0.906	0.095	0.152	0.823
As	3.002	0.218	0.917	0.109	Lu	0.047	0.022	0.025	0.134
Se	5.811	0.037	0.652	0.686	Hf	4.103	0.001	7.350	0.010
Rb	1.493	0.051	0.942	0.063	Ta	0.860	н/о	46.767	0.002
Sr	17.256	336.318	6.751	1009.468	W	н/о	н/о	123.404	0.010
Y	28.124	1.223	0.919	6.992	Pb	23.669	1.464	1.228	0.911
Zr	60.856	н/о	66.910	0.081	Bi	0.048	0.023	2.034	0.009
Nb	19.973	0.001	323.433	0.003	Th	0.419	0.002	1.089	0.004
Mo	0.654	н/о	2.407	0.037	U	н/о	н/о	0.125	0.004

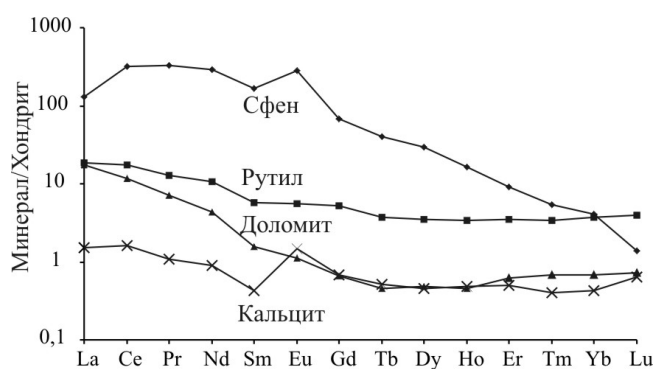


Рис. Нормированное на хондрит распределение РЗЭ в минералах Сарановского месторождения.

Расчет температуры для сфен-содержащей ассоциации зависит от нескольких дополнительных параметров: давление и активностей кремнезема (a_{SiO_2}) и диоксида титана (a_{TiO_2}). Решающим в данном случае является a_{SiO_2} . Исследования [Barker, 2001] показали крайне низкую a_{SiO_2} в карбонатном расплаве. Активность $a_{TiO_2} \geq 0.5$, не сильно влияет на конечный результат. Исходя из выше описанных допущений, температура сфен-содержащей ассоциации составила около

400±20 °С, что соответствует оценкам О. К. Иванова [Иванов, 1997].

Таким образом, можно утверждать, что кристаллизация карбонатных жил началась при температуре выше 540 °С.

Автор благодарен сотрудникам лаборатории ФХМИ за выполненные анализы.

Работа выполнена при поддержке программ ОНЗ РАН № 2 и № 3 (проект № 09-т-5-1019).

Литература

Иванов О. К. Минеральные ассоциации Сарановского хромитового месторождения (Урал). Екатеринбург. Уральская летняя минералогическая школа–97. УГГГА. 1997. 123 с.

Силаев В. И., Хазов А. Ф., Ракин В. И., Чайковский И. И. Гранат-шуйскитовый парагенезис в Сарановском месторождении // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН, № 5(137), май, 2006. Сыктывкар: Геопринт. С. 9–12.

Шагалов Е. С., Киселева Д. В. Люминесценция и геохимия карбонатов Сарановского хромитового месторождения // Современные проблемы геохимии: Материалы конференции молодых ученых. Иркутск: Изд-во «УРАН» Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2009. С. 104–107.

Barker D. S. Calculated silica activities in carbonatite liquids // Contrib. Mineral. Petrol. 2001. Vol. 141. P. 704–709.

Hayden L. A., Watson E. B., Wark D. A. A thermobarometer for sphene (titanite) // Contrib. Mineral. Petrol. 2008. Vol. 155. P. 529–540.

Tomkins H. S., Powell R., Ellis D. J. The pressure dependence of the zirconium-in-rutile thermometer // J. metamorphic Geol. 2007. Vol. 25. P. 703–713.

Watson E. B., Wark D. A., Thomas J. B. Crystallization thermometers for zircon and rutile // Contrib Mineral Petrol. 2006. Vol. 151. P. 413–433.

Zack T., Moraes R., Kronz A. Temperature dependence of Zr in rutile: empirical calibration of a rutile thermometer // Contrib Mineral Petrol. 2004. Vol. 148. P. 471–488.